

2. S-Bahn-Stammstrecke München

1. Planänderung

zum Planfeststellungsbeschluss PFA3neu

**EMV - Untersuchungen und Beurteilung für das
Tramgleichrichterwerk Haidenauplatz München
(nachrichtlich)**

Planfeststellungsabschnitt 3neu

Vorhabenträger:



DB Netz AG
Regionalbereich Süd
Richelstraße 3, 80634 München



DB Station & Service AG
Bahnhofsmanagement München
Bayerstraße 10a, 80335 München



DB Energie GmbH
Energieversorgung Süd
Richelstraße 3, 80634 München

München, den 08.04.2021
Erstellt im Auftrag der Vorhabenträger

i.v. Kai Kruschinski

Digital unterschrieben
von Kai Kruschinski
Datum: 2021.05.17
12:41:51 +02'00'

Die Vorhabenträger werden vertreten durch:



DB Netz AG
Großprojekt 2. S-Bahn-Stammstrecke München
Arnulfstr. 25-27, 80335 München, Tel 089/1308-0

Beteiligte Planer und Gutachter:

INGE 2. S-Bahn Stammstrecke München

atelier 4d / BPR / ILF / Vössing Ingenieure / sweco / SSF Ingenieure

Fachplaner, Gutachter

Möhler + Partner Ingenieure AG

Prof. Schaller UmweltConsult GmbH

Boley Geotechnik GmbH

Müller – BBM GmbH

Müller-BBM GmbH
Helmut-A.-Müller-Straße 1 - 5
82152 Planegg bei München

Telefon +49(89)85602 0
Telefax +49(89)85602 111

www.MuellerBBM.de

Dr.-Ing. Gisbert Gralla
Telefon +49(89)85602 248
Gisbert.Gralla@mbbm.com

08. April 2021
M151732/01 Version 1 GRL/SCHJ

Tramgleichrichterwerk Haidenauplatz München

Berechnung der elektromagnetischen Felder und Beurteilung gemäß 26. BImSchV

Bericht Nr. M151732/01

Auftraggeber: SWM
Stadtwerke München GmbH
Emmy-Noether-Straße 2
80992 München

Bearbeitet von: Dr.-Ing. Gisbert Gralla
M. Sc. Felix Martin

Berichtsumfang: Insgesamt 14 Seiten, davon
12 Seiten Text und
2 Seiten Anhang

Müller-BBM GmbH
HRB München 86143
USt-IdNr. DE812167190

Geschäftsführer:
Joachim Bittner, Walter Grotz,
Dr. Carl-Christian Hantschk,
Dr. Alexander Ropertz,
Stefan Schierer, Elmar Schröder

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
1 Situation und Aufgabenstellung	5
2 Verwendete Unterlagen	5
3 Rechtliche Grundlagen	7
4 Berechnung der elektromagnetischen Felder	8
4.1 Grundlagen	8
4.2 Berechnungsunsicherheit	8
4.3 Modellbildung	8
5 Ergebnisse	11
6 Beurteilung gemäß 26. BImSchVV	12
6.1 Grundlagen	12
6.2 Vorprüfung	12

Anhang: worst-case-Abschätzung zur Berücksichtigung von Sendeanlage in einem Frequenzbereich zwischen 9 kHz und 10 MHz

Zusammenfassung

Die Stadtwerke München planen, am Haidenauplatz ein Tramgleichrichterwerk zu errichten. Auf Grundlage der technischen Daten der elektrischen Betriebsmittel (Trafos, Schaltanlagen etc.) sollten die an der für die Allgemeinheit zugänglichen Grenze des Betriebsgebäudes zu erwartenden elektromagnetischen Felder berechnet und nach den zulässigen Werten des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) beurteilt werden. Weiterhin sollte geprüft werden, ob zusätzlich die Vorgaben der Verwaltungsvorschrift 26. BImSchVVwV eingehalten sind.

Ergebnis

Die Grenzwerte für 50-Hz-Felder betragen für die elektrische Feldstärke 5 kV/m und für die magnetische Flussdichte 100 μ T. Diese müssen an allen Orten eingehalten werden, die gemäß 26. BImSchV zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Personen vorgesehen sind.

