



STADT TROISDORF
Der Bürgermeister

Anlage 5
zur Begründung

Bebauungsplan VEP 14

**Orientierende Messung der
elektrischen und magnetischen Wechselfelder
zum
vorhabenbezogenen Bebauungsplan (VEP Nr. 14)
Troisdorf Lindenstraße
in 53842 Troisdorf**

Zeit der Messungen: Sept. / Okt. 2019

Berichts-Nr.: B2110159-02(3)_ver16Okt2023

ADU cologne

INSTITUT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ GMBH

Hauptsitz Köln

Am Wassermann 36, D-50829 Köln
Tel.: (0221) 943811 - 0 Fax: (0221) 94395 - 48
E-Mail: info@adu-cologne.de

Außenstelle Mönchengladbach

Sybeniusstraße 7, D-41179 Mönchengladbach
Tel: (02161) 5489 - 11 Fax: (02161) 5489 - 12
E-Mail: s.staeck@adu-cologne.de

**Orientierende Messung der
elektrischen und magnetischen Wechselfelder
zum
vorhabenbezogenen Bebauungsplan (VEP Nr. 14)
Troisdorf Lindenstraße
in 53842 Troisdorf**

Zeit der Messungen: Sept. / Okt. 2019

Auftraggeber:	Specht Gruppe Konsul-Smidt-Str. 12 28217 Bremen
Berichts-Nr. :	B2110159-02(3)_ver21Apr2023
Auftrag vom:	10.05.2019 / 14.09.2023
Fachlich Verantwortlicher:	Dr. Werner Pook
Bearbeiter:	Dipl.-Phys. Dr. Peter Nießen
Seitenzahl:	38 (davon 6 Seiten Anhang)
Datum:	19.Aug.2020/ 16.10.2023 aktualisiert

INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
1. Einleitung und Aufgabenstellung	5
1.1. Physikalische Grundlagen	8
2. Unterlagen.....	9
2.1. Pläne	9
2.2. Verordnungen, Richtlinien, Normen.....	9
3. Durchführung der Messung	10
3.1. Orts- und Messtermine	10
3.2. Verwendete Messgeräte.....	10
3.2.1. Genauigkeit der Messgeräte.....	11
3.3. Auswahl der Messpunkte für die Magnetfeldmessungen	11
3.3.1 Auswahl der Messpunkte für die Daueraufzeichnungsmessungen	12
3.3.2 Durchführung der Daueraufzeichnungsmessungen	12
3.4. Messverfahren magnetisches Wechselfeld.....	12
4. Messergebnisse Magnetfeld.....	14
4.1. Ergebnisse der Dauermessungen des magnetischen Wechselfeldes.....	14
4.2. Korrektur der Einzelmessungen mit Hilfe der Dauermessung.....	15
4.3. Ergebnisse der Einzelmessungen des magnetischen Wechselfeldes.....	22
4.4. Gesamtergebnis der Magnetfeldmessungen	23
5. Elektrisches Feld	24
5.1. Elektrisches Feld der Bahnstromversorgung	24
5.2. Auswahl der Messpunkte für das elektrische Feld	24
5.3. Messverfahren elektrisches Wechselfeld.....	26
5.4. Ergebnisse der Messung des elektrischen Feldes.....	27
6. Grenz- und Vorsorgewerte	29
6.1. Grenzwert für die Normalbevölkerung	29
6.2. Grenz- und Vorsorgewerte für Implantatträger.....	29
7. Beurteilung bzgl. der Beeinflussung von Personen (EMVU)	30
7.1. Magnetfeldbelastung Normalbevölkerung.....	30
7.2. Magnetfeldbelastung für Implantatträger	30
7.3. Elektrische Felder.....	30
8. Beurteilung bezüglich technischer Gesichtspunkte	32
8.1. Beurteilung unter EMV-Gesichtspunkten	32
8.2. Erdungssysteme der geplanten Gebäude.....	32

Abbildungen

Abbildung 1-1: Lage des Bauvorhabens und der Umgebung (ohne Maßstab, Quelle: www.tim-online.nrw.de, April 2023)

Abbildung 1-2: Lage der Baufelder (ohne Maßstab, Quelle /1/)

Abbildung 1-3: Gebäudeplan der Baukörper (ohne Maßstab, Quelle: /1/)

Abbildung 5-1: Lage der Messpunkte und Messlinien auf dem Plangebiet zwischen Lindenstraße und Bahntrasse, Quelle: maps.google.de

Abbildung 5-2: Freie Fläche am westlichen Rand des Plangebietes: Messung des elektrischen Feldes an ML4

Abbildung 5-3: Mast im Bereich von Messlinie ML4

Tabellen

Tabelle 1: Ergebnisse der Dauermessungen 16,7 Hz Magnetfelder14

Tabelle 2: Auslastungskorrektur der Einzelmesswerte mittels der Dauermessung DM120

Diagramme

Diagramm 1: Auslastungskorrektur der Magnetfeldmessung an Messlinie ML1 17

Diagramm 2: Auslastungskorrektur der Magnetfeldmessung an Messlinie ML2 17

Diagramm 3: Auslastungskorrektur der Magnetfeldmessung an Messlinie M4a (13 m Höhe).18

Diagramm 4: Auslastungskorrektur der Magnetfeldmessung an Messlinie M4b (9 m Höhe)... 18

Diagramm 5: Auslastungskorrektur der Magnetfeldmessung an Messlinie M3 19

Diagramm 6: Einzelmessungen Magnetfeld an den Messlinien ML1 bis ML4 22

Diagramm 7: Messung des elektrischen Feldes an Messlinie ML4..... 27

Diagramm 8: Magnetfeld-Daueraufzeichnung am Messpunkt DM1 35

Diagramm 9: Magnetfeld-Daueraufzeichnung am Messpunkt DM1 36

Diagramm 10: Magnetfeld-Daueraufzeichnung am Messpunkt DM2 37

Diagramm 11: Magnetfeld-Daueraufzeichnung am Messpunkt DM2 38

1. Einleitung und Aufgabenstellung

Die Specht Gruppe plant im Rahmen des Vorhaben- und Erschließungsplans Nr. 14, Stadtteil Troisdorf-Oberlar, Bereich Lindenstraße 28, auf dem Gelände der ehemaligen Bundesbahn-Schule die Schaffung einer Pflegeschule sowie den Neubau mit Wohnnutzung, Gewerbeeinheiten und betreutem Wohnen. Das Plangebiet ist aufgeteilt in drei Baufelder. Im Baufeld 1 ist in einem Gebäude, das aus dem Bestand übernommen wird, eine Neunutzung als Pflegeschule geplant. Im Baufeld 2 soll eine Pflegeeinrichtung mit betreutem Wohnen entstehen. Im Baufeld 3 sind mehrere Plangebäude mit Wohnnutzung sowie Gastronomie und Gewerbeeinheiten im Erdgeschoss geplant.

Im aktuellen Flächennutzungsplan der Stadt Troisdorf wird das Plangebiet als Teil der „Bahnanlagen“ angesehen. Im Rahmen des VEP Nr. 14 wird die Fläche in ein Urbanes Gebiet (MU) umgewidmet.

Die auf dem Grundstück angeordneten Gebäude sind derzeit ungenutzt und stehen leer. Das Grundstück ist durch die Nähe zu Bahnanlagen durch Lärm, Erschütterungen und Elektromagnetische Felder (EMV) vorbelastet.

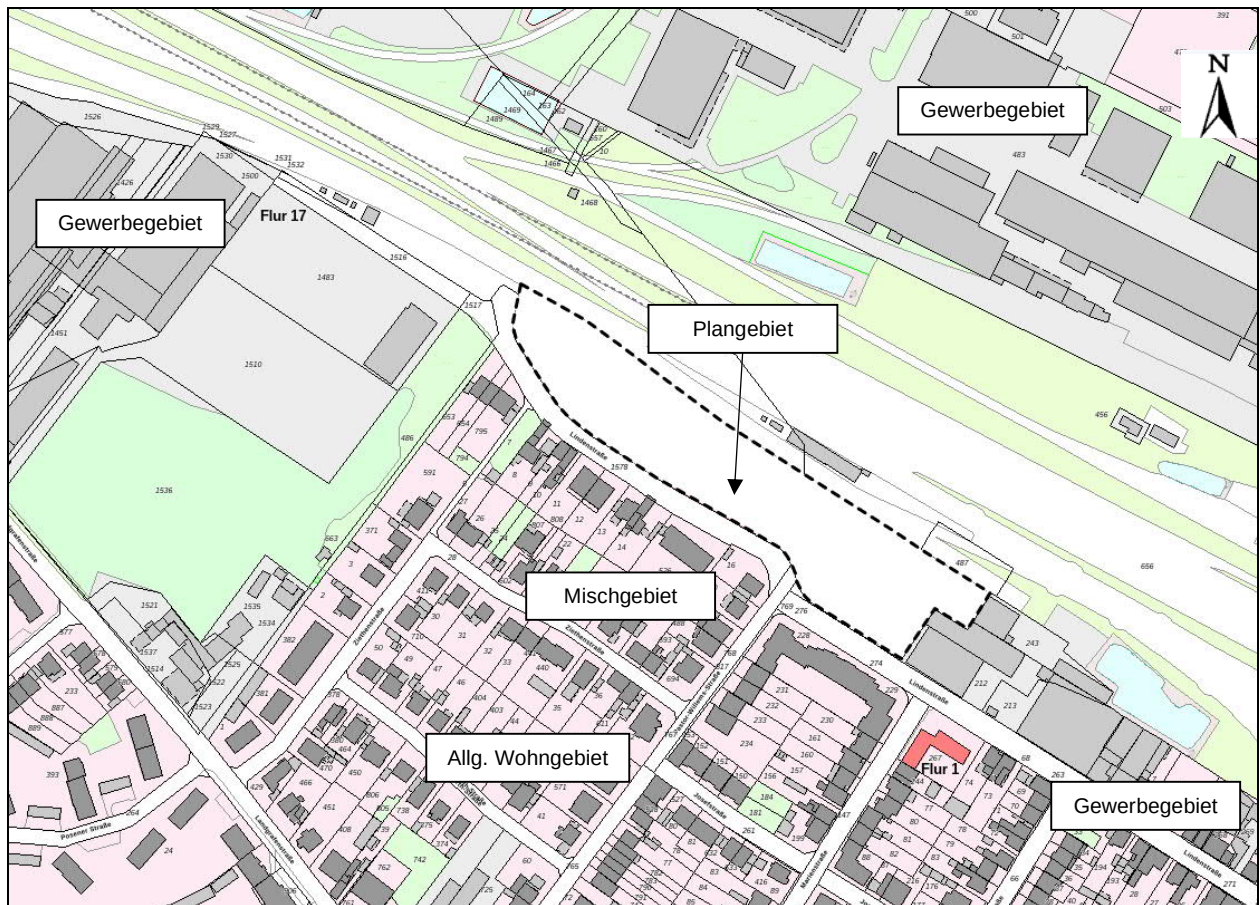
Die Specht Gruppe hat uns beauftragt, eine Einschätzung der Entwicklungsmöglichkeiten des ehem. Bahngrundstücks unter dem Gesichtspunkt des Immissionsschutzes zu erarbeiten.

In dieser Untersuchung sollen durch Messungen die Einwirkungen durch Elektromagnetische Felder (EMV) von den Bahnanlagen auf das Plangebiet ermittelt und die Ergebnisse hinsichtlich einer möglichen Wohnnutzung beurteilt werden. Dabei soll die Einhaltung der Grenzwerte nach der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) überprüft werden /4/.

Das Plangebiet grenzt nördlich an Schienenstrecken der Deutschen Bahn an. Hinter diesen liegen nördlich und in unmittelbarer Nähe in westlicher und östlicher Richtung Gewerbegebiete. Nach Süden hin grenzen hinter der Lindenstraße ein Misch- und allgemeines Wohngebiet an das Plangebiet an.

Die Lage des Plangebietes und dessen weitere Umgebung ist der folgenden Abbildung 1-1 zu entnehmen.

Abbildung 1-1: Lage des Bauvorhabens und der Umgebung (ohne Maßstab, Quelle: www.tim-online.nrw.de, April 2023)



Die Lage der Baufelder ist der Abbildung 1-2 und die geplanten Baukörper in den Baufeldern sind der Abbildung 1-3 auf der folgenden Seite zu entnehmen.

