



Lohrmannstr. 20
D – 01237 Dresden

Telefon: +49 (351) 4961 444
Fax: +49 (351) 4961 555
E-Mail: info@theta-dresden.de
Home: www.theta-dresden.de

Kurzbericht mgp_Chemnitz_135a/22 Version 1.0

Thema: **EMV-Berechnung für die Elektrifizierung der Bahnstromtrasse für die Neubaustrecke mit 750 V (DC)**

Projekt: Chemnitzer Modell, Stufe 5
Ausbau Stollberg - Oelsnitz - St. Egidien

Auftraggeber: mgp Chemnitz GmbH
Parkstraße 28
D – 09120 Chemnitz

Vorgang: 2022-114

Bestellung: durch Herrn Jürgen Schneider

Auftrag vom: 25. Mai 2022

Datum: 30. September 2022

Berichtsumfang: 12 Textseiten

Bearbeiter beim Auftraggeber: Dipl.-Ing. J. Schneider

Bearbeiter: Dipl.-Ing. (FH) B. Liebscher

Durchgesehen: Dr.-Ing. G. Kitzrow

Verteiler: 1 x Auftraggeber
1 x Bearbeiter

Inhaltsverzeichnis

1	Berechnungsgrundlagen	3
1.1	Methodik der 26. BImSchV /1/ /2/	3
1.2	Grundlegende Betrachtung	3
1.3	Konservative Betrachtung	4
1.4	Berechnungsverfahren	4
2	Übersicht zur Berechnung	5
2.1	Regelprofil der Gleise und Oberleitungsanlagen	5
2.2	Regelprofil der Bahnstromkabel	7
3	Ergebnisdarstellung	8
3.1	Magnetische Flussdichten an einem Streckenabschnitt	8
3.2	Magnetische Flussdichten an einem Einspeisemasten	8
3.3	Magnetische Flussdichten am Standort <i>Celebrate Records</i>	9
3.4	Magnetische Flussdichten an den Bahnstromkabeln	10
4	Auswertung	11
4.1	Grenzwerteinhaltung gemäß 26. BImSchV	11
4.2	Minimierungsgebot gemäß 26. BImSchVVwV	11
4.3	Ermittelte Feldwerte an sensiblen Standorten	11
	Literaturverzeichnis	12

1 Berechnungsgrundlagen

1.1 Methodik der 26. BImSchV /1/ /2/

Grenzwerteinhaltung gemäß 26. BImSchV

Zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen durch elektrotechnische Anlagen werden nach der 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (26. BImSchV) Untersuchungen über die Höhe der durch eine elektrotechnische Anlage erzeugten elektromagnetischen Felder durchgeführt. Die Felder können durch geeignete Berechnungs- und Messverfahren ermittelt werden, um sie dann mit den in der Verordnung festgeschriebenen Grenzwerten vergleichen zu können. Für die Bemessungsfrequenz der Neubaustrecke von 0 Hz gilt der Grenzwert $B_{\text{Grenz},0 \text{ Hz}} = 500 \mu\text{T}$ für die magnetische Flussdichte. Für die elektrische Feldstärke ist kein Grenzwert festgelegt. Die Einhaltung der Grenzwerte kann rechnerisch und messtechnisch nachgewiesen werden.

Minimierungsgebot gemäß 26. BImSchVVwV

Gemäß der allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchVVwV) herrscht bei Neubauten oder wesentlichen technischen Änderungen von Anlagen ein Minimierungsgebot elektromagnetischer Felder. Entscheidend dafür ist, ob sich im Einwirkungsbereich der Anlagen maßgebliche Minimierungsorte (Bereiche des nicht nur vorübergehenden Aufenthalts) befinden. Es ist nicht relevant, ob die Anlage tatsächlich schädliche Immissionen auslöst. Durch die Anlage verursachte Immissionen müssen lediglich signifikant von den natürlichen und mittleren anthropogenen Immissionen abweichen. Es werden keine Maßnahmen betrachtet, die zu einer Immissionserhöhung an anderen Minimierungsorten führen.

1.2 Grundlegende Betrachtung

Die Ausarbeitung basiert auf den folgenden zur Verfügung gestellten Unterlagen:

- Lagepläne
- Querprofile
- Außenanlagenpläne

Anhand dieser Unterlagen erfolgt die 3D-Nachbildung der Anlagen.

Die Berechnungen erfolgen für 0 Hz (DC) für den Abschnitt der Neubaustrecke. Die Berechnungen werden bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung (100 % Belastungsstrom) durchgeführt.

