



## **Bericht**

### **Berechnung magnetische Felder**

#### **TS Uster-Haufland 16 kV / 0.4 kV**

Kunde: Elektrizitätswerke des Kantons Zürich  
Abteilung BAT  
Überlandstrasse 2  
8953 Dietikon

Kontaktperson: Heinz Köpfl  
[heinz.koepfli@ekz.ch](mailto:heinz.koepfli@ekz.ch)  
+41 58 359 52 90

Ausgabestelle: EKZ Netzdienstleistungen  
Abteilung MNE  
Überlandstrasse 2  
8953 Dietikon  
[netzdienstleistungen@ekz.ch](mailto:netzdienstleistungen@ekz.ch)  
+41 58 359 21 11

Beilagen: Keine

	Name	Datum	Visum
Ersteller:	Claudia Gisin-Morf	16.03.2023	MOC
Freigabe:	Benjamin Hadorn	16.03.2023	HAB2

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Analyse der Berechnungen</b>	<b>3</b>
1.1	Resultate	3
1.2	Bestätigung Einhaltung NISV	3
1.3	Güte / Referenzmessungen	3
<b>2</b>	<b>Berechnungsgrundlagen</b>	<b>4</b>
2.1	Dokumentation	4
2.2	Berechnungsmittel	4
2.3	Berechnungsmethode	4
2.4	Abschirmfaktoren	4
2.5	Grundrissplan inkl. modellierte Anlagen und Daten	5
2.6	3D-Konstruktion der Transformatorenstation	7
<b>3</b>	<b>Berechnungen</b>	<b>8</b>
3.1	Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht bei 0.45 m	8
3.2	Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht bei 0.90 m	9
3.3	Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht bei 1.55 m	10
3.4	Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht auf allen Höhen	11
<b>4</b>	<b>Gesetzliche Grundlagen</b>	<b>12</b>
4.1	Einhaltung der Immissionsgrenzwerte IGW	12
4.2	Einhaltung der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen AGW	12
<b>5</b>	<b>Glossar zur NISV</b>	<b>13</b>
5.1	Immissionsgrenzwerte (IGW)	13
5.2	Anlagegrenzwert (AGW)	13
5.3	Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN)	14
5.3.1	Beispiele für Orte mit empfindlicher Nutzung	14

## Bildverzeichnis

Abbildung 2-1:	Grundriss der TS inkl. modellierte Anlagen	5
Abbildung 2-2:	Seiten- und Aufriss der TS inkl. modellierte Anlagen	6
Abbildung 2-3:	3D-Konstruktion der Transformatorenstation	7
Abbildung 2-4:	Prinzipschema der Transformatorenstation	7
Abbildung 3-1:	Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht bei 0.45 m	8
Abbildung 3-2:	Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht bei 0.90 m	9
Abbildung 3-3:	Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht bei 1.55 m	10
Abbildung 3-4:	Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht auf allen Höhen	11

# 1 Analyse der Berechnungen

## 1.1 Resultate

Die Transformatorenstation (TS) Uster-Haufland befindet sich im Anlagenbesitz der EKZ und vereint die Netzebenen 5, 6 und 7. Die Netzebenen der TS weisen folgende Nominalspannungen auf: 16 kV und 0.4 kV.

Die TS besitzt eine Mittelspannungsschaltanlage vom Typ Siemens 8DJH-RRT und eine Niederspannungsverteilung (NSV) vom Typ Cellpack. Im Weiteren befindet sich in der TS ein strahlungsreduzierter Verteiltransformator mit einer Leistung von 1'000 kVA.

Gemäss Anhang 1 Titel 2 der NISV wird bei einer TS mit Nennleistung gerechnet. Für die Mittelspannungsschaltanlage wird ein Dauerstrom von 290 A für ein PPB 3x1x150 mm<sup>2</sup> im vorgelagerten Netz verwendet. Der Transformator wird bei Nennleistung betrieben. Dies entspricht einem Strom von 1'375 A in der Niederspannungsverteilung.

Der Verlauf der 100  $\mu$ T-Grenzlinie und der 1  $\mu$ T-Grenzlinie ist auf den drei Höhen 0.45 m, 0.90 m und 1.55 m gemäss NISV im Kapitel 3 abgebildet. Ausserdem bildet die Berechnung „auf allen Höhen“ die max. Magnetfeldausdehnung ab.

Die Berechnungen in Kapitel 3 zeigen, dass die TS den IGW und AGW der NISV erfüllt. Der IGW von 100  $\mu$ T liegt innerhalb des vorgeschriebenen Messbereichs. Der AGW von 1  $\mu$ T erfüllt die Vorschriften für OMEN.