Abbildung 1-2: Lage der Baufelder (ohne Maßstab, Quelle: /1/)

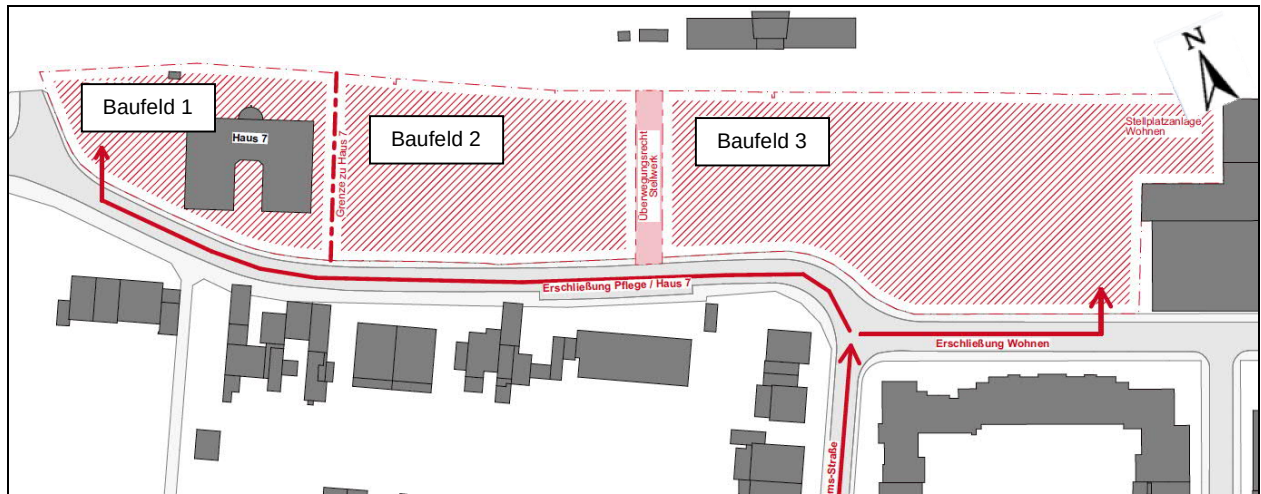
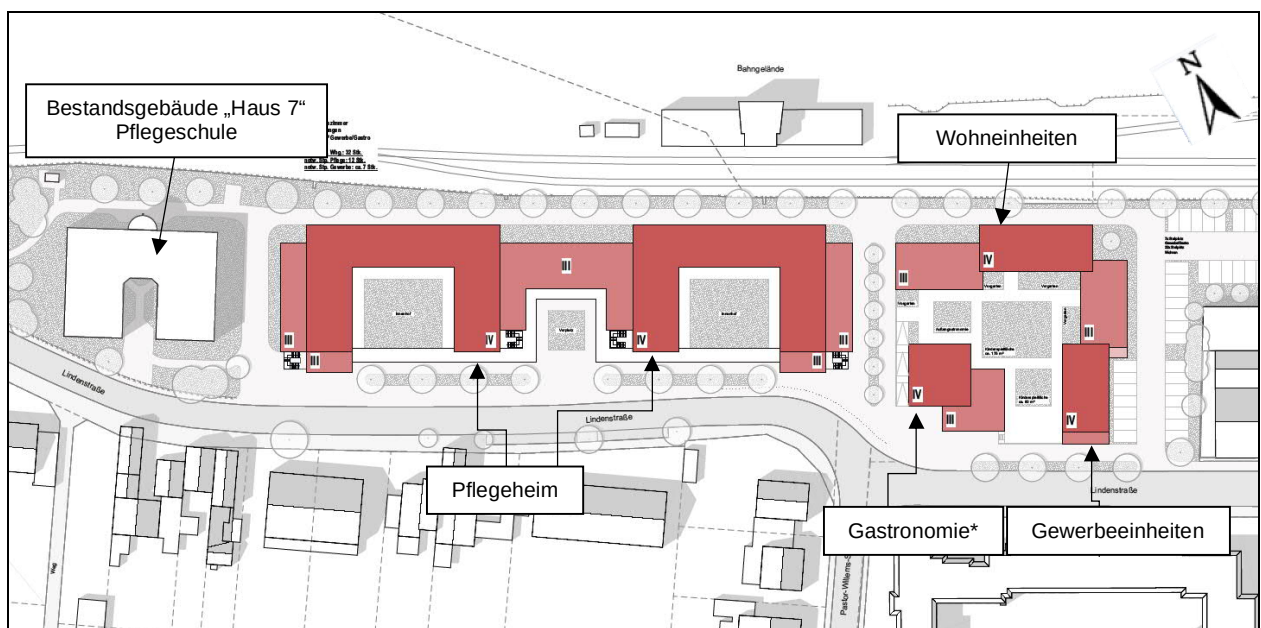


Abbildung 1-3: Gebäudeplan der Baukörper (ohne Maßstab, Quelle: /1/)



* im Erdgeschoss

1.1. Physikalische Grundlagen

Im Folgenden wird einleitend zur Aufgabenstellung kurz auf die physikalischen Grundlagen zu Oberleitungssystemen der Bahn eingegangen.

Physikalisch bedingt, baut sich um eine unter Spannung stehende Oberleitung (z.B. bei der Deutschen Bahn (DB) Spannung 15 kV~) gegenüber Schiene bzw. Erde ein elektrisches Feld auf. Unmittelbar unter einer DB-Oberleitung kann es bis zu etwa 2 kV/m betragen; es nimmt jedoch proportional $1/r$ mit der Entfernung r ab. Das elektrische Feld wird durch auf dem Ausbreitungsweg befindliche Hindernisse (z.B. Wände, Wälle, Bewuchs) mehr oder weniger stark verzerrt oder abgeschirmt. Innerhalb von Bauwerken aus massiver Bausubstanz wird das elektrische Feld weitgehend abgeschirmt. Eine geringere Abschirmwirkung tritt hingegen bei großen Fensterflächen, Balkonen, etc. auf.

Sobald ein Oberleitungssystem (bestehend aus dem Oberleitungskettenwerk und ggf. zusätzlichen Speiseleitungen als Hinleiter und den Fahr-/Erdschienen als Rückleiter) stromdurchflossen ist (z.B. bei der DB in der Regel bis zu maximal 680 A Stromstärke pro Fahrdraht), entsteht konzentrisch um diese Leitungskonfiguration ein magnetisches Feld (bei der DB ein Wechselfeld mit 16,7 Hz). Das magnetische Wechselfeld ist linear stromstärkenabhängig und folgt somit in gleichem Maße den bahntypisch starken und kurzzeitigen Stromschwankungen. Das magnetische Feld nimmt bei Bahnoberleitungen ebenfalls mit der Entfernung stark ab. Im Gegensatz zu dem elektrischen Feld haben Hindernisse (auch massive Bauwerke) jedoch so gut wie keine Abschirmwirkung.

2. Unterlagen

Zur Bearbeitung standen uns folgende Unterlagen zur Verfügung:

2.1. Pläne

- /1/ Städtebauliches Konzept Variante C, Ehemaliges Bahnareal Lindenstraße Troisdorf, Architekten FSB, Stand September 2023
- /2/ Flächennutzungsplan der Stadt Troisdorf, Stand September 2022
- /3/ Deutsche Grundkarte, DGK5

2.2. Verordnungen, Richtlinien, Normen

- /4/ 26. BImSchV Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder) vom 16. Dezember 1996, Neufassung 14.08.2013, I 3266
- /5/ 26. BImSchV Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder 26. BImSchV; überarbeitete Fassung gemäß Beschluss des Länderausschusses für Immissionsschutz, 107. Sitzung, 15. bis 17. März 2004
- /6/ DIN VDE 0848-1 Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Definitionen, Mess- und Berechnungsverfahren; 01. August 2000
- /7/ E DIN VDE 0848-3-1 Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern; Schutz von Personen mit aktiven Körperhilfsmitteln im Frequenzbereich 0 Hz bis 300 GHz; Mai 2002
- /8/ SSK Schutz vor elektrischen und magnetischen Feldern der elektrischen Energieversorgung und -anwendung; Empfehlung der Strahlenschutzkommission; Februar 2008

3. Durchführung der Messung

3.1. Orts- und Messtermine

Montag 30.09.2019 15 bis 17 Uhr	Aufbau und Start der Daueraufzeichnungsmessungen an den Messpunkten DM1 und DM2
Donnerstag 03.10.2019 0:00 bis 2:30 Uhr	Messungen der Magnetfelder an den Messlinien ML1 und ML2 (Die Messung erfolgte nachts, da nach Angaben der DB-Mitarbeiter in diesem Zeitraum eine hohe Trassenauslastung durch Güterzüge zu erwarten war)
Dienstag 08.10.2019 11:30 bis 19:00 Uhr	Auslesen der Daueraufzeichnungsmessgeräte, Neustart der Daueraufzeichnungsmessungen Messungen der Magnetfelder an den Messlinien ML3 und ML4 Messungen des elektrischen Feldes an Messlinie ML4
Dienstag 15.10.2019 12.00 bis 13:00 Uhr	Abbau der Daueraufzeichnungsmessungen DM1 und DM2

Zu den Daueraufzeichnungsmessungen siehe Kap. 3.3.

Die Messung des elektrischen Feldes musste wegen regnerischer Witterung mehrfach verschoben werden. Am Messtag (8.10.2019) konnte die Messung während niederschlagsfreier Phasen durchgeführt werden.

3.2. Verwendete Messgeräte

H/E-Feldstärkemessgerät ESM-100

Hersteller: Maschek Elektronik

Seriennummer: 971944

Letzte Kalibrierung: VDB-Prüfung 03/2018

Magnetfeldmessgerät MLog3D

Hersteller: Merkel Messtechnik

Seriennummer: 0159

Letzte Kalibrierung: VDB-Prüfung 03/2018

Magnetfeldmessgerät DL-MW 10s

Hersteller: ESTEC

Seriennummer: S-20026

Letzte Kalibrierung: VDB-Prüfung 03/2018

Magnetfeldmessgerät NFA30M

Hersteller: Gigahertz-Solutions

Seriennummer: NFA 035000000596

Letzte Kalibrierung: VDB-Prüfung 03/2018

3.2.1. Genauigkeit der Messgeräte

Die Hersteller der Feldstärkemessgeräte geben eine Genauigkeit des Messwertes von $\pm 5 \%$ der Digitalanzeige an. Wegen der in Kapitel 4 und 5 beschriebenen pauschalen Sicherheitsaufschläge ist zur Berücksichtigung der Messungenauigkeiten der Messgeräte kein zusätzlicher Sicherheitsaufschlag erforderlich.

3.3. Auswahl der Messpunkte für die Magnetfeldmessungen

Das Plangebiet mit seiner derzeitigen Bebauung ist in Abbildung 5-1 (S. 25) in einem Luftbild dargestellt. Dort ist auch die Lage der Dauermesspunkte (DM) und der Messlinien (ML) eingezeichnet.

Für die Messung des Magnetfeldes wurden primär die beiden Messlinien ML1 und ML2 ausgewählt, die senkrecht zur Bahntrasse verlaufen. Die Messlinie ML1 liegt im nahe am westlichen Rand des Plangebietes, ML2 im östlichen Bereich des Plangebietes, so dass das gesamte Plangebiet repräsentativ erfasst wird. Die Messlinien wurden so ausgewählt, dass jeweils eine durchgehende Messung vom Zaun zum Gleisgelände bis zum Grundstücksrand oder darüber hinaus möglich war. An der zur Messung des elektrischen Feldes ausgewählten Messlinie ML4 (s. Kap. 5.2) wurde ebenfalls das magnetische Feld gemessen, hier dann in größerer Höhe über Boden (9 m und 13 m Höhe).

Der Vollständigkeit halber erfolgte mit Messlinie ML3 eine Messung des Magnetfeldes auf dem Gleisgelände im Bereich zurzeit ungenutzter Gleise, die auf S. 19 näher erläutert wird.

Messlinien der Magnetfeldmessungen:

- ML1: Abstandsverteilung im westlichen Bereich, ca. 1 m über Boden
- ML2: Abstandsverteilung im östlichen Bereich, ca. 1 m über Boden
- ML3: Abstandsverteilung im mittleren Bereich, auf dem Gleisgelände, ca. 1 m über Boden
- ML4a: Abstandsverteilung im westlichen Bereich, ca. 13 m über Boden
- ML4b: Abstandsverteilung im westlichen Bereich, ca. 9 m über Boden

Der Startpunkt der Messlinien ML1, ML2, ML4a und ML4b liegt jeweils am Zaun zum Bahngelände. Für diese Messlinien sind in Abbildung 5-1 zusätzlich die Abstände vom Zaun zu den nächstgelegenen Gleisen (zugewandte Schiene) angegeben.

3.3.1 Auswahl der Messpunkte für die Daueraufzeichnungsmessungen

Wegen der Abhängigkeit der Magnetfelder von der Stromführung und somit der Auslastung der Bahntrassen erfolgte an zwei Messpunkten (DM1 und DM2) eine Daueraufzeichnung über einen Zeitraum von insgesamt 11 Tagen, wobei die Daueraufzeichnungspunkte zum Schutz der Messgeräte innerhalb von Gebäuden gewählt werden müssen.

Die Messgeräte für die Daueraufzeichnung wurden an folgenden Messpunkten platziert (s. Abbildung 5-1, S. 25):

- **Dauermessung DM1:** Bestandsgebäude im westlichen Teil des Plangebiets, 1. Obergeschoss. Von diesem Messpunkt besteht ein Abstand von 17,1 m zum Zaun zum Gleisgelände.
- **Dauermessung DM2:** Bestandsgebäude Werkstattbereich, Erdgeschoss, ungefähr im mittleren Bereich des Plangebiets. Dieser Messpunkt liegt unmittelbar an der Grenze zum Gleisgelände. Der Abstand zum ersten elektrifizierten Gleis beträgt 19,5 m.

3.3.2 Durchführung der Daueraufzeichnungsmessungen

Die Daueraufzeichnungsmessung DM1 konnte wie geplant über einen Zeitraum von einer Woche ungestört durchgeführt werden. Bei Daueraufzeichnungsmessung DM2 stellte sich leider zum vorgesehenen Abbautermin heraus, dass das Messgerät während zwischenzeitlicher Aufräumarbeiten im Gebäude von seinem ursprünglichen Platz entfernt worden und stattdessen auf einen gusseisernen Heizkörper gelegt worden war. Wegen der ferromagnetischen Eigenschaften des Heizkörpermateriails war der entsprechende Teil der Aufzeichnung nicht verwertbar. Die Dauermessung DM2 musste daher in einer zweiten Aufzeichnungswoche wiederholt werden. In dieser Woche erfolgte dann ebenfalls eine weitere Aufzeichnung am unveränderten Messpunkt DM1.

Insgesamt ergeben sich die in Tabelle 1 (S. 14) genannten auswertbaren Zeiträume der Daueraufzeichnungsmessungen.

3.4. Messverfahren magnetisches Wechselfeld

Die Magnetfelder an einem Bahnstromsystem bestehend aus Speiseleitungen und Oberleitungskettenwerk (Stromhinführung) und Schiene (Stromrückführung) werden durch die stromführenden Leiter verursacht, wozu auch die Schienen gehören.

