

**Elektromobilität STI**  
**Bauprojekt Ladeinfrastruktur**

## **NIS Nachweis Standort Schwäbis**

**ECH-563.02-313 / Version 1.0**

Auftraggeber:

STI Bus AG  
Grabenstrasse 36  
3600 Thun

Herausgeber:

Enotrac AG  
Seefeldstrasse 8  
CH-3600 Thun  
Tel. +41 33 346 66 11  
Fax +41 33 346 66 12  
[info@enotrac.com](mailto:info@enotrac.com)  
[www.enotrac.com](http://www.enotrac.com)

Freigegeben  
30.04.2025  
© Enotrac AG

**Aktuelle Version**

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben
1.0	30.04.2025	Freigegeben	J. Olofsson	P. Boss	P. Boss

**Vorherige Version**

Version	Datum	Status	Erstellt	Geprüft	Freigegeben

**Änderungen seit der vorherigen Version**

--

**Urheberrecht**

Dieses Dokument wurde durch Enotrac AG im Auftrag des Kunden erarbeitet. Für das Dokument und den darin dargestellten Gegenstand erhält der Kunde das Nutzungsrecht. Die Urheberrechte liegen bei Enotrac AG. Vervielfältigung, Bekanntgabe an Dritte oder Verwertung seines Inhalts über die vorgesehene Nutzung hinaus sind ohne schriftliche Zustimmung verboten.

© Enotrac AG

## Inhalt:

<b>1</b>	<b>Einleitung</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Allgemeines</b>	<b>5</b>
2.1	Abkürzungen	5
2.2	Referenzen	5
<b>3</b>	<b>Situation und Anlagenbeschreibung</b>	<b>6</b>
3.1	Technikkabine	7
3.2	Kabelverlegung Niederspannungskabel	8
3.3	Kabelverlegung Mittelspannungskabel	8
<b>4</b>	<b>Betroffene OMEN</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Beurteilungsgrundlagen</b>	<b>10</b>
5.1	Anlagegrenzwert	10
5.2	Immissionsgrenzwerte	10
5.3	Massgebender Betriebszustand	10
5.3.1	Mittelspannungsleitungen und primärseitige Trafoanschlüsse	10
5.3.2	Sekundärseitige Trafoanschlüsse und Niederspannungsverteilung	10
5.3.3	Einspeisungen Ladegleichrichter	11
<b>6</b>	<b>Berechnung der magnetischen Flussdichte</b>	<b>12</b>
6.1	Berechnung der magnetischen Flussdichte	12
6.2	Untersuchte Bereiche	12
<b>7</b>	<b>Ergebnisse der Berechnungen und Analyse</b>	<b>13</b>
7.1	Niederspannungsseitige Transformatoranschlüsse	13
7.2	Stromschienen im Verteilungsschrank	14
7.3	Stromschienensystem zwischen Transformator und NS-Verteilung	14
7.3.1	Transformator	15
7.3.2	Kabeleinführung Halle Nord	16
7.3.3	Kabelrohrblock zu Hallen 1 und 2	18
7.3.4	Kabelrohrblock Mittelspannung	18
<b>8</b>	<b>Massnahmen</b>	<b>20</b>
<b>9</b>	<b>Beurteilung</b>	<b>21</b>

# 1 EINLEITUNG

Die STI plant, ihre Fahrzeugflotte in den nächsten Jahren auf Elektroantrieb umzustellen. Damit verbunden ist der Aufbau einer neuen Ladeinfrastruktur inklusive einer neuen Trafostation zur Versorgung der Anlage am Standort Schwäbis in Thun.

Es ist nachzuweisen, dass die neue Anlage STI Schwäbis den Anlagegrenzwert für die magnetische Flussdichte von 1  $\mu\text{T}$  im massgebenden Betriebszustand an allen Orten mit empfindlicher Nutzung einhält.

Zudem ist nachzuweisen, dass der Immissionsgrenzwert für die magnetische Flussdichte von 100  $\mu\text{T}$  (50 Hz) an allen öffentlich zugänglichen Orten, an denen sich Menschen aufhalten können, jederzeit eingehalten wird.

Das vorliegende Dokument beschreibt die elektromagnetischen Auswirkungen der neuen Anlage auf die Umwelt und die getroffenen Massnahmen bezüglich Emissionen und Immissionen. Das Dokument dient als Nachweis, dass die zulässigen Grenzwerte gemäss der Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) eingehalten werden.

## 2 ALLGEMEINES

### 2.1 Abkürzungen

AGW	Anlagegrenzwert
NIS	Nichtionisierende Strahlung
NISV	Verordnung über den Schutz von nichtionisierender Strahlung
OMEN	Ort mit empfindlicher Nutzung

### 2.2 Referenzen

- [1] Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV, SR 814.710), 23. Dezember 1999 (Stand am 23. April 2025)
- [2] ECH-563.02-300, Bauprojekt, Ladeinfrastruktur Depot Schwäbis, Technischer Bericht, Version 1.0 vom 30.04.2025
- [3] ECH-563.02-302, Auflageprojekt, Ladeinfrastruktur Depot Schwäbis, Disposition Technikkabine, Version 1.0 vom 25.04.2025
- [4] ECH-563.02-303, Auflageprojekt, Ladeinfrastruktur Depot Schwäbis, Grundriss und Ansichten Halle Süd, Version 1.0 vom 30.04.2025
- [5] ECH-563.02-304, Auflageprojekt, Ladeinfrastruktur Depot Schwäbis, Grundriss und Ansichten Halle Nord, Version 1.0 vom 25.04.2025
- [6] ECH-563.02-305, Auflageprojekt, Ladeinfrastruktur Depot Schwäbis, Generelles Schema, Version 1.0 vom 25.04.2025
- [7] ECH-563.02-306, Auflageprojekt, Ladeinfrastruktur Depot Schwäbis, Disposition technische Anlagen, Version 1.0 vom 25.04.2025

### 3 SITUATION UND ANLAGENBESCHREIBUNG

Die STI plant die Umstellung ihrer Fahrzeugflotte auf Batteriebetrieb. Dies erfordert eine neue Ladeinfrastruktur im STI- Busdepot in Thun.

Der Projektperimeter der Anlage befindet sich in der Arbeitszone. Angrenzend befinden sich Wohn-, Misch-, und eingeschränkte Bauzonen.



Abbildung 3-1: Ausschnitt ThunGIS mit Zonenplan

Innerhalb des Projektperimeters wird eine neue Technikkabine errichtet. Der Standort der Technikkabine ist in Abbildung 3-2 unten dargestellt. Die Technikkabine beinhaltet zwei Transformatoren 16/0.4 kV mit je 2.5 MVA Nennleistung und eine Niederspannungsverteilung für die Versorgung der STI-Ladeinfrastruktur.

Die überspannungsseitige Einspeisung der Transformatoren erfolgt durch Energie Thun und wird von der neuen Trafo- und Verteilstation Schwäbis gespeist. Die neue Trafostation Schwäbis der Energie Thun liegt ausserhalb der vorliegenden Projektperimeters.