## 1.2 Bestätigung Einhaltung NISV

Gemäss der NISV erfüllt die TS Uster-Haufland im Netz der EKZ den IGW und AGW für OMEN.

Claudia Gisin-Morf



EKZ Netzdienstleistungen  
Berechnungsingenieurin

## 1.3 Güte / Referenzmessungen

Die berechneten magnetischen Felder verstehen sich als Grobanalyse und worst case. Anhand der gültigen Planungsunterlagen und mit Validierungsmessungen ist eine Feinkorrektur der Berechnungen möglich.

## 2 Berechnungsgrundlagen

### 2.1 Dokumentation

Als Grundlage zur Berechnung dienten nachfolgende Unterlagen:

- Disposition TS Uster-Haufland
- Prinzipschema TS Uster-Haufland
- Technische Daten der eingesetzten Betriebsmittel

### 2.2 Berechnungsmittel

Zur Analyse der Magnetfelder wurde das Berechnungsprogramm EFC-400 Magnetic and Electric Field Calculation© der Narda Safety Test Solutions eingesetzt. Die Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie FGEU in Berlin entwickelt und vertreibt diese Software. Zur Beurteilung wurde das digitale Modell der Transformatoren, Leitungen und der Anlagen erstellt.

### 2.3 Berechnungsmethode

Die Berechnung findet gemäss VDE 0848 statt. Gemäss der NISV wird in Transformatorstationen mit der maximalen Nennleistung gerechnet.

Die Berechnungen erfolgten gemäss der NISV in der X/Y-Ebene auf den Höhen 0.45 m, 0.90 m und 1.55 m. Alle Höhenangaben beziehen sich auf die Höhe des Doppelbodens in der Disposition.

### 2.4 Abschirmfaktoren

Sämtliche elektrische Betriebsmittel und Gebäude wurden ohne Abschirmfaktoren berechnet.

## 2.5 Grundrissplan inkl. modellierte Anlagen und Daten

### Mittelspannungsschaltanlage Siemens 8DJH-RRT 24 kV

Leitung max. Dauerstrom PPB 3x1x150 mm<sup>2</sup>; 290 A  
1 Verteiltransformator SR 1'000 kVA (36 A); uk = 6.0 %

### Niederspannungsverteilung 0.4 kV

18 NHS-Abgangsschaltleisten, Einspeisung über Sirco von oben  
Zuleitung 1'000 kVA = 1'375 A  
Zuleitung EKZ-Verlegeart mit 185 mm<sup>2</sup> an der Decke