Die Magnetfelder sind proportional zur Stromführung der Bahnstromleitungen und somit abhängig von der Stromaufnahme der elektrisch angetriebenen

Bahnfahrzeuge, die die entsprechenden Trassenabschnitte befahren. Die aktuell auftretenden Magnetfelder sind somit abhängig vom Fahrbetrieb auf diesen Trassenabschnitten und die gemessenen Magnetfelder bedürfen daher einer Korrektur entsprechend der Auslastung der Bahntrassen.

Die für die Daueraufzeichnung und die Einzelmessungen des magnetischen Wechselfeldes eingesetzten Magnetfeldmessgeräte (DL-MW 10s, NFA30M und MLog3D, vgl. Kap. 3.2) verfügen über eine Speicherkapazität, mit der die Messwerte in Intervallen von 1 Sekunde oder weniger (DL-MW 10s und NFA30M) bzw. 2 Sekunden (MLog 3D) über jeweils eine Woche aufgezeichnet werden können. Für jedes Messintervall werden die innerhalb des Messintervalls gemessenen Effektivwerte abgespeichert.

Die Messgeräte registrieren parallel die Magnetfelder in den Frequenzbereichen 5 bis 30 Hz und 37 bis 2000 Hz und zeichnen beide Werte separat auf.

Der schnelle Wechsel der Stromführung von Bahnstromleitungen und der damit einhergehende schnelle Wechsel der Magnetfelder stellt ein Problem für die Vergleichbarkeit der Messergebnisse an unterschiedlichen Standorten dar, da die Messungen natürlich immer mit einem gewissen Zeitabstand erfolgen und die Stromführung der Trassen dann bereits wieder ganz anders sein kann als beim vorigen Messpunkt. Um trotz dieser Problematik vergleichbare Messergebnisse zu erhalten, wird ein Verfahren angewandt, bei dem das an einem bestimmten Messpunkt ermittelte Magnetfeld mit dem im gleichen Zeitintervall an einem der Dauermesspunkte registrierten Magnetfeld verrechnet wird.

Selbstverständlich kann bei der Messung nicht zwischen den Strömen in den einzelnen Leitungssystemen der vielen parallelen Bahngleise unterschieden werden und die Messgeräte erfassen – sinnvollerweise – stets das Gesamtmagnetfeld.

4. Messergebnisse Magnetfeld

4.1. Ergebnisse der Dauermessungen des magnetischen Wechselfeldes

Die Standorte für die Dauermessungen wurden in Kapitel 3.3.1 beschrieben. An beiden Messpunkten (DM1 und DM2) erfolgte (wegen der in Kap. 3.3.2 geschilderten Problematik) eine Daueraufzeichnung über die in Tabelle 1 angegebenen Zeiträume, woraus sich ein maximal auswertbarer Aufzeichnungszeitraum von ca. 11 Tagen ergibt. Die Ergebnisse dieser Dauermessung sind in Diagramm 8 bis Diagramm 11 (ab S. 35 im Anhang) dargestellt.

Aus der Magnetfeldaufzeichnung an Messpunkt DM1 in Diagramm 8 und Diagramm 9 (ab S. 35, Anhang) ist zu ersehen:

- Der schnelle Wechsel der Magnetfelder durch die wechselnde Stromführung ist deutlich zu erkennen. Spitzenwerte treten stets nur sehr kurzzeitig auf.
- Ebenfalls ist ein deutlicher tageszeitlicher Verlauf geringeren Magnetfeldern in den frühen Morgenstunden zu erkennen – anders als zu Beginn der Messungen von Bahnmitarbeitern angegeben.

Aus der Magnetfeldaufzeichnung an Messpunkt DM2 in Diagramm 10 und Diagramm 11 (ab S. 37, Anhang) ist grundsätzlich der gleiche Verlauf zu erkennen, wobei sich aber wegen des geringeren Abstandes zu den elektrifizierten Gleisen deutlich höhere Magnetfeldwerte zeigen (vgl. Tabelle 1).

Die Ergebnisse der Magnetfeld-Daueraufzeichnungsmessungen sind in der folgenden Tabelle 1 zusammengefasst.

In Diagramm 8 bis Diagramm 11 im Anhang ist unten links jeweils eine statistische Auswertung des gewählten Zeitausschnitts aufgeführt, wobei das Minimum (MIN), das Maximum (MAX), der Mittelwert (AVG) und die Standardabweichung (STD) angegeben sind.

Für den Bahnstrom (16,7 Hz) gilt dabei die Zeile „XYZ 5-30 Hz“.

Tabelle 1: Ergebnisse der Dauermessungen 16,7 Hz Magnetfelder

Messpunkt Dauermessung	Aufzeichnungs-Zeitraum		Magnetfeld 16,7 Hz	
	von	bis	Mittelwert	Maximalwert
DM1, 1.Woche	30.09.2019 16:30 Uhr	07.10.2019 16:30 Uhr	0,180 μ T	1,243 μ T
DM2, 1.Woche	30.09.2019 15:55 Uhr	02.10.2019 10:05 Uhr	0,589 μ T	3,030 μ T
DM1, 2.Woche	08.10.2019 11:46 Uhr	12.10.2019 17:20 Uhr	0,195 μ T	1,771 μ T
DM2, 2.Woche	08.10.2019 13:00 Uhr	13.10.2019 02:50 Uhr	0,618 μ T	4,600 μ T

4.2. Korrektur der Einzelmessungen mit Hilfe der Dauermessung

Das Verfahren zur Korrektur der Einzelmessungen entsprechend der zum Messzeitpunkt vorliegenden Auslastung der Bahnstromversorgung wurde in Kapitel 3.4 dargestellt. In den nachfolgenden Diagrammen sind die Ergebnisse des Korrekturverfahrens für die Messlinien ML1 bis ML4 dargestellt. Für das Korrekturverfahren wurde wegen der in Kap. 3.3.2 geschilderten Problematik jeweils der Daueraufzeichnungspunkt DM1 herangezogen (vgl. Lageplan in Abbildung 5-1 sowie Diagramm 8 und Diagramm 9, Anhang).

Die Ergebnisse des Korrekturverfahrens sind ab S. 17 dargestellt in:

- Diagramm 1: Auslastungskorrektur Messlinie ML1
- Diagramm 2: Auslastungskorrektur Messlinie ML2
- Diagramm 3: Auslastungskorrektur Messlinie ML4a (13 m Höhe)
- Diagramm 4: Auslastungskorrektur Messlinie ML4b (9 m Höhe)
- Diagramm 5: Auslastungskorrektur Messlinie ML3

Die zugehörigen numerischen Werte der Auslastungskorrektur sind Tabelle 2 (ab S. 20) zu entnehmen.

An Messlinie ML1 (s. Diagramm 1) ist die Wirksamkeit des Korrekturverfahrens besonders gut zu erkennen und es ergibt sich ein weitgehend glatter Abstandsverlauf.

Bei Messlinie ML2 sind hingegen deutliche Abweichungen von einem „glatten Abstandsverlauf“ zu erkennen.

Diese sind einerseits auf den relativ großen seitlichen Abstand von ca. 200 m zwischen Messlinie ML2 und Dauermesspunkt DM1 zurückzuführen:

Hierdurch besteht die Möglichkeit, dass im Bereich des Dauermesspunktes DM1 eine andere Stromführung der Trasse vorgelegen hat als im Bereich der Messlinie ML2. Diese Situation tritt insbesondere dann auf, wenn sich elektrisch angetriebene Bahnfahrzeuge auf dem Streckenabschnitt zwischen ML2 und DM1 befinden, da sie nur an einem der beiden Messorte erfasst werden.

Andererseits zeigt sich bei Messlinie ML2 bei großen Abständen zur Bahntrasse (ab ca. 35 m) ein leichter Anstieg der Magnetfelder, der wahrscheinlich auf lokale Besonderheiten wie Rohre im Erdreich oder ein großes Metalltor an der dortigen Grundstücksgrenze zurückzuführen ist.

Bei den Messlinien ML4a und ML4b zeigen sich vor allem im Anfangsbereich (bei ca. 2 m Abstand vom Zaun) Abweichungen von einem glatten Abstandsverlauf, die u.a. darauf zurückzuführen sind, dass hier eine relativ breite Bahntrasse mit vielen Einzelgleisen vorliegt. Bei den nah am Gleiskörper ge-

legenden Messpunkten dominieren die Einflüsse der nahe gelegenen Gleise, wohingegen bei den Messpunkten in größerem Abstand zum Bahnkörper (so auch bei dem zur Zeitkorrektur herangezogenen Dauermesspunkt DM1) auch die entfernteren Bahngleise vergleichsweise stärker beitragen.

Auf die Besonderheiten an Messlinie ML3 wird unmittelbar unterhalb von Diagramm 5 (S. 19) eingegangen.

Insgesamt ist die Gesamttendenz des Abstandsverlaufs der Magnetfelder und insbesondere die Größenordnung der zu erwartenden Magnetfelder gut zu erkennen.

