



Industrie Service

**Mehr Wert.  
Mehr Vertrauen.**

## Bericht über die

## Messung niederfrequenter elektrischer und magnetischer Felder

## Geplante Erweiterung Gewerbegebiet auf Flurstück 1161/44

Auftraggeber: Gemeinde Krün  
Rathausplatz 1  
82494 Krün

Prüfumfang: Elektromagnetische Felder

Prüftermin: 13.09.2022

Berichtsnummer: 3684638-EMF

Bestellzeichen: Hr. Bgm. Schwarzenberger vom 01.09.2022

Sachverständiger: Dr. Thomas Gritsch  
Telefon: 089/5791-1110  
E-Mail: thomas.gritsch@tuvsud.com

Datum: 26. Oktober 2022

Unsere Zeichen:  
IS-USG-MUC/dr.gri

Das Dokument besteht aus  
24 Seiten  
Seite 1 von 24

Die auszugsweise Wiedergabe des  
Dokumentes und die Verwendung  
zu Werbezwecken bedürfen der  
schriftlichen Genehmigung der  
TÜV SÜD Industrie Service GmbH.

Die Prüfergebnisse beziehen  
sich ausschließlich auf die  
untersuchten Prüfgegenstände.

Abteilung Umwelt Service  
Elektromagnetische Umweltverträglichkeit

Stempel

Dr. Thomas Gritsch  
Öffentlich bestellter und beeidigter Sachverständiger für  
Elektromagnetische Umweltverträglichkeit (EMVU)



## Inhaltsverzeichnis

<b>0. ZUSAMMENFASSUNG UND BEWERTUNG.....</b>	<b>3</b>
<b>1. AUFGABENSTELLUNG .....</b>	<b>4</b>
<b>2. ÖRTLICHE VERHÄLTNISSE.....</b>	<b>4</b>
<b>3. QUELLEN ELEKTROMAGNETISCHER FELDER .....</b>	<b>6</b>
<b>4. PRÜFGRUNDLAGE 26. BIMSCHV .....</b>	<b>6</b>
4.1. Anwendungsbereich und maßgebliche Immissionsorte.....	7
4.2. Höchste betriebliche Anlagenauslastung .....	7
4.3. Berücksichtigung der Vorbelastung durch andere Niederfrequenzanlagen und ortsfeste Hochfrequenzanlagen.....	7
4.4. Weitere Anforderungen - Richtwerte – Grenzwerte .....	8
<b>5. DURCHFÜHRUNG DER UNTERSUCHUNGEN .....</b>	<b>8</b>
5.1. Messdurchführung .....	8
5.2. Messtechnik.....	10
<b>6. BETRIEBSZUSTAND DES UMSPANNWERKS WÄHREND DER MESSUNGEN .....</b>	<b>11</b>
6.1. Auslastungsdaten des Umspannwerks .....	11
6.2. Zeitverlauf der magnetischen Flussdichte .....	12
<b>7. ERGEBNISSE DER MESSUNG NIEDERFREQUENTER ELEKTROMAGNETISCHER FELDER.....</b>	<b>12</b>
7.1. Frequenzverteilung .....	12
7.2. Elektrische Feldstärke.....	13
7.3. Magnetische Flussdichte .....	16
7.4. Immissionen ortsfester Hochfrequenzanlagen .....	20
<b>8. STÖRUNG VON ELEKTRISCHEN GERÄTEN .....</b>	<b>20</b>
<b>9. VORSCHLÄGE ZUR AUFNAHME IN DEN BEBAUUNGSPLAN .....</b>	<b>21</b>
<b>10. ANHANG .....</b>	<b>23</b>
10.1. Literatur .....	23
10.2. Glossar – Verwendete Abkürzungen.....	24

## 0. Zusammenfassung und Bewertung

Die im Folgenden dargestellten Ergebnisse erlauben folgende Schlussfolgerung:

- An allen Messpunkten und Immissionsorten werden die Grenzwerte der 26. BImSchV für die Allgemeinbevölkerung bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung nur im geringen Maße ausgeschöpft.
- Für das elektrische Feld werden an Messpunkt B08 in 2 m Messhöhe maximal 0,399 kV/m erreicht, was einer Ausschöpfung des Grenzwerts der 26. BImSchV von 7,98% entspricht.
- Für die magnetische Flussdichte wurden am Messpunkt E02, bezogen auf die höchste betriebliche Auslastung, als höchster Wert in 1 m Höhe 4,96  $\mu$ T ermittelt, was einer Ausschöpfung des Grenzwerts der 26. BImSchV von 4,96 % entspricht. Der Maximalwert ist dabei nicht auf das Umspannwerk zurückzuführen, sondern auf die Lage des Immissionspunkts direkt über dem dort verlaufenden Erdkabel. Direkt vom Umspannwerk beeinflusst (Immissionspunkte B02 bis B08) werden nur etwas über 1 % vom Grenzwert der 26. BImSchV direkt am Zaun zum Umspannwerk erreicht.
- Von den geplanten Ausbauvarianten sind dabei beide möglich, wobei jedoch empfohlen wird, bei einer Bebauung direkt am Zaun (Variante A), sicherzustellen, dass die Fenster in den oberen Stockwerken zum Umspannwerk hin nicht vollständig geöffnet werden können. Für die Variante B ergeben sich hingegen keine Einschränkungen.
- Es wird darauf hingewiesen, dass die Sicherheitsmaßnahmen für die Bauarbeiten in der Nähe des Umspannwerks mit TenneT abzustimmen sind.
- Ortsfeste Hochfrequenzanlagen im Frequenzbereich von 9 kHz bis 10 MHz liefern keinen relevanten zusätzlichen Beitrag zur Gesamtimmission.

