



EMVU-Simulation und Bewertung nach 26. BImSchV  
Tram Unterwerk Plärrer in Nürnberg  
VAG-Verkehrs-Aktiengesellschaft Nürnberg

**Projekt-Nr.: VAGNE0124**

**Dokument-Nr.: P9060a-24**

Das vorliegende Dokument besteht aus 18 Seiten inklusive Deckblatt.

Ohne unsere schriftliche Genehmigung darf dieser Bericht nicht, auch nicht auszugsweise, vervielfältigt oder in anderer Weise dritten Personen zugänglich gemacht werden und auch nicht anderweitig missbräuchlich genutzt werden.

## Inhaltsverzeichnis

<b>Inhaltsverzeichnis .....</b>	<b>2</b>
<b>Änderungsverzeichnis.....</b>	<b>3</b>
<b>1        <b>Allgemeine Angaben .....</b></b>	<b>4</b>
1.1        Verfasser .....	4
1.1.1      Unternehmen .....	4
1.2        Ansprechpartner.....	4
1.2.1      Projektleiter .....	4
1.2.2      Durchführung .....	4
1.3        Auftraggeber .....	5
1.3.1      Unternehmen .....	5
1.3.2      Ansprechpartner.....	5
<b>2        <b>Aufgabenstellung .....</b></b>	<b>6</b>
<b>3        <b>Feldsimulation und Bewertung nach 26. BImSchV .....</b></b>	<b>8</b>
3.1        Technische Angaben.....	8
3.2        Berechnungsmodell und -ergebnisse .....	11
3.2.1      Ergebnis für das magnetische Wechselfeld .....	12
3.2.2      Ergebnis für das magnetische Gleichfeld .....	15
3.2.3      Bewertung .....	17
<b>4        <b>Referenzen .....</b></b>	<b>18</b>

## Änderungsverzeichnis

Dokument- Nummer	Datum	Inhalt/ Änderung
P9060a-24	20.11.2024	Ersterstellung

Bexbach, der 20.11.2024

Verfasser:



i.A. \_\_\_\_\_

Jens F A L L E R  
EMC in Facilities

Revision:



i.A. \_\_\_\_\_

Christian F R I E D R I C H  
EMC in Facilities

# 1 Allgemeine Angaben

## 1.1 Verfasser

### 1.1.1 Unternehmen

**GHMT AG**

In der Kolling 320

**D-66450 Bexbach**

Telefon: +49 6826 9228-0

Telefax: +49 6826 9228-290

E-Mail: [info@ghmt.de](mailto:info@ghmt.de)

Internet: [www.ghmt.de](http://www.ghmt.de)

## 1.2 Ansprechpartner

### 1.2.1 Projektleiter

Name Jens Faller

Telefon: +49 6826 / 9228-411

Mobil: +49 172 68992 87

Telefax: +49 6826 / 9228-490

E-Mail: [jens.faller@ghmt.de](mailto:jens.faller@ghmt.de)

### 1.2.2 Durchführung

Name Jens Faller

Cyril Tessier

## 1.3 Auftraggeber

### 1.3.1 Unternehmen

**VAG-Verkehrs-Aktiengesellschaft**

VAG FA-MA-PA  
Fürther Str. 140

**D – 90429 Nürnberg**

### 1.3.2 Ansprechpartner

**VAG-Verkehrs-Aktiengesellschaft**

Herr Florian Gräf  
VAG FA-MA-PA  
Fürther Str. 140

**D – 90429 Nürnberg**

Telefon: +49 0911 283-4337

E-Mail: [florian.graef@vag.de](mailto:florian.graef@vag.de)

## 2 Aufgabenstellung

Im Zuge der durch die Stadt Nürnberg getragenen Maßnahme „Umgestaltung Plärrer“ plant die VAG Verkehrs-Aktiengesellschaft Nürnberg die Errichtung eines neuen Unterwerkes für Straßenbahnen in der Nähe der Straßenbahn- und U-Bahn-Haltestelle Plärrer. Das Unterwerk Plärrer soll zwei Technikräume für den Fahrstromtransformator und die Gleichstrom-Schaltanlage (bestehend aus einem Gleichrichter, einem Einspeise-Rückleiter-Feld und drei Streckenfeldern) sowie eine Mittelspannungsschaltanlage erhalten.

Das Unterwerk befindet sich am Straßenrand und grenzt an einen Radweg an. Es besteht daher die Möglichkeit, dass sich Publikum in der Nähe der Station aufhält.

Für das unmittelbare Umfeld des Unterwerkes soll daher überprüft werden, ob die Grenzwerte der 26. BImSchV eingehalten werden können.