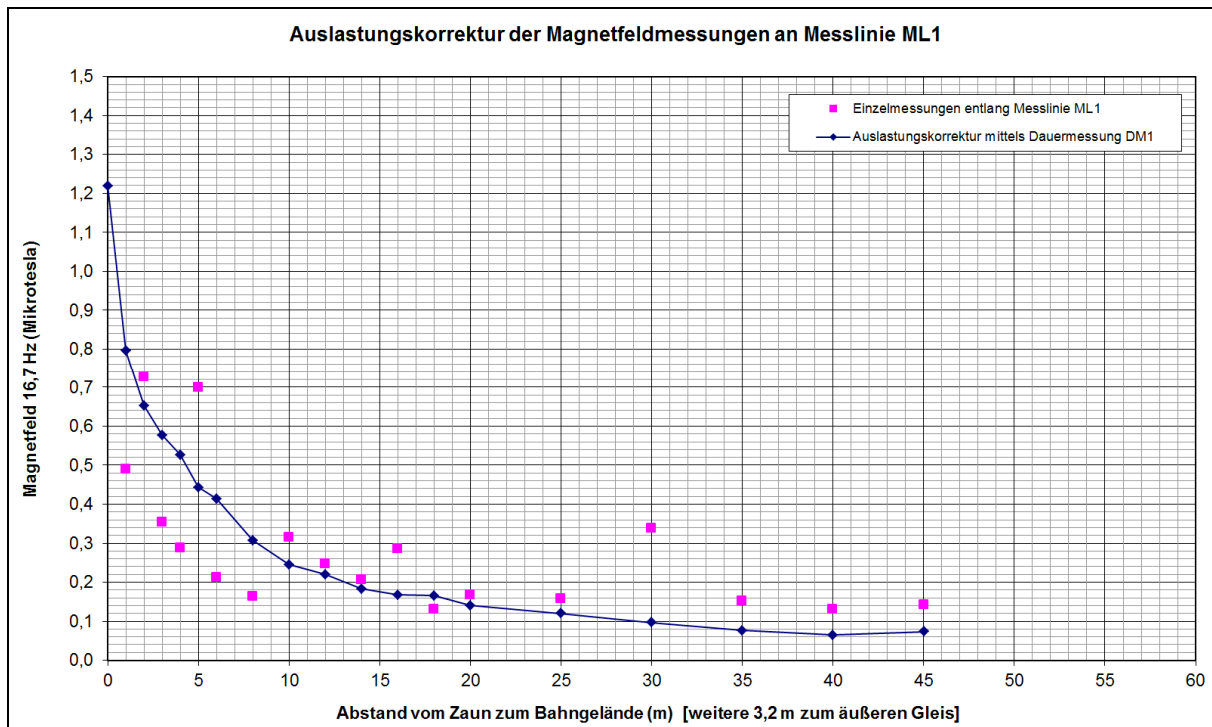


Diagramm 1: Auslastungskorrektur der Magnetfeldmessung an Messlinie ML1

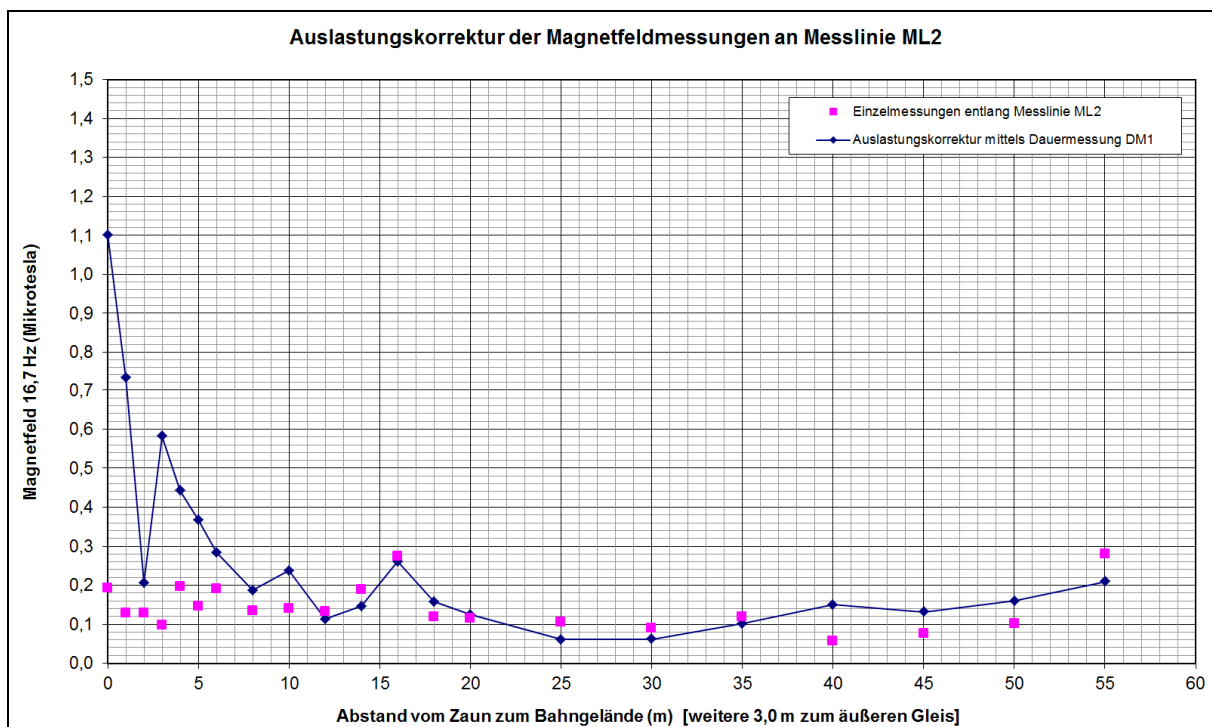


Diagramm 2: Auslastungskorrektur der Magnetfeldmessung an Messlinie ML2

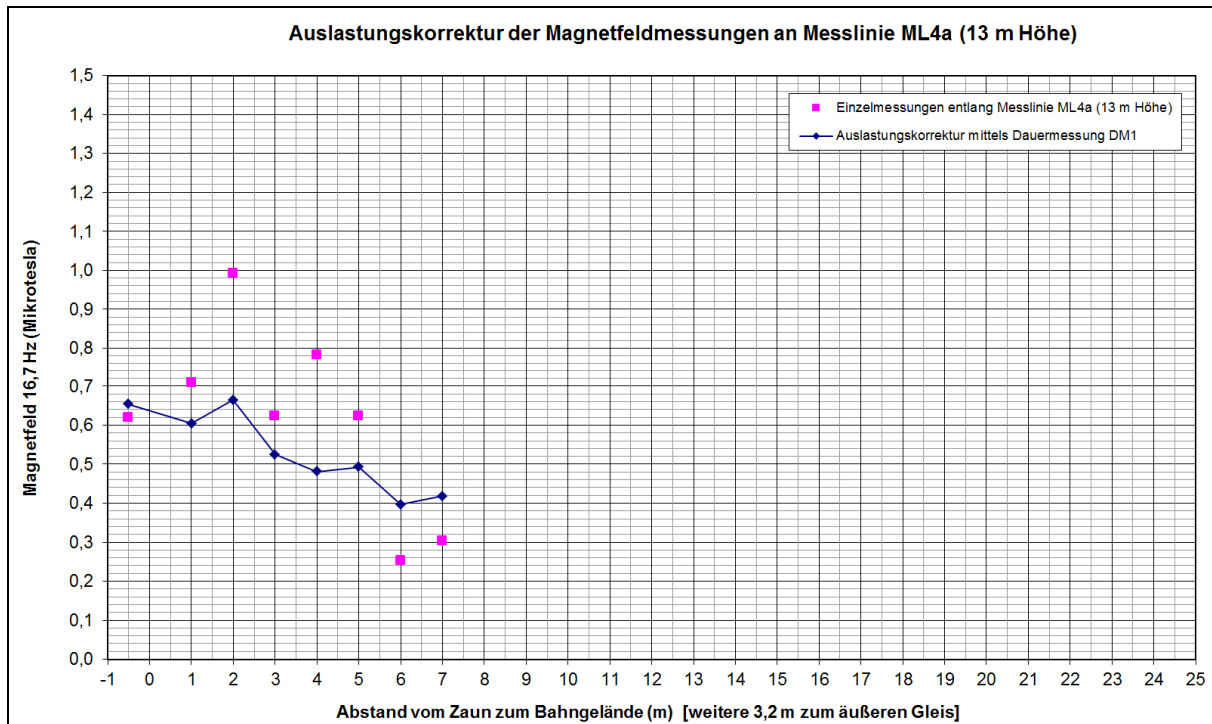


Diagramm 3: Auslastungskorrektur der Magnetfeldmessung an Messlinie M4a (13 m Höhe)

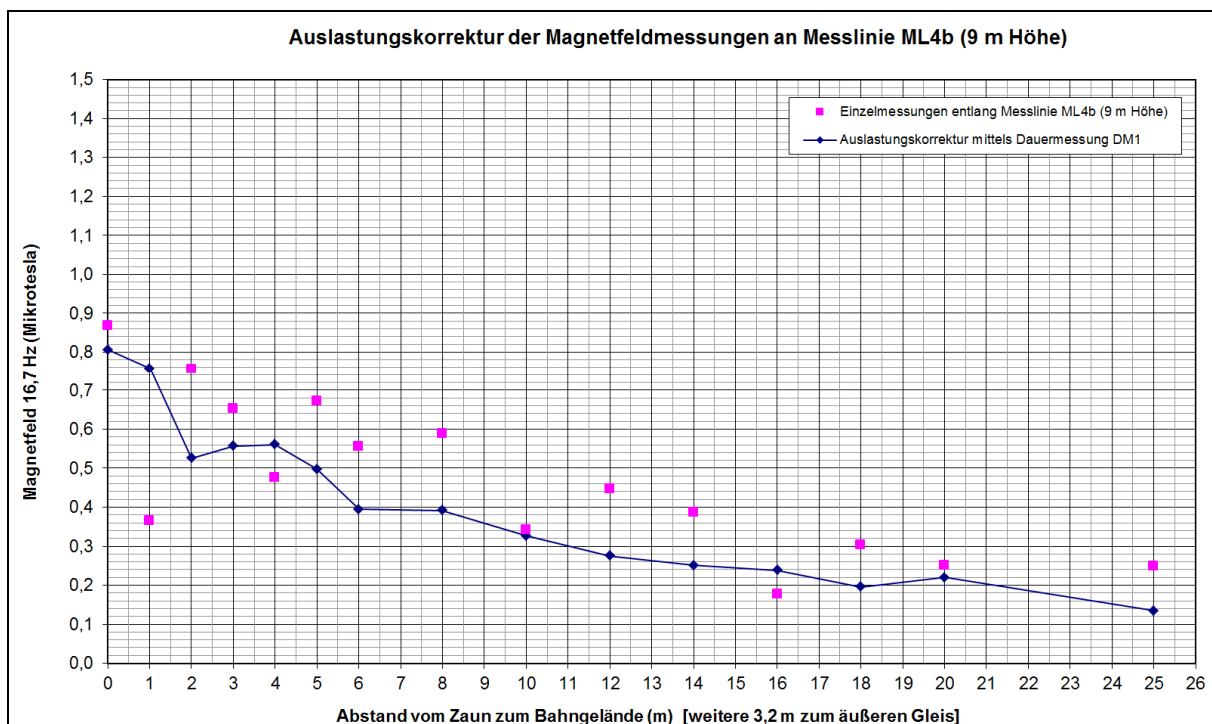


Diagramm 4: Auslastungskorrektur der Magnetfeldmessung an Messlinie M4b (9 m Höhe)

Zusätzlich zu den zuvor dargestellten Messungen außerhalb des Gleisbereiches (jeweils vom Zaun nach außen) wurde an Messlinie ML3 orientierend eine Messung im Bereich derzeit ungenutzter Gleise durchgeführt (s. Abbildung 5-1). Der Nullpunkt der Messlinie liegt dabei abweichend von den übrigen Messungen an der äußeren Schiene des ersten elektrifizierten (und befahrenen) Gleises. Die Messlinie ML3 (Länge 19,5 m) reicht bis zur Hauswand des vorhandenen Werkstattgebäudes.

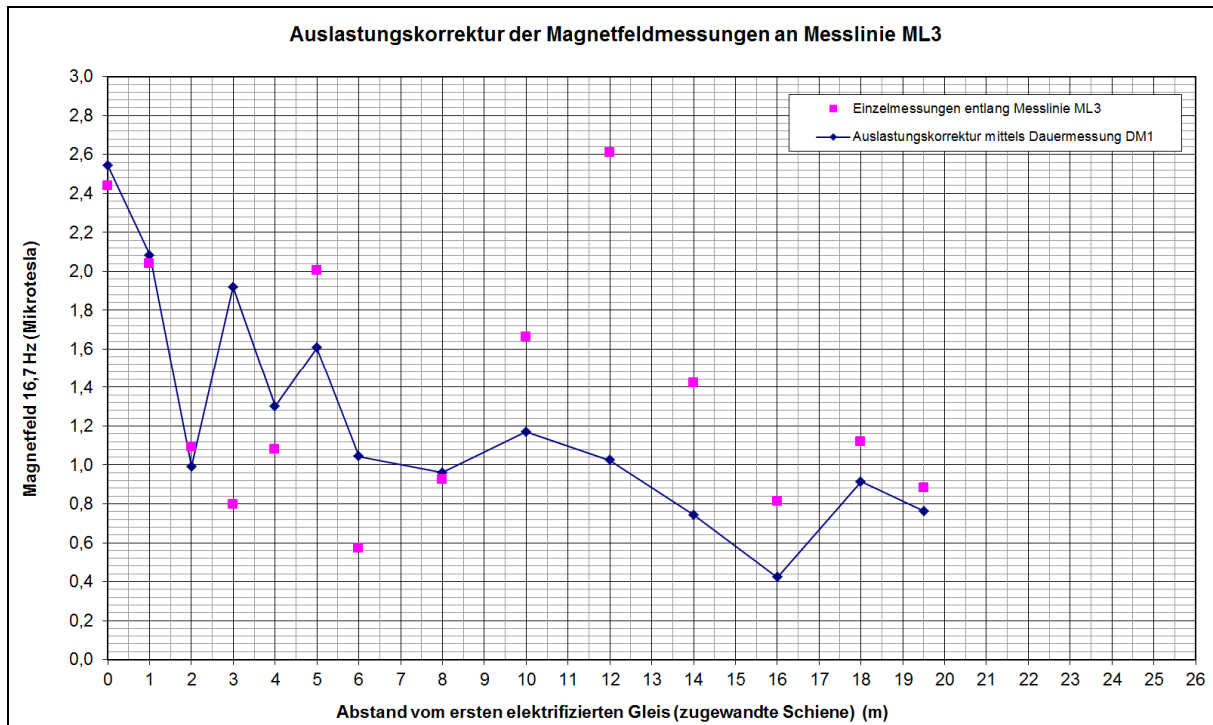


Diagramm 5: Auslastungskorrektur der Magnetfeldmessung an Messlinie M3

Die Ergebnisse zeigen grundsätzlich eine Abnahme der Magnetfelder mit zunehmendem Abstand zu den elektrifizierten Gleisen. Die in diesem Bereich vorhandenen (wenn auch ungenutzten) Gleise führen allerdings zu erheblichen Unregelmäßigkeiten der Magnetfeldverteilung, da auch diese Gleise Rückströme aufnehmen und damit lokale Magnetfeldänderungen bewirken.

Tabelle 2: Auslastungskorrektur der Einzelmesswerte mittels der Dauermessung DM1

Messposition	Datum	Messzeitraum		Magnetfeld 16 2/3 Hz				
				Originalmesswerte (zum Messzeitpunkt)			auslastungskorrigiert (mittels Dauermessung)	
Messpunkt	Datum der Messung	Messung von (Uhrzeit)	Messung bis (Uhrzeit)	Dauer- mess- punkt (μ T)	Mess- punkt (μ T)	Relation zum Dauer- mess- punkt	Mittel- wert (11 Tage) (μ T)	Maximal wert (11 Tage) (μ T)
Messlinie ML1								
0,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:20:45	00:21:10	0,29	1,88	658%	1,22	11,65
1,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:21:40	00:22:20	0,11	0,49	429%	0,80	7,59
2,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:22:35	00:23:10	0,21	0,73	352%	0,65	6,23
3,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:23:45	00:24:40	0,11	0,35	311%	0,58	5,52
4,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:25:40	00:26:10	0,10	0,29	284%	0,53	5,03
5,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:26:38	00:27:05	0,29	0,70	239%	0,44	4,23
6,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:27:45	00:28:10	0,09	0,21	224%	0,41	3,96
8,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:29:05	00:29:35	0,10	0,16	166%	0,31	2,94
10,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:30:55	00:31:25	0,24	0,32	132%	0,25	2,34
12,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:32:20	00:32:35	0,21	0,25	118%	0,22	2,10
14,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:33:58	00:34:14	0,21	0,21	99%	0,18	1,75
16,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:37:05	00:37:15	0,32	0,29	90%	0,17	1,60
18,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:39:20	00:39:55	0,15	0,13	90%	0,17	1,59
20,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:42:00	00:42:26	0,22	0,17	76%	0,14	1,34
25,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:45:30	00:45:50	0,24	0,16	65%	0,12	1,15
30,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:46:38	00:46:54	0,65	0,34	52%	0,10	0,92
35,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:52:38	00:52:56	0,37	0,15	41%	0,08	0,73
40,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:54:52	00:55:15	0,37	0,13	35%	0,07	0,62
45,0 m vom Zaun	03.10.2019	00:56:26	00:57:08	0,36	0,14	40%	0,07	0,70
Messlinie ML2								
0,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:24:55	01:25:15	0,03	0,19	594%	1,10	10,51
1,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:25:32	01:25:40	0,03	0,13	394%	0,73	6,99
2,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:27:28	01:27:40	0,11	0,13	112%	0,21	1,97
3,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:28:34	01:28:42	0,03	0,10	314%	0,58	5,56
4,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:30:27	01:30:41	0,08	0,20	238%	0,44	4,22
5,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:30:57	01:31:10	0,07	0,15	198%	0,37	3,51
6,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:33:04	01:33:21	0,12	0,19	153%	0,28	2,72
8,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:34:03	01:34:16	0,13	0,13	101%	0,19	1,78
10,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:34:48	01:35:08	0,11	0,14	128%	0,24	2,27
12,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:36:27	01:36:47	0,21	0,13	61%	0,11	1,08
14,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:38:44	01:39:10	0,24	0,19	79%	0,15	1,40
16,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:39:44	01:40:00	0,19	0,27	141%	0,26	2,49
18,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:40:13	01:40:33	0,14	0,12	85%	0,16	1,51
20,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:40:56	01:41:06	0,17	0,12	68%	0,13	1,20
25,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:45:35	01:45:58	0,32	0,11	33%	0,06	0,58
30,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:48:51	01:49:20	0,27	0,09	33%	0,06	0,59
35,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:50:09	01:50:40	0,22	0,12	55%	0,10	0,97
40,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:54:10	01:54:42	0,07	0,06	81%	0,15	1,44
45,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:55:08	01:55:50	0,11	0,08	71%	0,13	1,26
50,0 m vom Zaun	03.10.2019	01:56:26	01:57:38	0,12	0,10	86%	0,16	1,53
55,0 m vom Zaun	03.10.2019	02:04:19	02:05:29	0,25	0,28	113%	0,21	2,00