Die Transformatoren in der Technikkabine versorgen die Ladegleichrichter in der Busgarage der Halle Nord und Halle Süd. Die Zuleitung zu den Ladegleichrichtern erfolgt über erdverlegte Niederspannungskabel.

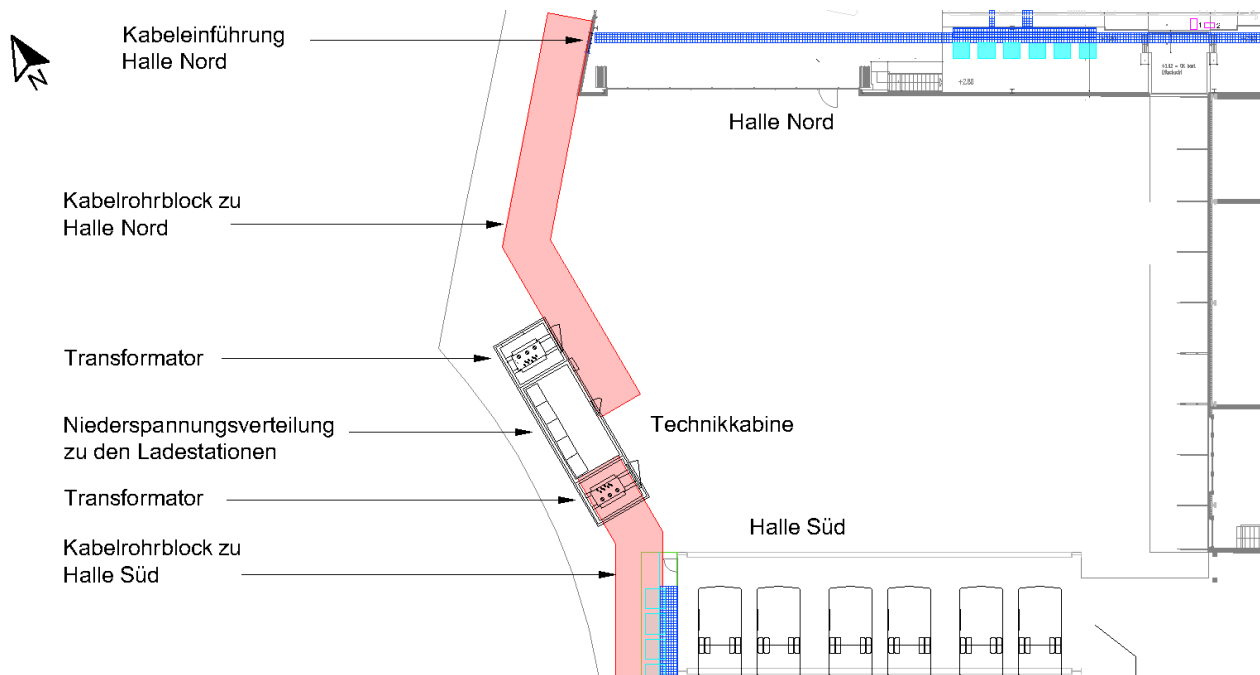


Abbildung 3-2: Übersicht der Anlage mit der Technikkabine und den anschliessenden Kabelrohrblöcken für die Zu- und Ableitungen

### 3.1 Technikkabine

In der Technikkabine sind zwei Transformatoren mit einer Leistung von je 2500 kVA vorgesehen. Die Spannung auf der Primärseite beträgt 16 kV und auf der Sekundärseite 400 V. Zwischen den beiden Transformatorräumen befindet sich der Raum mit der Niederspannungsverteilung.

Die Einspeisung auf der Primärseite erfolgt pro Trafo im Stich aus der Trafostation Schwäbis der Energie Thun. Die Dimensionen der Einspeisekabel sind  $3 \times 1 \times 50 \text{ mm}^2$  (Kupfer).

Für die Verbindung zwischen der Sekundärseite des Transformators und der Hauptverteilung ist innerhalb der Technikkabine ein Stromschienensystem vorgesehen. Es sind Leiter für die drei Phasen L1, L2, L3 und ein PEN-Leiter vorgesehen. Das Stromschienensystem wird mit den Anschlusslaschen des Transformators verbunden. Hier ist baulich bedingt mit dem grössten Phasenabstand zu rechnen; somit ist hier die grösste Ausdehnung des magnetischen Felds zu erwarten. Das Stromschienensystem wird auf der anderen Seite mit dem Hauptverteilerschrank verbunden.

Innerhalb des Hauptverteilerschranks sind Stromschienen für den Anschluss der Leistungsschalter und Abgangssicherungen vorgesehen. Die Stromschienen des Verteilerschranks sind mit einer Höhe von 120 mm und einer Breite von 10 mm dimensioniert. Pro Phase werden drei Schienen parallel geführt. Die Phasen werden vertikal angeordnet, wobei der Mittenabstand zwischen den Phasen 85 mm beträgt. Der Verteilerschrank einschliesslich der Stromschienen wird entlang der Wand auf der Südseite aufgestellt.

Eine Übersicht der Technikgebäude ist in Abbildung Abbildung 3-3 dargestellt. Das elektrische Schaltbild ist im Generellen Schema [6] ersichtlich.