1.3 Konservative Betrachtung

Die Darstellung unterliegt einer konservativen Betrachtung, die für die Berechnung der magnetischen Ersatzflussdichte und des elektrischen Feldes den ungünstigsten Fall darstellt.

Sie ist für die nachfolgende Position wie folgt zu verstehen:

Räumliche Darstellung: Die gegebenen Abmessungen werden in ein 1 cm Raster übernommen. Dies bedeutet z. B. für eine Wandstärke von 16,8 cm, dass diese Wand mit einer Stärke von 16 cm dargestellt ist. Gleiches gilt für Deckenstärken und andere Längenangaben. Insgesamt sind somit die in die Berechnung übernommenen Maße geringer als die tatsächlichen.

1.4 Berechnungsverfahren

Alle Feldberechnungen werden mit der Software Copperfield® Version 2.0 vom Institut für Elektromagnetische Verträglichkeit GmbH aus Lübeck durchgeführt, die auf Basis der DIN VDE-Vorschriften 0848 vom 01. Mai 1995 für die Berechnung von dreidimensionalen Feldern mit den Ersatzgrößen entwickelt wurde. Das zugrunde liegende Rechenverfahren für die elektrischen Felder ist das Ersatzladungsverfahren. Für die Berechnung der magnetischen Felder liegt der Lösungsansatz nach Biot-Savart zu Grunde.

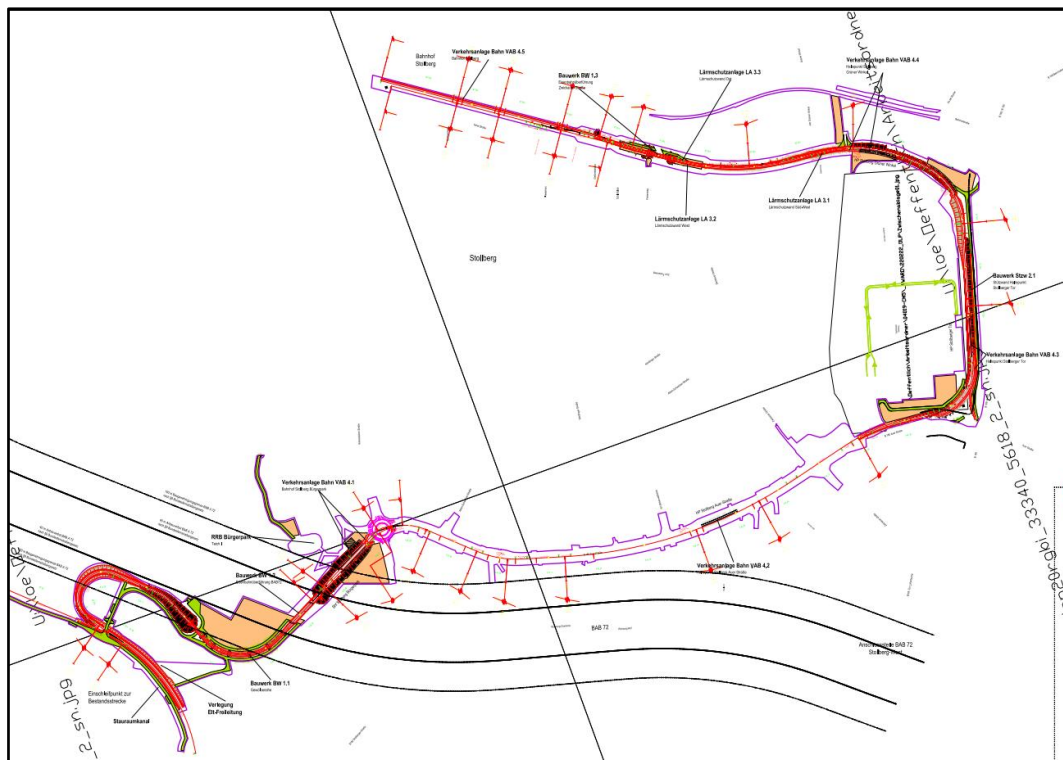
2 Übersicht zur Berechnung

Für das Projekt *Chemnitzer Modell, Stufe 5, Ausbau Stollberg – Oelsnitz – St. Egidien* sollen zwei Streckenabschnitte (*Neubaustrecke* und *Ausbaustrecke*) elektrifiziert werden.