Eine Berechnung der elektrischen Felder war nicht erforderlich, da diese vollständig durch die Gebäudehülle abgeschirmt werden.

Der maximale Effektivwert der magnetischen Flussdichte wurde an der äußeren Gebäudeaußenwand, im Bereich der Gleichrichter, zu 236,2 μ T ermittelt. Der Grenzwert von 100 μ T wird ab einer Entfernung von 0,5 m zur Gebäudeaußenwand unterschritten.

Der nächstgelegene Ort, der gemäß 26. BImSchV zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Personen vorgesehen ist, befindet sich in mehr als 10 m Entfernung zum Gleichrichterwerk (Haidenauplatz 1). Die Einhaltung der Grenzwerte ist somit überall dort, wo sich Personen nicht nur vorübergehend aufhalten, sichergestellt.


Einwirkung von Hochfrequenzsendeanlagen:

Innerhalb eines Abstands von 300 m um die betrachtete KVA-Anlage befinden sich laut Angaben der Bundesnetzagentur drei Standorte von Hochfrequenz-Sendeanlagen. Die Frequenz dieser Sendeanlagen wurde nicht ermittelt und könnte somit auch zwischen 9 kHz und 10 MHz liegen und wäre dann als Vorbelastung gemäß den Hinweisen zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV), Länderausschuss für Immissionsschutz LAI (LAI-Hinweise), zu berücksichtigen. In einer worst-case-Abschätzung wurde jedoch festgestellt, dass sich der oben angegebene Abstand, ab dem der Grenzwert von 100 μ T eingehalten wird, unter Berücksichtigung der Sendeanlagen nur um wenige Zentimeter erhöhen könnte und deshalb im Weiteren vernachlässigt werden kann.

Anmerkung zur Minimierung elektromagnetischer Felder gemäß 26. BImSchVVwV:

Die Vorprüfung gemäß 26. BImSchVVwV ergab, dass sich keine maßgeblichen Minimierungsorte im Einwirkungsbereich des Gleichrichterwerks befinden. Eine Minimierung ist somit nicht erforderlich.

Für den Inhalt des vorliegenden Berichtes zeichnet verantwortlich:



Dr. Ing. Gisbert Gralla
– Projektverantwortlicher –

Dieser Bericht darf nur in seiner Gesamtheit, einschließlich aller Anlagen, vervielfältigt, gezeigt oder veröffentlicht werden. Die Veröffentlichung von Auszügen bedarf der schriftlichen Genehmigung durch Müller-BBM. Die Ergebnisse beziehen sich nur auf die untersuchten Gegenstände.



Deutsche
Akkreditierungsstelle
D-PL-14119-01-01
D-PL-14119-01-02
D-PL-14119-01-03
D-PL-14119-01-04

Durch die DAkkS nach DIN EN ISO/IEC 17025:2018
akkreditiertes Prüflaboratorium.
Die Akkreditierung gilt nur für den in der
Urkundenanlage aufgeführten Akkreditierungsumfang.

1 Situation und Aufgabenstellung

Die Stadtwerke München planen, am Haidenauplatz ein Tramgleichrichterwerk zu errichten. Auf Grundlage der technischen Daten der Anlagenteile sollen die an der für die Allgemeinheit zugänglichen Grenze des Betriebsgebäudes zu erwartenden elektromagnetischen Felder berechnet und nach den zulässigen Werten des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) beurteilt werden.

