

Untersuchung elektrischer und magnetischer Felder

Integriertes Strukturkonzept für den
Münchner Nordosten

Bericht Nr. 710-4425-EMF-1

im Auftrag der
Landeshauptstadt München
Referat für Stadtplanung und Bauordnung
80331 München

München, im Dezember 2015

MÖHLER+PARTNER
 **INGENIEURE AG**

BERATUNG IN SCHALLSCHUTZ + BAUPHYSIK
MÜNCHEN | AUGSBURG | BAMBERG

Untersuchung elektrischer und magnetischer Felder

Integriertes Strukturkonzept für den
Münchner Nordosten

Bericht-Nr.: 710-4425-EMF-1

Datum: 18.12.2015

Dieser Bericht ersetzt den Bericht Nr. 710-4425-EMF vom 09.07.2015

Auftraggeber: Landeshauptstadt München
Referat für Stadtplanung und Bauordnung
Blumenstr. 28 b
80331 München

Auftragnehmer: Möhler + Partner Ingenieure AG
Beratung in Schallschutz + Bauphysik
Paul-Heyse-Straße 27
D-80336 München
T + 49 89 544 217 – 0
F + 49 89 544 217 – 99
www.mopa.de
info@mopa.de



Die Akkreditierung nach DIN EN ISO/IEC 17025 gilt für den in der Urkundenanlage D-PL-19432-01-00 festgelegtem Umfang.

Bearbeiter: M. Sc. C. Bews
Dipl.-Ing. S. Müller

Inhaltsverzeichnis:

1. Aufgabenstellung	8
2. Örtliche Gegebenheiten.....	8
3. Grundlagen.....	10
4. Messung elektrischer und magnetischer Felder	15
4.1 Messort, Messzeit, Messdurchführung	15
4.2 Messgeräte.....	16
4.3 Messergebnisse	16
5. Beurteilung elektrischer und magnetischer Felder	18
5.1 Überleitungen (110 kV-Leitung).....	18
5.2 DB-Bahnstrecken München – Flughafen und München – Simbach.....	19
5.3 Sonstiges.....	19
6. Anlagen	23

Abbildungsverzeichnis:

Abbildung 1:	Fotografische Dokumentation der EMF-Quellen	9
Abbildung 2:	Zulässige Werte (E, B) in den Expositionsbereichen nach BGV B11 [10]	13
Abbildung 3:	Gemessenes 3D Profil des elektrischen Feldes in V, h = 1,5 m üGOK	17
Abbildung 4:	Gemessenes 3D Profil des Magnetfeldes in μT , h = 1,5 m üGOK.....	17

Tabellenverzeichnis:

Tabelle 1:	Zulässige Werte elektrischer und magnetischer Felder bei 16 2/3 Hz	14
Tabelle 2:	Messergebnisse der elektrischen und magnetischen Felder zur Bahnoberleitung nach DIN VDE 0848-1	18

Grundlagenverzeichnis:

- [1] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV); Verordnung über elektromagnetische Felder in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266)
- [2] Gesetz zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch Luftverunreinigungen, Geräusche, Erschütterungen und ähnliche Vorgänge (Bundes-Immissionsschutzgesetz - BImSchG) vom 26. September 2002, in der aktuellen Fassung
- [3] BG-Regel B11, Elektromagnetische Felder, BG Bau Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Oktober 2001, aktualisierte Fassung 2006
- [4] 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
- [5] Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes- Immissionsschutzgesetzes (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm), August 1998
- [6] BG-Regel B11, Elektromagnetische Felder, BG Bau Berufsgenossenschaft der Bauwirtschaft, Oktober 2001, aktualisierte Fassung 2006
- [7] BGI/GUV-I 5111, Beeinflussung von Implantaten durch elektromagnetische Felder – Eine Handlungshilfe für die betriebliche Praxis, DGUV Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung, Juni 2009, aktualisierte Fassung März 2012
- [8] Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern; Empfehlungen der Strahlenschutzkommission (SSK); Bonn 14.09.2001
- [9] 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
- [10] DIN VDE 0848 „Sicherheit in elektromagnetischen Feldern – Grenzwerte zum Schutz von Personen, Teil 1: Mess- und Berechnungsverfahren“, Berlin, August 2000
- [11] Berufsgenossenschaftliche Vorschrift für Sicherheit und Gesundheit bei der Arbeit, BGV B11 (VBG 25) – UVV Elektromagnetische Felder, Stand: Januar 2010
- [12] Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz) (1999/519/EG); Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften
- [13] EMVG – Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Geräten, vom 18. September 1998

- [14] Verordnung über Sicherheit und Gesundheitsschutz bei der Arbeit an Bildschirmgeräten (Bildschirmarbeitsverordnung – BildscharbV), Mai 1999
- [15] 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
- [16] DIN 45680 Messung und Beurteilung tieffrequenter Geräuschimmissionen mit dem Beiblatt 1, März 1997 sowie Entwurf vom September 2013
- [17] Schreiben Deutsche Bahn zur Anfrage Baubeschränkungszone, 110-kV-Leitung Karlsfeld-München Ost, DB Netz GmbH, Stand: 02.05.2012
- [18] Hintergrundpapier: Grenzwerte im Bereich niederfrequenter Felder (u.a. Stromübertragung), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau- und Reaktorsicherheit, Februar 2013
- [19] EMF-Datenbank, link: <http://emf3.bundesnetzagentur.de/karte/Default.aspx>, Bundesnetzagentur (Abfragedatum: 20.01.2014)
- [20] Ortsbesichtigungen am 11.8.2014, 02.10.2014 und 16.10.2014, sowie EMF-Messungen am 16.10.2014
- [21] Telefonische Auskunft der SWM vom 9.7.2015 bzgl. EMF relevanter Anlagen im Untersuchungsgebiet Münchner Nordosten
- [22] Voruntersuchung elektrischer und magnetischer Felder – Städtebauliche Entwicklungsmaßnahme, Henschelstraße, München – Lochhausen, Möhler + Partner Ingenieure AG, Bericht Nr.: 710-3865-EMF, Stand: 15.01.2013

Zusammenfassung:

In vorliegender Untersuchung wurden für das Strukturkonzept Münchner Nordosten die elektrischen und magnetischen Felder vorhandener Überleitungen und Bahnstromtrassen im Plangebiet ermittelt und beurteilt. Die Untersuchung kommt zu folgendem Ergebnis:

Sowohl entlang den Bahnlinien als auch entlang der 110 kV-Leitung in unmittelbarer Nähe auf einer Höhe von 1,5 m über Gelände wurden maximale elektrische Feldstärken von ca. 2,1 bzw. 1,4 kV/m gemessen. Der gesetzliche Grenzwert der 26.BImSchV für das elektrische Feld beträgt 5 kV/m. Dieser Grenzwert wird im Nahbereich (20 m zur 110 kV-Leitung und 10 m zu den Versorgungsleitungen der Bahnlinien) zuverlässig eingehalten. Der zum Schutz von Arbeitnehmern in der UVV enthaltenen Grenzwerte beträgt 20 kV/m und wird ebenfalls zuverlässig eingehalten. Maßnahmen zum Schutz der menschlichen Gesundheit gegen das elektrische Feld sind nicht erforderlich.

Auf einer Höhe von 1,5 m über Gelände wurde sowohl entlang den Bahnlinien als auch unmittelbar unterhalb der 110 kV-Leitung maximale magnetische Flussdichten von weniger als 7,1 bzw. 0,53 μT gemessen. Der gesetzliche Grenzwert der 26.BImSchV beträgt für das Magnetfeld 100 μT für Überleitungen mit einer 50 Hz-Frequenz und 300 μT für Bahnstromleitungen mit einer Frequenz von 16 2/3 Hz. Dieser Grenzwert wird bereits im Nahbereich der Leiterbahnen zuverlässig eingehalten. Der zum Schutz von Arbeitnehmern in der UVV [11] enthaltenen Grenzwerte beträgt ca. 424 μT und wird ebenfalls zuverlässig eingehalten. Maßnahmen zum Schutz der menschlichen Gesundheit gegen das Magnetfeld sind nicht erforderlich.