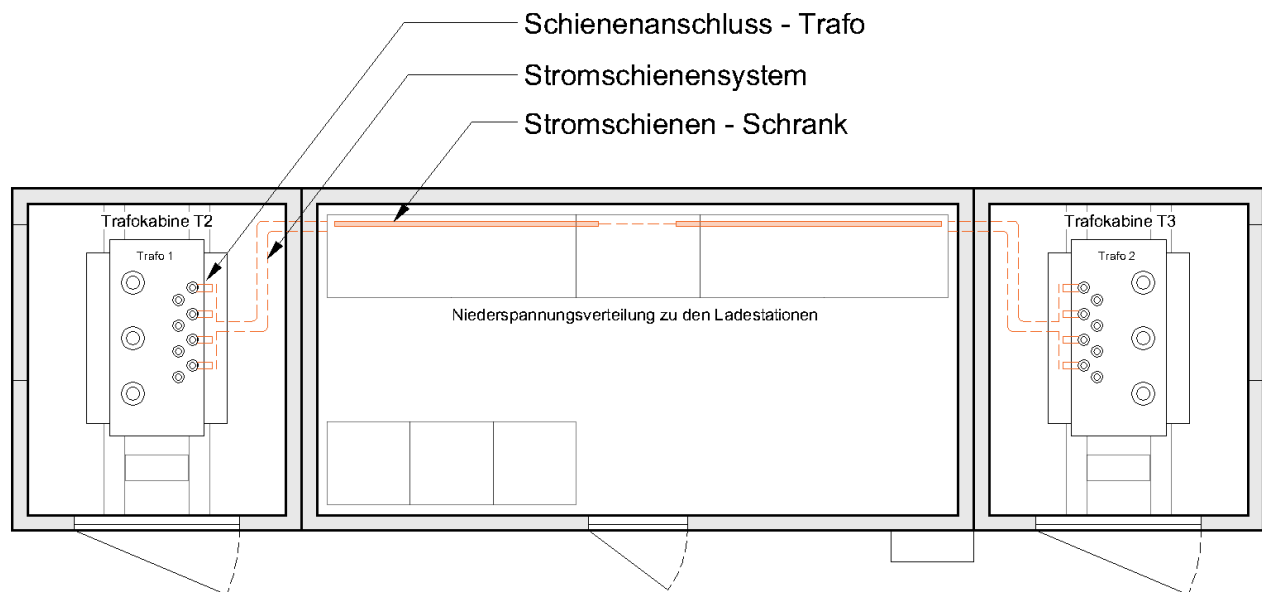


Abbildung 3-3: Übersicht Technikkabine

### 3.2 Kabelverlegung Niederspannungskabel

Zwischen der Trafostation und der STI-Busgarage werden zur Versorgung der Ladegleichrichter erdverlegte Kabel geführt. Die Kabel werden in einer Tiefe von 0.6 - 1.8 m in Kabelschutzrohre eingezogen. Bei der Halle Nord werden die Kabel hochgeführt und durch die Wand des Gebäudes eingeführt. Bei der Halle Süd werden die Kabel direkt auf die im freien platzierten Ladegleichrichter geführt. Die Situation ist in den Dispositionsplänen Halle Süd [4] und Halle Nord [5] dargestellt.

### 3.3 Kabelverlegung Mittelspannungskabel

Die beiden Transformatoren werden ab der Trafostation Energie Thun über erdverlegte Mittelspannungskabel 20/12 kV eingespeist. Die Kabel werden in einer Tiefe von 0.8 m verlegt. Der Kabelrohrblock verläuft entlang der Grundstücksgrenze und wird im Bereich der Ladegleichrichter der Halle Nord mit den Leitungen der Ladegleichrichter zusammengeführt. Dies ist in der Disposition technische Anlagen [7] ersichtlich.



## 4 BETROFFENE OMEN

Adresse	Parzelle	Abstand zu Technikkabine
Wohnhaus Merkurstrasse 16	963	37.8 m
Wohnhaus Merkurstrasse 14	963	37.5 m
Wohnhaus Merkurstrasse 9	1656	25.6 m / 13.2 m

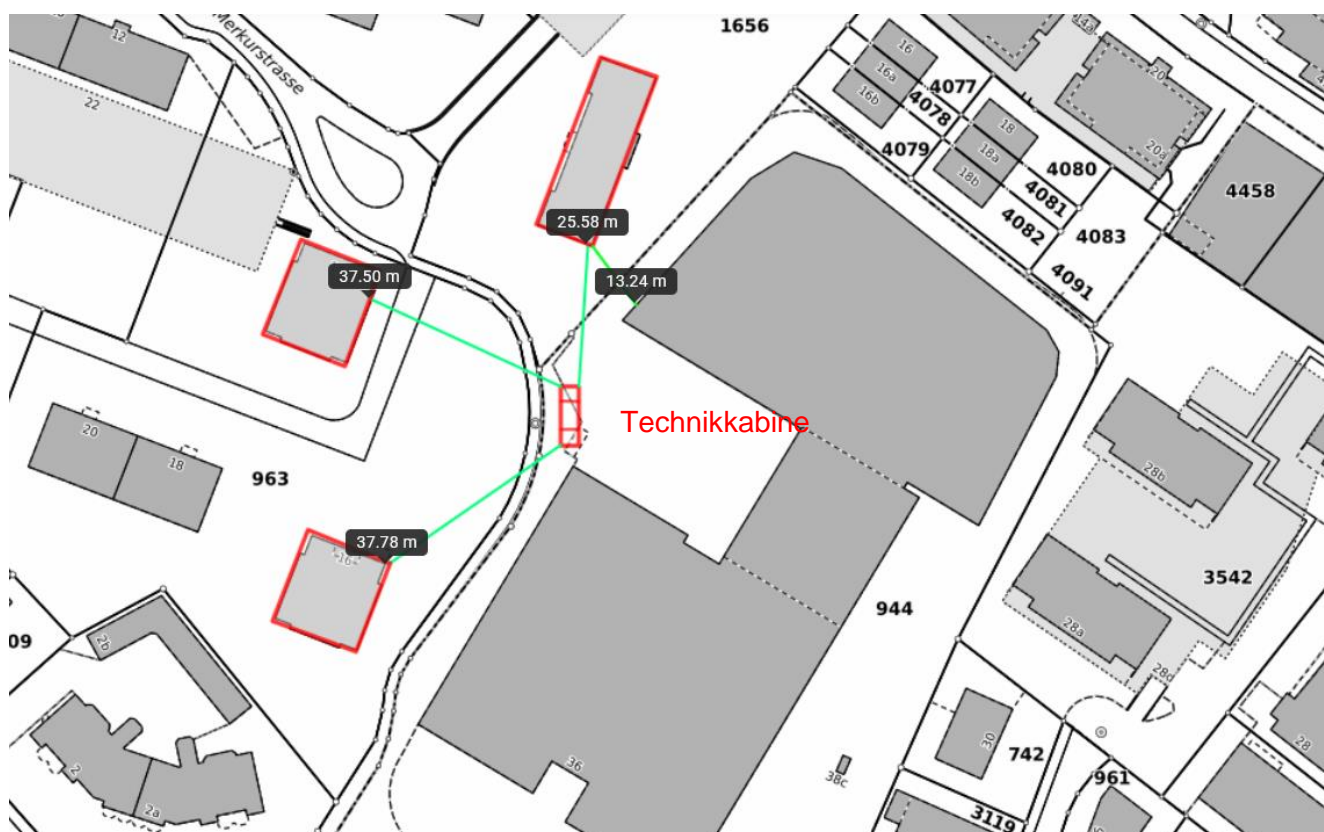


Abbildung 4-1: Übersicht über die nächsten OMEN (Quelle: <https://thun.regiogis-beo.ch/share/a597a71a5a>)

## 5 BEURTEILUNGSGRUNDLAGEN

### 5.1 Anlagegrenzwert

Gemäss NISV [1] muss an den OMEN der Anlagegrenzwert von jeder Anlage im massgebenden Betriebszustand eingehalten werden. Bei 50-Hz-Anlagen ist der massgebliche Betriebszustand für Transformatoren und Leitungen der Betrieb bei Nennleistung. Der Anlagengrenzwert beträgt  $1 \mu\text{T}$  magnetische Flussdichte.

### 5.2 Immissionsgrenzwerte

Die Immissionsgrenzwerte müssen gemäss Art. 13, NISV [1] überall eingehalten sein, wo sich Menschen aufhalten können. Sie gelten für Strahlung, die gleichmässig auf den ganzen menschlichen Körper einwirkt.