## 1. Aufgabenstellung

Die Gemeinde Krün plant das bestehende Gewerbegebiet zu erweitern und dazu die Flächen nördlich des Umspannwerks der TenneT TSO GmbH (Flurstück 1161/44) zu verwenden. In diesem Zusammenhang soll geprüft werden, ob sich durch die Immissionen elektromagnetischer Felder Einschränkungen hinsichtlich der zukünftigen Nutzung der geplanten Baufläche ergeben. Gegenwärtig werden zwei Varianten für die Bebauung des Geländes betrachtet. Diese unterscheiden sich unter anderem in der räumlichen Nähe der geplanten Bebauung zum Umspannwerk.

Die TÜV SÜD Industrie Service GmbH wurde beauftragt die Immissionswerte auf dem Flurstück 1161/44 zu bestimmen und zu bewerten. Anschließend soll eine Aussage getroffen werden, ob im Hinblick auf die einwirkenden elektromagnetischen Felder eine der Varianten zu bevorzugen ist. Prüfgrundlage ist die 26. Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz vom 16.12.1996 in der novellierten Fassung vom 14.08.2013 [1].

## 2. Örtliche Verhältnisse

Südwestlich des untersuchten Baugrundstücks (Flurnummer 1161/44) liegt das Umspannwerk Neuburg der TenneT TSO GmbH.

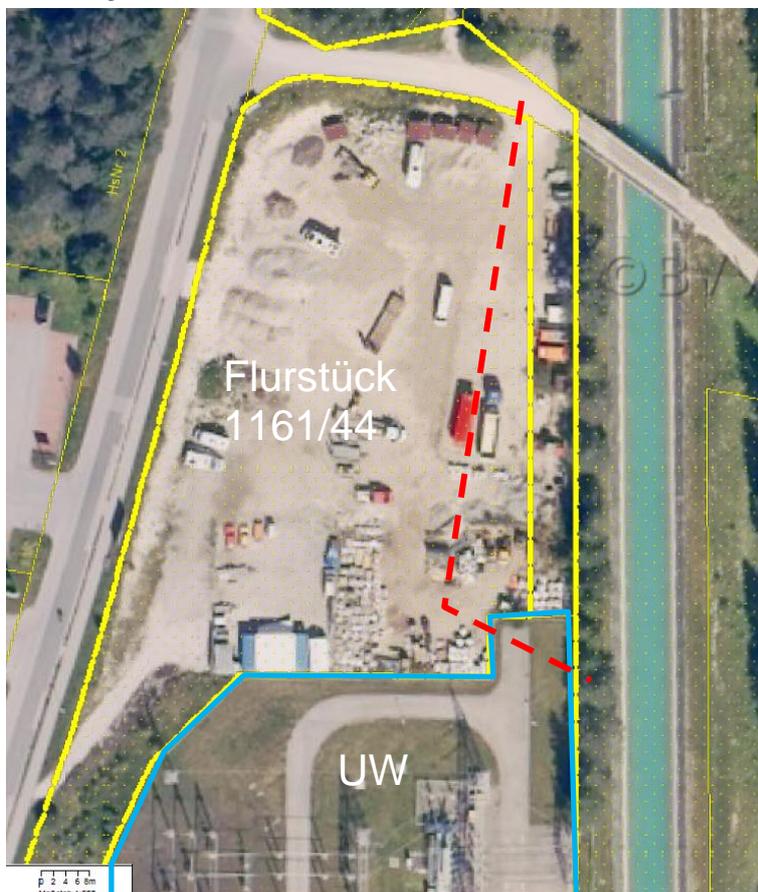
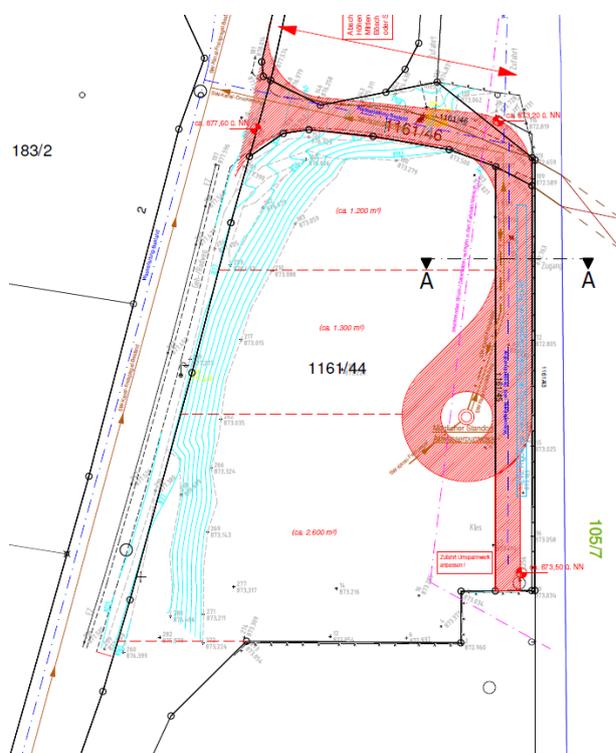


Abb. 1: Luftbildauszug (© BayernAtlas) des untersuchten Grundstücks (gelbe Umrandung). Das Umspannwerk ist blau markiert, der Verlauf des bestehenden Stromkabels rot.