2 Verwendete Unterlagen

- [1] 26. BImSchV: 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes, Verordnung über elektromagnetische Felder vom 14. August 2013
- [2] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder, Bund/Länderarbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz LAI, September 2014
- [3] Allgemeine Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV (26. BImSchVVwV), Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz, Bau und Reaktorsicherheit, 26. Februar 2016
- [4] Elektromagnetische Felder – Hochfrequenzanlagen, Info-Blatt zur Umsetzung der Anforderung nach § 3 Nr. 3, 26. BImSchV Niederfrequenzanlagen, Bundesnetzagentur, Referat 414, 55122 Mainz, April 2014
- [5] DIN EN 50413; VDE 0848-1: Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz), Oktober 2020
- [6] Hersteller-Zertifikat (Genauigkeit der Feld-, Leistungsflussdichte- und Schallpegelberechnung), WinField/EFC-400 – Electrical and Magnetic Field Calculation Version >= V2021, 01.09.2020
- [7] Planungsunterlage: Lageplan
 Titel: Planung Neubau Tram- Gleichrichterwerk, Haidenauplatz (TGW HAI);
 Lageplan
 Dateiname: 01_B_TGW HAI_AP_Lageplan.pdf
 Autor: Berger/Gerlach, SIGNON Deutschland
 Maßstab: 1:200
 Stand: 26.11.2020, Stadtwerke München GmbH
- [8] Planungsunterlage: Grundriss
 Titel: Grundriss Erdgeschoss
 Dateiname: 02_0_TGW HAI_AP_Grundriss EG.pdf
 Autor: Gerlach/Höfig, SIGNON Deutschland
 Maßstab: 1:50
 Stand: 26.11.2020, Stadtwerke München GmbH

- [9] Planungsunterlage: Schnittdarstellung
Titel: Schnitt A-A und Schnitt B-B

Dateiname: 04_0_TGW HAI_AP_Schnitt A-A B-B.pdf
Autor: Höfig/Gerlach, SIGNON Deutschland
Maßstab: 1:50
Stand: 26.11.2020, Stadtwerke München GmbH
- [10] Planungsunterlage: Produktkatalog
Titel: Schaltanlagen Typ 8DJH für sekundäre Verteilungsnetze bis 24 kV, gasisoliert – Mittelspannungsanlagen

Dateiname: Anhang1_catalogue-8djh-de.pdf
Stand: 2017, Siemens
- [11] Planungsunterlage: Anordnungsplan
Titel: Gleichrichter B12 - Frontansicht + Seitenansicht A-A, B-B

Dateiname: Anhang 2_Gleichrichter B12 (Beispiel von UGW SU).pdf
Autor: Adisorn P., Siemens
Maßstab: --
Stand: 13.04.2020, Stadtwerke München GmbH
- [12] Planungsunterlage: Anordnungsplan
Titel: Gleichrichter B12 – Anmerkung_SWM_Bhandari MBBM

Dateiname: Anmerkung_SWM_Bhandari MBBM - Anhang 2_Gleichrichter B12 (Beispiel von UGW SU).pdf
Autor: Adisorn P., Siemens; Bhandari, Stadtwerke München GmbH
Maßstab: --
Stand: 26.03.2021, Stadtwerke München GmbH
- [13] Planungsunterlage: Einliniendiagramm
Titel: Gleichrichter +E1.1, AC Hauptstromkreis

Dateiname: UGW_GR_B12.pdf
Autor: Adisorn P., Siemens
Stand: 13.04.2020
- [14] Planungsunterlage: Bilder
Titel: TGW HAI Trafo 1 und 2, Vorder- und Rückseite
Stand: 19.03.2021, Stadtwerke München GmbH

3 Rechtliche Grundlagen

26. BImSchV

Die 26. BImSchV enthält Anforderungen zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umwelteinwirkungen und zur Vorsorge gegen schädliche Umwelteinwirkungen durch elektromagnetische Felder. Gemäß dieser Verordnung genügt es, die Immission an den „maßgebenden Immissionsorten“ zu betrachten. Maßgebende Immissionsorte sind schutzbedürftige Gebäude oder Grundstücke. Es sind dies *„Gebäude oder Grundstücke, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind“*. Dieses „Bestimmtein“ ist dabei insbesondere aus der bauplanungsrechtlichen Einordnung des Grundstückes abzuleiten. Es kommt also nicht darauf an, ob sich dort tatsächlich Personen „nicht nur vorübergehend“ aufhalten. Landwirtschaftliche Flächen, Straßen und Gehwege sind keine maßgebenden Immissionsorte.