Als massgebender Zustand gilt der Betrieb der Anlage, wenn die Belastung ab grössten ist. Die geplanten Transformatoren und Ladegleichrichter weisen keine Überlastfähigkeit auf; somit gilt der Betrieb mit Nennleistung.

Die Immissionsgrenzwerte betragen  $100 \mu\text{T}$  magnetische Flussdichte und  $5000 \text{ V/m}$  elektrische Feldstärke.

Sämtliche spannungsführenden Teile (Mittelspannung und Niederspannung) sind berührungssicher und feststoffisoliert ausgeführt. Die Anlage erfüllt damit die Anforderungen an die elektrische Feldstärke gemäss der NISV vollumfänglich.

### 5.3 Massgebender Betriebszustand

#### 5.3.1 Mittelspannungsleitungen und primärseitige Trafoanschlüsse

Die Mittelspannungskabel versorgen die beiden Transformatoren im Stich. Zur Beurteilung wird daher die Nennleistung der Transformatoren zu Grunde gelegt.

Nennleistung Transformator:  $2'500 \text{ kVA}$  bei  $3 \times 16'000 \text{ V}$  → Feldverursachender Strom:  $90 \text{ A}$

#### 5.3.2 Sekundärseitige Trafoanschlüsse und Niederspannungsverteilung

Nennleistung Transformator:  $2'500 \text{ kVA}$  bei  $3 \times 400 \text{ V}$  → Feldverursachender Strom:  $3'610 \text{ A}$

### 5.3.3 Einspeisungen Ladegleichrichter

Nennleistung Ladegleichrichter: 185 kVA bei 3 x 400 V → Feldverursachender Strom: 267 A

## 6 BERECHNUNG DER MAGNETISCHEN FLUSSDICHTEN

### 6.1 Berechnung der magnetischen Flussdichte

Zur Berechnung der magnetischen Flussdichte wurde die Software EMF-Calc verwendet. Diese Software wurde von Enotrac entwickelt und ist für elektromagnetische Berechnungen ausgelegt.

Die Berechnungen der magnetischen Flussdichte wurden jeweils bei symmetrischer Belastung der drei Phasen bei Nennstrom durchgeführt.

### 6.2 Untersuchte Bereiche

Für die Beurteilung der Immissionen der Anlage und der Einhaltung des Anlagegrenzwerts wurden die kritischsten Punkte hinsichtlich der magnetischen Flussdichte berechnet.

Die hohen Ströme auf der Sekundärseite der Transformatoren führen zu starken magnetischen Feldern. In der Technikkabine wurde die magnetische Flussdichte an der Verbindung der Stromschienen zum Transformator untersucht, da hier baulich bedingt ein grösserer Phasenabstand zwischen den Stromschienen erforderlich ist. Die Berechnungen wurden mit einem feldverursachenden Strom von 3'610 A durchgeführt.

Die magnetische Flussdichte der Stromschienen in der Niederspannungsverteilung wurde ebenfalls untersucht. Auch hier wurde mit dem Nennstrom von 3'610 A gerechnet.

Ausserhalb der Technikkabine wurde die magnetische Flussdichte von den Niederspannungskabeln an der Kabeleinführung in die Nordhalle untersucht. Die Versorgungskabel der Ladegleichrichter werden durch die Wand der Nordhalle eingeführt, wobei die Einführung oberirdisch erfolgt. Der Nennstrom in diesem Bereich beträgt 267 A pro System. Insgesamt sind im Leitungsblock 12 Systeme vorhanden.

Für diese drei Bereiche wurden elektromagnetische Berechnungen mit der Software EMF-Calc durchgeführt.

Die Immissionen der Transformatoren und des Stromschienensystems wurden anhand von Herstellerangaben untersucht.

Im Folgenden sind die im Hinblick auf die Einhaltung des Anlagegrenzwerts untersuchten Teilsysteme aufgeführt:

- Emissionen der Transformatoren.
- Emissionen der erdverlegten Mittelspannungskabel.
- Emissionen, Niederspannungsanschluss des Transformators.
- Emissionen des Niederspannungs-Stromschienensystems.
- Emissionen der Stromschienen im Verteilungsschrank.

Emissionen der Niederspannungskabel der Ladegleichrichter

## 7 ERGEBNISSE DER BERECHNUNGEN UND ANALYSE

### 7.1 Niederspannungsseitige Transformatoranschlüsse

Die resultierende magnetische Flussdichte ist in der folgenden Abbildung 7-1 dargestellt. Die roten Linien markieren den resultierenden Emissionsgrenzwert von  $1\ \mu\text{T}$  und den Immissionsgrenzwert von  $100\ \mu\text{T}$ .

Die Berechnungen zeigen, dass der Immissionsgrenzwert ausserhalb der Technikkabine eingehalten wird. Die maximale Ausbreitung der  $1\text{-}\mu\text{T}$ -Isoline beträgt ca. 6.5 m ab Mitte Transformator (ca. 5 m ab Technikkabine). Der Anlagegrenzwert an den OMEN (minimale Entfernung: 25.6 m) ist somit eingehalten.