### Transformator strahlungsreduziert 16 / 0.4 kV

1 Verteiltransformator SR 1'000 kVA (36 A); uk = 6.0 %

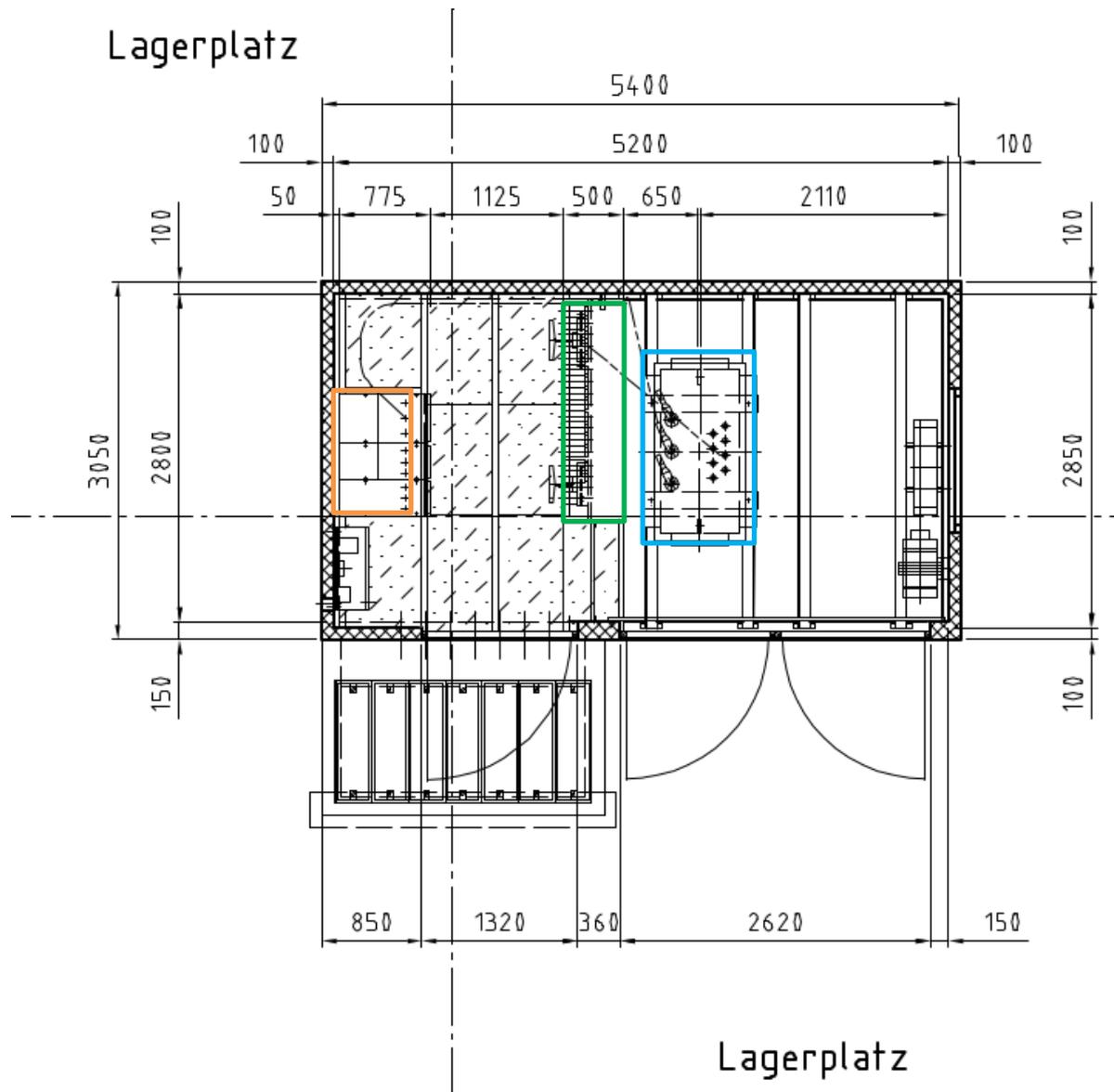
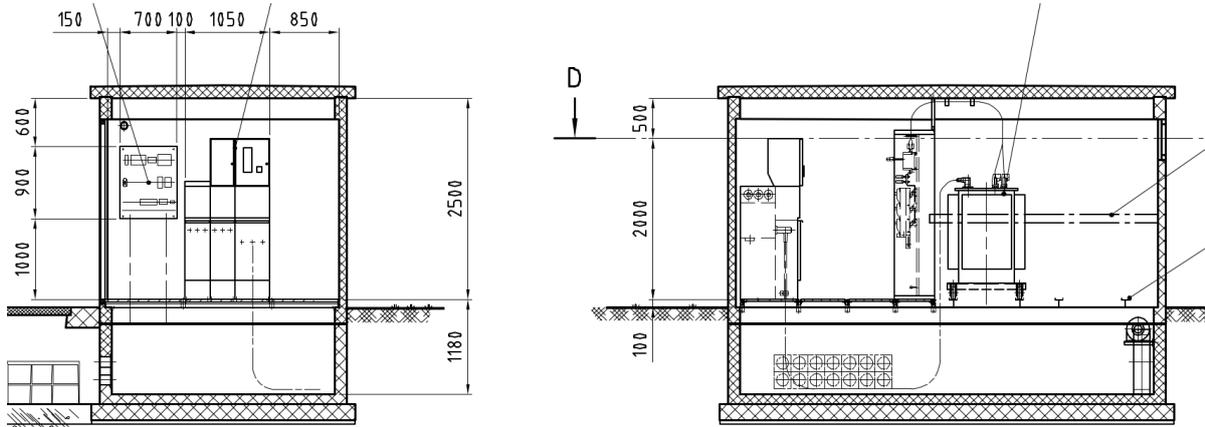