Für die Beurteilung sind die elektrische Feldstärke und die magnetische Flussdichte bei „höchster betrieblicher Auslastung“ zu ermitteln. Diese „höchste betriebliche Auslastung“ ist laut 26. BImSchV nicht durch die tatsächlich zu erwartende maximale Auslastung, sondern durch eine technische Grenze definiert, bei Umspannanlagen beispielsweise durch die Nennleistung der Transformatoren, bei Freileitungen durch den thermisch maximal zulässigen Dauerstrom. Die für die Berechnung verwendeten Maximalströme und Maximalspannungen sind im Abschnitt Berechnungsgrundlagen angegeben.

Das Gleichrichterwerk besteht aus Anlagenteilen, die mit 50-Hz-Wechselspannung betrieben werden und Anlagenteilen, die mit Gleichstrom betrieben werden. Die Anlagen, die mit Wechselstrom betrieben werden, sind im Sinne der 26. BImSchV Niederfrequenzanlagen (ortsfeste Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität mit einer Nennspannung von 1000 Volt oder mehr) und entsprechend der 26. BImSchV zu beurteilen. Die Anlagen, die mit Gleichstrom betrieben werden, sind jedoch keine Gleichstromanlagen im Sinne der Verordnung, da als solche nur Anlagen mit einer Gleichspannung von 2000 V oder mehr zu verstehen sind. Da die Gleichspannungsanlagen aber mit einer Spannung von nur 750 Volt betrieben werden, fallen diese Anlagen nicht in den Anwendungsbereich der Verordnung und werden im Weiteren nicht betrachtet.

Zu betrachten ist jedoch die Vorbelastung durch andere Nieder- und Hochfrequenzanlagen. Bei den Hochfrequenzanlagen genügt es dabei, ortsfeste Anlagen mit einer Sendeleistung von mehr als 10 Watt EIRP und Frequenzen zwischen 9 kHz und 10 MHz zu berücksichtigen. Dabei handelt es sich gegebenenfalls um Rundfunksender im Kurz-, Mittel- und Langwellenbereich. Gemäß [4] genügt es, Anlagen zu betrachten, die sich näher als 300 m an der Niederfrequenzanlage befinden.

4 Berechnung der elektromagnetischen Felder

4.1 Grundlagen

Die Berechnung erfolgt mit dem Programm WinField EP, Version 2021 auf Grundlage der DIN EN 50413 [5]. Modelliert werden die (Wechselspannungs-)Anlagenteile, die wesentlich zur Immission magnetischer Felder beitragen. Es sind dies alle Anlagenteile, die große Ströme führen. Die Immission elektrischer Felder muss hier nicht berücksichtigt werden, da diese durch die Gebäudehülle abgeschirmt werden.

Zur Berechnung der Immission werden die Nennströme der Anlagenteile verwendet bzw. die Ströme, die durch eine technisch bedingte Grenze auf Dauer nicht überschritten werden können. Sonderereignisse, wie Kurzschlüsse in bestimmten Anlagenteilen, werden nicht betrachtet. Bei allen betrachteten Anlagenteilen handelt es sich um Dreiphasensysteme.

4.2 Berechnungsunsicherheit

Die Unsicherheit der Feldberechnung beträgt gemäß [6] 1,4 % und wird im Weiteren bei der Angabe der für die Beurteilung relevanten Werte additiv berücksichtigt.

Unsicherheiten bei der Modellierung bleiben im Weiteren unberücksichtigt.

4.3 Modellbildung

Für die elektrotechnischen Anlagen des Gleichrichterwerks wurden die folgenden Anlagenteile gemäß den Planungsunterlagen [7] bis [14] modelliert.

Die Mittelspannungskabel verlaufen außerhalb des Gebäudes in einer Tiefe von 40 cm unter GOK. Innerhalb der Anlage verlaufen die Kabel im Doppelboden und in den Transformatorräumen in Doppelboden und an der Decke.