Nach §3 Abs. 2 der 26. BImSchV sind zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen Niederfrequenzanlagen, die nach dem 23. 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 zur 26. BImSchV genannten Grenzwerte nicht überschreiten, wobei Niederfrequenzanlagen mit einer Frequenz von 50 Hz die Hälfte des im Anhang 1a genannten Grenzwertes der magnetischen Flussdichte nicht überschreiten dürfen. Damit beträgt der Grenzwert für das magnetische Feld 100  $\mu\text{T}$ . Der Grenzwert für das elektrische Feld beträgt 5 kV/m. Da elektrische Felder durch die Gehäuse der Anlagen, Schirme und konzentrische Schutzleiter der Kabel und die Außenhaut des Unterwerkes bereits sehr stark abgeschirmt werden, wird nachfolgend ausschließlich das magnetische Feld betrachtet. Mit einer Überschreitung des Grenzwertes für das elektrische Feld ist im Umfeld des Unterwerkes daher nicht zu rechnen.

Gleichstromanlagen sind nach §3a Abs.1 der 26. BImSchV so zu errichten, dass bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung der in Anhang 1a zur 26. BImSchV genannte Grenzwert der magnetischen Flussdichte nicht überschritten wird. Dieser liegt bei 500  $\mu\text{T}$ . Ein Grenzwert für das elektrische Gleichfeld ist nicht definiert.

Die Ermittlung und Bewertung möglicher Störbeeinflussungen durch die Anlagen des Unterwerkes soll mittels Simulation erfolgen. Die Simulationsergebnisse sind in dem vorliegenden Dokument zusammengefasst und bewertet.

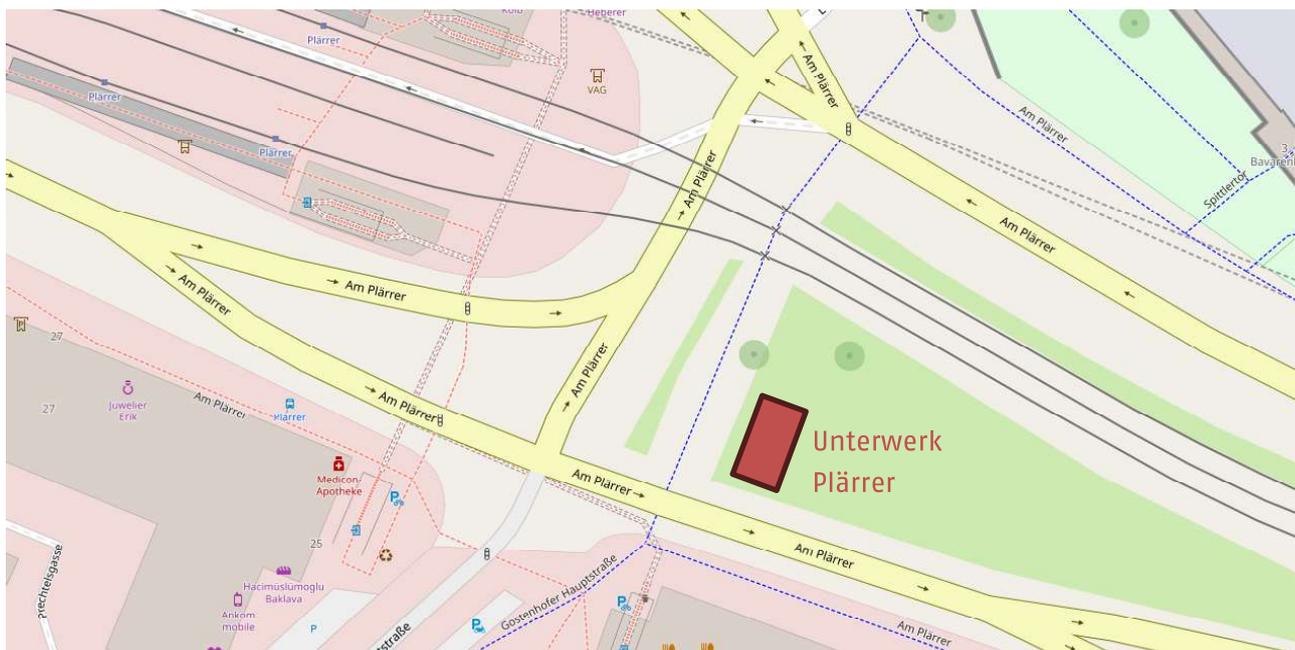


Abbildung 2-1: Übersicht von die Unterwerk Plärrer

Mitgeltende Dokumente

Planunterlagen	Stand
Grundriss VAG IMMELMANNSTRASSE UF 4284, PDF: „231024_Tram-GUW_Bsp“	13.08.2024
Grundriss Gleichrichterunterwerk, PDF: „PL-UW-2-ARC-GR-001-01-P“	14.10.2024
Elektroplanung VAG-Nürnberg UW PLS (Plärrer), PDF: „240927_UW_PLS_Entwurf1“	25.10.2024
Mittelspannungsschaltanlage Gasisoliert, PDF: „8DJH24 blueGis Montage- und Betriebsanleitung 2022 DE“	07.11.2024
Technische Zeichnung DWG-Datei: „Einspeisefeld“, „Gleichrichter“ und „Streckenfeld“	13.11.2024