Abbildung 2-1: Grundriss der TS inkl. modellierte Anlagen



**Abbildung 2-2:** Seiten- und Aufriss der TS inkl. modellierte Anlagen

## 2.6 3D-Konstruktion der Transformatorstation

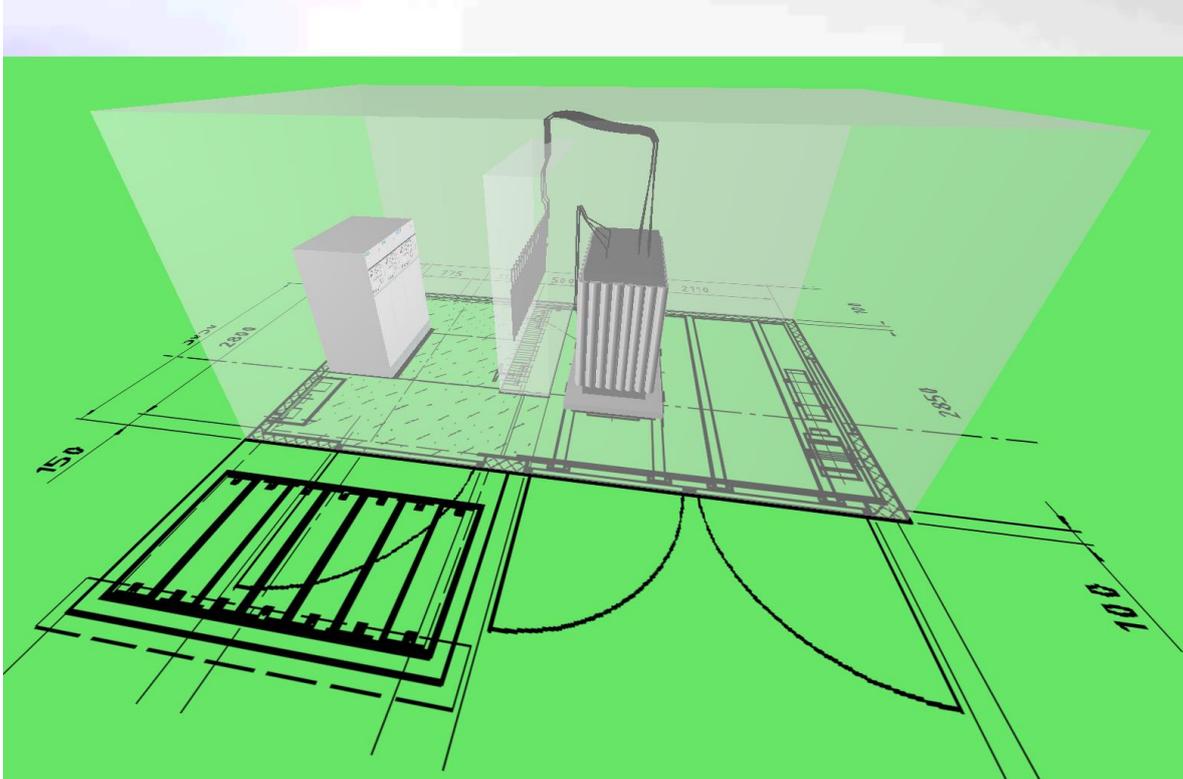


Abbildung 2-3: 3D-Konstruktion der Transformatorstation

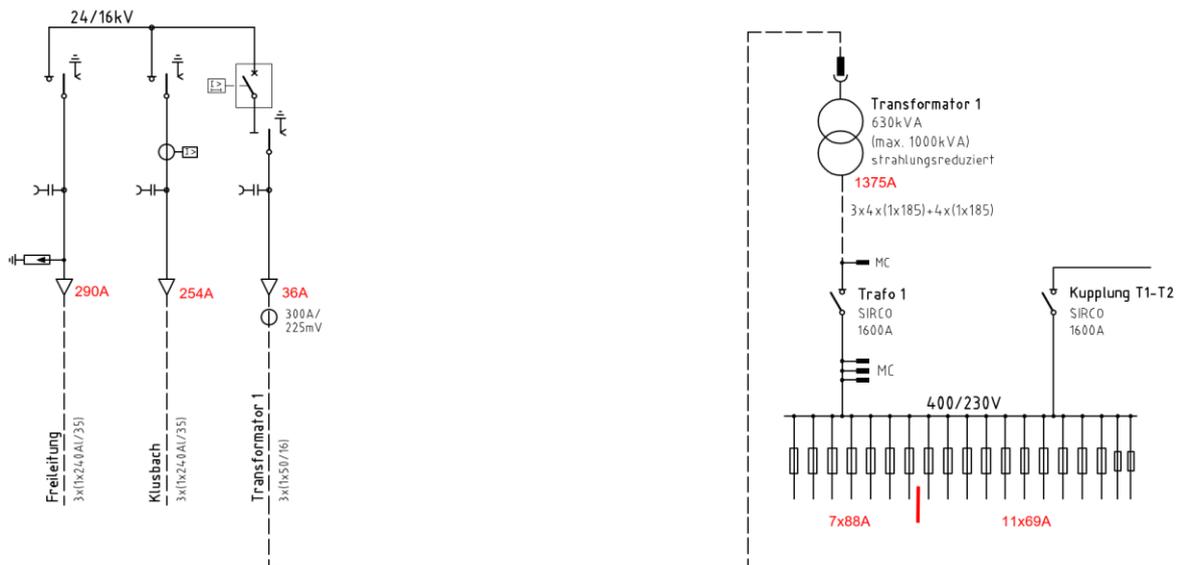


Abbildung 2-4: Prinzipschema der Transformatorstation

### 3 Berechnungen

#### 3.1 Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht bei 0.45 m

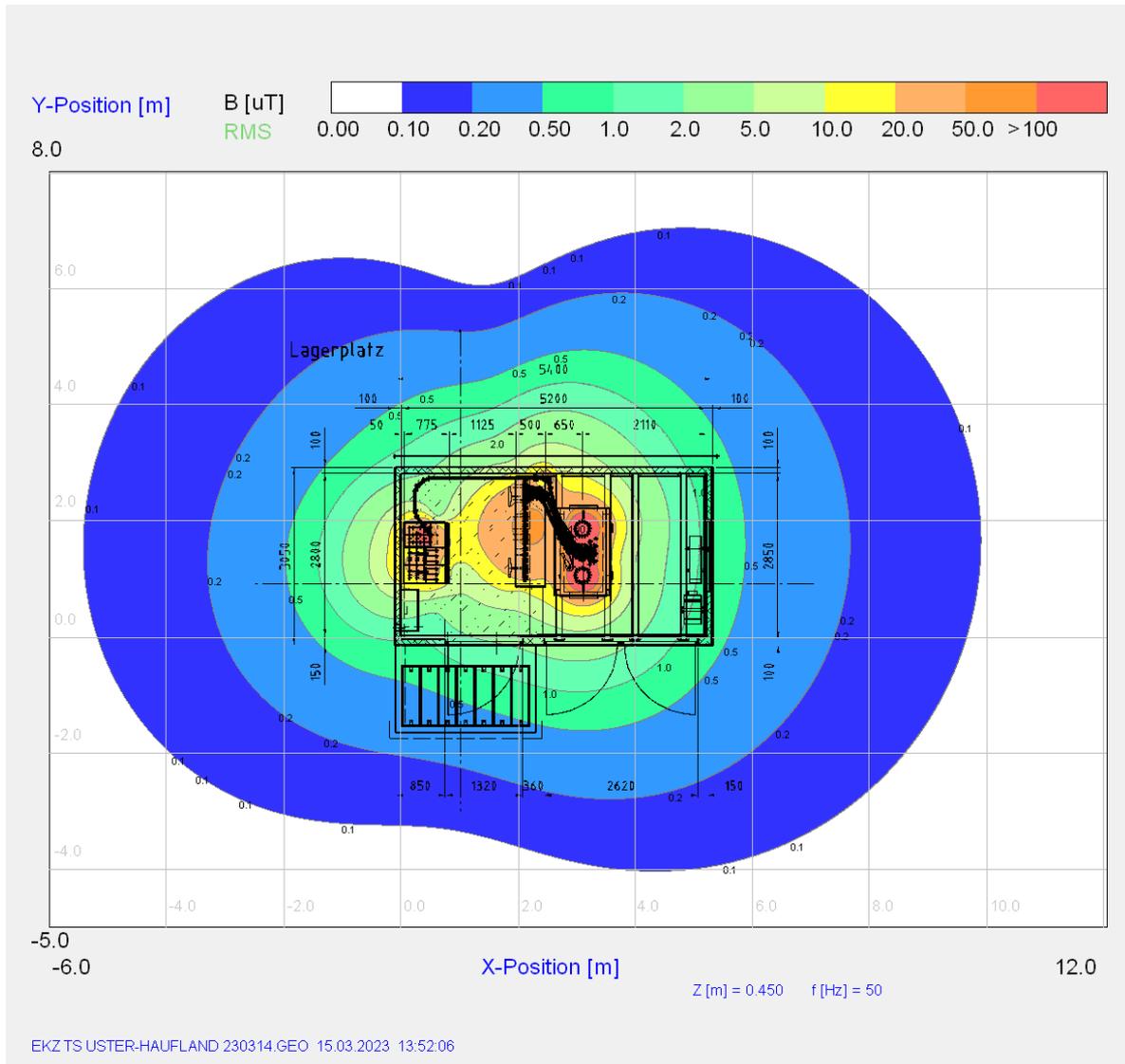