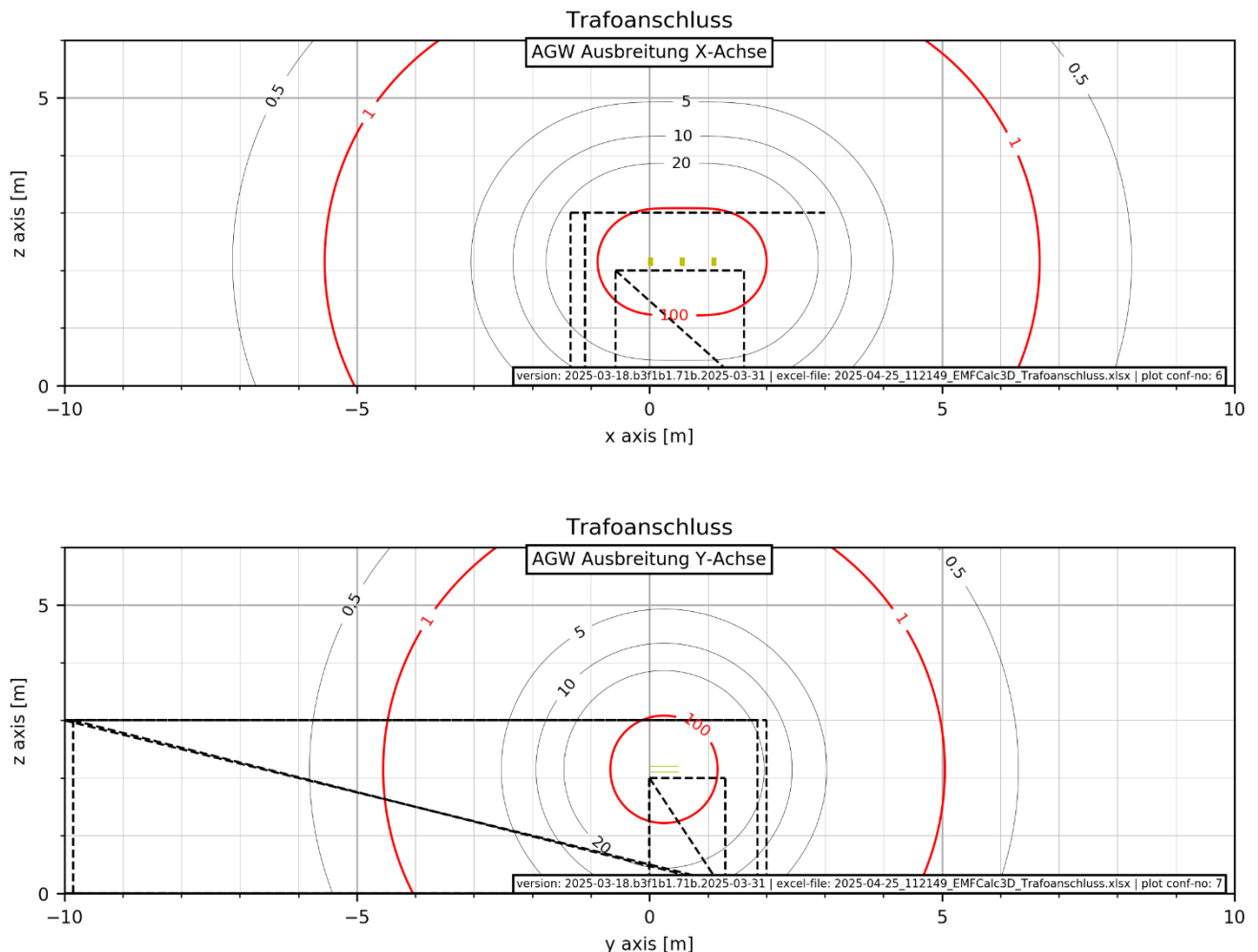


Abbildung 7-1: Isolinien der magnetischen Flussdichte am unterspannungsseitigen Transformatoranschluss.

## 7.2 Stromschienen im Verteilungsschrank

Die resultierende magnetische Flussdichte ist in der folgenden Abbildung 7-2 dargestellt. Die roten Linien markieren den resultierenden Emissionsgrenzwert von 1  $\mu\text{T}$  und den Immissionsgrenzwert von 100  $\mu\text{T}$ .

Die Berechnungen zeigen, dass die magnetische Flussdichte einen Meter ausserhalb der Technikkabine 100  $\mu\text{T}$  beträgt. Der Bereich hinter der Technikkabine ist öffentlich zugänglich und es müssen Massnahmen getroffen werden, um die Anforderungen gemäss NISV einzuhalten.

Die maximale Ausbreitung der 1- $\mu\text{T}$ -Isoline beträgt ca. 5.5 m ab Rückwand der Technikkabine. Der Anlagegrenzwert an den OMEN (minimale Entfernung: 25.6 m) ist somit eingehalten.

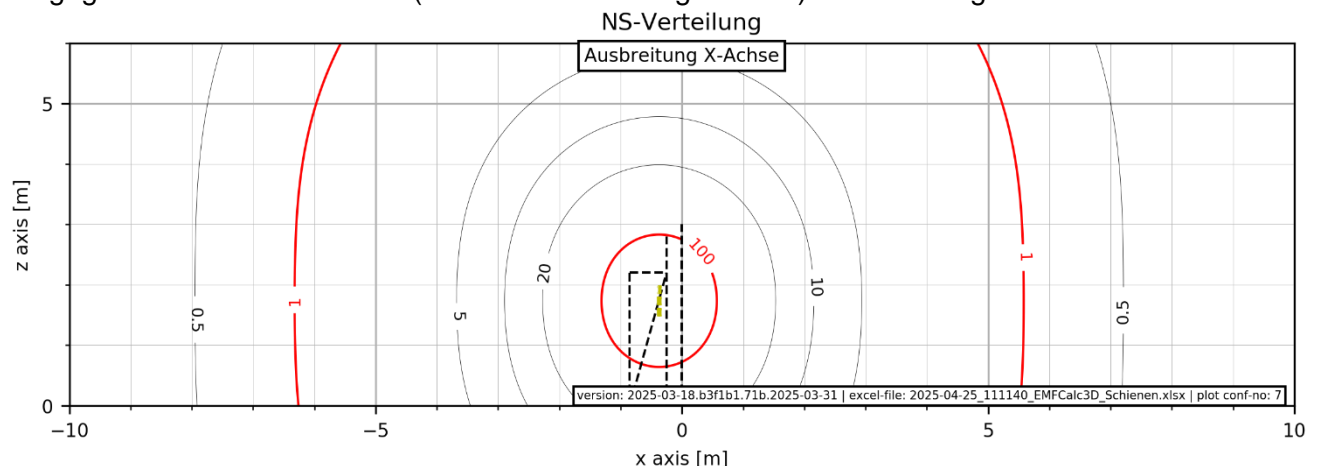


Abbildung 7-2: Isolines der magnetischen Flussdichte der Stromschienen in der Niederspannungsverteilung

## 7.3 Stromschienensystem zwischen Transformator und NS-Verteilung

Die folgende Abbildung 7-3 zeigt die magnetische Flussdichte in Abhängigkeit vom Abstand für verschiedene Sammelschienensysteme von Siemens. Bei allen Systemen wird eine magnetische Flussdichte von mehr als 100  $\mu\text{T}$  erst bei einem sehr kleinen Abstand ( $< 10\text{cm}$ ) überschritten.

Der AGW von 1  $\mu\text{T}$  wird ab einem Abstand von ca. 2 m eingehalten.

Das schlussendlich eingesetzte Stromschienensystem ist noch nicht abschliessend definiert. Alle Systeme, herstellerunabhängig, haben jedoch gemeinsam, dass die Phasenabstände aufgrund der Feststoffisolation sehr gering sind. Somit kann davon ausgegangen werden, dass ähnliche Systeme Werte aufweisen, die nicht wesentlich von diesen dargestellten Werten abweichen.

Der Immissionsgrenzwert und der Anlagegrenzwert an den OMEN (minimale Entfernung: 25.6 m) werden somit ohne Massnahmen eingehalten.