### 3 Feldsimulation und Bewertung nach 26. BImSchV

#### 3.1 Technische Angaben

Das Unterwerk wandelt Wechselstrom aus dem 20-kV-Mittelspannungsnetz in Gleichstrom um und speist die Oberleitungsversorgung der Straßenbahn. Die Einspeisung von der 20-kV-Schaltanlage zum Transformator erfolgt über ein Kabel N2XSH 3x95/16. Die Spannung wird anschließend durch einen Doppelstocktransformator auf die Spannungsebene von 750V transformiert. Die Wandlung in Gleichstrom erfolgt in einem Gleichrichter, der vom Transformator über ein Kabel vom Typ N2XH-0 3x2x1x240 versorgt wird. Die Speisung der Oberleitung erfolgt über ein Einspeise- und Rückleiterfeld und drei Streckenfelder.

Abbildung 3-1 zeigt einen Überblick über dieses Unterwerk.

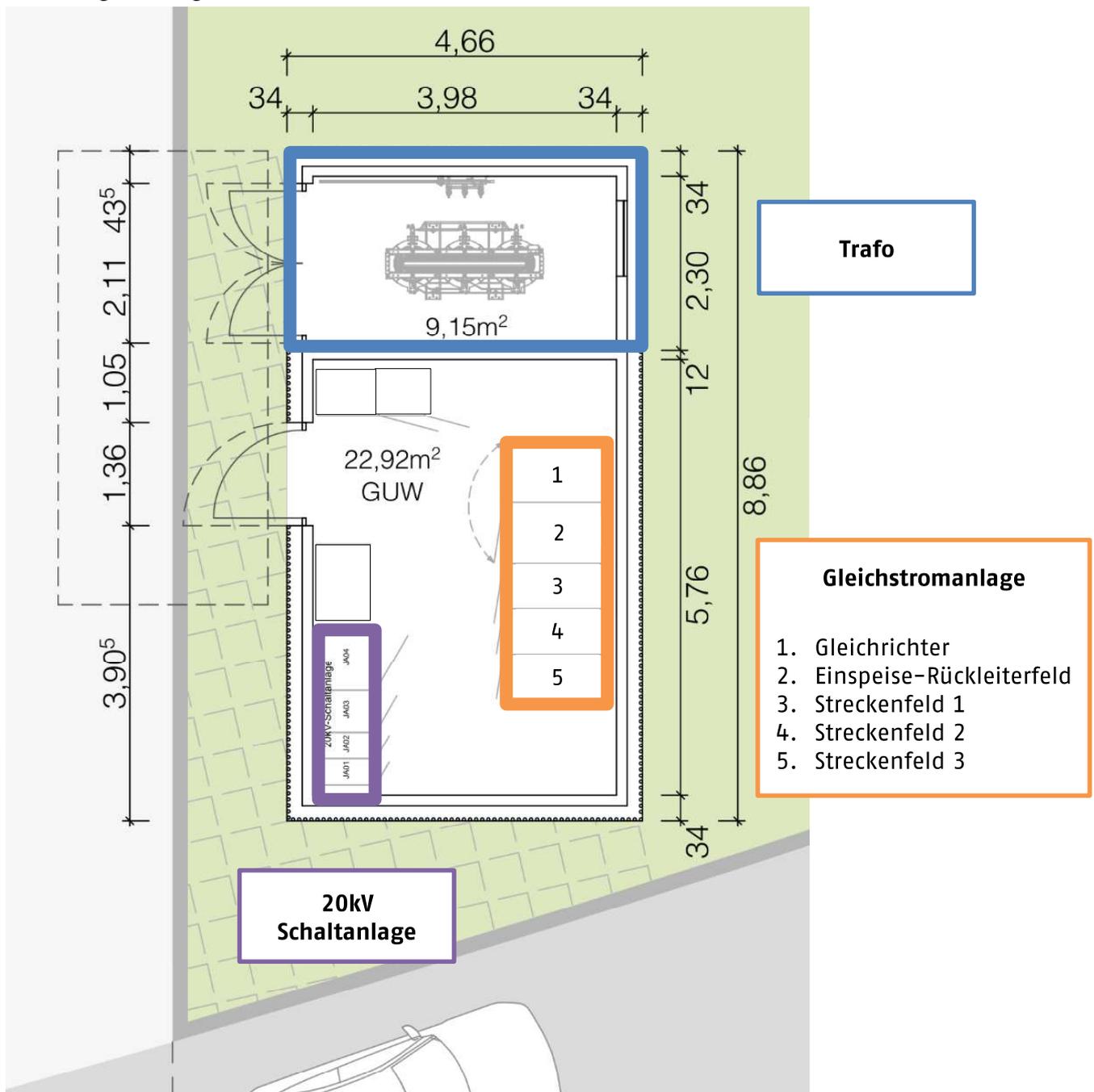


Abbildung 3-1: Übersicht über die prinzipielle Versorgungsstruktur

Die Simulation und Beurteilung des niederfrequenten magnetischen Feldes nach 26. BImSchV erfolgte mittels „Worst Case“-Szenario. Die Sammelschienen des Einspeise- und Rückleiterfeldes sowie der Streckenfelder wurden mit dem Transformatorleistung von 1260kVA entsprechenden Strom von 1680A (bei einer Betriebsspannung von 750V) belastet.