Vom Energieversorger sind Baubeschränkungszonen vorgegeben (2 x 30 m zur Leitungsachse), die eine höhere Anforderung als die immissionsschutzfachlichen Abstände darstellen.

1. Aufgabenstellung

Die Landeshauptstadt München plant am nordöstlichen Stadtrand die Entstehung eines neuen Stadtteils. Das gesamte Areal erstreckt sich über eine Fläche von ca. 600 ha. Derzeit liegt gemäß Flächennutzungsplan ein Erweiterungspotential von bis zu 10.000 Einwohner mit entsprechenden sozialen und kulturellen Infrastruktureinrichtungen vor. Im Rahmen eines integrierten Strukturkonzeptes soll ermittelt werden, ob weiteres Entwicklungspotential vorhanden ist.

Das Untersuchungsgebiet grenzt im Westen an die Bahnlinie München – Flughafen, im Süden an die Bahnlinie München – Simbach. Neben den zwei angrenzenden Bahnlinien verläuft zusätzlich durch das gesamte Untersuchungsgebiet in Nord-Süd-Richtung eine 110-kV-Hochspannungsfreileitung. Der Leitungsabschnitt gehört zur Leitung Karlsfeld – München Ost, die von der Deutschen Bahn betrieben wird. Von der Leitung gehen niederfrequente elektrische und magnetische Felder (16 2/3 Hz-Netzfrequenz) aus.

Das Untersuchungsgebiet unterliegt somit voraussichtlich relevanten Belastungen durch elektrische und magnetische Felder. Im Rahmen einer messtechnischen Untersuchung werden die Einwirkungen durch elektrische und magnetische Felder ermittelt und anhand der einschlägigen Regelwerke beurteilt. Erforderlichenfalls sind hieraus Maßnahmen zum Schutz der Planungsvarianten bzw. Vorgaben für den weiteren Planungsprozess zu erarbeiten.

Mit der Durchführung der Untersuchung wurde die Möhler + Partner Ingenieure AG am 23.06.2014 von der Landeshauptstadt München beauftragt.

2. Örtliche Gegebenheiten

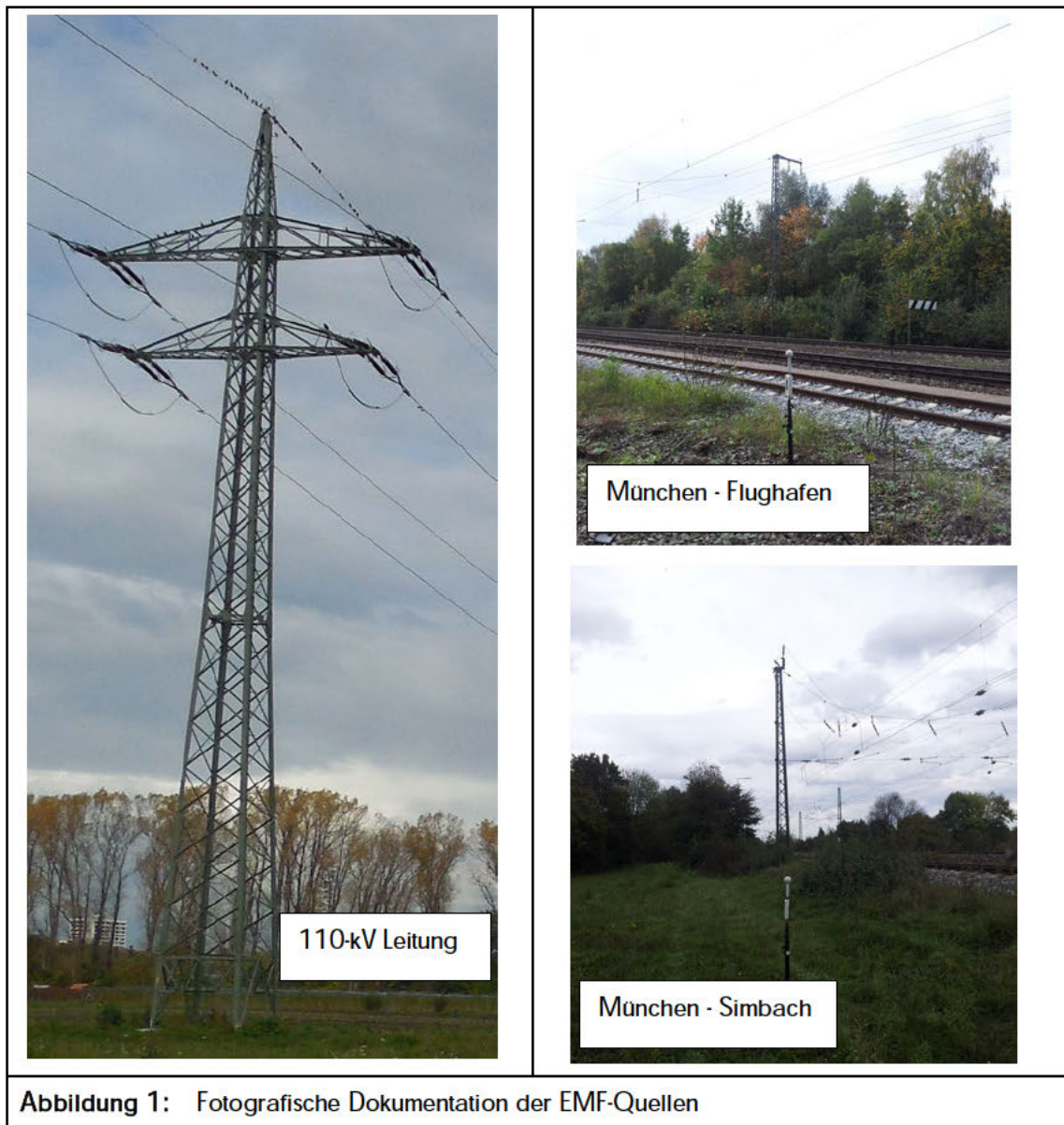
Das Untersuchungsgebiet grenzt im Westen an die Bahnlinie München – Flughafen, im Süden an die Bahnlinie München – Simbach und im Norden und Osten an die Nachbargemeinden Unterföhring und Aschheim. Insgesamt umfasst das Plangebiet 595 ha und liegt im 13. Stadtbezirk Bogenhausen und im 15. Stadtbezirk Zamdorf-Johanneskirchen. Ausgenommen von dem Untersuchungsgebiet sind die historisch geprägten Dorfkern von Johanneskirchen, Daglfing und Englschalking, die Zahnbrechersiedlung, sowie die Gartenstadt Johanneskirchen.

Neben den angrenzenden Bahnlinien verläuft durch das Plangebiet eine 110-kV Freileitung. Nordwestlich des Plangebietes verläuft in einem Abstand von über 250 m ebenfalls eine Überleitung. Aufgrund der großen Entfernungen wird diese Hochspannungsleitung nicht weiter berücksichtigt.

110 kV-Leitung

Die Freileitung wird von der Deutschen Bahn mit 16 2/3 Hz betrieben und verläuft von Norden nach Süden durch das gesamte Untersuchungsgebiet. Bei dem Mastbild der 110 kV-Leitung handelt es sich um einen sog. „Verdrillmast“ der Hochspannungsleitung, bei dem die Außenleiter eines

Stromkreises auf dem Mast ihren Platz tauschen (vgl. Abbildung 1). Der Abstand zwischen den Masten beträgt ca. 270 m. Die Lage des Plangebietes und die Hochspannungsleitung sind aus dem Lageplan (Anlage 1) ersichtlich. Bei vergleichbaren Leitungen des gleichen Betreibers entstehen Baubeschränkungszonen von 30 m zu beiden Seiten der Leitung [17].