Messposition	Datum	Messzeitraum		Magnetfeld 16 2/3 Hz				
				Originalmesswerte (zum Messzeitpunkt)			auslastungskorrigiert (mittels Dauermessung)	
Messpunkt	Datum der Messung	Messung von (Uhrzeit)	Messung bis (Uhrzeit)	Dauer- mess- punkt (µT)	Mess- punkt (µT)	Relation zum Dauer- mess- punkt	Mittel- wert (11 Tage) (µT)	Maximal wert (11 Tage) (µT)
Messlinie ML3								
0,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:03:08	13:03:35	0,18	2,44	1371%	2,54	24,28
1,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:03:47	13:04:10	0,18	2,04	1122%	2,08	19,87
2,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:04:38	13:05:05	0,20	1,09	534%	0,99	9,47
3,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:05:15	13:06:10	0,08	0,80	1035%	1,92	18,33
4,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:06:18	13:06:50	0,15	1,08	702%	1,30	12,43
5,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:06:55	13:07:20	0,23	2,00	866%	1,61	15,34
6,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:07:25	13:08:00	0,10	0,57	563%	1,04	9,97
8,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:11:24	13:11:50	0,18	0,93	517%	0,96	9,16
10,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:12:00	13:12:20	0,26	1,66	631%	1,17	11,18
12,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:12:34	13:13:00	0,47	2,61	553%	1,02	9,78
14,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:13:07	13:13:30	0,35	1,42	401%	0,74	7,10
16,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:13:37	13:14:05	0,36	0,81	228%	0,42	4,04
18,0 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:14:17	13:14:44	0,23	1,12	493%	0,91	8,72
19,5 m ab äußerer Schiene	08.10.2019	13:15:28	13:15:50	0,21	0,88	411%	0,76	7,28
Messlinie ML4a (13 m Höhe)								
-0,5 m vom Zaun	08.10.2019	13:57:30	13:59:30	0,18	0,62	352%	0,65	6,24
1,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:00:40	14:02:50	0,22	0,71	326%	0,60	5,77
2,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:04:20	14:05:30	0,28	0,99	358%	0,66	6,35
3,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:08:00	14:09:30	0,22	0,62	283%	0,52	5,00
4,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:11:06	14:12:30	0,30	0,78	259%	0,48	4,59
5,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:13:24	14:15:00	0,23	0,62	266%	0,49	4,71
6,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:16:10	14:17:30	0,12	0,25	214%	0,40	3,79
7,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:18:30	14:19:30	0,13	0,30	225%	0,42	3,99
0,0 m vom Zaun								
Messlinie ML4b (9 m Höhe)								
0,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:28:00	14:30:50	0,20	0,87	435%	0,81	7,70
1,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:33:25	14:34:17	0,09	0,36	409%	0,76	7,24
2,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:36:05	14:37:33	0,27	0,76	283%	0,53	5,02
3,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:38:18	14:39:40	0,22	0,65	300%	0,56	5,32
4,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:41:40	14:44:10	0,16	0,48	302%	0,56	5,35
5,0 m vom Zaun	08.10.2019	14:45:40	14:47:00	0,25	0,67	268%	0,50	4,75
6,0 m vom Zaun	08.10.2019	17:34:05	17:35:10	0,26	0,55	213%	0,39	3,76
8,0 m vom Zaun	08.10.2019	17:37:00	17:38:40	0,28	0,59	211%	0,39	3,74
10,0 m vom Zaun	08.10.2019	17:40:40	17:42:40	0,19	0,34	176%	0,33	3,12
12,0 m vom Zaun	08.10.2019	17:44:54	17:46:40	0,30	0,45	149%	0,28	2,63
14,0 m vom Zaun	08.10.2019	17:59:45	18:01:20	0,29	0,39	135%	0,25	2,40
16,0 m vom Zaun	08.10.2019	18:03:00	18:04:45	0,14	0,18	129%	0,24	2,28
18,0 m vom Zaun	08.10.2019	18:06:15	18:07:44	0,29	0,30	106%	0,20	1,87
20,0 m vom Zaun	08.10.2019	18:09:05	18:10:43	0,21	0,25	118%	0,22	2,10
25,0 m vom Zaun	08.10.2019	18:14:03	18:16:11	0,34	0,25	73%	0,14	1,29

4.3. Ergebnisse der Einzelmessungen des magnetischen Wechselfeldes

Im vorstehenden Kapitel 4.2 sind in Diagramm 1 bis Diagramm 5 die Messergebnisse der Einzelmessungen des Magnetfeldes entlang der Messlinien ML1 bis ML4 angegeben. Die in den Diagrammen dargestellten Originalmesswerte (violette Punkte) beziehen sich jeweils auf den Messzeitpunkt der Einzelmessung. Die in den gleichen Diagrammen dargestellten Ergebnisse der Auslastungskorrektur entsprechend Kap. 4.2 (blaue Linien) stellen die im zeitlichen Mittel über die 11-tägige Aufzeichnungsdauer zu erwartenden mittleren Magnetfelder dar.

Mittels der in Tabelle 1 (S. 14) angegebenen Gesamtergebnisse der Dauer-messung DM1 können die – gerade beschriebenen – (auslastungskorrigierten) Einzelmessergebnisse nun auch auf die im Laufe der 11-tägigen Aufzeichnungsdauer aufgetretenen Maximalwerte hochgerechnet werden. Die Ergebnisse dieser Hochrechnung sind in der vorstehenden Tabelle 2 sowie im folgenden Diagramm 6 dargestellt: Obere Gruppe (markiert mit Quadraten).

Die zeitlichen Mittelwerte sind in Diagramm 6 in der unteren Gruppe (markiert mit Dreiecken) dargestellt und entsprechen den blauen Linien in Diagramm 1 bis Diagramm 5.

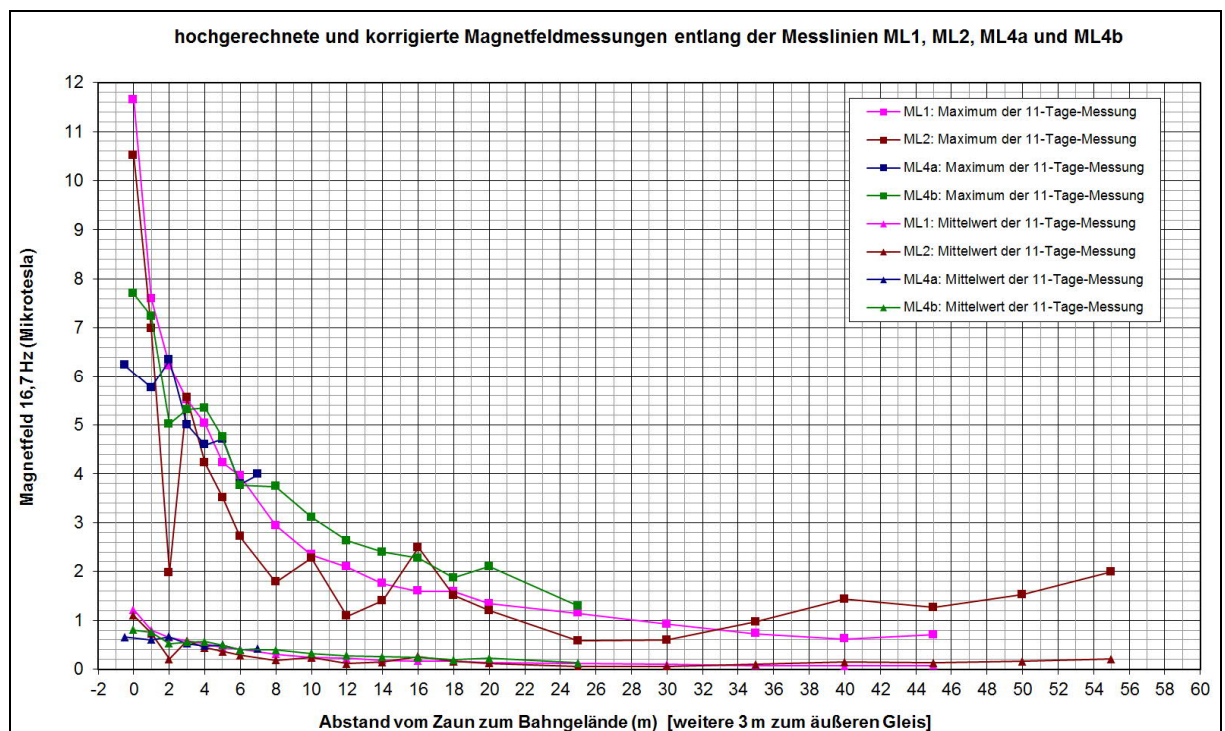


Diagramm 6: Einzelmessungen Magnetfeld an den Messlinien ML1, ML2, ML4a und ML4 (hochgerechnet und auslastungskorrigiert)

Der grundsätzliche Abstandsverlauf und die zu erwartenden Maximalwerte und Mittelwerte des Magnetfeldes sind hier gut zu erkennen.

4.4. Gesamtergebnis der Magnetfeldmessungen

Bei dem in Diagramm 6 dargestellten Gesamtergebnis der Magnetfeldmessungen zeigen sich deutliche Unterschiede zwischen den einzelnen Messlinien, die primär auf die unterschiedlichen Gleisverläufe und die unterschiedlichen Abstände zum ersten elektrifizierten Gleis zurückzuführen sind.

Trotz dieser Abweichungen zwischen den einzelnen Messlinien ist eine klare Gesamttendenz des Abstandsverlaufs des Magnetfeldes zu erkennen. Setzt man sicherheitshalber die Maximalwerte der vier Messlinien an (als obere Einhüllende in Diagramm 6 zu denken) und bringt im Sinne einer Worst-Case-Betrachtung noch einen pauschalen **Sicherheitsaufschlag von 30 Prozent** an, so ist davon auszugehen, dass damit die Maximalwerte für das gesamte Untersuchungsgebiet erfasst werden und das Ergebnis für das gesamte Untersuchungsgebiet Gültigkeit hat.

Somit sind folgende Maximalwerte für die 16,7 Hz-Magnetfelder zu erwarten:

- 15,6 μT Maximalwert unmittelbar am Zaun zum Gleisgelände
- 8,3 μT Maximalwert in 2 m Abstand zum Zaun
- 6,3 μT Maximalwert in 5 m Abstand zum Zaun
- 4,2 μT Maximalwert in 10 m Abstand zum Zaun
- 2,8 μT Maximalwert ab 20 m Abstand zum Zaun

Der Vollständigkeit halber sei darauf hingewiesen, dass die vorstehenden Betrachtungen für Maximalbelastung im Normalbetrieb gelten, nicht aber für Extremsituation wie z. B. Kurzschlussituationen im Bahnstromsystem. In solchen Fällen können erheblich höhere Magnetfelder auftreten.

5. Elektrisches Feld

5.1. Elektrisches Feld der Bahnstromversorgung

Die elektrischen Felder werden durch die spannungsführenden Teile der Bahnstromversorgung, d.h. hier das Oberleitungskettenwerk, mit 15 kV~ Betriebsspannung verursacht. Diese Betriebsspannung liegt permanent, d.h. unabhängig vom Fahrbetrieb auf den Bahntrassen, an den Oberleitungen der elektrifizierten Gleise an. Die Messung der elektrischen Felder kann daher unabhängig vom Fahrbetrieb erfolgen und bedarf keiner zeitlichen Korrektur.

5.2. Auswahl der Messpunkte für das elektrische Feld

Die maximal zu erwartenden elektrischen Felder befinden sich im normalen Streckenverlauf auf Höhe des Oberleitungskettenwerkes sowie einige Meter darüber. An Einspeisungspunkten und an auf Masten montierten Schalteinrichtungen sind spannungsführende Leiter auch in größeren Höhen vorhanden, so dass hier die elektrischen Felder ebenfalls bis in diese Höhen reichen.

In der vorliegenden Situation sind nicht alle Gleise elektrifiziert und bei dem zum Plangebiet nächstgelegenen Gleis handelt es sich stets um ein nicht elektrifiziertes Gleis.

Wie bereits in Kap. 1.1 angesprochen werden elektrische Felder durch Bewuchs (Baum- und Strauchbestand) weitgehend abgeschirmt. Eine sinnvolle Messung des elektrischen Feldes kann daher nur an einer Messposition erfolgen, von der freie Sicht zu den spannungsführenden Leitern der Bahnstromsysteme besteht.

Aus dem Luftbild in Abbildung 5-1 ist zu erkennen, dass fast die gesamte Front des Plangebietes zum Gleisgelände mit Baumbestand bewachsen ist – zumindest im Bereich zwischen ML1 und ML2, so dass hier keine sinnvolle Messung des elektrischen Feldes möglich ist. Östlich dieses Bereichs liegen die elektrifizierten Gleise weit vom Plangebiet entfernt, so dass hier keine für das Plangebiet repräsentative Messung möglich ist.