Zum Zeitpunkt der Messung war das Grundstück noch unbebaut. Jedoch verläuft derzeit von Süd nach Nord noch ein Strom-/Datenkabel durch das Grundstück. Dies soll bei der Bebauung in den Fahrbahnbereich verlegt werden.



Abb. 2: Überblick über das Grundstück zum Zeitpunkt der Messung mit UW im Hintergrund. Folgende beiden Bebauungsvarianten für Flurstück 1161/44 stehen derzeit in der Diskussion.



### 3. Quellen elektromagnetischer Felder

Im Umspannwerk (UW) der TenneT TSO sind zwei Netzkuppeltransformatoren (NK) mit Schaltfeldern installiert, die die Oberspannung 220 kV in 110 kV transformieren.



Abb. 5: Umspannwerk Krün mit Netzkuppeltransformator NK 1

### 4. Prüfgrundlage 26. BImSchV

Aufgrund § 3, Abs. (1) der 26. Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) vom 16.12.96 (BGBl I 66 S. 1966ff) in der Fassung vom 14. August 2013 sind zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen Niederfrequenzanlagen, die nach dem 22. August 2013 errichtet worden sind, so zu betreiben, dass sie in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung die in Tab. 1 genannten Grenzwerte nicht überschreiten.

Der Einwirkungsbereich einer Niederfrequenzanlage beschreibt den Bereich, in dem die Anlage einen signifikanten von der Hintergrundbelastung abhebenden Immissionsbeitrag verursacht, unabhängig davon, ob die Immissionen tatsächlich schädliche Umwelteinwirkungen auslösen.

Frequenz	Elektrische Feldstärke E	Magnetische Flussdichte B
50 Hz	5 kV/m	100 $\mu$ T

Tab. 1: Grenzwerte für ausgewählte Frequenzen nach Anhang 1a der 26. BImSchV

#### **4.1. Anwendungsbereich und maßgebliche Immissionsorte**

Maßgebliche Immissionsorte sind Orte, die zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind und sich im Einwirkungsbereich einer ortsfesten elektrotechnischen Anlage befinden, die mit Wechselstrom mit einer Nennspannung von mehr als 1.000 Volt betrieben wird. Gemäß den Hinweisen des LAI zur Durchführung der 26. BImSchV ist dazu ein Streifen von 5 m Breite angrenzend an die Umzäunung des Umspannwerks zu betrachten.

Dem nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Menschen dienen Gebäude und Grundstücke, in oder auf denen nach der bestimmungsgemäßen Nutzung Personen regelmäßig länger – mehrere Stunden – verweilen können. Als Anhaltspunkt ist dabei die üblicherweise anzunehmende durchschnittliche Aufenthaltsdauer einer einzelnen Person heranzuziehen. Das schutzwürdige Gebäude oder Grundstück muss nicht notwendigerweise einem dauernden Aufenthalt, z. B. zum Wohnen, dienen. Für die Bebauungsvariante A können demnach maßgebliche Immissionsorte entstehen, wenn die Bebauung näher als 5 m an den Anlagenzaun heranrückt.

#### **4.2. Höchste betriebliche Anlagenauslastung**

Für die Immissionsauswirkung der Anlage ist die elektrische und magnetische Feldstärke bei „höchster betrieblicher Auslastung“ zu ermitteln. Diese laut 26. BImSchV nicht durch die tatsächliche zu erwartende maximale Auslastung der Anlage, sondern durch eine technische Grenze charakterisiert, bei Umspannanlagen beispielsweise durch die Nennleistung von Transformatoren, bei Freileitungen und Sammelschienen durch den thermischen maximal zulässigen Dauerstrom des verwendeten Leiterquerschnitts.

Auf der 110 kV-Seite der Netzkuppeltransformatoren weisen die abführenden Erdkabel eine maximale Dauerstrombelastbarkeit von 470 A auf. Dies entspricht einer höchsten betrieblichen Anlagenauslastung von 90 MVA je Transformator.

#### **4.3. Berücksichtigung der Vorbelastung durch andere Niederfrequenzanlagen und ortsfeste Hochfrequenzanlagen**

Laut § 3 Abs. (3) sind bei der Ermittlung der elektrischen Feldstärke und der magnetischen Flussdichte alle Immissionen zu berücksichtigen, die durch andere Niederfrequenzanlagen sowie durch ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 Kilohertz und 10 Megahertz, die einer Standortbescheinigung nach §§ 4 und 5 der Verordnung über das Nachweisverfahren zur Begrenzung elektromagnetischer Felder bedürfen, gemäß Anhang 2a entstehen.

#### 4.4. Weitere Anforderungen - Richtwerte – Grenzwerte

In folgenden Tabellen sind die wichtigsten Anforderungen zusammengestellt.

Grenzwert / Richtwert	Grenzwert magn. Flussdichte B in $\mu\text{T}$ Effektivwert	Grenzwert elektr. Feldstärke E in V/m Effektivwert
<b>Gefährdung von Personen - Allgemeinbevölkerung</b>		
26. BImSchV, Allgemeinbevölkerung	100	5.000
<b>Gefährdung von Personen - Träger von Implantaten</b>		
Gefährdung von Trägern <b>aktiver</b> , kardialer Implantate nach DIN EN 50527-1 (1999/519/EG)	100	5.000
Gefährdung von Trägern <b>passiver</b> Im- plantate nach DGUV Regel 103-013	1.358	21.320
<b>Störfestigkeit von Geräten</b>		
Röhrenbildschirme	ab 0,3	-
DIN EN 61000-6-1 : 2007 Störfestigkeit für Wohnbereich, Ge- schäfts- und Gewerbereiche sowie Klein- betriebe	3,81	-
DIN EN 61000-6-2 : 2006 Störfestigkeit Industriebereich	381	-

Tab. 2: Anforderungen für die Frequenz 50 Hz

## 5. Durchführung der Untersuchungen

### 5.1. Messdurchführung

Die Messung der elektromagnetischen Felder wurde durch den öffentlich bestellt und beeidigten Sachverständigen Dr. Thomas Gritsch am 13.09.2022 von 09:30 Uhr bis 11:00 Uhr durchgeführt. Während der Messung betrug die Lufttemperatur ca. 15°C. Niederschläge traten nicht auf.