Bahnstrom München - Flughafen

Die Gleisanlagen verlaufen in Nord-Süd-Richtung (Richtung Nord stadtauswärts zum Flughafen, Richtung Süd stadteinwärts nach München) und sind im südlichen Bereich des Plangebietes bis zum S-Bahnhof München-Daglfing 3-gleisig und anschließend 2-gleisig ausgebaut. Das im südlichen Plangebiet nächstgelegenen Gleis (Gleisnummer 1) wird im Regelbetrieb durch Güterverkehr, die anschließenden Gleise (Gleisnummer 2 und 3) durch den Personen-Nahverkehr (S-Bahn) genutzt. Die Bahnlinien verlaufen ab dem S-Bahn Englschalking in leichter Dammlage ca. 1,5 m über

dem Höhenniveau des Untersuchungsgebietes. Die Gleiskörper werden mit je einer 15 kV~ und 16 2/3 Hertz Oberleitung gespeist; eine zusätzliche oberirdische Versorgungsleitung verläuft unmittelbar westlich der Bahnlinie.

Bahnstrom München - Simbach

Die Gleisanlagen verlaufen in Ost-West-Richtung (Richtung Ost: stadtauswärts nach Simbach, Richtung West: stadteinwärts nach München) und 3-gleisig ausgebaut. Das dem Plangebiet nächstgelegene Gleis (Gleisnummer 1) wird im Regelbetrieb durch Güterverkehr, die anschließenden Gleise (Gleisnummer 2 und 3) durch den Personen-Nah- und Fernverkehr (S-Bahn, Regionalbahn) genutzt. Die Gleiskörper werden ebenfalls mit je einer 15 kV~ und 16 2/3 Hertz Oberleitung gespeist.

Der Abstand zwischen den Bahnlinien sowie zwischen den Bahnlinien und der Freileitung beträgt im gesamten Untersuchungsgebiet mehr als 200 m. Ein relevantes Zusammenwirken der Einzelquellen kann somit ausgeschlossen werden. Weitere relevante Anlagen (Umspannwerke, Gleichrichterwerke, o.Ä.) konnten während den Ortsbesichtigungen [20] nicht festgestellt werden. Aussagen der Stadtwerke München bestätigen dies, jedoch befinden sich Trafostationen im Untersuchungsgebiet [21]. Messungen von vergleichbaren Anlagen haben ergeben, dass die gesetzlichen Grenzwerte bereits im Nahbereich (~1m) zuverlässig eingehalten werden [22].

3. Grundlagen

Grundlage für die Beurteilung der Einwirkung elektrischer und magnetischer Felder auf Menschen sind die „Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes“ (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV [1]) und die Unfallverhütungsvorschrift BGV B11 „Elektromagnetische Felder“ [3]. Die 26. BImSchV enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder. Im Bereich des Arbeitsschutzes ist die Unfallverhütungsvorschrift BGV B11 „Elektromagnetische Felder“ [3] mit der dazugehörigen BG-Regel BGR B11 [3] anzuwenden. Die BGV B11 gilt, soweit Versicherte elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldern unmittelbar oder mittelbar ausgesetzt sind. 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:

Ortsfeste Anlagen, die elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 9 Kilohertz bis 300 Gigahertz erzeugen, ausgenommen sind Anlagen, die breitbandige elektromagnetische Impulse erzeugen und der Landesverteidigung dienen,

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 2000 Volt und mehr....“

Die Grenzwerte der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte sind in §2, §3 und dem dazugehörigen Anhang 1 a 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.“

Folgende Tabelle zeigt die maßgebenden Grenzwerte für Gleichstrom,- Niederfrequenz- und Hochfrequenzanlagen gemäß Anhang 1 a der 26. BImSchV:

Anhang 1a (zu §3): Grenzwerte für Gleichstrom-, Niederfrequenz und Hochfrequenzanlagen (bis 10MHz) (auszugweise)		
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 ¹⁾
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: $B = 200/2 = 100 \mu T$

Nach Anhang 2a der 26. BImSchV 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

Im Bereich des Arbeitsschutzes ist die Unfallverhütungsvorschrift BGV B11 „Elektromagnetische Felder“ [11] mit der dazugehörigen BG-Regel BGR B11 [3] anzuwenden. Die BGV B11 gilt, soweit Versicherte elektrischen, magnetischen oder elektromagnetischen Feldern unmittelbar oder mittelbar ausgesetzt sind. In BGV B11 werden von den Grenzwerten messbare Größen (E, B, H, S) abgeleitet und Expositionsbereiche festgelegt; Maßnahmen orientieren sich an auftretenden Expositionen in dem jeweiligen Expositionsbereich:

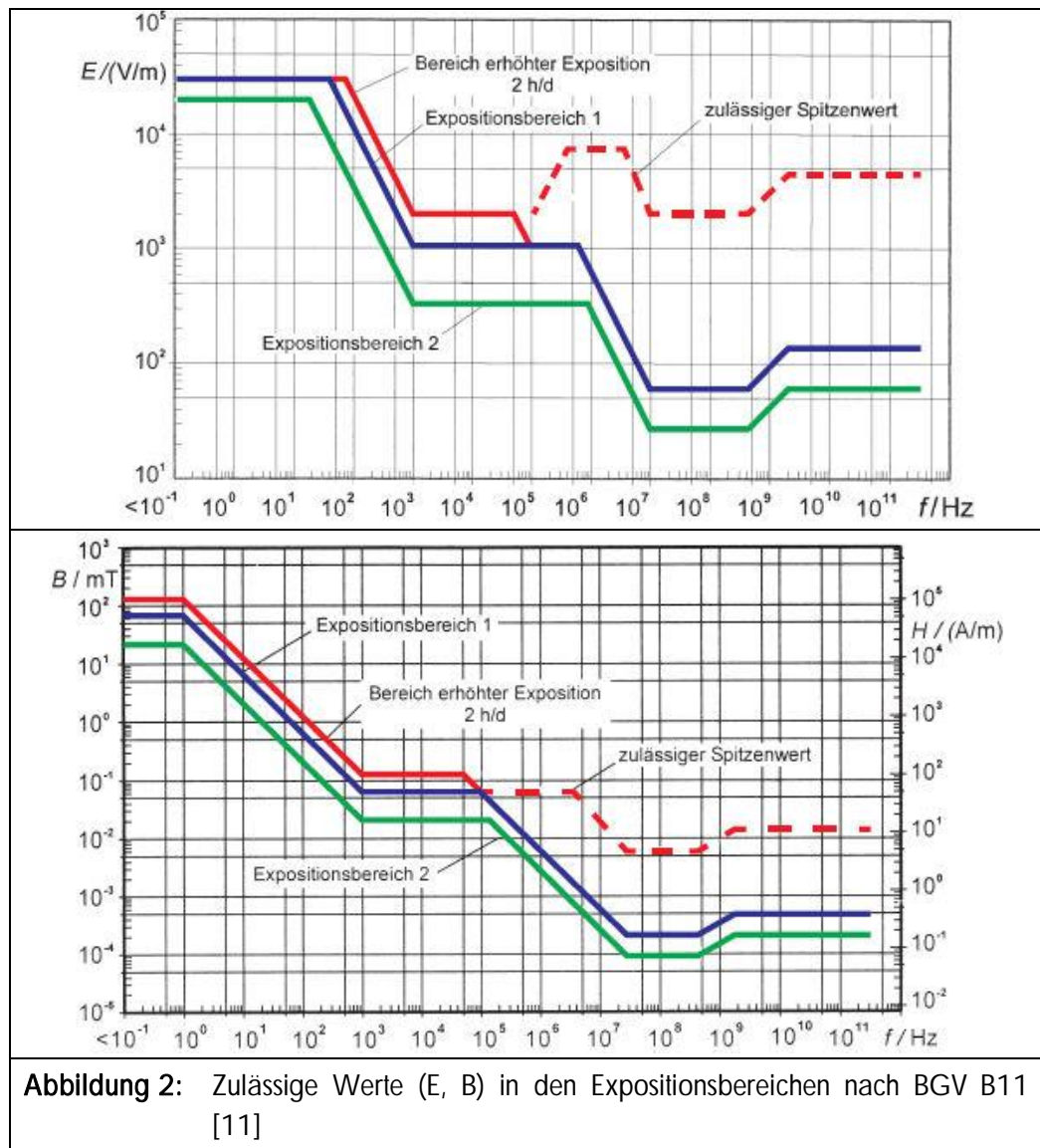
- Der Expositionsbereich 2 umfasst alle Bereiche eines Unternehmens, sofern sie nicht dem Expositionsbereich 1, dem Bereich erhöhter Exposition oder dem Gefahrenbereich zuzuordnen sind. Für eine dauerhafte Exposition (Expositionsbereich 2) wurden folgende höchstzulässigen Effektivwerte für die elektrische Feldstärke sowie die magnetische Flussdichte definiert [11]:

....