Im Rahmen dieses Berichtes werden die zu erwartenden elektromagnetischen Felder in direkter Anlagennähe zum Teilabschnitt *Neubaustrecke* in Bezug auf die 26. BImSchV betrachtet.

2.1 Regelprofil der Gleise und Oberleitungsanlagen

Die geplante Neubaustrecke soll mit einer Spannung von 750 V (DC) betrieben werden und erstreckt sich vom Bahnhof Stollberg bis zum Einschleifpunkt zur Bestandsstrecke in Niederwürschnitz. An diesem Einschleifpunkt ist eine Systemtrennung zur Bestandsstrecke, welche mit einer Spannung von 15 kV ($16\frac{2}{3}$ Hz) betrieben wird, geplant.



Übersichtslageplan: Streckenabschnitt Neubaustrecke /3/

Im Rahmen der Berechnung werden die spannungsführenden Teile der Bahnstrecke betrachtet.

Dies umfasst:

1. die Oberleitungsanlagen,
2. die Gleise und
3. die Bahnstromkabel (Hin- und Rückleiter in Form von Erdkabeln).

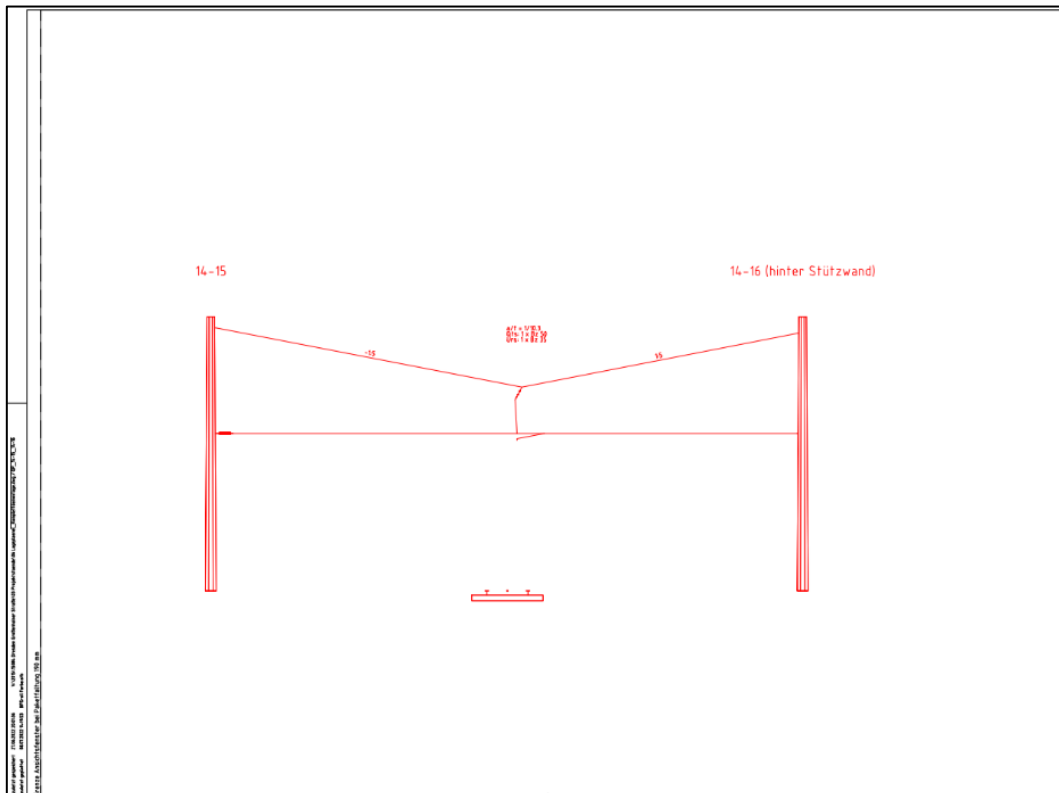
Für den gesamten Streckenabschnitt ist eine Anordnung der Oberleitungen und Gleise entsprechend des unten abgebildeten Regelprofils angedacht. Dieses Profil wird für die Berechnung in 3D modelliert und mit den Strömen der höchsten betrieblichen Anlagenauslastung belegt.

Da in der Nähe der Einspeisemasten höhere elektromagnetische Felder zu erwarten sind, werden für die Berechnung zwei Modelle betrachtet:

1. Regelprofil eines üblichen Streckenabschnittes
2. Regelprofil eines Einspeisemastes

Für die zweite Variante wird das Regelprofil um ein Zuleitungskabel erweitert. Dieses verläuft vom Mastfuß nach oben und weiter über das Gestänge bis zur Oberleitung.