An allen Messpunkten wurden die Effektivwerte der niederfrequenten magnetischen Flussdichte B in Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ) und der niederfrequenten elektrischen Feldstärke E in Kilovolt pro Meter (kV/m) dreidimensional bestimmt. Anschließend wurde die Messwerte für das Magnetfeld auf den höchste betriebliche Anlagenauslastung des Umspannwerks bezogen, wie in Abschnitt 6 näher erläutert.

Aufgrund der Inhomogenität der vorliegenden niederfrequenten Felder wurde an allen Messpunkten jeweils in zwei Höhen über dem Boden gemessen (1 m und 2 m).

---

<sup>1</sup> Bezug 50 Hz, für 16,7 Hz keine gesonderten Anforderungen; jeweils Gehäuse

Folgende Abbildung gibt eine Übersicht der Messpunkte.



Abb. 6: Lage der Messpunkte auf dem Flurstück 1161/44

## 5.2. Messtechnik

Für die Messungen wurden folgende Messgeräte eingesetzt:

Gerät Hersteller	Typ	Frequenzbereich	Messbereich	U <sup>2</sup>	S/N-Nummer QS-Nummer
EM100 Maschek	Feldmonitor für elektr. und magnetisches Feld	10 Hz – 400 kHz	B: 0,3 nT – 10 mT E: 0,005 V/m – 100 kV/m	4,7% 7,2%	G972120 QS-31-02- M0301
DLW-MW 10 ESTEC	3D-Teslameter	5 Hz - 2000 Hz in zwei Klassen	B: 0,01 µT - 130 µT	15%	20059 QS-00403971

Alle Messeinrichtungen werden einer regelmäßigen, auf nationale bzw. internationale Normale rückführbaren Kalibrierung unterzogen.

Das Unsicherheitsintervall wurde jeweils auf die Messwerte aufgeschlagen.

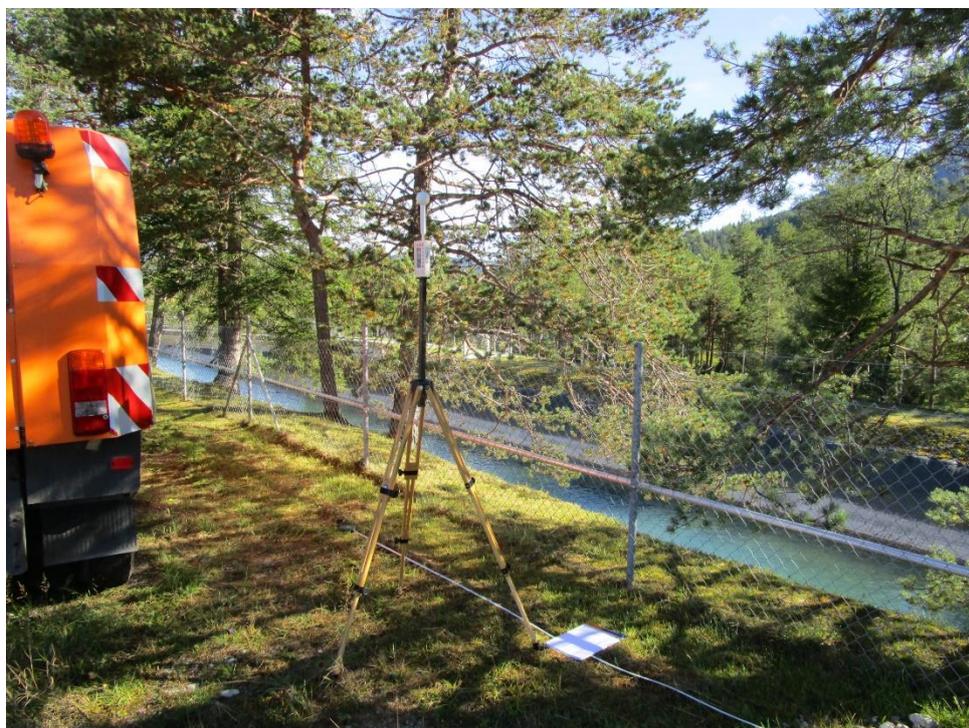


Abb. 7: Messpunkt auf Messachse A entlang der Grundstücksgrenze

<sup>2</sup> U ist die erweiterte Messunsicherheit mit dem Erweiterungsfaktor k=2 und einer 95%igen Abdeckung

## 6. Betriebszustand des Umspannwerks während der Messungen

### 6.1. Auslastungsdaten des Umspannwerks

Die Auslastung des Umspannwerks wurde auf den Netzkupplentransformator 2 konzentriert, der auf der Nordseite des Umspannwerks liegt und damit den ungünstigsten Fall für das Untersuchungsgebiet darstellt.