Frequenzbereich f / Hz	Effektivwert der elektrischen Feldstärke $[\text{kV/m}]$	Effektivwert der magnetischen Flussdichte $[\text{mT}]^{(1)}$
0 – 1	20	21,22
1 – 16,67	20	$21,22 / f$
16,67 – 1000	$333,3 / f$	$21,22 / f$
1000 – 29000	$333,3 \cdot 10^3$	$21,22 \cdot 10^3$

⁽¹⁾Über Flächenelemente von 100 cm^2 zu mitteln

....



- Der Expositionsbereich 1 umfasst vom Unternehmen kontrollierte Bereiche und Bereiche, in denen sichergestellt ist, dass eine Exposition oberhalb der zulässigen Werte von Expositi-

onsbereiche 2 nur vorübergehend erfolgt. Die höchstzulässigen, frequenzabhängigen Effektivwerte sind in Anlage 1 der BGV B11 enthalten und werden nicht eigens ausgeführt.

- Der Bereich erhöhter Exposition ist ein vom Unternehmen kontrollierter Bereich mit Überschreitung der Werte des Expositionsbereiches 1 und der Gefahrbereich ist ein vom Unternehmen kontrollierter Bereich mit Überschreitung der Werte des Bereiches erhöhter Exposition. Die höchstzulässigen, frequenzabhängigen Effektivwerte sind in Anlage 1 der BGV B11 enthalten und werden nicht eigens ausgeführt.

Für die im vorliegenden Fall Frequenz von 50 Hz ergeben sich in Abhängigkeit vom Expositionsbereich folgende zulässige Werte:

Tabelle 1: Zulässige Werte elektrischer und magnetischer Felder bei 16 2/3 Hz		
Expositionsbereich	Elektrische Feldstärke E [kV/m]	Magnetische Flussdichte B [mT]
2	20	1,27
1	30	4,07
Erhöhte Exposition	30,00	7,64

Werden in festgelegten Expositionsbereichen die jeweils zulässigen Werte überschritten, so hat der Unternehmer umgehend Maßnahmen anzuwenden, die verhindern, dass unzulässige Expositionen auftreten. Werden die zulässigen Werte für den Expositionsbereich 2 nicht überschritten, sind keine Maßnahmen erforderlich, wobei § 12 der BGV B11 [11] unberührt bleibt:

„§ 12

Mittelbare Wirkungen, Körperhilfsmittel

- (1) Der Unternehmer hat durch technische Maßnahmen zu verhindern, dass Versicherte durch Energien gefährdet werden, die durch EM-Felder an elektrisch leitfähigen Gegenständen erzeugt werden.
- (2) Besteht die Möglichkeit, dass Systeme infolge einer Beeinflussung durch EM-Felder versagen und dadurch Versicherte gefährdet werden, hat der Unternehmer dies durch technische oder organisatorische Maßnahmen zu verhindern.
- (3) Für Personen mit aktiven oder passiven Körperhilfsmitteln sind besondere Maßnahmen erforderlich, durch die Funktionsstörungen der Körperhilfsmittel oder Schädigungen der Person verhindert werden. Der Unternehmer hat alle Versicherten auf solche möglichen Gefährdungen hinzuweisen. Versicherte haben den Unternehmer über eine Versorgung mit Körperhilfsmitteln zu informieren, damit der Unternehmer notwendige Maßnahmen ergreifen kann.“

D. h. auch wenn die zulässigen Werte nach Tabelle 1 unterschritten werden, können ggf. z. B. statische Aufladungen auftreten sowie aktive Körperhilfsmittel (z. B. Herzschrittmacher) bzw. besonders gefährdeter Arbeitnehmer (z. B. Implantatträger, Schwangere) beeinflusst werden. Daher sind hierfür eine getrennte Bewertung und Maßnahmenauslegung bei Überschreitung von Sicherheitswerten erforderlich.

Bei elektrischen Feldern können elektrisch leitende Materialien statisch aufgeladen werden. Wenn eine Person ein statisch geladenes Objekt berührt und eine Erdung herstellt, fließt ein Entladungs-

strom, es entsteht eine sog. Funken- oder ggf. Bogenentladung, die als Stromschlag wahrgenommen wird. Diese Wirkungen können belästigend und/oder schmerzhaft sein. Die Wahrnehmungsschwelle für Funkenentladungen hängt von der Empfindlichkeit der betroffenen Körperstelle ab. Die Stärke der Empfindung ist umso größer, je größer das leitfähige Objekt und die herrschende Feldstärke sind. Nach Einschätzung der Strahlenschutzkommission (SSK [8], [9]) können in elektrischen Feldern unter ungünstigen Umständen Elektrisierungen bereits bei Feldstärken von ca. $E = 0,5$ kV/m wahrgenommen werden. Eine Feldstärke von $E = 1$ kV/m wird von etwa 1 bis 3 % der Versuchspersonen infolge von Vibrationen der Körperhaare wahrgenommen (soz. Kribbeln). Wie groß der Abstand zu den Oberleitungen sein muss, um Funken- oder Bogenentladungen zu verhindern, ist u. a. abhängig vom Potential, der Form der Leiter, der Luftfeuchtigkeit und vom Luftdruck und kann daher nicht ohne Weiteres angegeben werden.

Die BGI 5111 [7] erläutert Implantateigenschaften sowie Hintergründe zu möglichen Beeinflussungen. Allgemeingültige Grenzwerte können nicht festgelegt werden, da *„die Beeinflussbarkeit eines implantierten Herzschrittmachers nur für den Einzelfall ermittelt werden kann, um entscheiden zu können, ob Betroffene ihren gewohnten Tätigkeiten nachgehen können oder ob Einschränkungen erforderlich sind. Bei der Bewertung sind daher die Exposition des Betroffenen und die Eigenschaften des Implantates zu berücksichtigen. So können individuelle Lösungen für Arbeitnehmer mit aktiven Körperhilfen erarbeitet werden. Für Besucher und Fremdpersonal auf dem Unternehmensgelände ist eine individuelle Bewertung der Beeinflussbarkeit eines Implantates nicht möglich. Hier müssen in der Regel allgemeingültige organisatorische Maßnahmen getroffen werden, um den Schutz dieser Personengruppen sicherzustellen.“*

Die in der UVV [11] enthaltenen Grenzwerte sind bei 16 2/3 Hz sowohl für das elektrische Feld als auch für die magnetische Flussdichte deutlich über den Grenzwerten der 26. BImSchV [1].

4. Messung elektrischer und magnetischer Felder

4.1 Messort, Messzeit, Messdurchführung

Es wurde an ausgewählten Messpunkten in verschiedenen Abständen zu den Hochspannungsleitungen bzw. zu den Bahnlinien gemessen. Die genaue Lage der Messbereiche und 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, dem 16. Oktober 2014 in der Zeit von 11:00 Uhr bis 16:00 Uhr unter folgenden Witterungsverhältnissen:

Messzeit	Temperatur	Rel. Luftfeuchtigkeit	Witterung
16.10.2014	16 bis 20 °C	0,70	bewölkt, trocken, kein Niederschlag

Die Messungen erfolgten auf einem Carbonstativ (nicht leitend), um einen etwaigen Einfluss des Stativs auf die Messergebnisse zu minimieren. Für die Messung der Gesamtimmission wurden die

Messdaten frequenzunabhängig (ohne Band- oder Hochpass) im Frequenzbereich von 5 Hz bis 400 kHz erfasst, so dass ein etwaiger Einfluss der anderen Leitungen bzw. von Fremdquellen mit erfasst wurde. Die Messung erfolgte entsprechend DIN VDE 0848 Teil 1 [10] bzw. DIN EN 50413 [15].