Querprofil der Oberleitungsanlagen und Gleise:



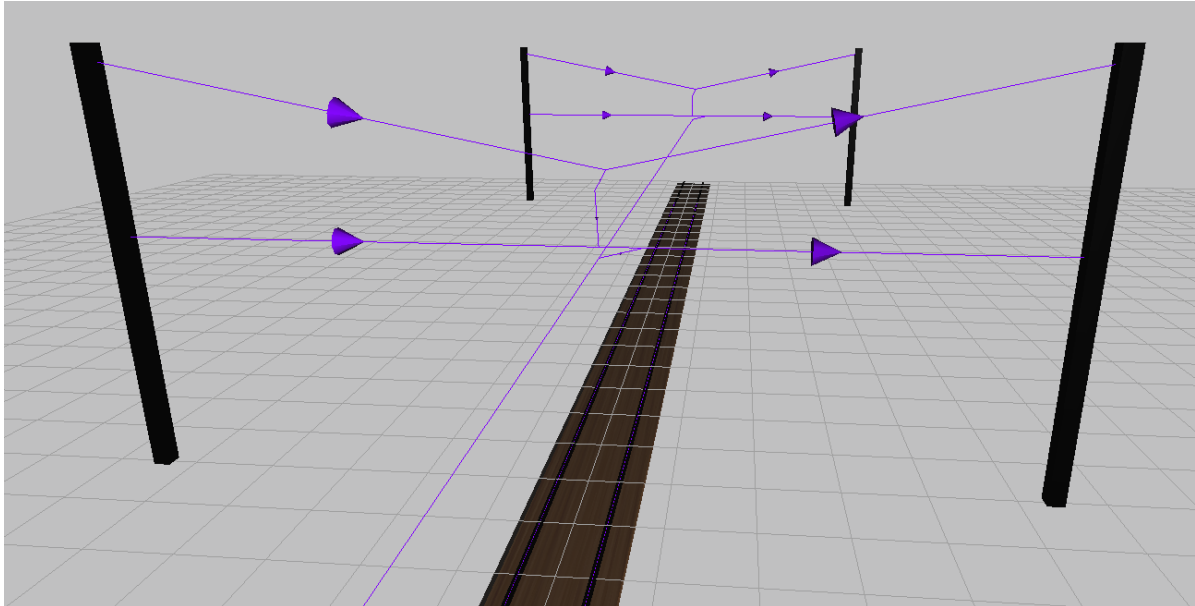
Regelprofil der Neubaustrecke /4/

Höchste betriebliche Anlagenauslastung /5/:

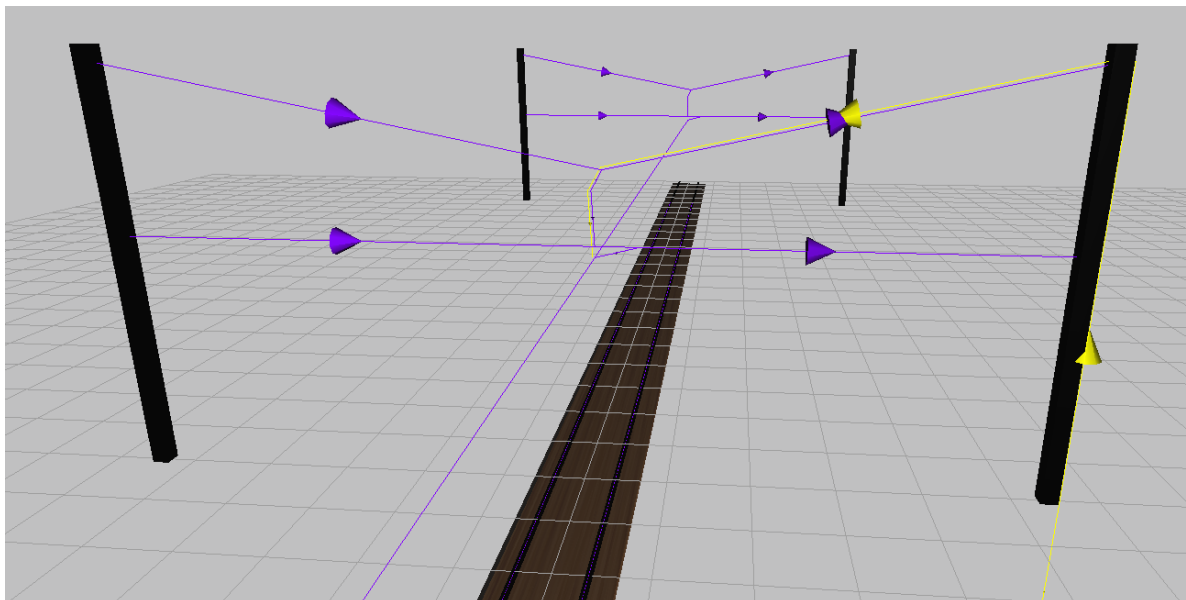
Einfachtraktion: 750 V (DC), 2.000 A

Doppeltraktion: 750 V (DC), 4.000 A

Für die Berechnung wird die höchste betriebliche Anlagenauslastung gemäß 26. BImSchV bewertet. Dies umfasst einen maximalen Betriebsstrom von 4.000 A (0 Hz), welcher durch die Oberleitung fließt. Der Rückstrom wird gleichverteilt über die beiden Gleise mit jeweils 2.000 A (0 Hz) und in entgegengesetzter Richtung abgeleitet.



Ansicht des Berechnungsmodells (Variante 1: Streckenabschnitt)



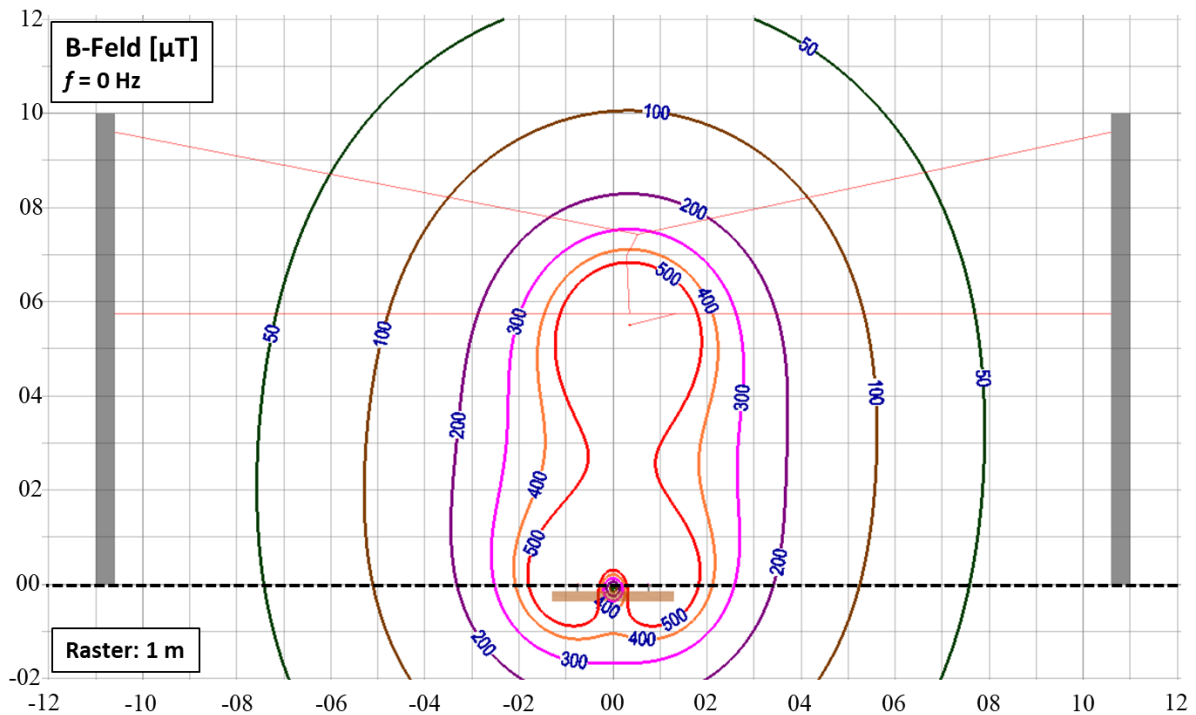
Ansicht des Berechnungsmodells (Variante 2: Einspeisemast)

2.2 Regelprofil der Bahnstromkabel

Zur Stromversorgung der Bahnstromanlage werden 750 V (DC) Kabel von den Unterwerken aus bis zu den Einspeisemasten und Gleisanschlüssen verlegt. In den begehbaren Bereichen oberhalb dieser Kabel werden die maximalen elektromagnetischen Felder berechnet.