Auf der 110 kV-Seite der Netzkupplentransformatoren weist das abführende Erdkabel eine maximale Dauerstrombelastbarkeit von 470 A auf. Dies entspricht einer höchsten betrieblichen Anlagenauslastung von nur 90 MVA je Transformator. Da während der Messung nur NK2 aktiv war, beträgt die höchste betriebliche Anlagenauslastung damit 90 MVA.

Der simultane Betrieb beider Netzkupplentransformatoren ist derzeit, begründet in der Versorgungssicherheit und festgelegt in einer Betriebsanweisung, nicht vorgesehen. Dadurch, dass im Messzeitraum die gesamte Last über den nördlichen Netzkupplentransformator 2 geleitet wurde, der dem Baugebiet am nächsten liegt, wurde der ungünstigste Fall berücksichtigt.

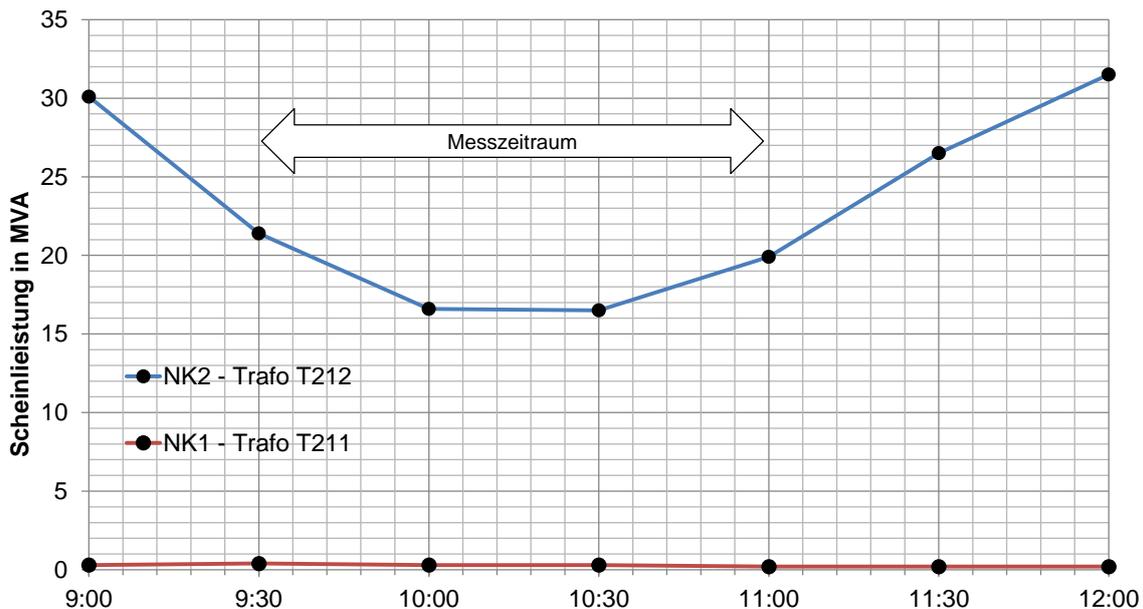


Abb. 8: Lastverlauf des Umspannwerks im Messzeitraum am 13.09.2022 (30-Minutenwerte)

Die Auslastungsdaten der Netzkupplentransformatoren wurden von Hr. Greiner von der TenneT TSO GmbH zur Verfügung gestellt.

Im Messzeitraum lag die Auslastung des NK2 zwischen 16,5 und 21,4 MVA, die des NK1 bei 0,2 bis 0,4 MVA. Daraus ergeben sich gesamt für den Messzeitraum Lastfaktoren zwischen 4,1 und 5,3 zur Hochrechnung auf die höchste betriebliche Anlagenauslastung:

## 6.2. Zeitverlauf der magnetischen Flussdichte



Abb. 9: Zeitlicher Verlauf der magnetischen Flussdichte am Referenzmesspunkt (Messpunkt B03)  
Der zeitliche Verlauf der magnetischen Flussdichte spiegelt den Lastverlauf des Umspannwerks mit höherer zeitlicher Auflösung wider (Abb. 9).

## 7. Ergebnisse der Messung niederfrequenter elektromagnetischer Felder

### 7.1. Frequenzverteilung

Wie Abb. 10 zu entnehmen ist, dominiert der 50 Hz-Anteil im Frequenzspektrum. Der Beitrag der Oberwellen bei 150 Hz und 350 Hz sowie der 16,7 Hz-Anteil der Bahn ist demgegenüber vernachlässigbar.