Die Feldsimulation wurde getrennt für die Wechsel- und die Gleichstromseite der Anlage durchgeführt, da nach 26. BImSchV für niederfrequente Anlagen und für Gleichstromanlagen unterschiedliche Grenzwerte für die magnetische Flussdichte gelten.

Die Simulation erfolgte mit Winfield Version 2023.

**Anm.:** In dem erstellten Modell wurde anstelle des zum Einsatz kommenden Doppelstocktransformators ein Transformator mit vergleichbarer Leistung und Bauart (Gießharztransformator, Nennleistung: 1250 kVA, Kurzschlussspannung: 6 %) eingesetzt, da nicht alle Daten, die zur Modellierung des Doppelstocktransformators notwendig sind, durch den Hersteller zur Verfügung gestellt werden konnten. Da im Unterwerk primär die Zuleitungen zum Transformator bzw. zwischen Transformator und Gleichrichter sowie die die Sammelschienen der Einspeise-Rückleiter- und Streckenabgangsfelder die feldbestimmenden Objekte darstellen, beeinflussen diese auch maßgeblich die im Modell berechneten magnetischen Flussdichten im Rahmen der „Worst Case“-Betrachtung. Die geringfügigen Unterschiede zwischen dem im Modell verwendeten Transformator und dem zum Einsatz kommenden Doppelstocktransformator können hinsichtlich dieser Betrachtung daher vernachlässigt werden.

Die vorliegende Planung ist eine Genehmigungsplanung nach Leistungsphase 4 HOAI. Eine spätere Ausschreibung erfolgt grundsätzlich produktneutral, sodass Herstellerangaben zurzeit nicht als verbindlich anzusehen sind. Gegebenenfalls abweichende Fabrikate müssen die gleichen technischen Kennwerte einhalten.

Die relevanten technischen Daten, die der Ermittlung des magnetischen Streufeldes der Anlagen zu Grunde liegen sind im Folgenden tabellarisch zusammengefasst:

Anlagenteil	Technische Daten
<b>Mittelspannungsschaltanlage</b>	
Typ	8DJH 24, Gasisoliert
Spannung	24kV
Sammelschiene	630A
<b>Dreiphasen-Gießharztransformator (Doppelstockausführung):</b>	
Firma	Ruhstrat
Typ	TSIANDSE, Schaltgruppe: Dd0y11
Nennleistung	1260 kVA (630-630 kVA)
Bemessungsspannung OS	20 kV
Bemessungsspannung US	650 V
Frequenz	50 Hz
Kurzschlussspannung	6 %
Nennstrom Oberspannungsseite	36,4 A
Nennstrom Unterspannungsseite	559,6 A
<b>Gleichrichter:</b>	
Nennspannung	750 V DC
Nennstrom	1119 A
<b>Gleichstromschaltanlage, Einspeise- und Rückleiterfeld:</b>	
Nennspannung	750 V DC
Nennstrom der Verschienung	1680 A
<b>Gleichstromschaltanlage, Streckenabgangsfeld (je Stück):</b>	
Nennspannung	750 V DC
Nennstrom	1680 A
<b>Kabel:</b>	
20 kV-Kabel	N2XSH 3x 95/16 mm <sup>2</sup>
Vom Trafo zur Gleichstromschaltanlage	N2XH-0 3x2x1x240 mm <sup>2</sup>

**Tabelle 3-1: Technische Daten der Anlagenteile**

## 3.2 Berechnungsmodell und -ergebnisse

Im Folgenden sind die Berechnungsergebnisse als Draufsicht auf die Anlage und die Umgebung gezeigt (Berechnungshöhe  $z=1.5\text{m}$ ). Die Berechnungen erfolgten nach Erstellung eines geometrischen Modells der Anlage, das auf den Angaben von VAG basiert. Die Ströme sind der Tabelle 3-1 zu entnehmen. Diese Ströme stellen aufgrund der Angaben zu den einzelnen Anlagenteilen die größten möglichen Ströme dar. Damit ist die Anforderung der 26. BImSchV, dass die Betrachtung auf Basis der größten möglichen Auslastung der Anlage zu erfolgen hat, erfüllt.

Das Rechenmodell ist in Abbildung 3-2 gezeigt.