Eine freie Sicht auf nahegelegene spannungsführende Leitersysteme besteht hingegen am westlichen Rand des Plangebietes. Daher wurde in diesem Bereich die Messlinie ML4 für die Messung des elektrischen Feldes ausgewählt.

In diesem Bereich befindet sich ein ca. 2 Meter hoher Maschendrahtzaun zwischen dem Plangebiet und dem Gleisgelände, der – z.B. bei Messungen in 1 oder 2 m Höhe – das elektrische Feld teilweise abschirmt.

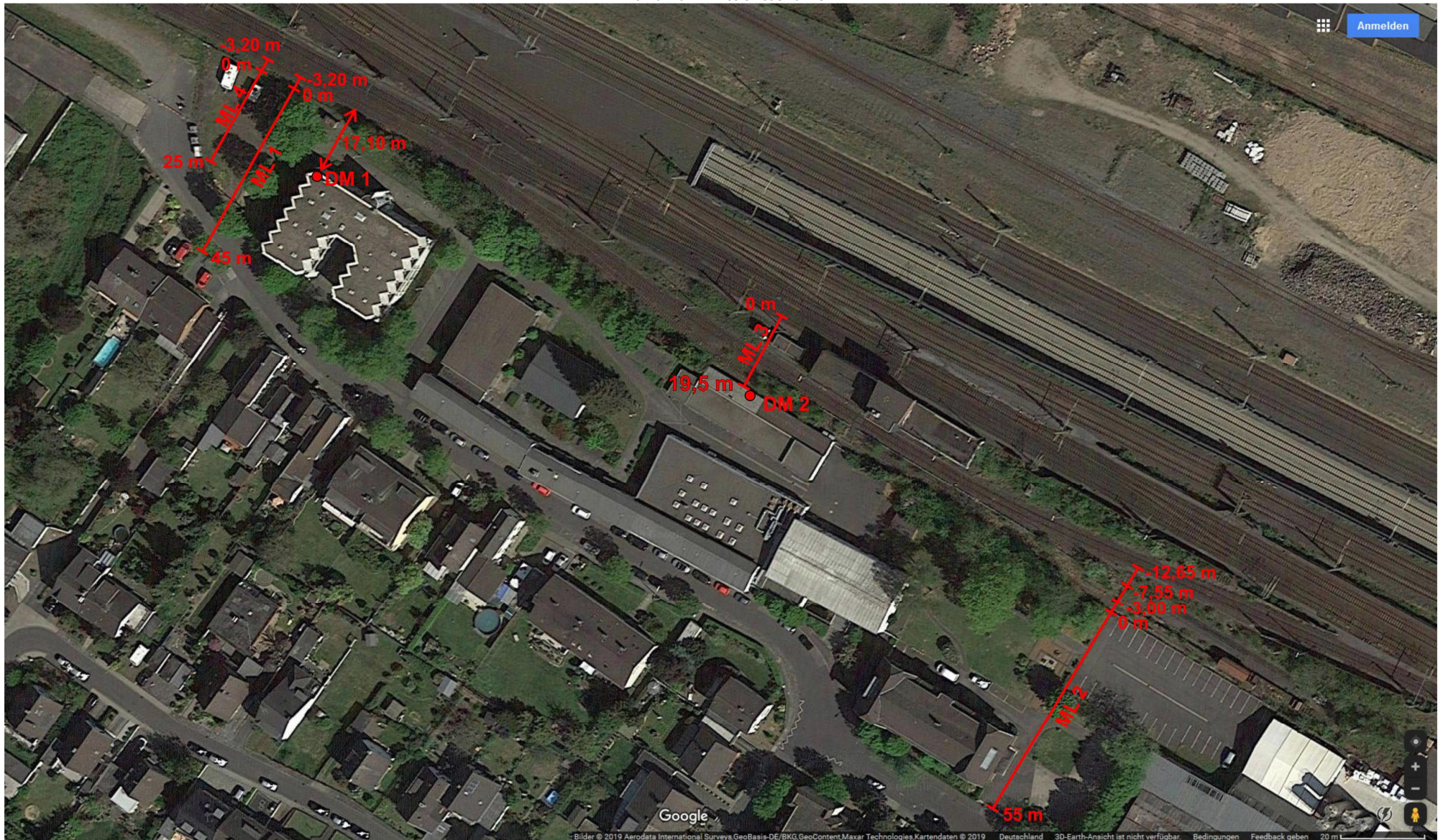


Abbildung 5-1: Lage der Messpunkte und Messlinien auf dem Plangebiet zwischen Lindenstraße und Bahntrasse, Quelle: maps.google.de



Abbildung 5-2: Freie Fläche am westlichen Rand des Plangebietes: Messung des elektrischen Feldes an ML4



Abbildung 5-3: Mast im Bereich von Messlinie ML4

Die Messung des elektrischen Feldes musste daher in größerer Höhe mittels eines Hubsteigers erfolgen. Wegen des in diesem Bereich vorhandenen Mastes erfolgte die Messung des elektrischen (und auch des magnetischen) Feldes entlang der Messlinie ML4 in folgenden Höhen:

- Messlinie ML4a: 13 m Höhe über Boden, zur Erfassung der spannungsführenden Leiter an der Mastspitze (s. Abbildung 5-3)
- Messlinie ML4b: 9 m Höhe über Boden, zur Erfassung des (normalen) Oberleitungskettenwerks

Eine Vorab-Messung hatte gezeigt, dass in ca. 9 m Höhe die maximalen elektrischen Felder durch das Oberleitungskettenwerk auftreten.

5.3. Messverfahren elektrisches Wechselfeld

Die Messung des elektrischen Wechselfeldes wurde mit dem Messgerät ESM-100 der Firma Maschek-Elektronik vorgenommen.

Das Feldstärkemessgerät ESM-100 misst im Frequenzbereich 5 Hz bis maximal 400 kHz zeitgleich den Effektivwert der magnetischen Flussdichte und der elektrischen Feldstärke. Für die vorliegende Messung wurde der Frequenzbereich der Messung auf den Bereich um 16,7 Hz eingeschränkt, um Beeinflussungen durch 50 Hz-Verbraucher zu verhindern. Die Messung erfolgt isotrop nach dem Induktionsprinzip mit Hilfe von Spulen (H-Feld) bzw. nach dem Influenzprinzip mit flächigen Elektroden (E-Feld) in drei senkrecht aufeinander

stehenden Raumrichtungen. Die Messwerte können einzeln und als Summenfeldstärke angezeigt und gespeichert werden.

5.4. Ergebnisse der Messung des elektrischen Feldes

Die Ergebnisse der zuvor beschriebenen Messung des elektrischen Wechselfeldes entlang der Messlinien ML4a und ML4b sind im folgenden Diagramm 7 aufgetragen.

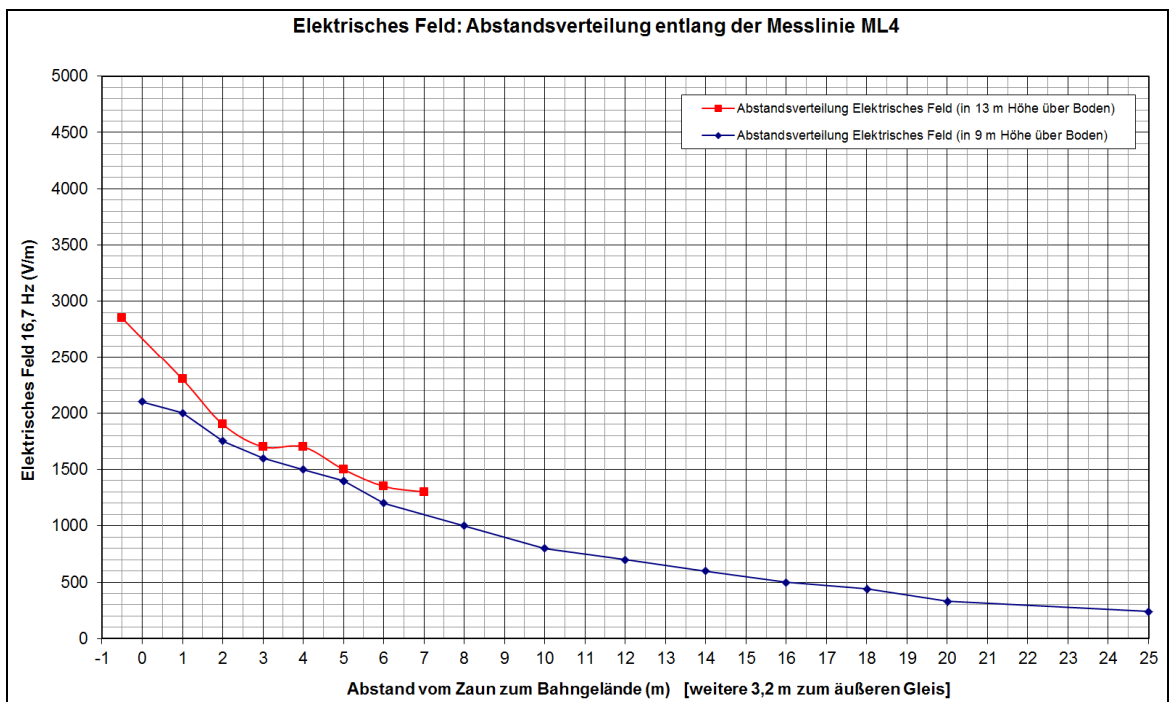


Diagramm 7: Messung des elektrischen Feldes an den Messlinie ML4a und ML4b

Bei der Bewertung der Messergebnisse ist zu beachten, dass entlang des gesamten Plangebietes – und somit auch im Bereich der Messlinie ML4 – das erste dem Plangebiet zugewandte Gleis nicht elektrifiziert ist. Die Messergebnisse haben somit nur Gültigkeit, solange dieses Gleis nicht nachträglich elektrifiziert wird.

Aus den in Diagramm 7 dargestellten Messergebnissen ist zusammenfassend zu erkennen:

- Der Messpunkt mit dem höchsten Messwert (2.850 V/m) befindet sich 0,5 m jenseits des Zauns, also bereits oberhalb des Gleisgeländes.
- Oberhalb des Zauns beträgt das maximale elektrische Feld laut Messung ca. 2.700 V/m. Bringt man auch hier einen pauschalen **Sicherheitsaufschlag von 30 Prozent** an, so sind maximale elektrische Felder von ca. 3.500 V/m zu erwarten.

- Die genannten elektrischen Felder sind nur in Situationen mit freiem Blick auf die spannungsführenden Leiter der Bahnstromsysteme zu erwarten. Solange der Baumbestand zwischen Plangebiet und Gleisgelände erhalten bleibt, sind in den so abgeschirmten Bereichen wesentlich geringere elektrische Felder zu erwarten.
- In denjenigen Bereichen, in denen zur Zeit kein Baumbestand vorhanden ist (Bestandsgebäude im Bereich von ML3, Gebiet östlich von ML2) liegen die ersten elektrifizierten Gleise weit entfernt zum Plangebiet (mindestens 19 m), so dass auch hier nur wesentlich geringere elektrische Felder als oben angegeben zu erwarten sind, solange der Elektrifizierungszustand der Gleise unverändert bleibt.
- Der gesetzliche Grenzwert von 5.000 V/m wird damit sicher eingehalten.

Es sei noch darauf hingewiesen, dass bei dem elektrischen Feld keine Zeitkorrektur erforderlich ist, da das elektrische Feld durch die an den Bahnstromleitungen anliegende Betriebsspannung verursacht wird und diese Betriebsspannung konstant 15 kV Wechselspannung (16,7 Hz) beträgt.

6. Grenz- und Vorsorgewerte

6.1. Grenzwert für die Normalbevölkerung

Die Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissions-Schutzgesetzes 26. BImSchV /4/ nennt Grenzwerte des Effektivwertes der magnetischen Flussdichte von **300 μT** für 16,7 Hz- und von **100 μT** für 50 Hz-Felder.

Für elektrische Felder beträgt der Grenzwert der 26. BImSchV für 16,7 Hz- und für 50 Hz-Felder **5.000 V/m**. Für existierende Bahnstromanlagen (16,7 Hz) gilt bis zum 22.08.2018 als Übergangsregelung ein Grenzwert von **10.000 V/m**

6.2. Grenz- und Vorsorgewerte für Implantatträger

Herzschrittmacher der Kategorie 1 (angemessen störfest) sind nach /7/ in kontinuierlichen sinusförmigen 16,7 bzw. 50 Hz-Feldern bei kleinen elektrischen Feldstärken bis zu einem Effektivwert der magnetischen Flussdichte von ca. **300 μT** bzw. **65 μT** sicher.

Allerdings empfiehlt die Strahlenschutzkommission zur Vermeidung der Störbeeinflussung von elektronischen Implantaten im Allgemeinen (z.B. Herzschrittmachern oder Defibrillatoren) /8/ ortsfeste Anlagen zur Energieversorgung mit der Frequenz 50 Hz und der Bahnfrequenz 16,7 Hz so zu planen, zu errichten und zu betreiben, dass auch bei höchster betrieblicher Auslastung folgende Werte nicht überschritten werden:

- **30 μT** (16,7 Hz) bzw. **10 μT** (50 Hz) in Bereichen, in denen mit zusätzlichen Feldquellen gerechnet werden muss (z.B. in Wohnanlagen, Seniorenheimen, Krankenhäusern)
- **45 μT** (16,7 Hz) bzw. **15 μT** (50 Hz) in Bereichen, in denen Einträge zusätzlicher Feldquellen nicht zu erwarten und Feldquellen (z.B. Erdkabel) nicht sichtbar bzw. nicht entsprechend gekennzeichnet sind.