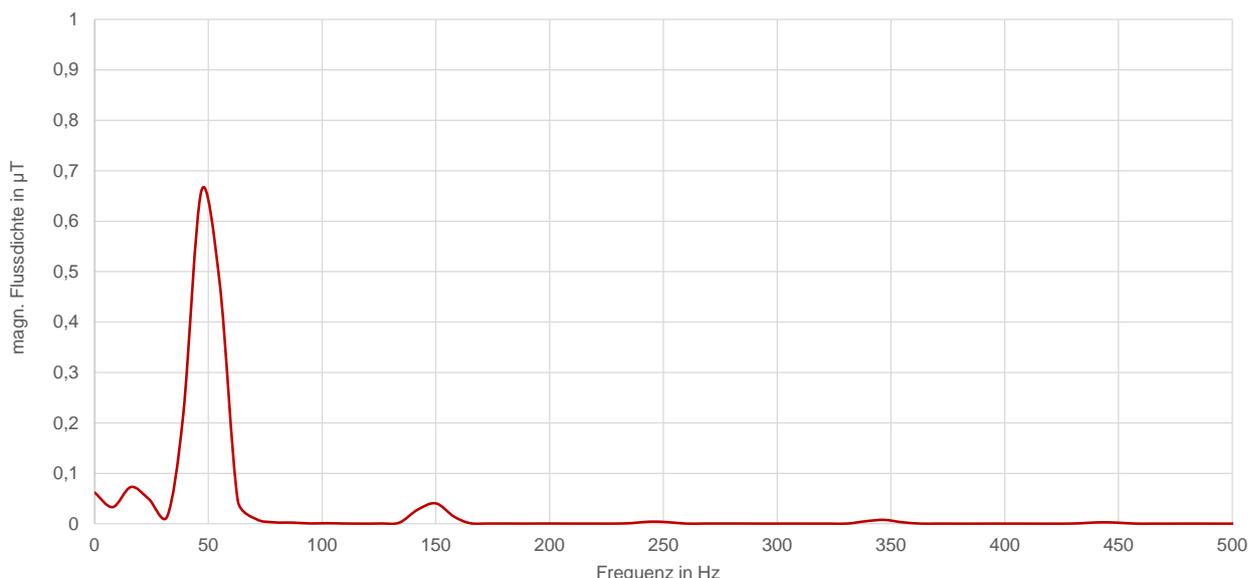


Abb. 10: Frequenzverteilung an den Messpunkten

## 7.2. Elektrische Feldstärke

Die niederfrequente elektrische Feldstärke ist unabhängig von der jeweiligen Auslastung der Anlagen und hängt nur von der Betriebsspannung der Anlagen und dem Abstand zum Immissionsort ab. Sie wird durch alle leitfähigen Stoffe wie z.B. den Metallzaun aber auch Pflanzen effektiv abgeschirmt.

Messpunkt Messhöhe	Beschreibung	Elektrische Feldstärke in kV/m Messwerte		Ausschöpfung des Grenzwerts 26. BImSchV	
		1,0 m	2,0 m	1,0 m	2,0 m
A01	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	0,004	0,001	0,08%	0,03%
A02	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	0,001	0,001	0,02%	0,02%
A03	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	0,001	0,002	0,02%	0,03%
A04	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	0,001	0,002	0,01%	0,04%
A05	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	0,001	0,003	0,02%	0,07%
A06	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	0,001	0,002	0,02%	0,04%
A07	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	0,001	0,002	0,02%	0,04%
A08	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	0,002	0,004	0,04%	0,07%
A09	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	0,001	0,002	0,03%	0,04%
A10	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	0,001	0,002	0,03%	0,04%
B01	Zaun UW, 1 m Abstand, Südostecke	0,001	0,003	0,03%	0,06%
B02	Zaun UW, 1 m Abstand, Höhe Portale, Zaunecke	0,00	0,02	0,03%	0,40%
B03	Zaun UW, 1 m Abstand, Höhe Netzkuppler	0,03	0,23	0,66%	4,62%
B04	Zaun UW, 1 m Abstand, Portal Leistungsschalter	0,007	0,173	0,15%	3,47%
B05	Zaun UW, 1 m Abstand, Höhe Betriebsstr. UW	0,029	0,223	0,57%	4,46%
B06	Zaun UW, 1 m Abstand, Zaunecke	0,033	0,151	0,67%	3,03%
B07	Zaun UW, unterer Teil der Zufahrt	0,022	0,061	0,43%	1,22%
B08	Zaun UW, oberer Teil der Zufahrt	<b>0,138</b>	<b>0,399</b>	<b>2,75%</b>	<b>7,98%</b>
C01	Zaun UW, 10 m Abstand, Südostecke	0,008	0,030	0,17%	0,60%
C02	Zaun UW, 10 m Abstand, Höhe Portale, Ecke	0,024	0,070	0,49%	1,40%
C03	Zaun UW, 10 m Abstand, Höhe Netzkuppler	0,029	0,083	0,58%	1,66%
C04	Zaun UW, 10 m Abstand, Portal Leistungsschalter	0,011	0,063	0,22%	1,26%
C05	Zaun UW, 10 m Abstand, Höhe Betriebsstr. UW	0,029	0,076	0,58%	1,52%
C06	Zaun UW, 10 m Abstand, Zaunecke	0,024	0,063	0,49%	1,25%
C07	Zaun UW, 10 m Abstand, Auffahrt	0,012	0,032	0,24%	0,65%
D01	Zaun UW, 30 m Abstand, Südostecke	0,003	0,010	0,07%	0,20%
D02	Zaun UW, 30 m Abstand, Höhe Portale, Ecke	0,011	0,028	0,22%	0,55%

Messpunkt / Messhöhe	Beschreibung	Elektrische Feldstärke in kV/m Messwerte		Ausschöpfung des Grenzwerts 26. BlmSchV	
		1,0 m	2,0 m	1,0 m	2,0 m
D03	Zaun UW, 30 m Abstand, Höhe Netzkuppler	0,012	0,031	0,25%	0,62%
D04	Zaun UW, 30 m Abstand, Portal Leistungsschalter	0,012	0,030	0,25%	0,59%
D05	Zaun UW, 30 m Abstand, Höhe Betriebsstr. UW	0,011	0,028	0,22%	0,57%
D06	Zaun UW, 30 m Abstand, Zaunecke	0,005	0,019	0,11%	0,38%
E01	Zaun UW, 70 m Abstand, Südostecke	0,002	0,004	0,04%	0,08%
E02	Zaun UW, 70 m Abstand, Höhe Portale, Ecke	0,003	0,008	0,06%	0,17%
E03	Zaun UW, 70 m Abstand, Höhe Netzkuppler	0,004	0,011	0,09%	0,22%
E04	Zaun UW, 70 m Abstand, Portal Leistungsschalter	0,002	0,004	0,03%	0,09%
Medianwert:		0,005	0,020	0,04%	0,09%
Maximalwert:		0,138	0,399	2,75%	7,98%