110 kV-Leitung

Die Messungen wurden in einem Raster mit 6 m Abständen unmittelbar unterhalb der Überleitung durchgeführt (vgl. Abbildungen 2 und 3, sog. 3D Profil).

DB-Bahnstrecke München – Flughafen und München - Simbach

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 zum Magnetfeld ist das elektrische Feld von Bahnstrecken unmittelbar von der Versorgungsspannung abhängig und deshalb an einem Punkt weitestgehend stationär. Eine Erfassung repräsentativer Betriebszustände konnte durch die Lage der Messpunkte und Messdauer von 15 bis 30 min sichergestellt werden. An jedem Messpunkt sind mehrere Zugvorbeifahrten in die Messung mit eingeflossen.

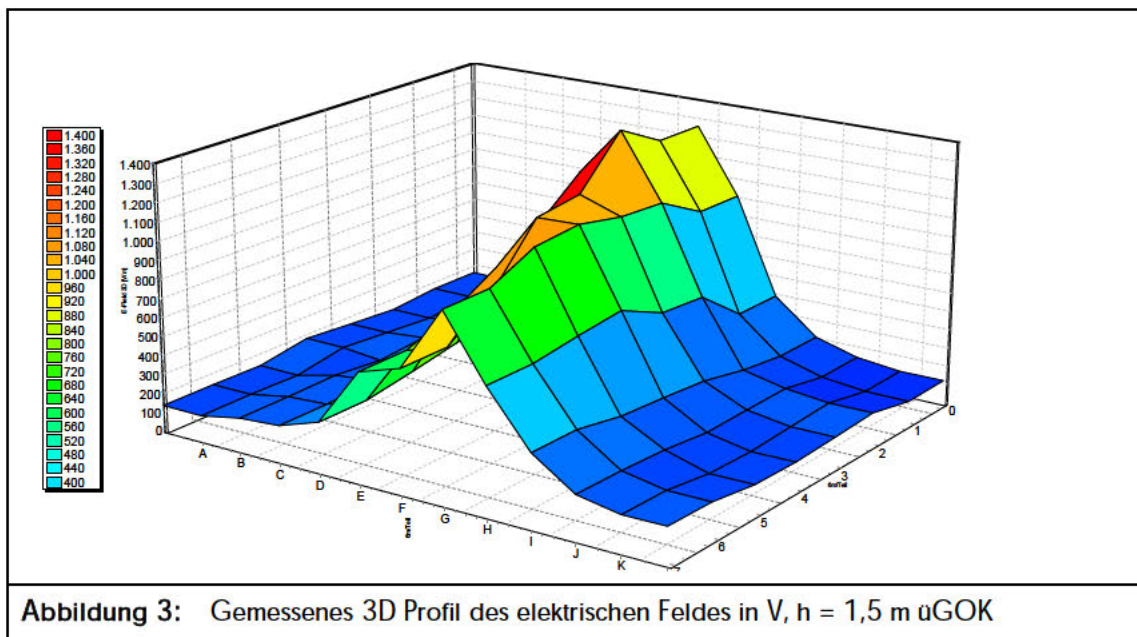
4.2 Messgeräte

- 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)

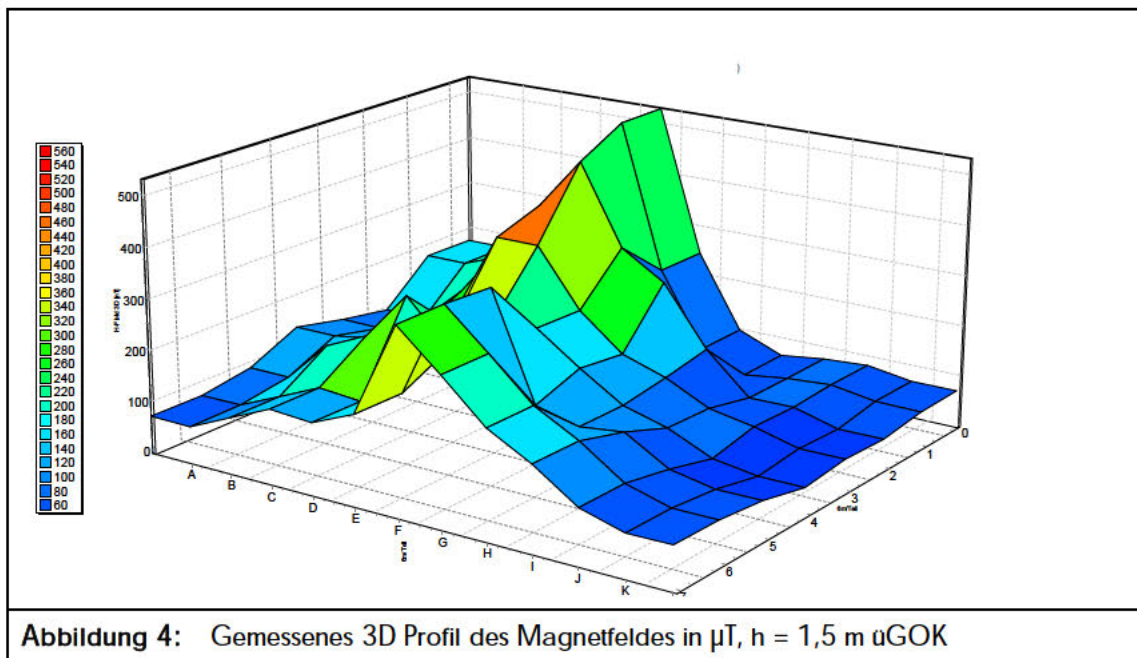
4.3 Messergebnisse

110 kV-Leitung

Auf einer Höhe von 1,5 m über Gelände wurde unmittelbar unterhalb der Oberleitung eine maximale elektrische Feldstärke von 1,4 kV/m gemessen. Der Grenzwert der 26. BImSchV für Aufenthaltsräume von 5 kV/m und damit auch die Unfallverhütungsvorschrift für Arbeitnehmer von 20 kV/m wird somit im Bereich der größten Leitungsdurchhängung zuverlässig eingehalten. Unmittelbar unterhalb der Freileitung nimmt die elektrische Feldstärke in Richtung Strommast ab, da in diesen Bereichen die Leitungen höher positioniert sind, als in der Mitte zwischen zwei Strommasten.



In folgender Abbildung 3 sind die gemessenen Effektivwerte als arithmetische Mittelwerte der Magnetischen Flussdichte B [μT] als gemessenes 3D-Profil in einer Höhe von 1,5 m über Gelände dargestellt. Demnach wurden die höchsten Flussdichten unmittelbar unter den niedrigeren Leiterphasen gemessen. Die Lastverteilung war zum Zeitpunkt der Messung symmetrisch.



Auf einer Höhe von 1,5 m über Gelände wurde unmittelbar unterhalb der Leiter eine maximale magnetische Flussdichte von $0,53 \mu\text{T}$ gemessen. Wie bei der elektrischen Feldstärke nimmt die magnetische Flussdichte unmittelbar unterhalb der Freileitung in Richtung Strommast ab.

Bahnlinie München – Flughafen und München – Simbach

In folgender Tabelle 1 sind die gemessenen Effektivwerte als arithmetische Mittelwerte und Spitzenwerte der Elektrischen Feldstärke E [kV/m] und der Magnetischen Flussdichte B [μ T] zusammengestellt:

Tabelle 2: Messergebnisse der elektrischen und magnetischen Felder zur Bahnüberleitung nach DIN VDE 0848-1									
Messquerschnitt / Messpunkt / Abstand zu Bahnstromüberleitung			Elektrische Feldstärke E [kV/m]		Magnetische Flussdichte B [µT]		Grenzwerte 26. BImSchV [1]		
			Spitze	Mittel	Spitze	Mittel	E [kV/m]	B [µT]	
München Flughafen	-	MP 1	10	2,06	1,98	7,09	1,82	5	300
		MP 2	16	0,48	0,44	3,48	0,89	5	300
		MP 3	22	0,02	0,01	1,72	0,52	5	300
München Simbach	-	MP 1	8	1,52	1,45	1,86	0,94	5	300
		MP 2	16	0,54	0,52	0,99	0,51	5	300
		MP 3	32	0,00	0,00	0,53	0,27	5	300

Hinweis: Die genannten Bezugsabstände beziehen sich auf die Achse des nächstgelegenen Gleises (horizontaler Abstand) bzw. auf die nächstgelegene Bahnstromüberleitung.