1. Eine gasisolierte Mittelspannungsschaltanlage, Typ: 8DJH10
Höhe der Sammelschienen: 1,3 m, Ein- bzw. Abgänge von unten
Modellspannung: 10 kV, Modellstrom: **300 A** (in Schränken A1.1 und A1.2) bzw. **101 A** (in Schränken A2.1 bis B.2)

Zwei Eingangsfelder:

Eingangstrom: je **300A**

Kabeltyp: 3 x NA2XS2Y 1 x 150 mm² (je Eingangsfeld)

Ein Messfeld

Ein Erdungsfeld

Zwei Gleichrichter-Trafofelder:

Abgangsstrom: je **101 A**

Kabeltyp: N2XSH 1 x 70 mm²

2. Zwei Gießharz-Trocken-Transformatoren
Nennleistung pro Transformator: 1,75 MVA
Kabelanbindung mittelspannungsseitig von oben, unterspannungsseitig von unten
Modellspannung: 10 kV, Modellstrom: **101 A**
Modellspannung: 610 V, Modellstrom: **1656 A**
UK Transformator 1: 7,35 %
UK Transformator 2: 7,41 %

3. Zwei B12-Gleichrichter
nur die AC-Seite wurde modelliert,
die Kabelanbindung erfolgt von der Türseite des Gleichrichterschanks aus dem Doppelboden
Modellspannung: 610 V

Der Transformatorstrom von 1656 A pro B12-Gleichrichter teilt sich auf zwei B6-Gleichrichter mit je 828 A auf und dieser dann pro Phase auf zwei Kabelverbindungen mit je 414 A von den Transformatoren zu den Gleichrichtern

je Transformator und Phase: 4 Kabel mit einem Strom von jeweils **414 A**
Kabeltyp: NHXSGAFHXOE 1 x 300 mm²

Anmerkungen:

Die Berechnung der magnetischen Flussdichte wurde in einer Höhe von 55 cm durchgeführt. Bei dieser Höhe wird das Maximum der magnetischen Flussdichte an der Außenwand des Anlagengebäudes erreicht.

In der nachfolgenden Abbildung sind die oben beschriebenen elektrischen Betriebsmittel des Gleichrichterwerks abgebildet.

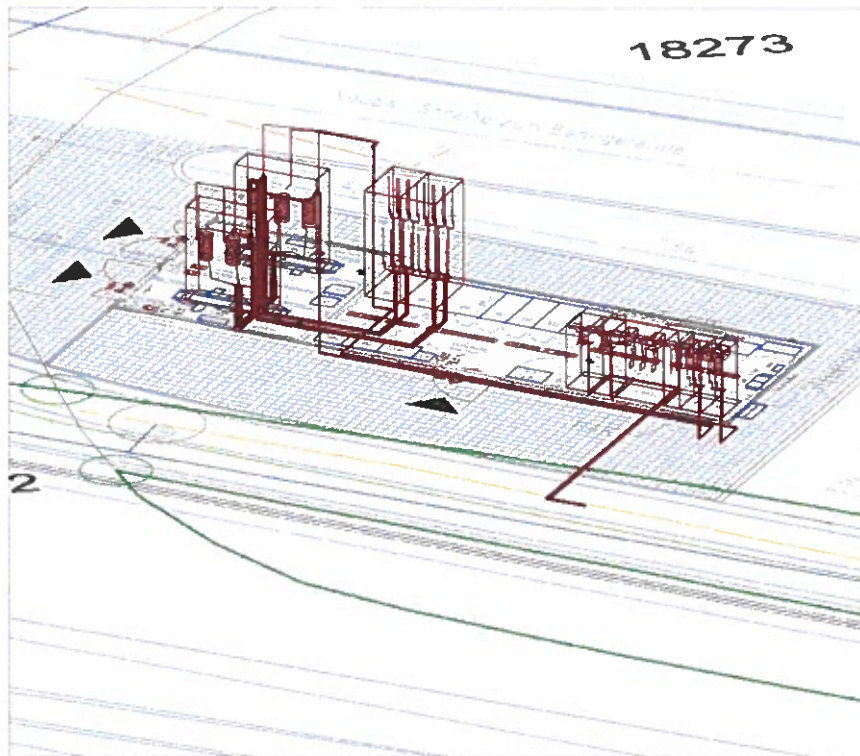


Abbildung 1. Räumliche Darstellung der modellierten elektrischen Betriebsmittel über dem Grundriss des Gebäudes.