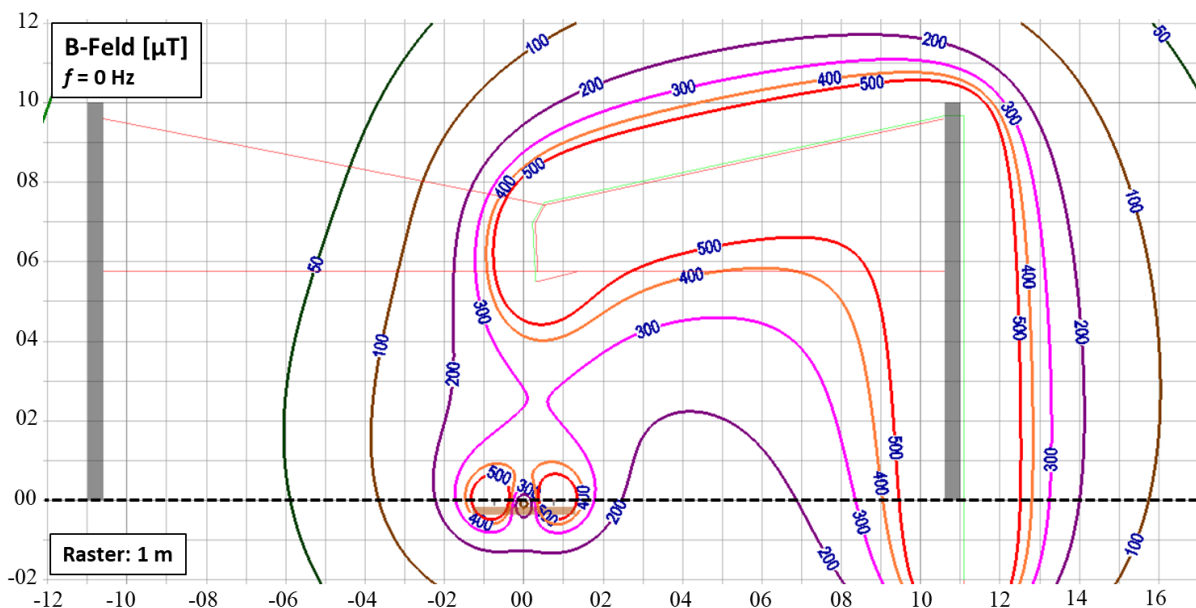
3 Ergebnisdarstellung

3.1 Magnetische Flussdichten an einem Streckenabschnitt



Effektivwerte der magnetischen Flussdichte in μT

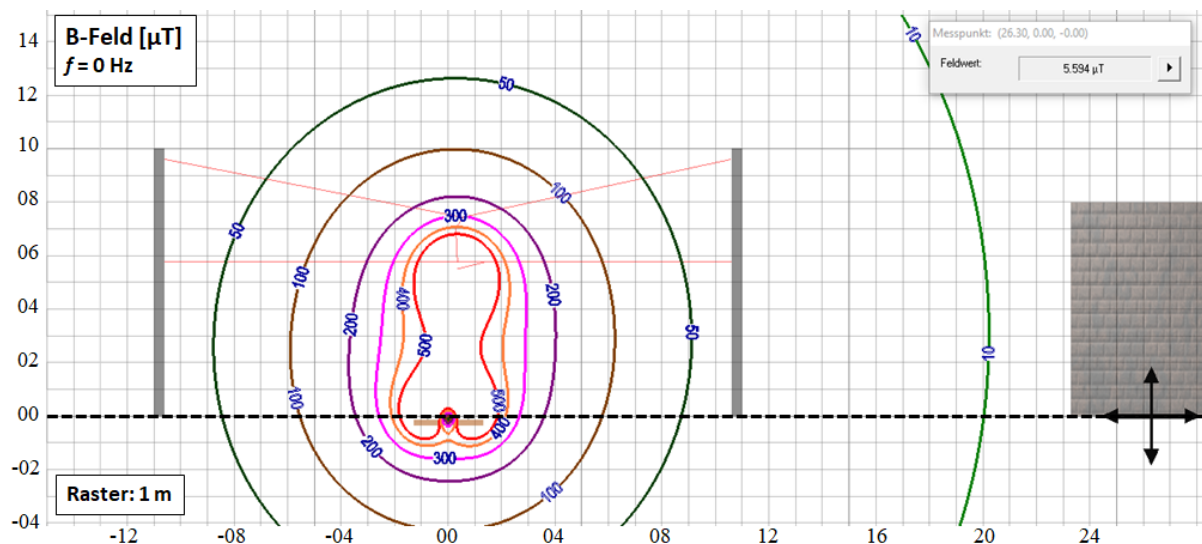
3.2 Magnetische Flussdichten an einem Einspeisemasten