7. Beurteilung bzgl. der Beeinflussung von Personen (EMVU)

Alle nachfolgend besprochenen Messergebnisse beziehen sich ausschließlich auf die 16,7 -Hz-Felder des Bahnstroms.

Die 50-Hz-Felder durch die öffentliche Stromversorgung wurden bei der vorliegenden Untersuchung zwar ebenfalls gemessen, waren aber stets unbedeutend gering.

Es wird allerdings darauf hingewiesen, dass im Untersuchungsgebiet Weichenheizungen vorhanden sind, die mit 50-Hz-Strom betrieben werden, während der Messungen für dieses Gutachten aber **nicht in Betrieb** genommen werden konnten.

Die durch die Weichenheizungen möglicherweise erzeugten Magnetfelder konnten daher in diesem Gutachten nicht untersucht werden.

7.1. Magnetfeldbelastung Normalbevölkerung

Wie die in Kap. 4.4 (S. 23) dargestellten Ergebnisse der Magnetfeldmessung und -hochrechnung gezeigt haben, sind unter Worst-Case-Bedingungen unmittelbar am Zaun zum Gleisgelände magnetische 16,7 Hz-Wechselfelder bis knapp 16 μT zu erwarten, wobei Sicherheitsaufschläge bereits berücksichtigt sind. Somit liegen die maximal zu erwartenden Magnetfelder weit unterhalb des gesetzlichen Grenzwertes von 300 μT für die Normalbevölkerung (vgl. Kapitel 6.1).

7.2. Magnetfeldbelastung für Implantatträger

Wie im vorigen Unterkapitel 7.1 besprochen ist im ungünstigsten Fall und am ungünstigsten Aufenthaltsort eine Magnetfeldexposition von maximal 16 μT zu erwarten.

Somit wird neben dem (höheren) Vorsorgewert von 45 μT auch der Vorsorgewert für solche Bereiche, in denen mit zusätzlichen Feldquellen gerechnet werden muss (30 μT), sicher eingehalten (vgl. Kap. 6.2).

7.3. Elektrische Felder

Wie die in Kap. 5.4 dargestellten Messergebnisse gezeigt haben, sind am Zaun zum Gleisgelände unter ungünstigsten Bedingungen elektrische Felder bis maximal 3.500 V/m in Höhe der spannungsführenden Leiter zu erwarten,

womit der gesetzliche Grenzwert der 26. BImSchV /4/ von 5.000 V/m (vgl. Kapitel 6.1) klar unterschritten wird.

Es wird darauf hingewiesen, dass diese Ergebnisse nur solange Gültigkeit haben, wie der Elektrifizierungszustand der Gleise unverändert bleibt.

Wie in Kapitel 1 beschrieben, sind extern verursachte elektrische Felder für den Innenbereich von Gebäuden weitgehend ohne Bedeutung, da massive Bausubstanz elektrische Felder zum großen Teil abschirmt.

Sofern sich an der bahnseitigen Gebäudefront zukünftig auf dem Plangebiet zu errichtender Gebäude Auskragungen wie z.B. Außenbalkone usw. befinden sollten, so kann nicht ausgeschlossen werden, dass dort – insbesondere im Höhenbereich des Oberleitungskettenwerks und bis ca. 5 m darüber – die in Kap. 5.4 genannten elektrischen Feldstärken bis ca. 3.500 V/m erreicht werden. Die Feldstärken bleiben damit sicher unterhalb des gesetzlichen Grenzwertes von 5.000 V/m.

8. Beurteilung bezüglich technischer Gesichtspunkte

8.1. Beurteilung unter EMV-Gesichtspunkten

Bei der Beurteilung elektromagnetischer Felder unter EMV-Gesichtspunkten ist zu beachten, dass einige elektronische Geräte zum störungsfreien Betrieb erheblich geringere Grenzwerte verlangen als der Schutz von Personen. Als Beispiel sei die bekannte Beeinflussung von Röhren-Monitoren ab ca. $0,3 \mu\text{T}$ genannt, die mittlerweile allerdings weitestgehend ohne praktische Bedeutung ist, da Röhrenmonitore fast vollständig durch Flachbildschirme ersetzt wurden, die keine solche Empfindlichkeit gegen Magnetfelder aufweisen.

Eine Vielzahl von Mess- und Analysegeräten im physikalischen und medizinischen Bereich ist hingegen extrem empfindlich gegen externe Magnetfelder. Sofern eine Nutzung durch entsprechende Labore oder medizinische Anwendungen vorgesehen ist, muss hierfür ein separates Gutachten erstellt werden.

8.2. Erdungssysteme der geplanten Gebäude

Soweit den vorliegenden Informationen zu entnehmen ist, sind keine oberirdischen oder unterirdischen Verbindungen geplanter Gebäude zu den Bahntrassen vorgesehen. Zur Vermeidung von EMV-Störungen ist es sehr wichtig, darauf zu achten, dass keinerlei (ober- oder unterirdische) Verbindungen zu Gebäuden des Bahnsystems (Gleisanlagen, Unterführungsbauwerke, Bahnhofsgebäude usw.) zustande kommen. Insbesondere bei der Ausführung der Erdungsanlage geplanter Gebäude muss darauf geachtet werden, dass keine elektrischen Verbindungen zu den Bahnbauwerken oder deren Erdungsanlagen auftreten.

Wenn solche Verbindungen nicht definitiv ausgeschlossen werden können, müssen entsprechend Maßnahmen in einem separaten Gutachten erarbeitet werden.

Köln, 16.10.2023

B2110159-02(3)_ver16Okt2023

(Dr. W. Pook)

ADU cologne
INSTITUT FÜR IMMISSIONSSCHUTZ GMBH
Am Wassermann 36
D- 50829 Köln

Anhang

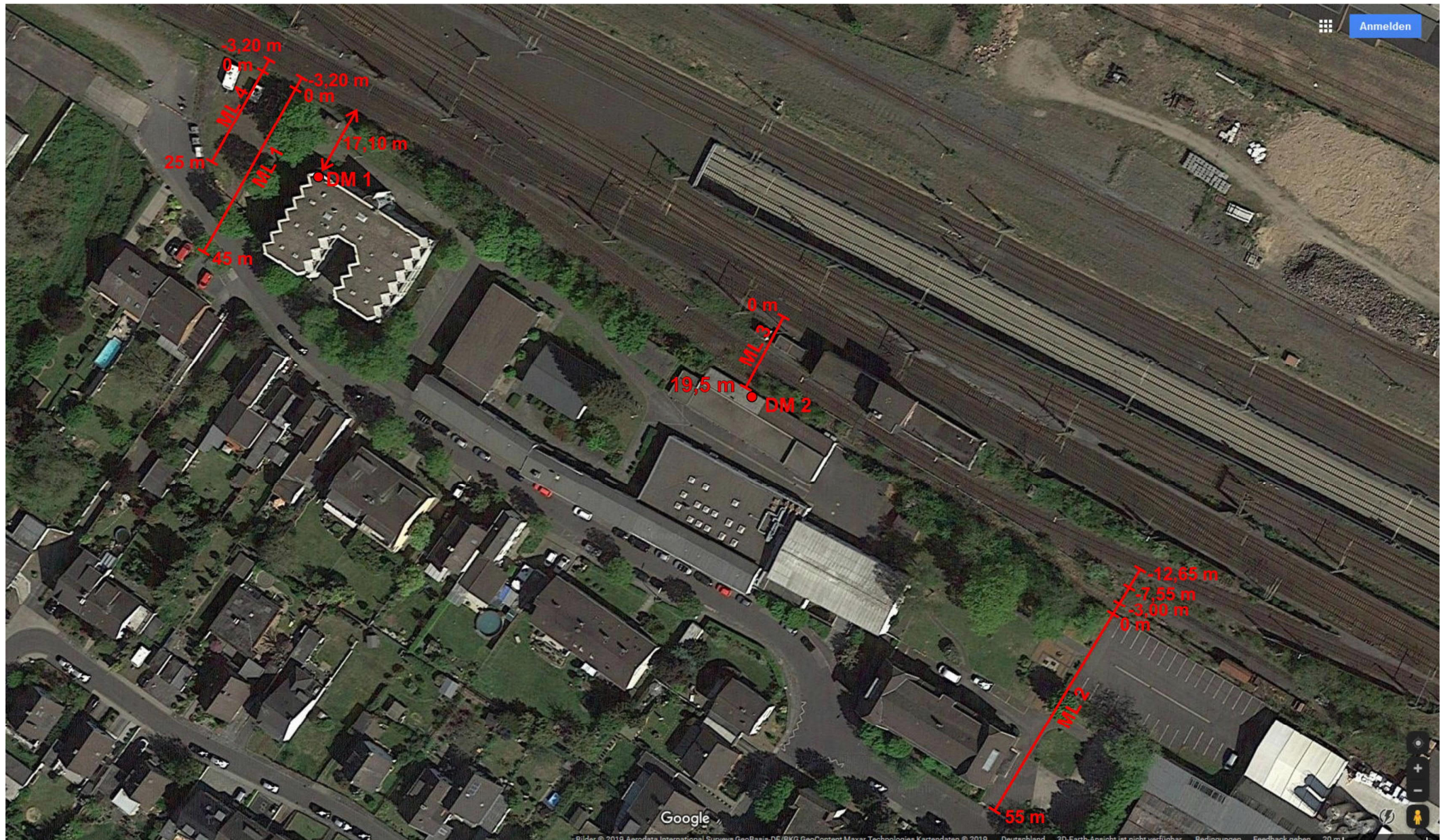
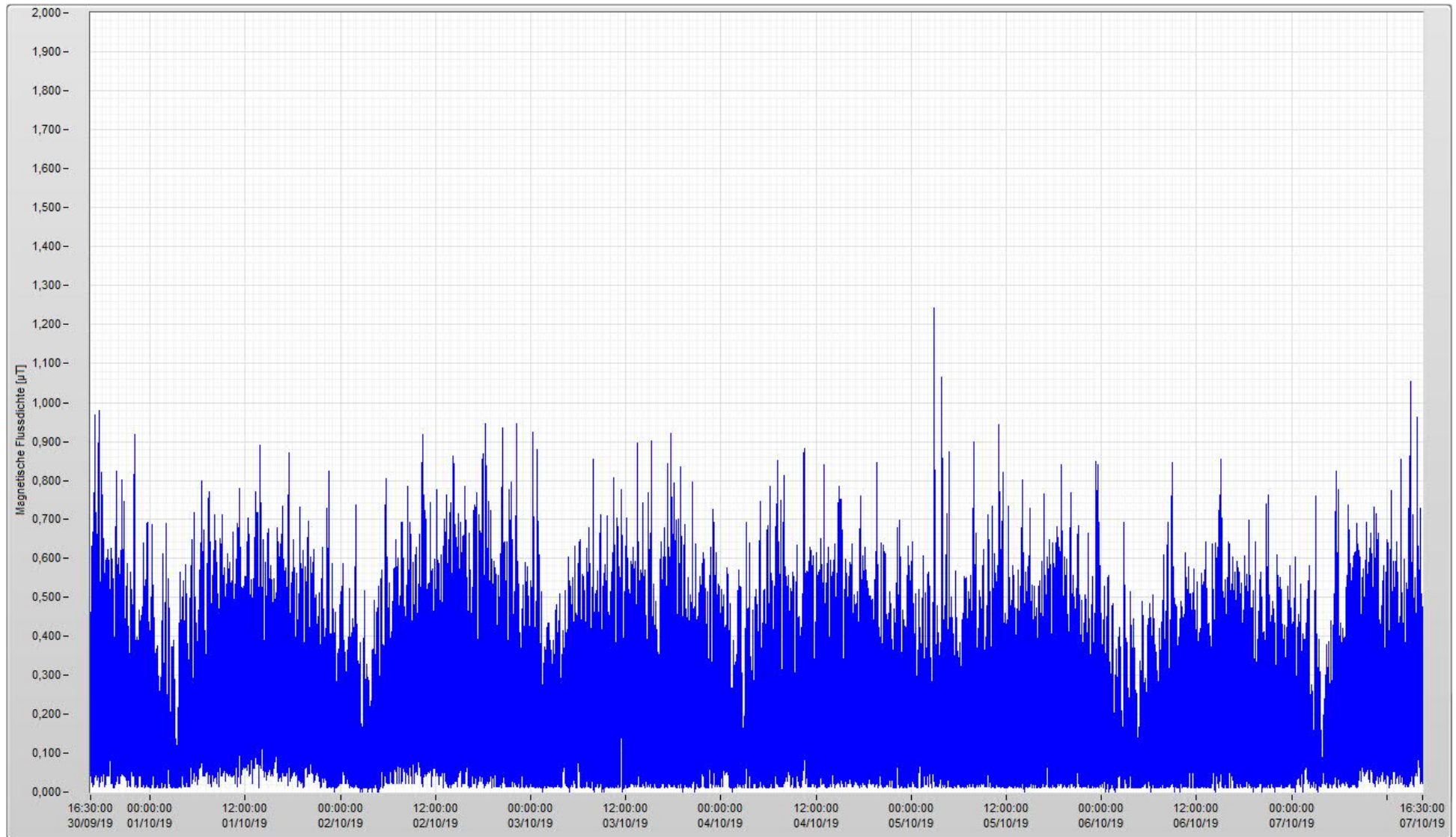


Abbildung A-7.1 (Kopie S. 25): Lage der Messpunkte und Messlinien auf dem Plangebiet zwischen Lindenstraße und Bahntrasse, Quelle: maps.google.de