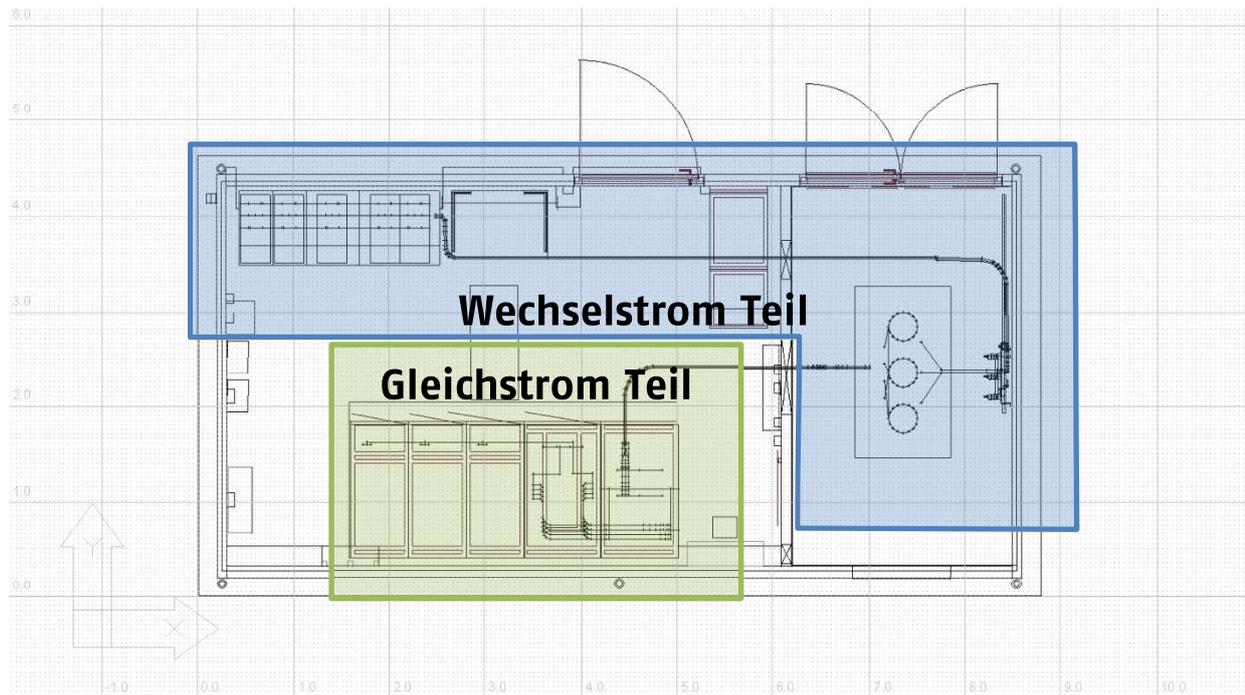
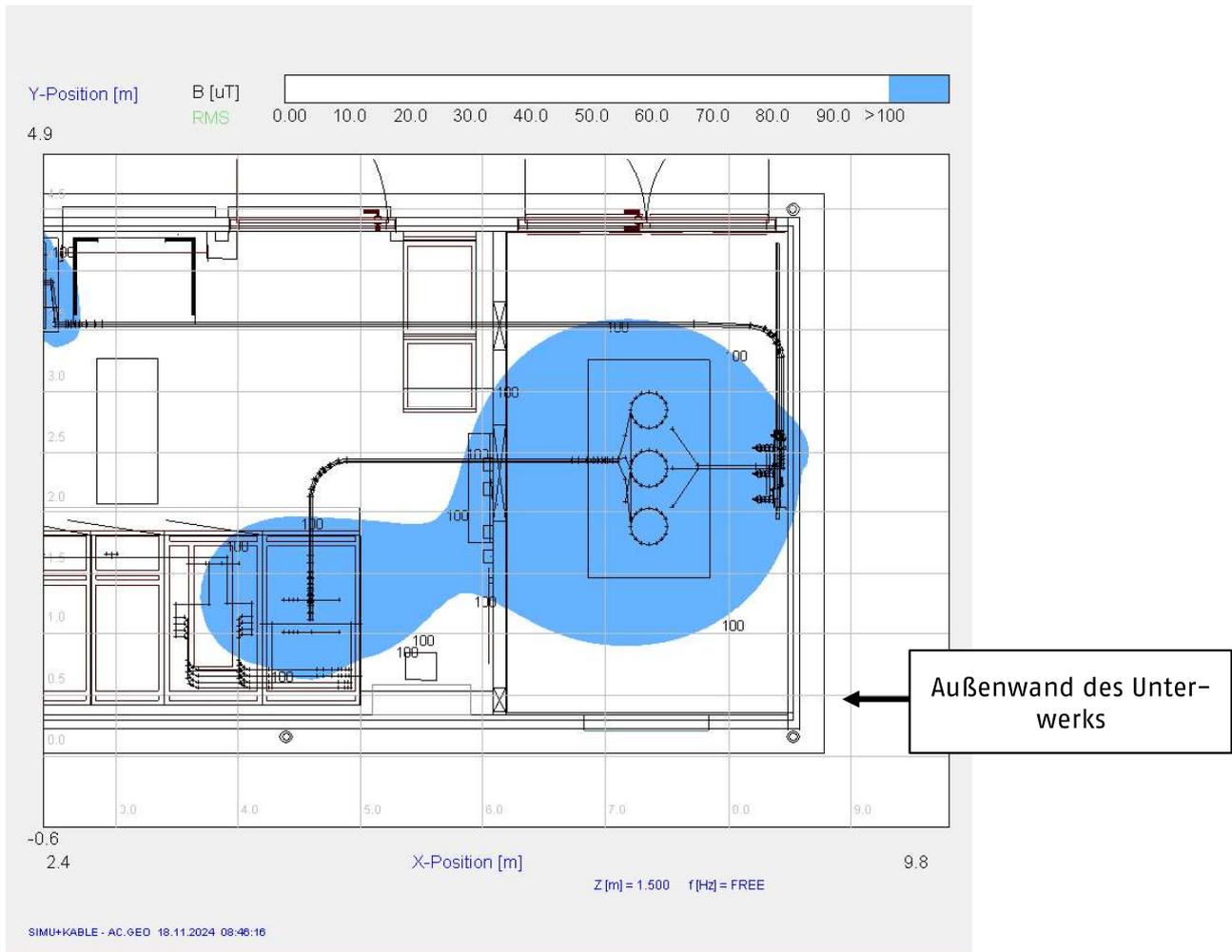