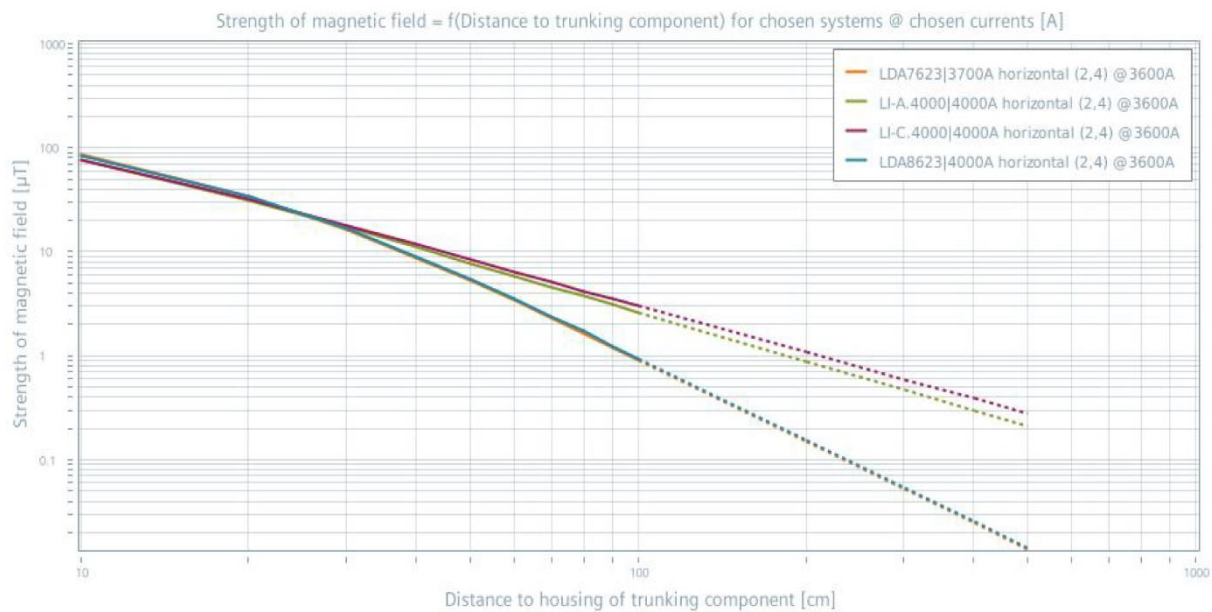


Abbildung 7-3: Isolinen der magnetischen Flussdichte am Stromschienensystem (hier von Siemens)

### 7.3.1 Transformator

Die Immissionswerte der Transformatoren wurden mit einem Hersteller (Rauscher & Stöcklin) abgeklärt. Die angegebenen Werte basieren auf Messungen im Labor eines strahlungsarmen Transformators mit einer Nennleistung von 2'500 kVA und einer Abschätzung von Korrekturfaktoren bei Betrieb ausserhalb des Labors. Der Transformator entspricht dem vorgesehenen Transformatortyp.

Abbildung 7-4 zeigt die geschätzten Abstände zum Transformatorgehäuse für magnetische Flussdichten von 1 bzw. 100 µT.

Der Immissionsgrenzwert und der Anlagegrenzwert an den OMEN (minimale Entfernung: 25.6 m) werden somit ohne Massnahmen eingehalten.

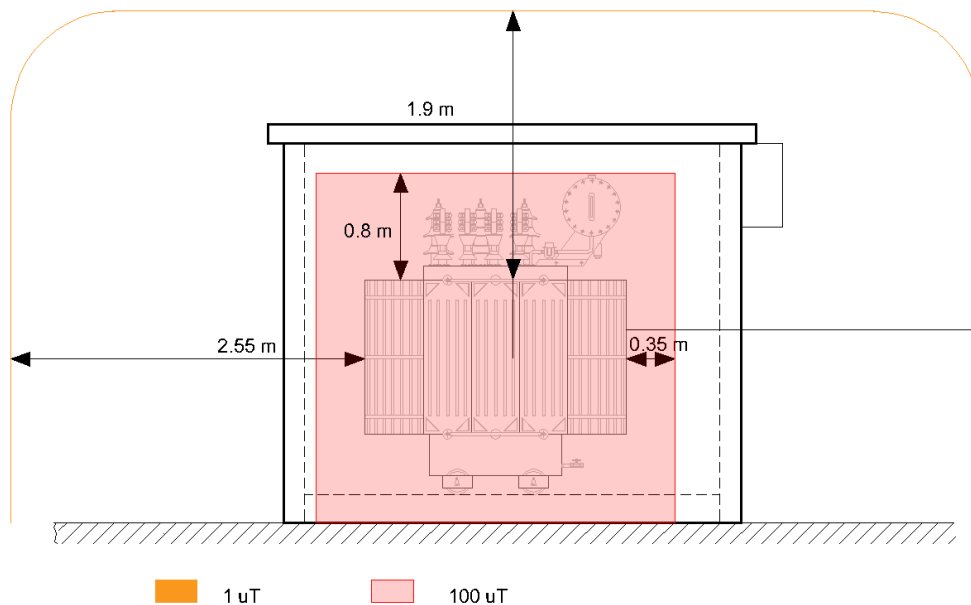


Abbildung 7-4: Abstände der Isolinien magnetischer Flussdichte zum Transformator

### 7.3.2 Kabeleinführung Halle Nord

Im Bereich der Kabeleinführung in die Halle Nord wurden die Immissionen hinsichtlich der magnetischen Flussdichte berechnet. Die Berechnungen zeigen eine magnetische Flussdichte von 100 µT in einem Abstand von ca. 20 - 30 cm zu den Leitungen. Die Immissionsgrenzwerte gemäss NISV bezüglich Strahleneinwirkung auf den ganzen menschlichen Körper werden nicht überschritten.

Die maximale Ausbreitung der 1-µT-Isoline beträgt ca. 5.5 m ab Fassade der Halle Nord. Der Anlagengrenzwert an den OMEN (minimale Entfernung: 13.2 m) ist somit eingehalten.

Die Ergebnisse der Berechnung sind in Abbildung 7-5 und Abbildung 7-6 ersichtlich.