Der genaue Betriebszustand der Leitungen (Momentanbelastungen) während der Messungen ist nicht bekannt, so dass auch höhere elektrische und magnetische Felder nicht ausgeschlossen werden können.

5. Beurteilung elektrischer und magnetischer Felder

5.1 Überleitungen (110 kV-Leitung)

Die höchsten elektrischen Feldstärken betragen bis zu 28 % (Spitzenwerte der Effektivwerte), die höchsten magnetischen Flussdichten bis zu 0,53 % (Spitzenwerte der Effektivwerte) des Grenzwertes der 26. BImSchV [1]. Die seitens ihrer Zahlenwerte höheren Grenzwerte der UVV [11] werden damit ebenfalls deutlich unterschritten. Damit ist der Schutz der Allgemeinheit vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische und magnetische Felder zunächst sichergestellt.

Der Schutz der Allgemeinheit vor elektrischen und magnetischen Feldern der Freileitung ist im ebenerdigen Freiraum und Erdgeschossbereich sichergestellt. Aufgrund der hohen elektrischen Feldstärken an den Messpunkten im Nahbereich zu den Stromleitungen ist jedoch davon auszuge-

hen, dass der Grenzwert für die elektrische Feldstärke bei darüber hinausgehenden Höhen (z. B. 2. OG bzw. DG bei ca. 9-10 m), d. h. bei geringeren Abständen zu den Leitungen, erreicht oder sogar überschritten werden kann.

Anhand der Messergebnisse mit Messpunkten in verschiedenen Abständen zu den Leitungen wurden Verlaufsfunktionen der Feldstärken durch Regressionsfunktionen ermittelt, sog. Abklingfunktion. Auf Basis der gemessenen Abklingfunktion können die Zahlenwerte der Feldgrößen an zusätzlichen Einzelmesspunkten (Verdichtungsstützpunkte) abgeglichen und der Verlauf der Isolinie (Abstand, ab dem die Grenzwerte eingehalten werden) bestimmt werden. Dabei wurde anhand einer Höhenabschätzung der Leitungen vor Ort von einer Leitungshöhe für die Deutsche Bahn von etwa $h = 25$ m ausgegangen; die genauen Höhen sind nicht bekannt und konnten nicht ermittelt werden.

Es zeigt sich, dass die gesetzlichen Anforderungen auf dieser Basis ab folgenden Abständen bzgl. der Leiterseile eingehalten werden:

- 20 m zur Leitung der Deutsche Bahn,

Im Umkehrschluss können auf Basis der angenommen Leitungshöhen schädliche Umwelteinwirkungen nicht ausgeschlossen werden, wenn

- Gebäude unterhalb der Leitung der Deutschen Bahn mit einer Höhe von mehr als einem Vollgeschoss errichtet werden.

Je Vollgeschoss wurde eine Höhe von 3 m angenommen; ein Dachgeschoss ist mit 4 m zulässig.

5.2 DB-Bahnstrecken München – Flughafen und München – Simbach

Die höchsten elektrischen Feldstärken wurden entlang der Bahnlinie München – Flughafen gemessen und betragen bis zu 39,6% (mittlerer Effektivwert) bzw. 41,2% (Spitzenwerte der Effektivwerte), die höchsten magnetischen Flussdichten bis zu 0,6 % (mittlere Effektivwerte) bzw. 2,4 % (Spitzenwerte der Effektivwerte) des Grenzwertes der 26. BImSchV [1]. Die seitens ihrer Zahlenwerte höheren Grenzwerte der UVV [11] werden damit ebenfalls deutlich unterschritten. Damit ist der Schutz der Allgemeinheit vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrische und magnetische Felder zunächst sichergestellt

Es zeigt sich, dass insbesondere hohe elektrische Feldstärken im Planungsgebiet auftreten. Die magnetischen Flussdichten unterschreiten die zulässigen Grenzwerte weitaus deutlicher.

5.3 Sonstiges

Elektrostatische Aufladungen

Bei elektrischen Feldern können elektrisch leitende Materialien statisch aufgeladen werden. Wenn eine Person ein statisch geladenes Objekt berührt und eine Erdung herstellt, fließt ein Entladungs-

strom, es entsteht eine sog. Funken- oder ggf. Bogenentladung, die als Stromschlag wahrgenommen wird. Diese Wirkungen können belästigend und/oder schmerzhaft sein. Die Wahrnehmungsschwelle für Funkenentladungen hängt von der Empfindlichkeit der betroffenen Körperstelle ab. Die Stärke der Empfindung ist umso größer, je größer das leitfähige Objekt und die herrschende Feldstärke sind. Nach Einschätzung der Strahlenschutzkommission (SSK [8]) können in elektrischen Feldern unter ungünstigen Umständen Elektrisierungen bereits bei Feldstärken von ca. $E = 0,5$ kV/m wahrgenommen werden. Eine Feldstärke von $E = 1$ kV/m wird von etwa 1 bis 3 % der Versuchspersonen infolge von Vibrationen der Körperhaare wahrgenommen (soz. Kribbeln). Wie groß der Abstand zu den Oberleitungen bzw. zur Freileitung sein muss, um Funken- oder Bogenentladungen zu verhindern, ist u. a. abhängig vom Potential, der Form der Leiter, der Luftfeuchtigkeit und vom Luftdruck und kann daher nicht ohne Weiteres angegeben werden. Elektrische Felder von mehr als $E = 0,5 - 1,0$ kV/m wurden bis zu einem Abstand von ca. 30 m zur Überleitung bzw. ca. 20 m zu den Bahnstrecken gemessen. Das E-Feld kann durch die Bebauung wirksam abgeschirmt werden. Für Freibereiche können Elektrisierungen bzw. statische Aufladungen nicht ausgeschlossen werden. Dieser Effekt ist insbesondere auch bei späteren Bautätigkeiten unter der Überlandleitung bzw. im Nahbereich der Bahnstrecken zu beachten.

Durch Entladungsvorgänge an Hochspannungsfreileitungen treten witterungsbedingt auch tieffrequente Brummgeräusche auf, sog. Koronageräusche. Die höchsten Geräuschimmissionen sind bei nassen Leitungsbahnen zu erwarten. Die Koronageräusche können bei Baukonstruktionen in Leichtbauweise zu Sekundärluftschallanregungen führen und durch akustische Effekte innerhalb von Aufenthaltsräumen noch verstärkt werden (z. B. durch stehende Wellen). Bei der Errichtung von schutzbedürftigen Aufenthaltsräumen ist die TA Lärm i. d. F. von 1998 [5] in Verbindung mit der DIN 45680 i. d. F. 1997 [16] einzuhalten.

Einwirkungen auf besonders gefährdete Personen

Die Einhaltung der zulässigen Werte der 26. BImSchV bzw. des Expositionsbereiches 2 der BGV B11 stellt nicht sicher, dass bspw. elektrostatische Aufladungen oder Beeinträchtigungen für besonders gefährdete Personen (z. B. Implantatträger, Schwangere) auftreten können: Die Beeinträchtigung besonders gefährdeter Personen (z. B. Implantatträger, Schwangere) ist im Einzelfall anhand der Exposition des Betroffenen und ggf. der Eigenschaften des Implantates zu beurteilen.

Einwirkungen auf elektrische Geräte bzw. Beeinflussung elektrischer Geräte

Die 26. BImSchV [1] bzw. die UVV [11] gelten zum Schutz der menschlichen Gesundheit 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 elektro-

nischen Geräten. Gemäß dem Gesetz über die elektromagnetische Verträglichkeit von Betriebsmitteln (EMVG [13]) müssen Betriebsmittel so entworfen und gefertigt sein, dass sie gegen die bei bestimmungsgemäßen 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 4 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 wurden in einem Abstand von bis zu ca. 25 m zur Leitungsachse gemessen.