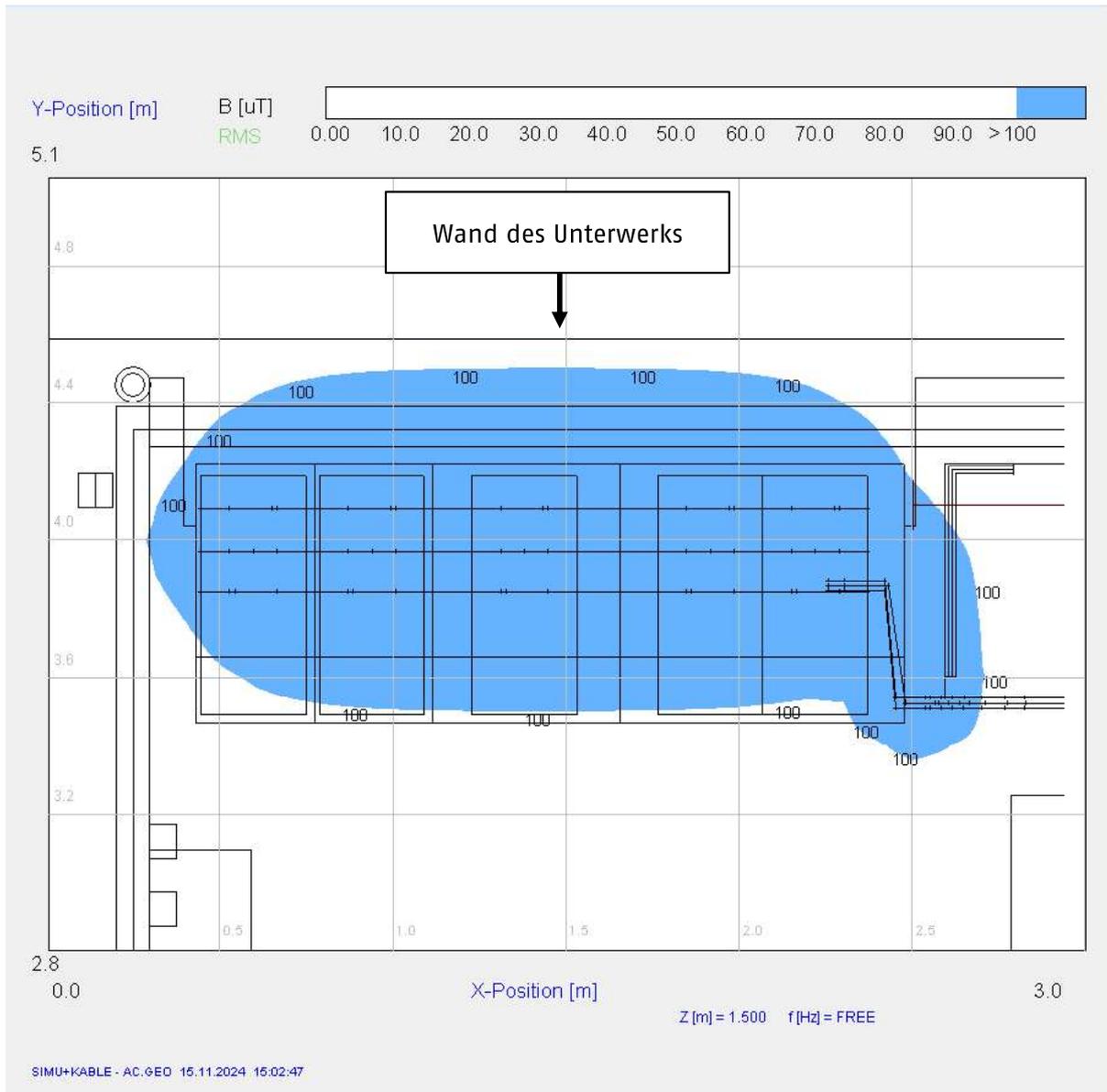