Tab. 3: Messergebnisse für die elektrische Feldstärke sowie Anteil am Grenzwert der 26. BlmSchV in Höhe von 5 kV/m

Die höchsten Werte wurden am Immissionsort B08 (Rand der Auffahrtsrampe zum UW hin) mit maximal 0,399 kV/m in 2 m Höhe gemessen, was einer Ausschöpfung von 7,98% des Grenzwerts entspricht. Dieser Messort liegt oberhalb des Zauns und in kürzester Entfernung zu den Stromschienen des Umspannwerks.

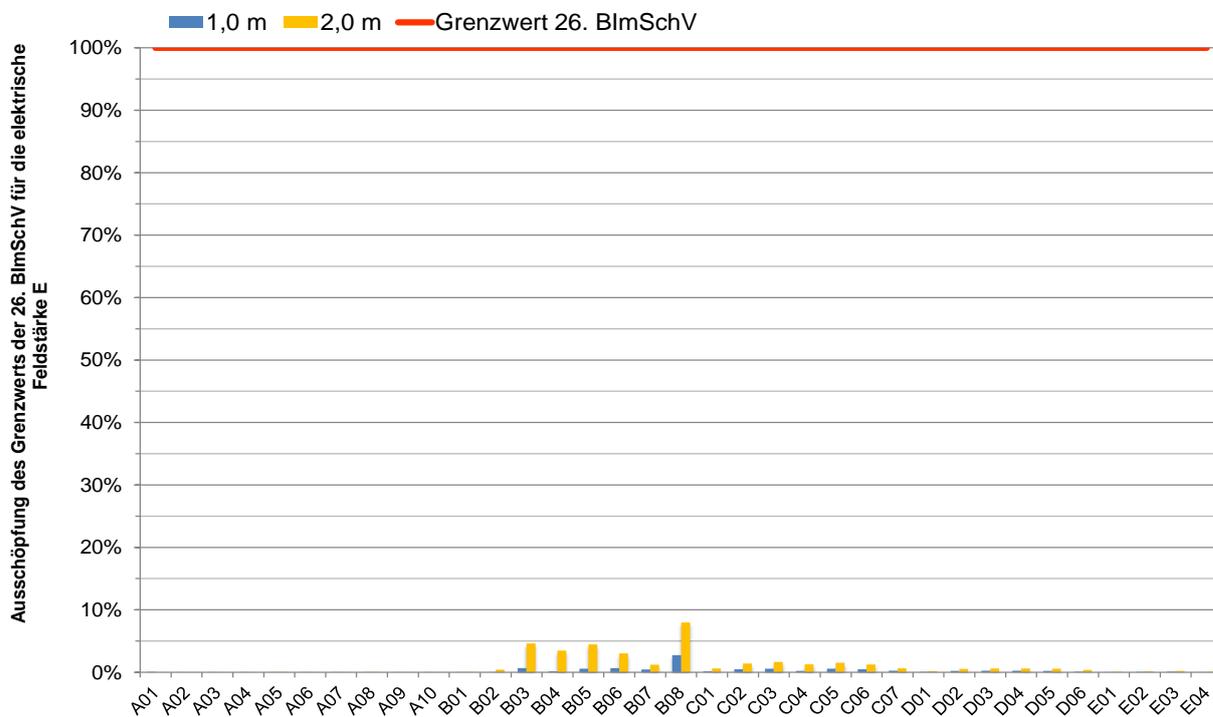


Abb. 11: Übersicht über die Messwerte der elektrischen Feldstärke in Relation zum Grenzwert der 26. BImSchV