Abbildung 3-1: Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht bei 0.45 m



### 3.3 Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht bei 1.55 m

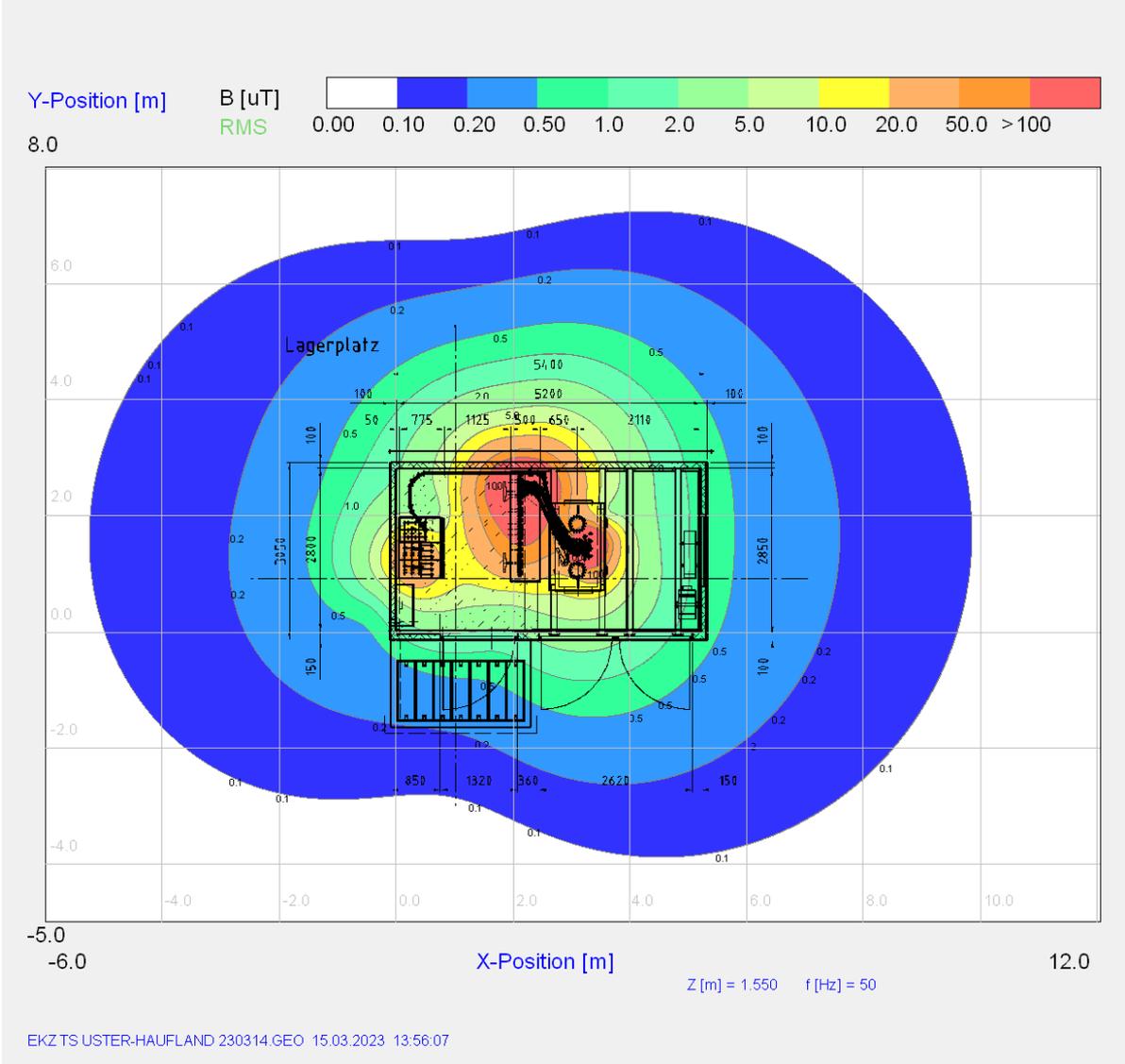


Abbildung 3-3: Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht bei 1.55 m

### 3.4 Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht auf allen Höhen

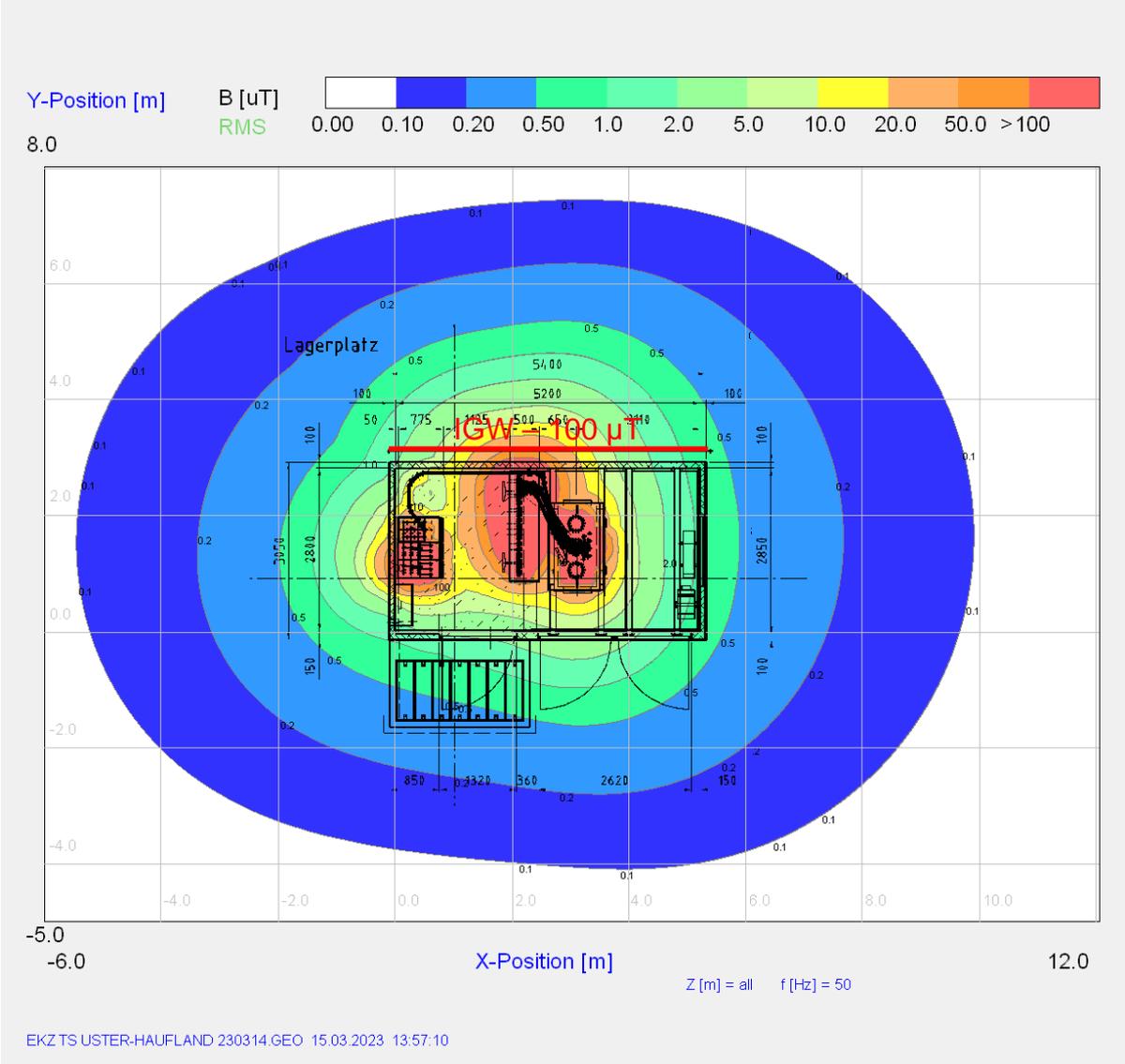


Abbildung 3-4: Magnetfeldberechnung X-Y-Ansicht auf allen Höhen

## 4 Gesetzliche Grundlagen

Seit dem 1. Februar 2000 ist die Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung NISV (814.710) in Kraft. Sie hat zum Zweck, Menschen vor nichtionisierender Strahlung zu schützen. Darin werden Immissionsgrenzwerte und zur vorsorglichen Emissionsbegrenzung ein Anlagengrenzwert festgelegt.

### 4.1 Einhaltung der Immissionsgrenzwerte IGW

Die Immissionsgrenzwerte nach Anhang 2 NISV müssen an allen Orten eingehalten werden, wo sich Menschen aufhalten können - also zum Beispiel auch auf einem Acker, der unter einer Hochspannungsleitung liegt (Art. 13 Abs. 1 NISV). In den folgenden Tabellen sind die Immissionsgrenzwerte für die Frequenzen 50 Hz und 16 2/3 Hz aufgeführt.

5 Kilovolt pro Meter (kV/m)	für die elektrische Feldstärke
100 Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ )	für die magnetische Flussdichte

**Tabelle 4-1:** Immissionsgrenzwerte 50 Hz

10 Kilovolt pro Meter (kV/m)	für die elektrische Feldstärke
300 Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ )	für die magnetische Flussdichte

**Tabelle 4-2:** Immissionsgrenzwerte 16 2/3 Hz

⇒ Hinweis: Bei erdverlegten Kabelleitungen wird das elektrische Feld durch das Erdreich vollständig abgeschirmt, nicht jedoch das Magnetfeld.