Abbildung 3-2: Draufsicht auf das Berechnungsmodell





**Abbildung 3-4: Zoom des Ergebnisses für den Transformator. (Blau: Bereich  $>100\mu\text{T}$ )**



**Abbildung 3-5: Zoom des Ergebnisses für den Transformator für die 20kV Schaltanlage.  
(blau: Bereich  $>100 \mu\text{T}$ )**

### 3.2.2 Ergebnis für das magnetische Gleichfeld

In diesem Abschnitt der Simulation wird ausschließlich die Gleichstromseite betrachtet. Die Abbildung 3-6 und Abbildung 3-7 stellen die Ergebnisse dar.

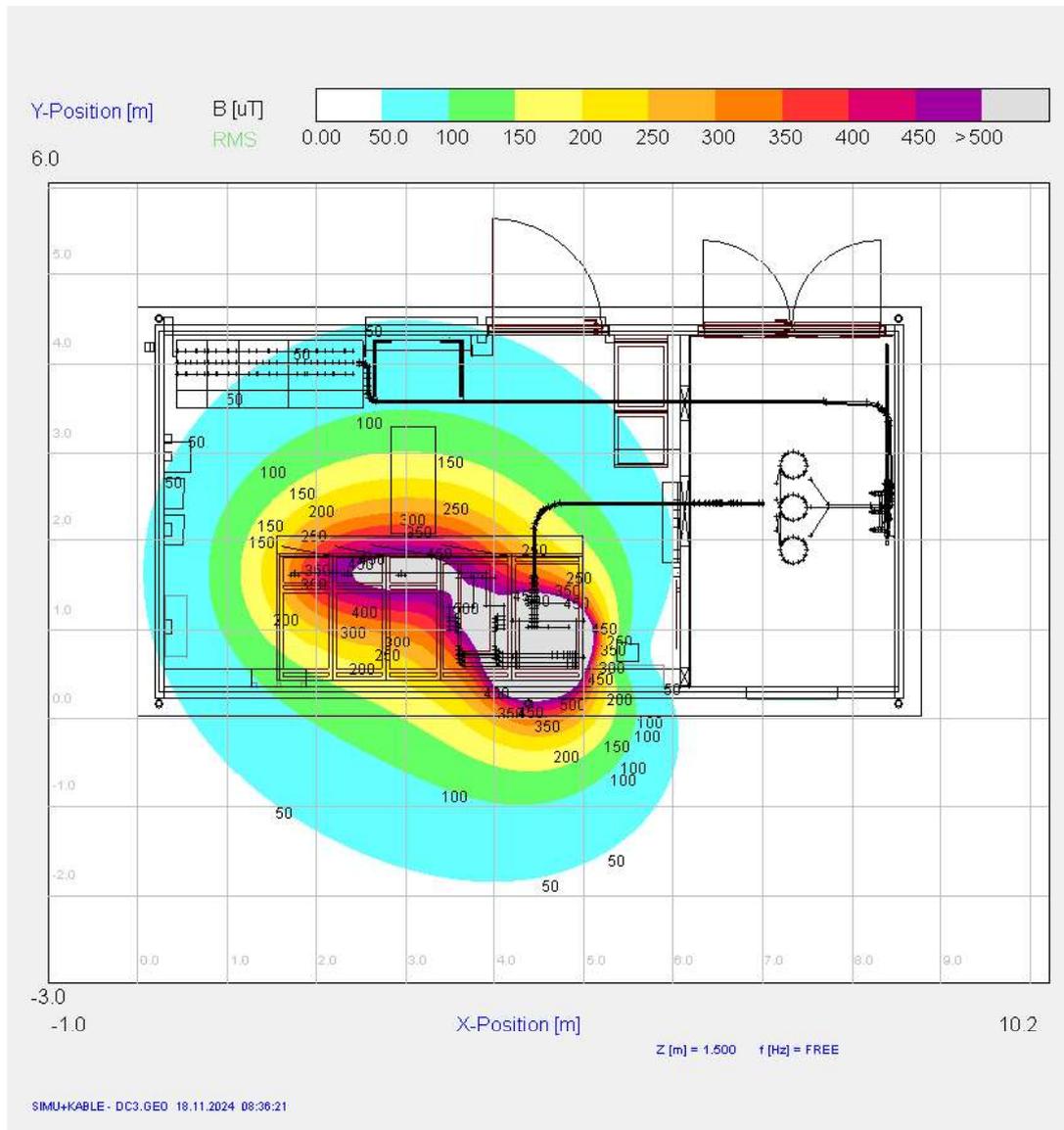
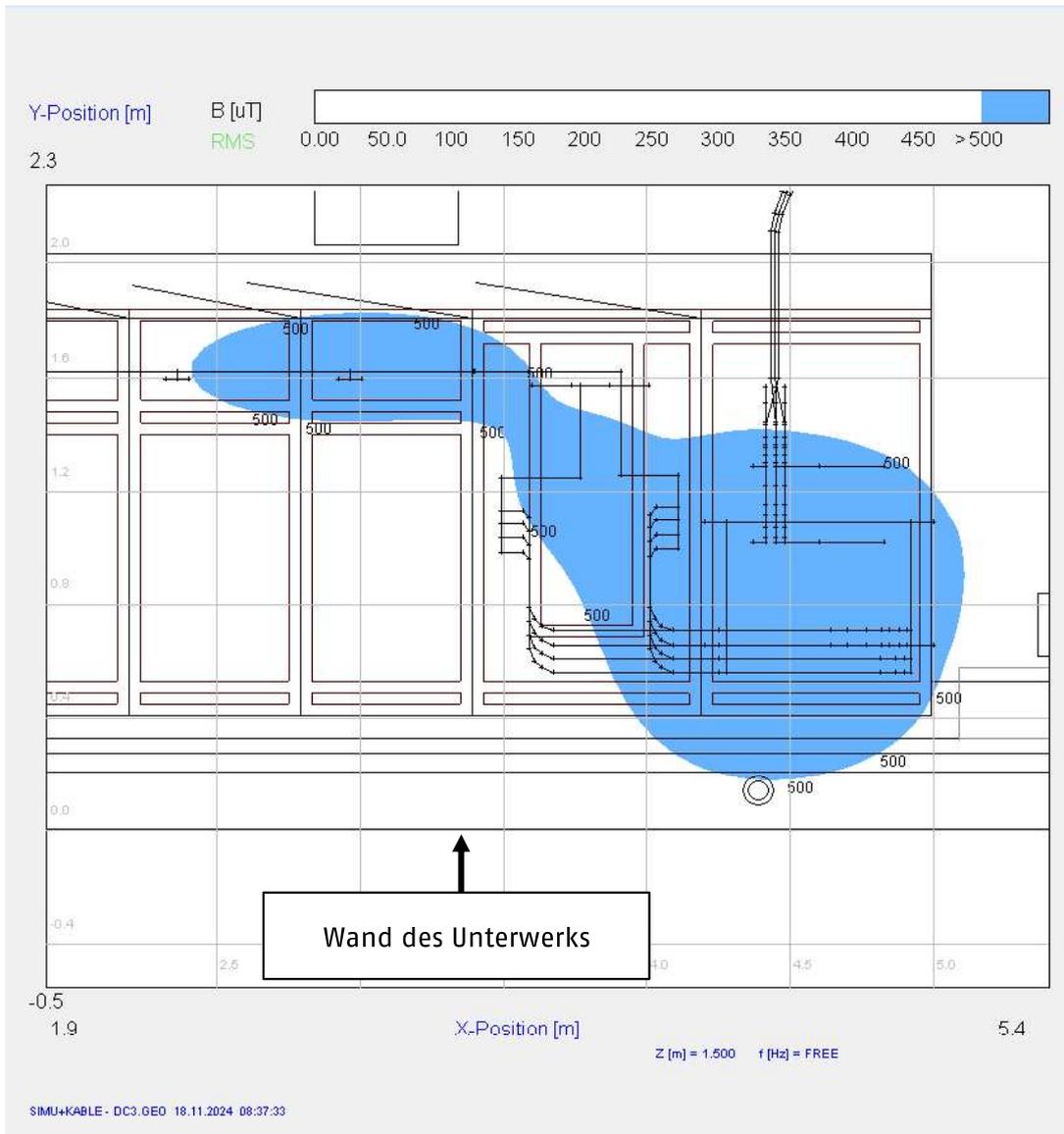