Effektivwerte der magnetischen Flussdichte in μT

3.3 Magnetische Flussdichten am Standort *Celebrate Records*

Die Produktionsstätte der Firma Celebrate Records GmbH befindet sich in knapp 25 Metern Entfernung zur geplanten Neubaustrecke. Zur Abschätzung von eventuellen Beeinflussungen oder Störungen der Produktion, wurde für den Standort eine zusätzliche Berechnung durchgeführt. Die nachfolgende Abbildung zeigt einen schemenhaften Schnitt durch die Bahntrasse und das Gebäude nahe der Bahntrasse.



Effektivwerte der magnetischen Flussdichte in μT

Das Kreuz in der Abbildung ist ein zufällig ausgewählter Messpunkt im Gebäude (ca. 3 m von der Außenwand entfernt). Die Berechnung für diesen Punkt ergibt eine magnetische Flussdichte von max. $6 \mu T$ (bei 0 Hz für Gleichstrombahnen). An der Gebäudeaußenwand sind magnetische Flussdichten von max. $8 \mu T$ (0 Hz) zu erwarten. Aufgrund der geringen Betriebsspannung (750 V) und des weiten räumlichen Abstandes sind am Standort *Celebrate Records* keine messbaren elektrischen Felder, ausgehend von der Bahntrasse, zu erwarten.

Vergleichswerte der magnetischen Flussdichte für 0 Hz:

a) $\approx 50 \mu T$ - natürliches Erdmagnetfeld in Deutschland /7/

b) $500 \mu T$ - Grenzwert gemäß 26. BImSchV /1/

(Richtlinie für die Öffentlichkeit. Alle Werte unterhalb dieser Grenze erlauben einen dauerhaften Aufenthalt. Dies gilt auch für Wohnräume.)

c) $21.220 \mu T$ - Grenzwert gemäß DGUV V15 /8/

(Richtlinie für Betriebspersonal. Alle Werte unterhalb dieser Grenze erlauben Mitarbeitern einen zeitlich unbegrenzten Aufenthalt in Betriebsstätten.)

d) $\approx 100.000 \mu T$ - handelsüblicher Hufeisenmagnet /9/

3.4 Magnetische Flussdichten an den Bahnstromkabeln

In den Straßen- und Gehwegbereichen werden die Bahnstromkabel unterschiedlich verlegt /6/:

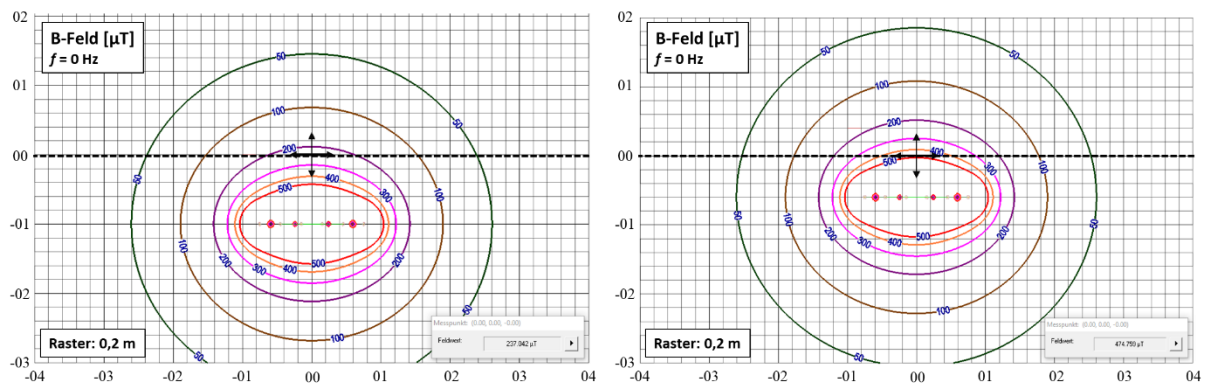
1. In den Straßenbereichen
 - a. Überdeckung: mindestens 100 cm
 - b. Verlegeart: flach, 30 cm horizontaler Abstand
2. In den Gehwegbereichen
 - a. Überdeckung: mindestens 60 cm
 - b. Verlegeart: flach, 30 cm horizontaler Abstand

Eingesetzt werden jeweils:

- drei Hinleiter vom Typ (N)A2SX(F)2Y 1x500 mm² und
- drei Rückleiter vom Typ (N)A2SX(F)2Y 1x500 mm²

welche flach nebeneinander angeordnet werden.