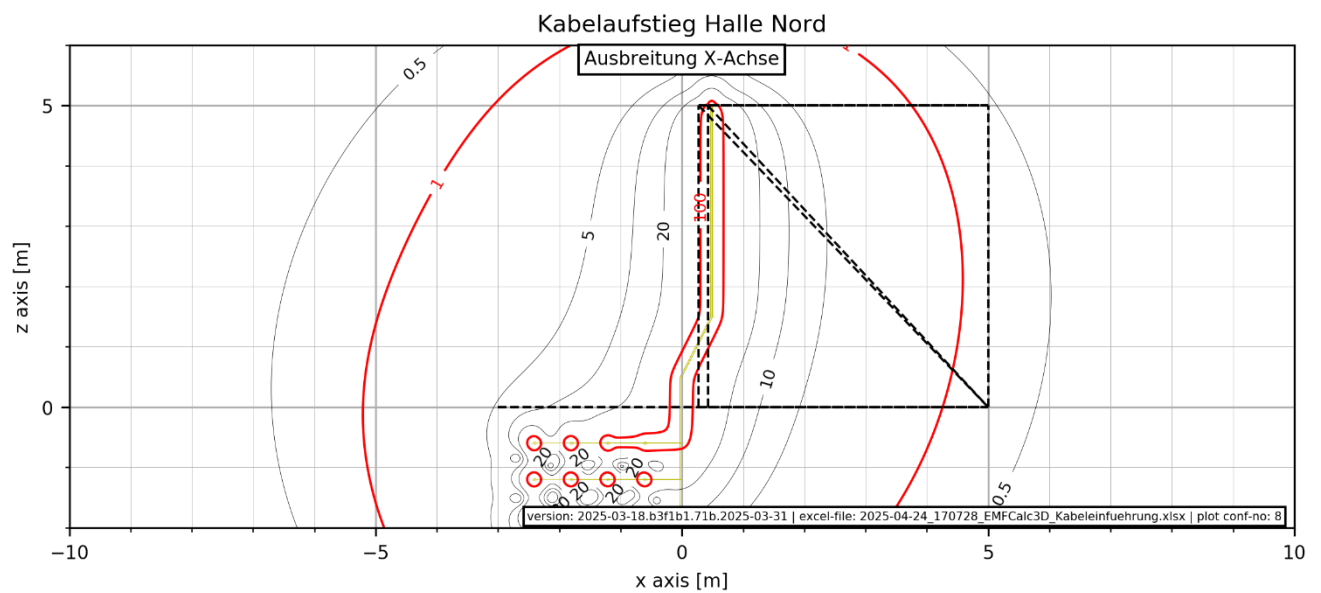


Abbildung 7-5: Isolinie magnetischer Flussdichte beim Kabelaufstieg in die Halle Nord im Querschnitt inkl. Kabelrohrblock

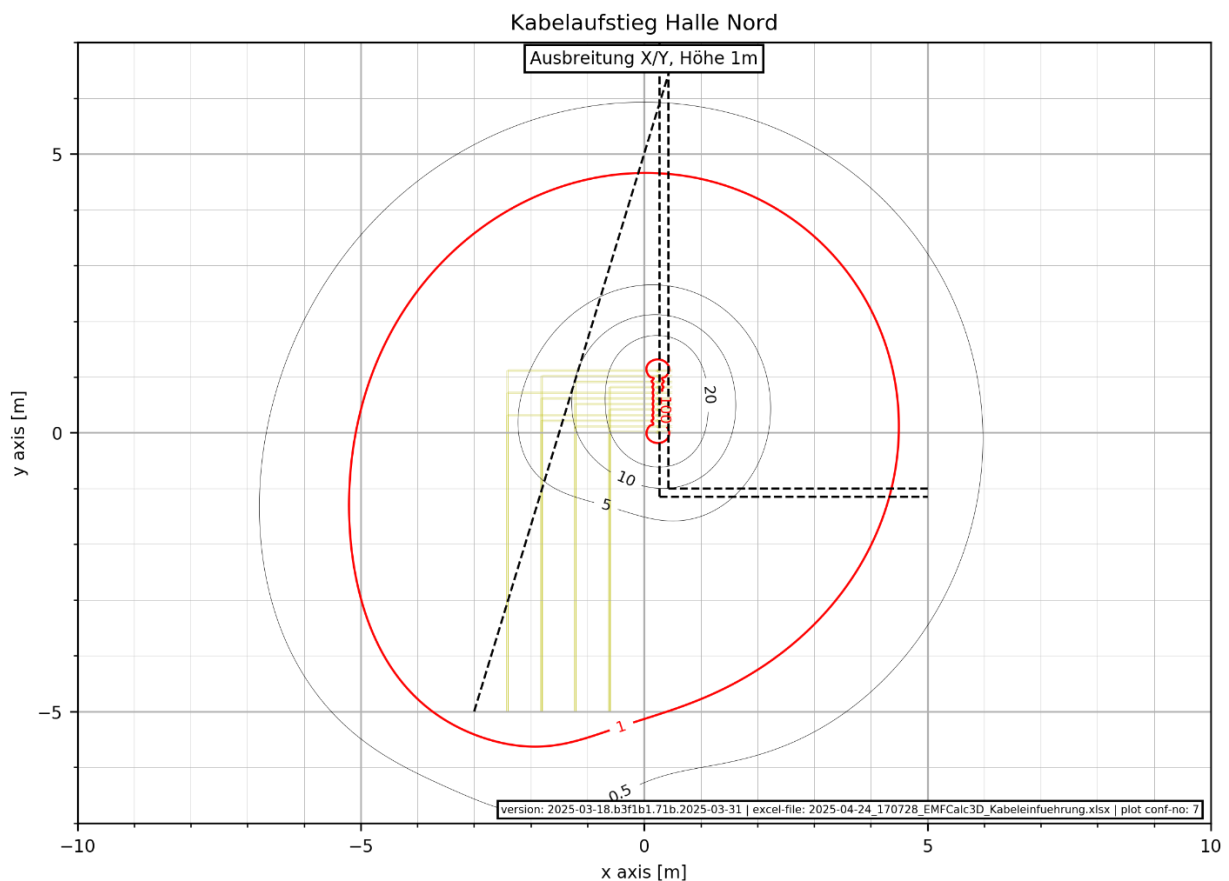


Abbildung 7-6: Isolinie magnetischer Flussdichte beim Kabelaufstieg in die Halle Nord in der Draufsicht

### 7.3.3 Kabelrohrblock zu Hallen 1 und 2

Beim Kabelrohrblock zu den Hallen 1 und 2 liegt die 1- $\mu\text{T}$ -Isolinie magnetischer Flussdichte in einem horizontalen Abstand von ca. 5 m. Damit überschneidet diese leicht die Nachbarparzelle.

Diese sind jedoch bebaut und die OMEN liegen in einem Abstand von mindestens 10 m zum Rohrblock.

Der vorsorgliche Anlagengrenzwert wird damit eingehalten.

Eine magnetische Flussdichte von  $> 100 \mu\text{T}$  tritt in einem Abstand von weniger als ca. 20 - 30 cm zu den Leitungen auf. Der Immissionsgrenzwert wird damit eingehalten.

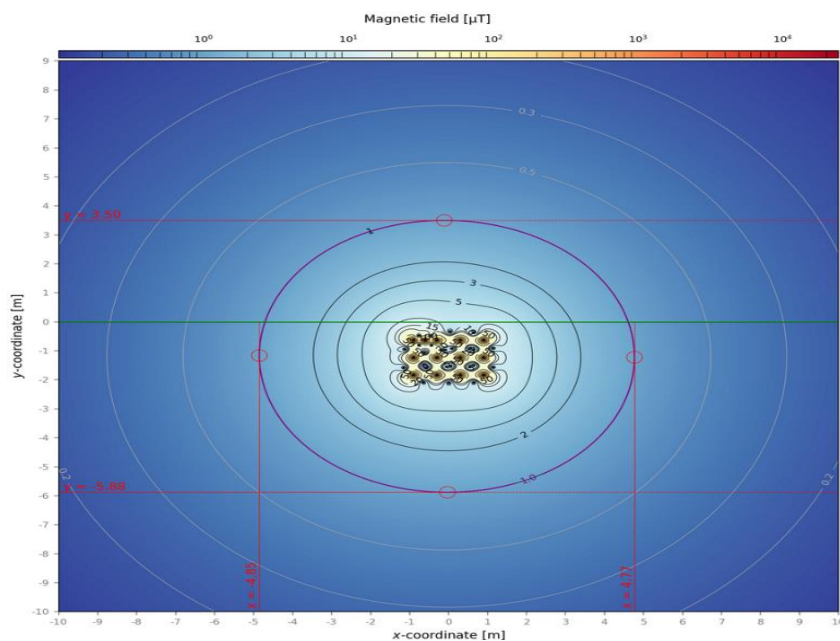


Abbildung 7-7: Isolinien magnetischer Flussdichte um Kabelrohrblock zur Halle Nord

### 7.3.4 Kabelrohrblock Mittelspannung

Beim Kabelrohrblock der Mittelspannungskabel liegt die 1- $\mu\text{T}$ -Isolinie magnetischer Flussdichte in einem horizontalen Abstand von weniger als 2 m. Damit überschneidet diese leicht die Nachbarparzelle.