Abbildung 3-6: Berechnungsergebnis im Überblick



**Abbildung 3-7: Zoom des Berechnungsergebnisses für den Gleichrichter, Einspeise- und Rückleiterfeld und Streckenfelder. (blau: Bereich >500 $\mu$ T)**

### 3.2.3 Bewertung

Die Berechnungsergebnisse zeigen, dass außerhalb des Unterwerks der Grenzwert der 26. BImSchV für magnetische Felder von  $100\mu\text{T}$  für eine von Frequenz von 50Hz und  $500\mu\text{T}$  für magnetische Gleichfelder bei maximaler Auslastung nicht überschritten wird.

In folgender Tabelle 3-2 werden die Ergebnisse bezogen auf die Simulation bewertet.

	Anforderung nach 26. BImSchV	Maximalwert Magnetfeld außerhalb des Unterwerks	Ergebnis
Wechselstromanteil	$100\mu\text{T}$	$70\mu\text{T}$	Das Magnetfeld ist auf das Innere des Unterwerks begrenzt
Gleichstromanteil	$500\mu\text{T}$	$350\mu\text{T}$	

**Tabelle 3-2: Bewertung des Berechnungsergebnisses für das Unterwerk „Plärrer“ in Nürnberg**

## 4 Referenzen

- Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV), 14.08.2013