### 4.2 Einhaltung der vorsorglichen Emissionsbegrenzungen AGW

An Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) müssen bei Hochspannungsanlagen im massgebenden Betriebszustand die in Anhang 1 Ziffer 1 der NISV festgelegten vorsorglichen Emissionsbegrenzungen eingehalten werden (Art. 4 Abs. 1 NISV). Diese vorsorglichen Anforderungen sind für neue Anlagen strenger als für Alte. Teils muss der Anlagengrenzwert eingehalten werden, teils handelt es sich um Vorschriften über die technische Ausrüstung der Anlage.

Als massgebender Betriebszustand gilt der gleichzeitige Betrieb aller stromführenden Elemente bei Nennstrom.

Der **Anlagengrenzwert** für Hochspannungsleitungen beträgt:

1 Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ )	für die magnetische Flussdichte
---------------------------------	---------------------------------

**Tabelle 4-3:** Der Anlagengrenzwert

⇒ Hinweis: Der Anlagengrenzwert gilt für den Effektivwert der magnetischen Flussdichte bei massgebendem Betriebszustand.

Für die Beurteilung, ob der Anlagengrenzwert eingehalten wird, werden nur die von der Anlage selbst erzeugten Magnetfelder berücksichtigt.

Einen Anlagengrenzwert für die elektrische Feldstärke legt die NISV für Hochspannungsleitungen nicht fest.

## 5 Glossar zur NISV

### 5.1 Immissionsgrenzwerte (IGW)

Die Immissionsgrenzwerte

- begrenzen die gesamte Niederfrequenz-Strahlung und die gesamte Hochfrequenz-Strahlung, die an einem Ort vorhanden ist.
- müssen überall eingehalten werden, wo sich Menschen - auch nur kurzfristig - aufhalten können.
- sollen den Menschen vor wissenschaftlich eindeutig bewiesenen Gesundheitsgefahren der Strahlung schützen.
- sind international abgestimmt.

### 5.2 Anlagegrenzwert (AGW)

Der Anlagegrenzwert

- begrenzt die von einer Anlage allein erzeugte Strahlung.
- muss nicht überall, sondern nur an Orten mit empfindlicher Nutzung eingehalten werden.
- soll allfällige Gesundheitsrisiken, über die sich die Wissenschaft zur Zeit noch nicht im Klaren ist (insbesondere Langzeitwirkungen), im Sinne der Vorsorge so weit begrenzen, als dies technisch und betrieblich möglich und wirtschaftlich tragbar ist.
- wurde - im Gegensatz zu den Immissionsgrenzwerten - nicht aufgrund gesundheitlicher Untersuchungen, sondern entsprechend den technischen und wirtschaftlichen Möglichkeiten zur Reduktion der Belastung festgelegt.

## 5.3 Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN)

Bei den Orten mit empfindlicher Nutzung (OMEN) handelt es sich

- um Räume in Gebäuden, in denen sich Personen regelmässig während längerer Zeit aufhalten. Dazu gehören insbesondere Wohnräume, Schulzimmer, Spitäler und Altersheime sowie Arbeitsplätze an denen sich die Arbeitnehmer vorwiegend aufhalten wie z.B. Büros.
- um raumplanungsrechtlich festgesetzte Kinderspielplätze.
- um diejenigen Flächen von unbebauten Grundstücken, auf denen die vorstehend erwähnten Nutzungen zugelassen sind.

### 5.3.1 Beispiele für Orte mit empfindlicher Nutzung

Als Orte mit empfindlicher Nutzung (OMEN) gelten zum Beispiel:

- Wohnräume
- Schulzimmer
- Patientenzimmer in Spitälern
- Patientenzimmer in Altersheimen
- Büro
- Kinderspielplätze (wenn raumplanungsrechtlich festgesetzt)
- Schulhauspausenplätze

Nicht als Orte mit empfindlicher Nutzung gelten (mit dem Vorbehalt, dass dort keine ständigen Arbeitsplätze vorhanden sind):

- Autogaragen und Einstellplätze
- Treppenhäuser
- Nichtständige Arbeitsplätze
- Lager- und Archivräume
- Kirchen, Konzert- und Theatersäle
- Campingplätze
- Sport- und Freizeitanlagen sowie Badeanstalten
- Aussichtsterrassen
- Balkone und Dachterrassen