Die Berechnungsauflösung für die grafische Darstellung der Berechnungsergebnisse beträgt 0,1 m x 0,1 m.

5 Ergebnisse

Das Ergebnis der Berechnung für die magnetische Flussdichte ist in der nachfolgenden Abbildung grafisch dargestellt.

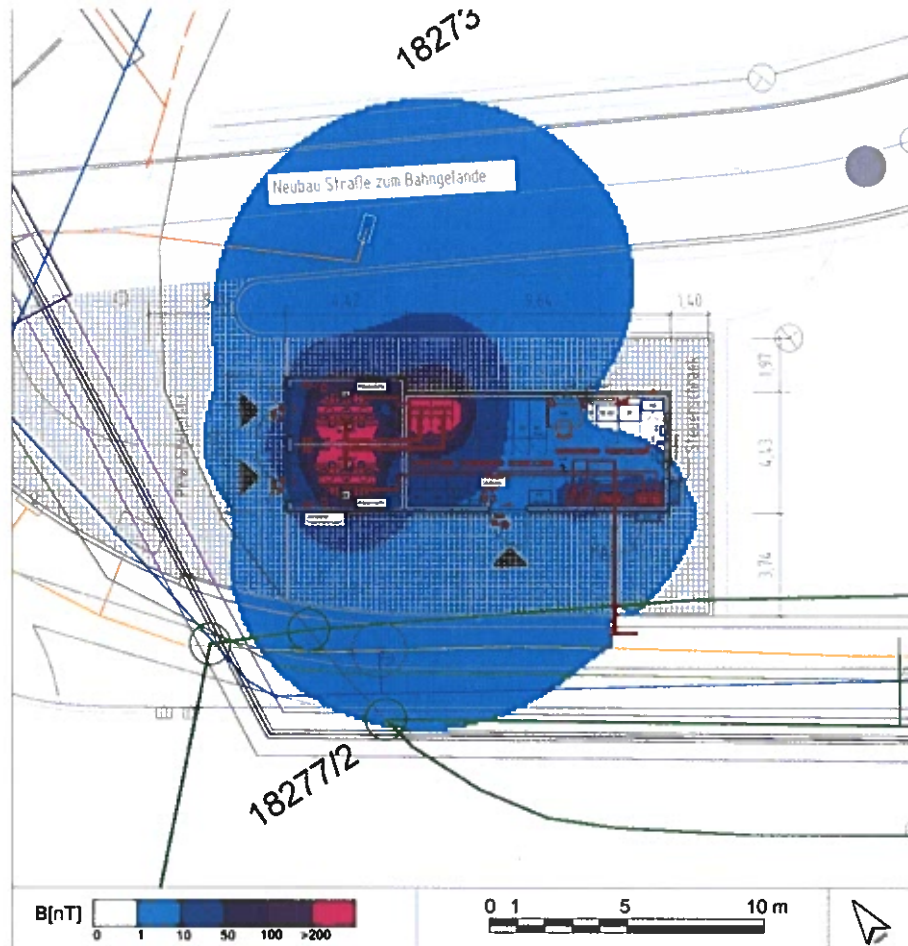


Abbildung 2. Berechnungsergebnis der magnetischen Flussdichte, Horizontalschnitt auf Höhe des Maximalwertes in 0,55 m Höhe.

In der nachfolgenden Tabelle ist der Maximalwert der magnetischen Flussdichte an der Gebäudeaußenwand angegeben. Darüber hinaus wurde der minimale Abstand zur Gebäudeaußenwand an der Stelle des Maximums angegeben, ab dem der Grenzwert von $100 \mu\text{T}$ unterschritten wird.

Tabelle 1. Maximalwert der magnetischen Flussdichte an der Gebäudeaußenwand und minimaler Abstand zur Einhaltung des Grenzwerts von 100 μT .