Grundsätzlich gilt, 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) sollte deshalb im Rahmen der Bauausführungsplanung entsprechend darauf geachtet werden.

Um die von den Hochspannungsleitungen 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 entstörenden Zone ein Kompensationsmagnetfeld mittels Spulen und Sensoren erzeugt bzw. gesteuert. Alternativ sind MU-Metall-Abschirmplatten (Aaronia MagnoShield DUR oder technisch vergleichbares) denkbar. Aufgrund des baulich-technischen Aufwands gegen niederfrequente Magnetfelder ist der Einsatz praktisch auf Labor- oder Forschungsbereiche beschränkt. Die Notwendigkeit einer solchen Maßnahme ist derzeit nicht absehbar erforderlich.

Dieses Gutachten umfasst 23 Seiten und 4 Anlagen. Die auszugsweise Vervielfältigung des Gutachtens ist nur mit Zustimmung der Möhler + Partner Ingenieure AG gestattet.

München, den 18. Dezember 2015

Möhler + Partner
Ingenieure AG



i.V. Dipl.-Ing. S. Müller



i. V. M. Sc. C. Bews

6. Anlagen

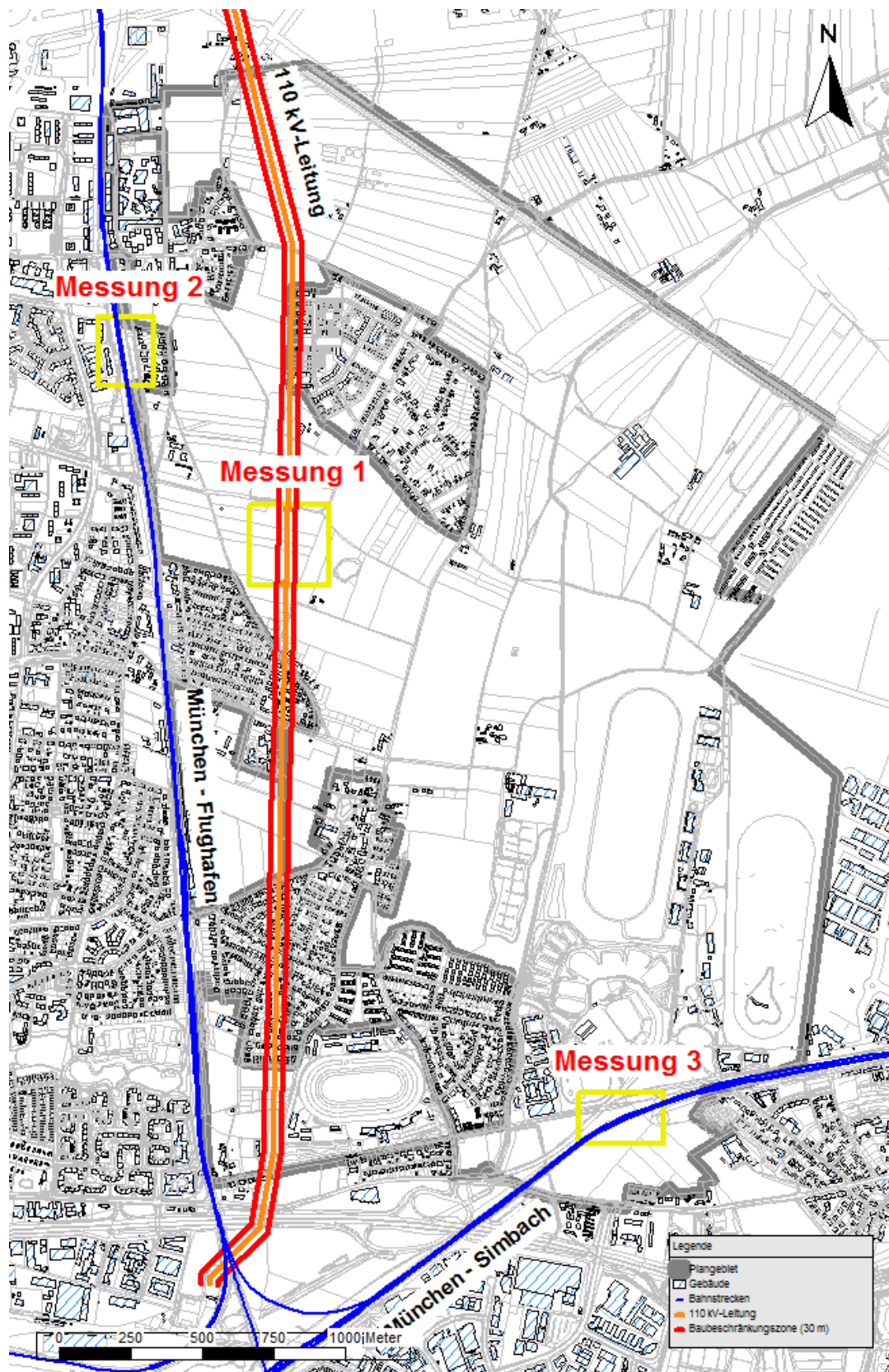
Anlage 1: Lagepläne

Anlage 2: Fotografische Dokumentation der Messungen

Anlage 3: graphische und tabellarische Darstellung der Messergebnisse

Anlage 4: Anhaltswerte für Mindeststörfestigkeiten technischer Geräte

Anlage 1: Lageplan (mit Darstellung der Baubeschränkungszone der 110 kV-Leitung)



Anlage 1-2: Messbereich der Messung 1: 110 kV-Leitung (grünes Polygon)



Anlage 2: Fotografische Dokumentation der Messungen

Messung 2: Bahnlinie München – Flughafen

MP 1



MP 2



MP 3



Messung 3: Bahnlinie München – Simbach

MP 1



MP 2



MP 3



Messung 1: 110 kV-Leitung

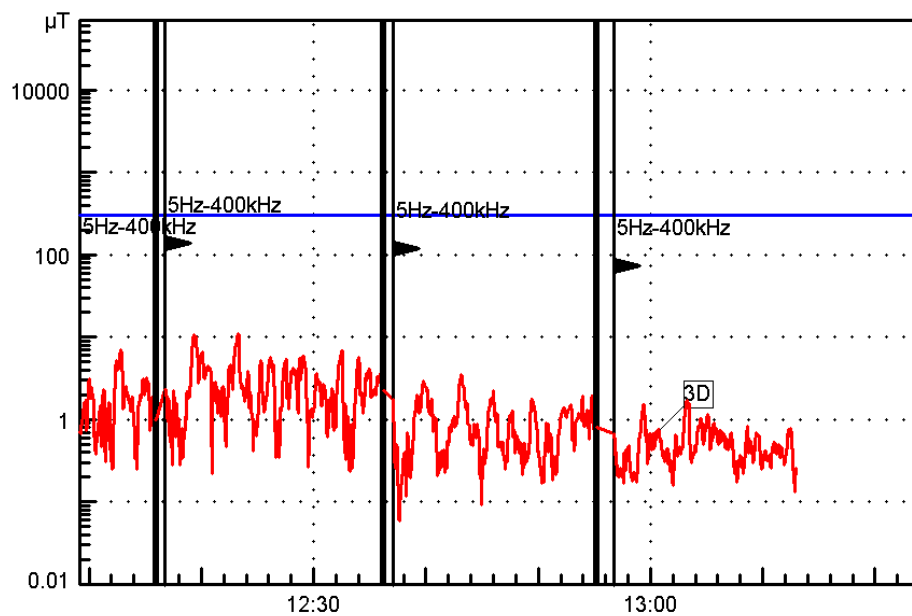
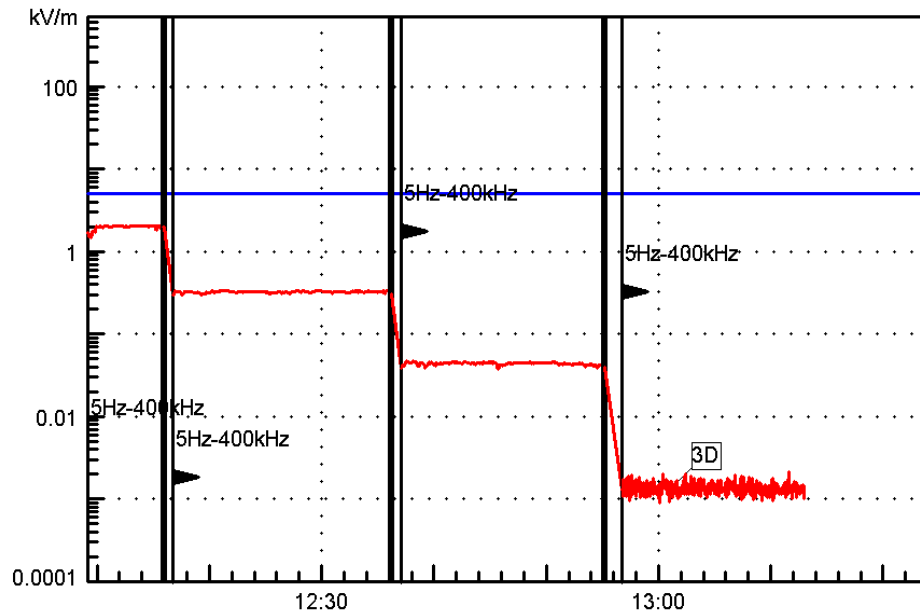