Für jedes Kabel wird dessen maximale Stromtragfähigkeit von 592 A berücksichtigt.



Effektivwerte der magn. Flussdichte in μT (links: Straßenbereiche; rechts: Gehwegbereiche)

Höchstwert auf Straßenhöhe: $\approx 240 \mu T$ bei 0 Hz (EOK)

Höchstwert auf Gehweghöhe: $\approx 480 \mu T$ bei 0 Hz (EOK)

4 Auswertung

4.1 Grenzwerteinhaltung gemäß 26. BImSchV

Im Rahmen der Berechnung wurden Regelprofile der Oberleitungsanlagen, Gleise, Einspeisemasten und der Bahnstromkabel der geplanten Neubaustrecke betrachtet.

Entsprechend der 26. BImSchV ist für Gleichstromanlagen ein Grenzwert für magnetische Flussdichten von $B_{\text{Grenz},0\text{Hz}} = 500 \mu\text{T}$ festgelegt. Für die elektrischen Feldstärken ist kein Grenzwert festgelegt.

Der Grenzwert für magnetische Flussdichten wird:

A) innerhalb eines Abstandes von maximal 2 m von der Trassenmitte und zusätzlich

B) innerhalb eines Radius von maximal 2 m um die Einspeisemasten

überschritten.

Da sich alle Orte mit Grenzwertüberschreitungen (A und B) in unmittelbarer Anlagennähe befinden, ist sichergestellt, dass diese nur dem vorübergehenden Aufenthalt dienen. Damit wird die 26. BImSchV eingehalten.

In den begehbaren Bereichen oberhalb der Bahnstromerkabel ist mit keiner Grenzwertüberschreitung zu rechnen.

4.2 Minimierungsgebot gemäß 26. BImSchVVwV

Gleichstromanlagen mit Betriebsspannungen unter 2.000 V fallen nicht in den Geltungsbereich der 26. BImSchVVwV.

Dementsprechend sind keine zu prüfenden Maßnahmen vorgeschrieben.

4.3 Ermittelte Feldwerte an sensiblen Standorten

Die Gebäude der Firma Celebrate Records GmbH befinden sich in einem Abstand von knapp 25 Metern zur Trassenmitte der geplanten Neubaustrecke.

Es ist mit magnetischen Flussdichten von maximal:

$$B_{\text{Max,CR},1} \approx 8 \mu\text{T} \quad \text{an der Gebäudeaußenwand und}$$

$$B_{\text{Max,CR},2} \approx 6 \mu\text{T} \quad \text{innerhalb des Gebäudes (ca. 3 m von der Außenwand)}$$

für die Frequenz von $f = 0 \text{ Hz}$ zu rechnen.

Es wurden nur die, durch die neuen Anlagen hervorgerufenen, Felder betrachtet. Fremdquellen waren zum Zeitpunkt der Berechnung nicht bekannt.

Literaturverzeichnis

- /1/ 26. BundesImmissionsSchutzVerordnung (26. BImSchV)
"Verordnung über elektromagnetische Felder vom 16. Dezember
1996
(BGBl. I S. 1966)", aktualisierte Fassung vom 14. August 2013
- /2/ Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung
über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV
(26. BImSchVVwV) vom 26. Februar 2016
- /3/ Schneider, J. Dokumente vom 11. März 2022 –
„NBS_EP_00_0000_ULP_Übersichtslageplan_00.00.00.00_-.dwg“
- /4/ Haase, R. Dokument vom 25. Juli 2022 –
„QP_14-15_14-16.pdf“
- /5/ Haase, R. Dokument vom 11. August 2022 –
„2022-08-11_EMV-Protokoll.pdf“
- /6/ Haase, R. E-Mail vom 08. September 2022
- /7/ <https://ngdc.noaa.gov/geomag/WMM/> (Stand Dezember 2019)
abgerufen am 28. September 2022
- /8/ DGUV Regel 103-013
„Elektromagnetische Felder“
Oktober 2001 – aktualisierte Fassung 2006
- /9/ <https://www.lhc-facts.ch/index.php?page=dipol>
abgerufen am 28. September 2022