Ort	Maximalwert der magnetischen Flussdichte	Minimaler Abstand zur Einhaltung des Grenzwerts von 100 μT
Nordöstliche Gebäudeaußenwand bei den Gleichrichtern	236,2 μT	47 cm

6 Beurteilung gemäß 26. BImSchVVwV

6.1 Grundlagen

Neben der Einhaltung der Grenzwerte nach § 3 der 26. BImSchV sollen entsprechend § 4 der 26. BImSchV im Sinne der Vorsorge Möglichkeiten zur Minimierung der elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Felder ausgeschöpft werden.

Die allgemeine Verwaltungsvorschrift [3] konkretisiert die Anforderungen zur Vorsorge gemäß § 4 Absatz 2 der 26. BImSchV [1] sowie die Vorgehensweise bei der Prüfung. Sie beschreibt die Anforderungen an Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen bei der Errichtung und wesentlichen Änderung, die geeignet sind, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren.

Die Umsetzung des Minimierungsgebots erfolgt in drei Teilschritten – einer Vorprüfung, einer Ermittlung der Minimierungsmaßnahmen und einer Maßnahmenbewertung.

Das Gleichrichterwerk kann im Sinne der 26. BImSchVVwV als eine Ortsnetzumspannstation (Umspannung von Mittel- auf Niederspannung) betrachtet werden.

Der Einwirkungsbereich des Gleichrichterwerks beträgt demnach 10 m, wobei als Ausgangspunkte des Einwirkungsbereiches die Gebäudewände betrachtet werden.

6.2 Vorprüfung

Im Einwirkungsbereich des Gleichrichterwerks befinden sich keine Minimierungsorte. Für das Gleichrichterwerk muss demnach keine Minimierung durchgeführt werden.

Anhang

**worst-case-Abschätzung zur Berücksichtigung von Sendeanlage in einem
Frequenzbereich zwischen 9 kHz und 10 MHz**

\\S-muc-fs01\allefirmen\MIProj\151\MI151732\M151732_01_Ber_1D.Dc...J8 04. 2021

In einem Radius von 300 m um das Gleichrichterwerk befinden sich laut Angaben der Bundesnetzagentur drei Hochfrequenzsendeanlagen (Standortnummern 531662, 69014831 und 530977), welche nicht für den Mobilfunk verwendet werden. Die Frequenzen, mit denen diese Sendeanlagen betrieben werden, wurden nicht mitgeteilt. Es ist deshalb möglich, dass sie im Frequenzbereich zwischen 9 kHz und 10 MHz liegen.

Aus den in den Standortinformationen hinterlegten Sicherheitsabständen in Hauptstrahlrichtung r_S und dem in der 26. BImSchV angegebenen Grenzwert für Hochfrequenzanlagen zwischen 9 kHz und 10 MHz von $B_{GW}=27 \mu\text{T}$ kann die Sendeleistung P der Antennen gemäß folgender Formel abgeschätzt werden.

$$P = 4 \pi r_S^2 \times \frac{B_{GW}^2}{\mu_0^2} \times Z_0 \quad (1)$$

Dabei ist Z_0 der Wellenwiderstand des Vakuums und μ_0 die magnetische Feldkonstante.

Die Werte für die magnetische Flussdichte B am Gleichrichterwerk erhält man dann durch:

$$B = \sqrt{\frac{P}{4 \pi r^2 Z_0}} \times \mu_0 \quad (2)$$

mit r dem radialen Abstand von der Sendeantenne.

Gemäß 26. BImSchV, Anhang 2a, müssen die Immissionsbeiträge der magnetischen Felder aller Niederfrequenzanlagen und von Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 kHz und 10 MHz die folgende Bedingung erfüllen:

$$\sum_{1 \text{ Hz}}^{10 \text{ MHz}} \frac{B_i}{B_{GW,i}} \leq 1 \quad (3)$$

mit B_i und $B_{GW,i}$ der Immissionsbeitrag der magnetischen Flussdichte und der entsprechende Grenzwert bei der Frequenz i .

Für den Grenzwertanteil A der Sendeanlagen in obigem Zusammenhang erhält man:

$$A = \frac{\sum_{i=1}^3 B_i}{B_{GW}} = 5,2 \% \quad (4)$$