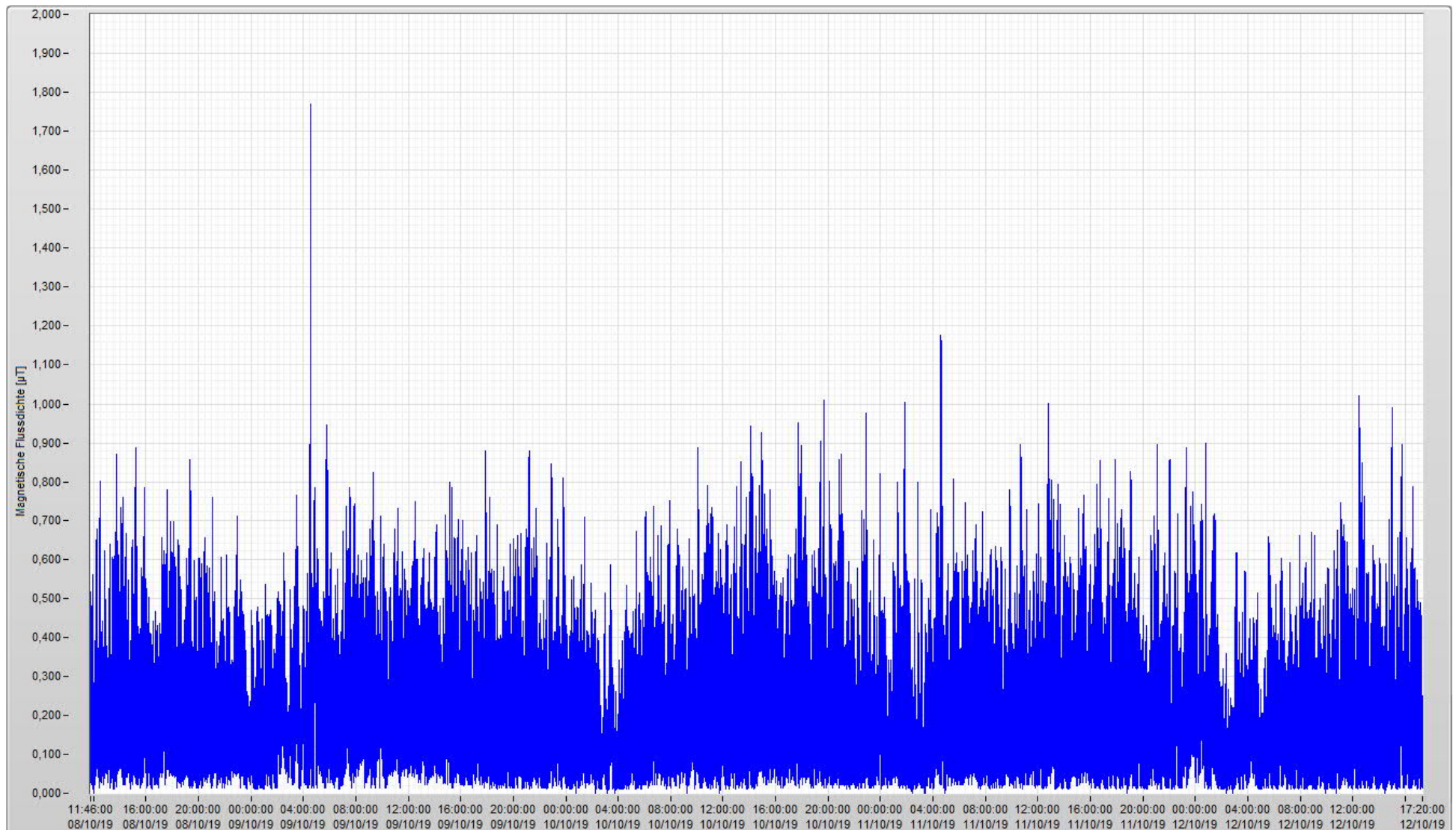


DL-MW 10s	20026	DM1_DLMW10_Messreihe_Woc	Integrationszeit [s]	1	
Graph	MIN	MAX	AVG	STD	95 Perzentil
XYZ 5-30 Hz	0,000	1,243	0,1799	0,1201	0,4130
XYZ 37-2.000 Hz	0,000	0,127	0,0141	0,0054	0,0220
XYZ 5-2.000 Hz	0,010	1,243	0,1809	0,1197	0,4140

Diagramm 8:

Magnetfeld-Daueraufzeichnung am Messpunkt DM1

1. Woche: 30.09.2019 16:30 Uhr bis
07.10.2019 16:30 Uhr

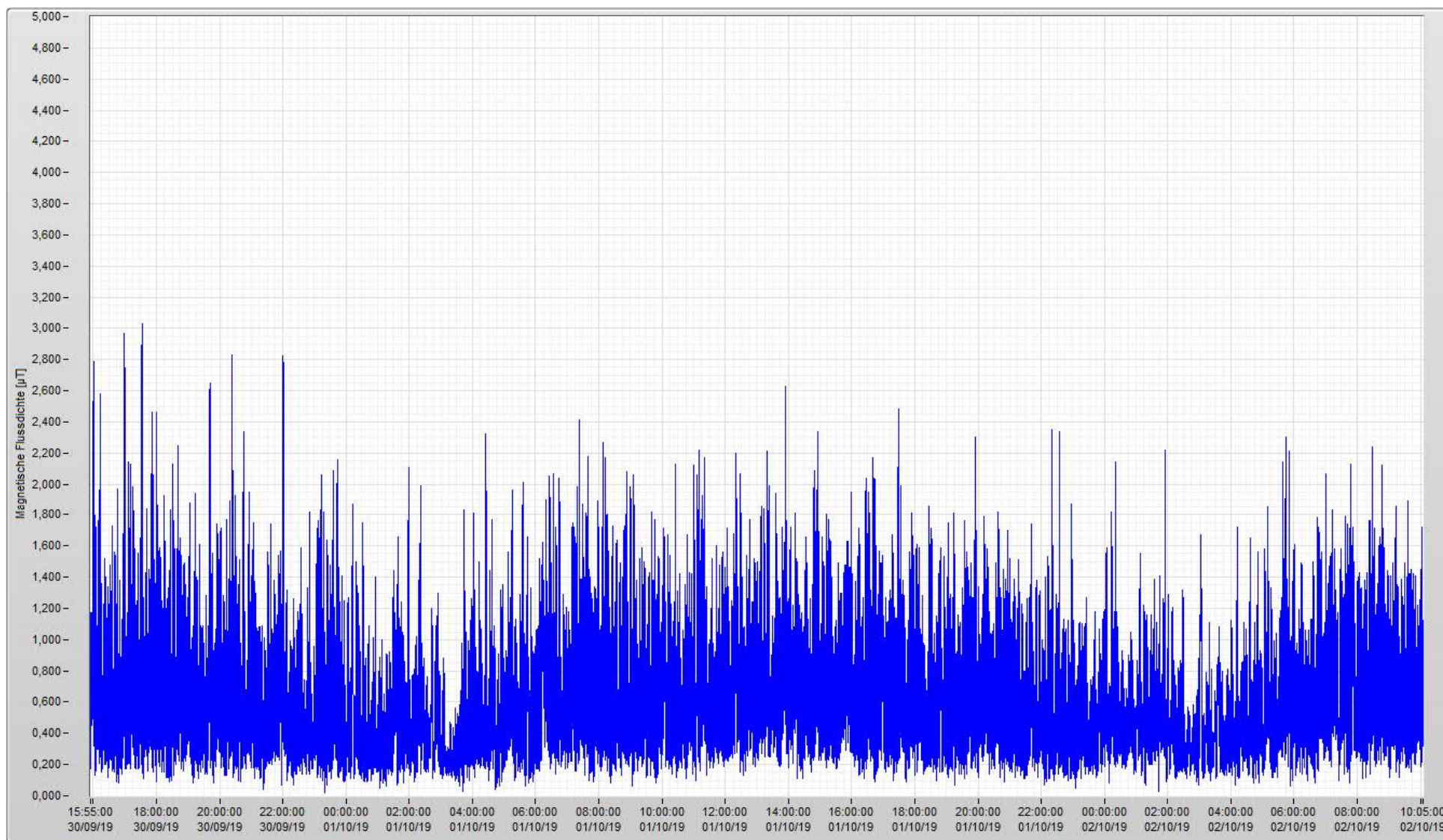


DL-MW 10s	20026	DM1_DLMW10_Messreihe_Woc	Integrationszeit [s]		1
Graph	MIN	MAX	AVG	STD	95 Perzentil
XYZ 5-30 Hz	0,000	1,771	0,1947	0,1301	0,4450
XYZ 37-2.000 Hz	0,000	0,146	0,0147	0,0065	0,0240
XYZ 5-2.000 Hz	0,010	1,771	0,1957	0,1296	0,4460

Diagramm 9:

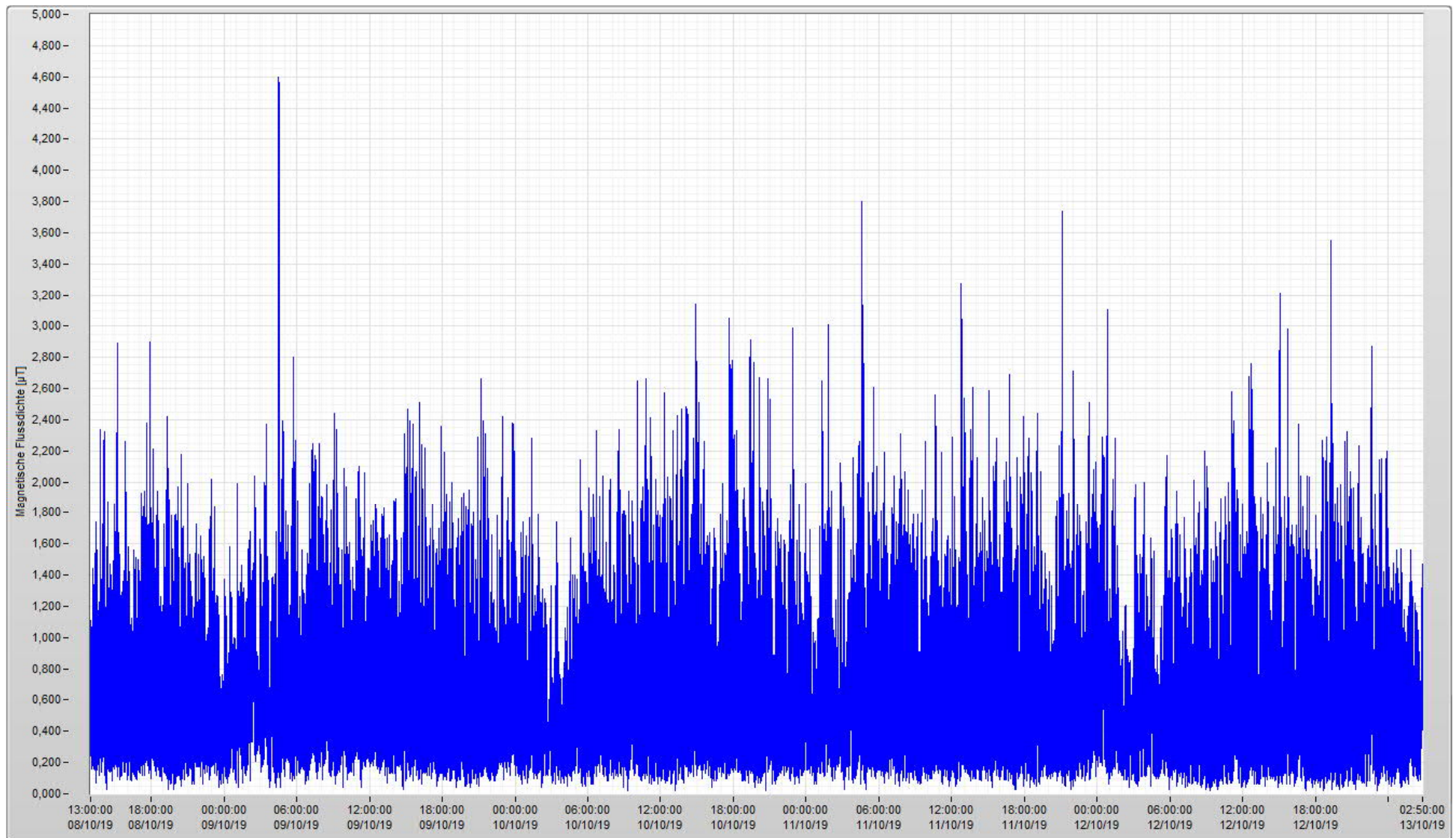
Magnetfeld-Daueraufzeichnung am Messpunkt DM1

2. Woche: 08.10.2019 11:46 Uhr bis
12.10.2019 17:20 Uhr



Mlog3D	159	DM2_MLog_Woche_1_korrZeit.	Integrationszeit [s]		2
Graph	MIN	MAX	AVG	STD	95 Perzentil
XYZ 5-30 Hz	0,020	3,030	0,5891	0,3436	1,2700
XYZ 37-2.000 Hz	0,020	0,330	0,0486	0,0212	0,0800
XYZ 5-2.000 Hz	0,050	3,031	0,5920	0,3426	1,2710

Diagramm 10:
Magnetfeld-Daueraufzeichnung am Messpunkt DM2
1. Woche: 30.09.2019 15:55 Uhr bis
02.10.2019 10:05 Uhr



Mlog3D	159	DM2_MLog_Woche_2_korrZeit.	Integrationszeit [s]		2
Graph	MIN	MAX	AVG	STD	95 Perzentil
XYZ 5-30 Hz	0,020	4,600	0,6175	0,3893	1,3800
XYZ 37-2.000 Hz	0,010	0,390	0,0520	0,0219	0,0800
XYZ 5-2.000 Hz	0,036	4,600	0,6209	0,3880	1,3810

Diagramm 11:

Magnetfeld-Daueraufzeichnung am Messpunkt DM2
 2. Woche: 08.10.2019 13:00 Uhr bis
 13.10.2019 02:50 Uhr