Anlage 3: graphische und tabellarische Darstellung der Messergebnisse

Messung 1: 110 kV-Leitung (Messpunkte in 6 m Abständen)

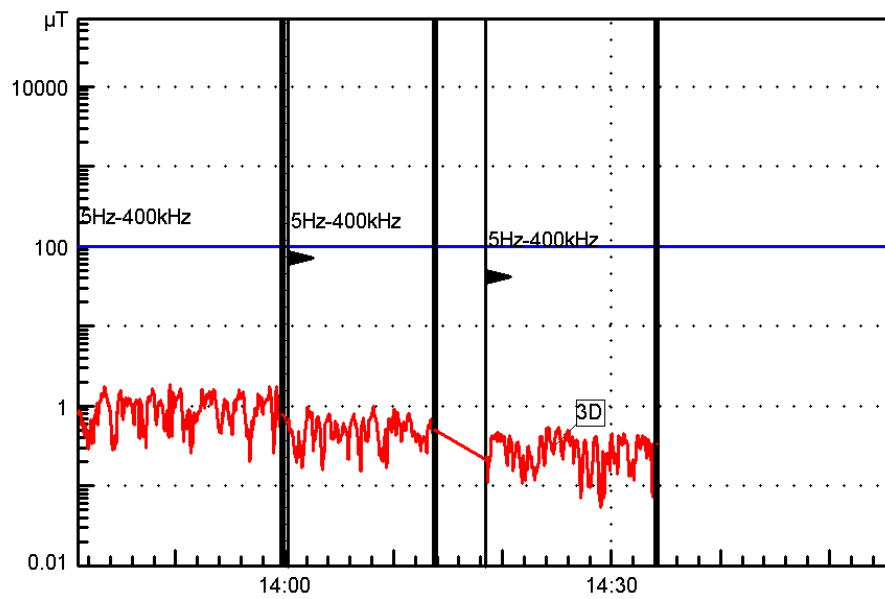
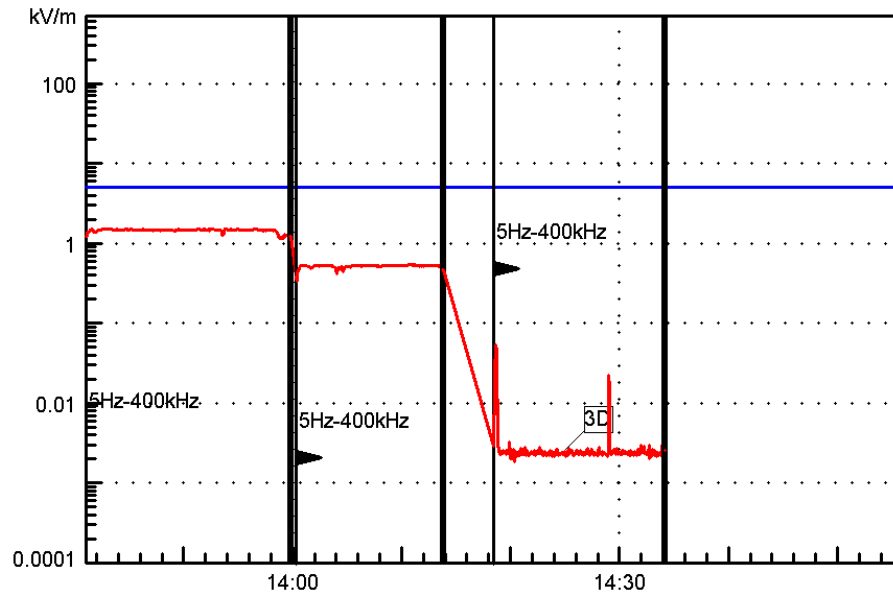
X-Position	Y-Position	H-Feld 3D [nT]	E-Feld 3D [V/m]
1	1	170,7	149,0
2	1	203,0	172,8
3	1	137,9	249,2
4	1	393,5	563,9
5	1	528,5	1079,0
6	1	241,8	1252,7
7	1	97,1	904,6
8	1	62,6	387,4
9	1	74,1	204,0
10	1	80,4	143,0
11	1	66,7	115,1
1	2	87,9	125,9
2	2	165,0	163,6
3	2	268,9	281,9
4	2	376,3	584,2
5	2	479,4	1127,4
6	2	322,3	1392,1
7	2	270,1	1044,7
8	2	154,9	581,7
9	2	76,3	237,0
10	2	76,7	187,5
11	2	55,1	164,8
1	3	105,6	144,0
2	3	121,2	165,8
3	3	184,1	244,6
4	3	346,1	406,6
5	3	345,4	934,9
6	3	233,9	1138,1
7	3	165,3	1059,5
8	3	137,6	600,1
9	3	96,8	288,6
10	3	81,2	186,2
11	3	59,5	153,7
1	4	128,0	167,9
2	4	142,3	145,8
3	4	149,9	197,0
4	4	206,8	347,3
5	4	236,8	798,3
6	4	237,3	1104,3
7	4	177,5	1113,5
8	4	123,6	715,2
9	4	100,7	312,2
10	4	62,7	183,4
11	4	48,8	141,2
1	5	82,6	122,4
2	5	166,4	172,3
3	5	204,8	196,7
4	5	301,5	301,3
5	5	218,4	659,3
6	5	354,2	819,8
7	5	146,5	1091,7
8	5	125,6	689,3
9	5	135,7	327,1
10	5	86,7	209,0
11	5	69,9	146,6
1	6	67,9	124,9
2	6	104,8	168,2
3	6	142,7	180,1
4	6	135,9	254,2
5	6	172,2	566,2
6	6	359,1	635,6
7	6	285,6	980,3
8	6	207,8	651,6
9	6	161,8	373,3
10	6	102,7	222,3
11	6	79,1	180,9

Messung 2: Bahnlinie München – Flughafen



Messung vom 16.10.2014 / Index [1..1818]

Messung 3: Bahnlinie München – Simbach



Messung vom 16.10.2014 / Index [1..1443]

Anlage 4: 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

Anlage 5 zu Bericht Nr. 710-4425-EMF-1

Integriertes Strukturkonzept für den Münchner Nordosten
Untersuchung elektrischer und magnetischer Felder

Nachtrag Quelleverzeichnis

Anlage 1: Lagepläne

Eigene Darstellung, Kartengrundlage: Landeshauptstadt München 2014, Flurstücke
und Gebäude: Bayerische Vermessungsverwaltung 2014

Anlage 2: Fotographische Dokumentation der Messungen

Eigene Darstellung, Luftbild: Landeshauptstadt München 2013

München, den 26.02.2025

Gez. Siebert