Das nächste OMEN liegt in einem Abstand von mindestens 12 m zum Rohrblock.

Der vorsorgliche Anlagengrenzwert wird damit eingehalten.

Der Immissionsgrenzwert wird hier aufgrund der kleinen Ströme auch problemlos eingehalten.

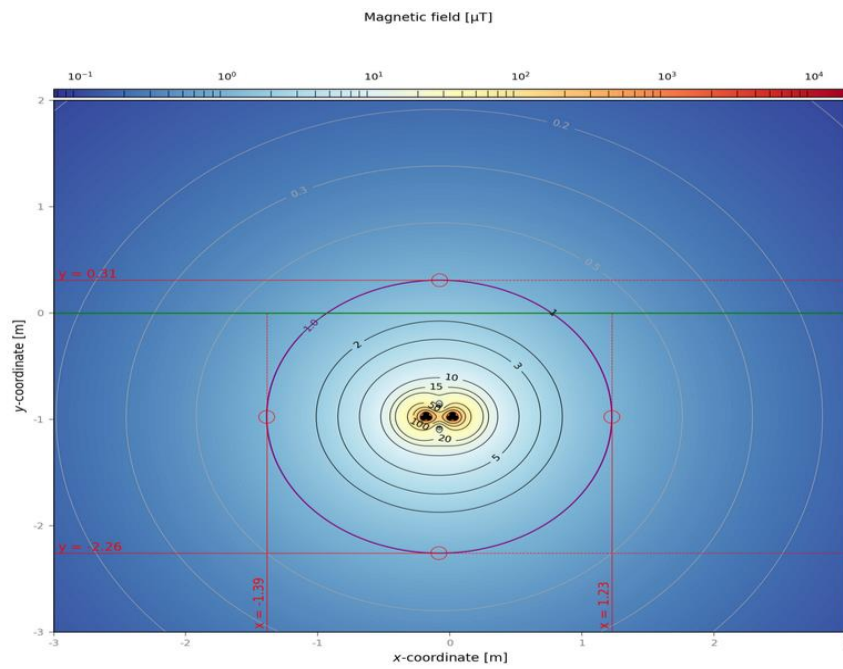


Abbildung 7-8: Isolinen magnetischer Flussdichte um den MS-Kabelrohrblock

## 8 MASSNAHMEN

Die Berechnungen der magnetischen Flussdichte der Stromschienen in den Verteilschränken in der Technikkabine zeigen Werte von  $100\ \mu\text{T}$  etwa einen Meter ausserhalb des Gebäudes.

Der Immissionsgrenzwert für öffentliche Orte, an denen sich Menschen aufhalten können, wird damit nicht eingehalten. Zur Einhaltung der NIS-Vorschriften ist daher eine Einzäunung der Trafostation vorgesehen. Durch die Einzäunung werden die Bereiche hinter und um die Trafostation nur noch für berechnete Personen zugänglich sein, womit hier der Suva-Grenzwert von  $500\ \mu\text{T}$  magnetischer Flussdichte gültig wird. Eine Übersicht über die Massnahmen ist in Abbildung 8-1 dargestellt.

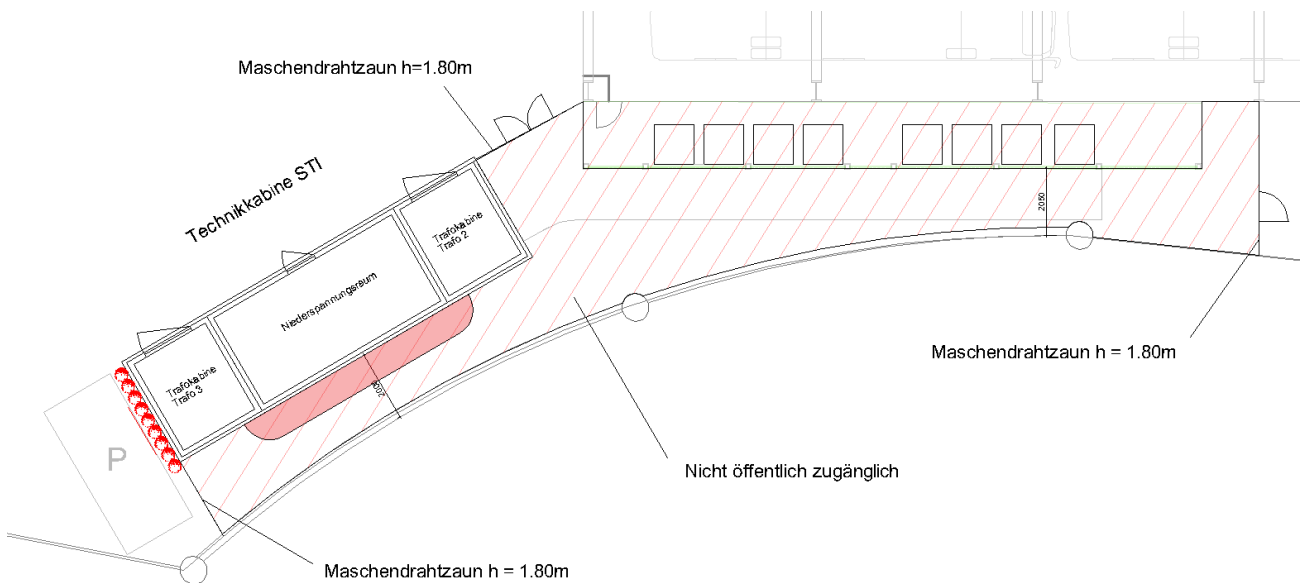


Abbildung 8-1: Übersicht über die baulichen Massnahmen

## 9 BEURTEILUNG

Die Ergebnisse zeigen, dass der vorsorgliche Anlagegrenzwert der magnetischen Flussdichte von  $1 \mu\text{T}$  an allen OMEN auch ohne Massnahmen eingehalten wird. Der Immissionsgrenzwert von  $100 \mu\text{T}$  magnetischer Flussdichte wird eingehalten, wenn als Massnahme die Rückseite der Technikabine eingezäunt wird und der Bereich somit nicht mehr öffentlich zugänglich ist.