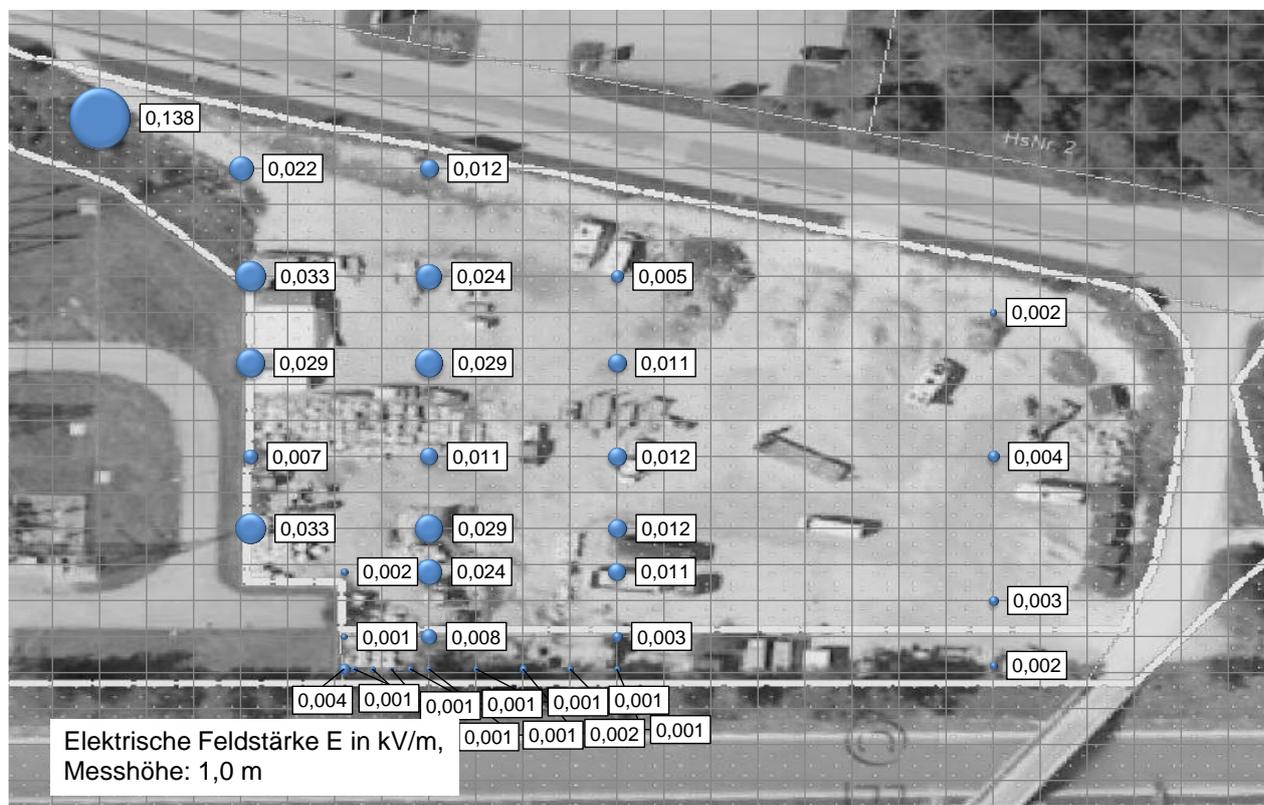


Abb. 12: Räumliche Verteilung der el. Feldstärke im Untersuchungsgebiet - 1 m Messhöhe

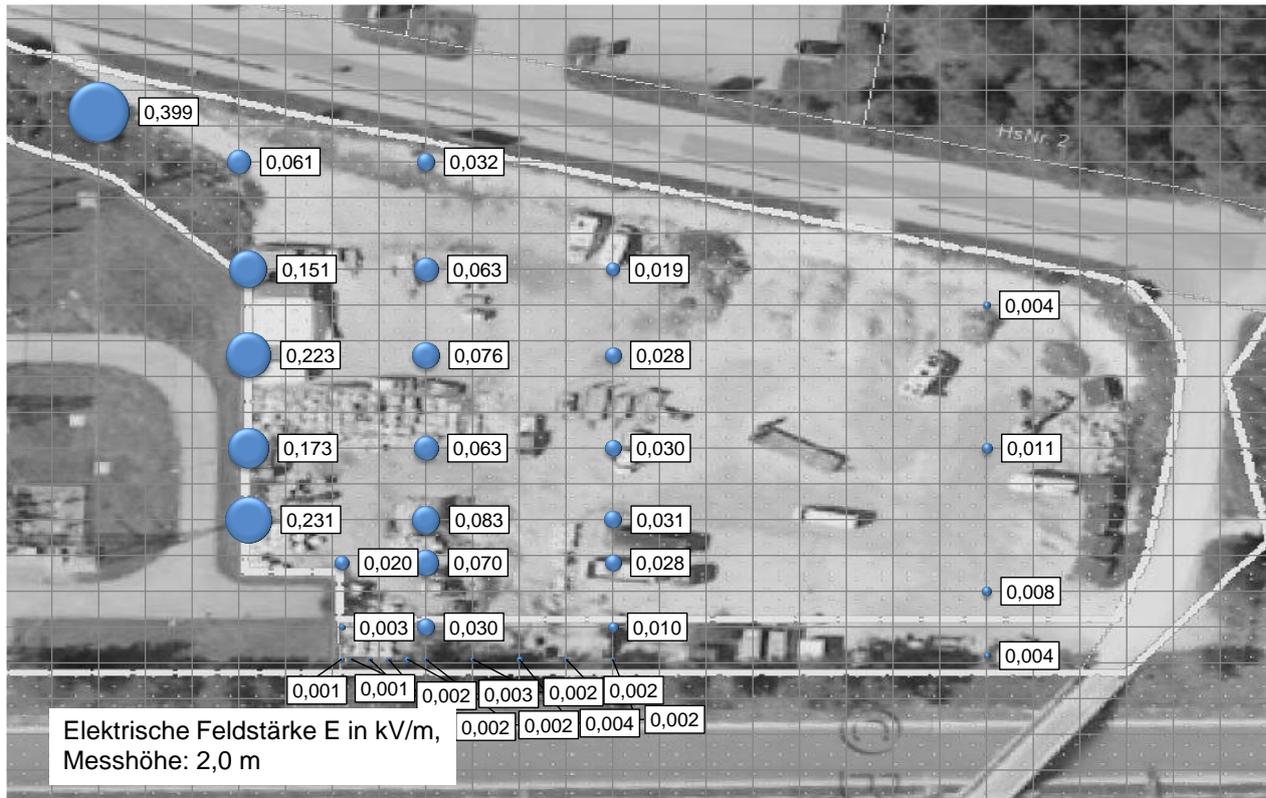


Abb. 13: Räumliche Verteilung der el. Feldstärke im Untersuchungsgebiet - 2 m Messhöhe

### 7.3. Magnetische Flussdichte

Die Immissionswerte für die magnetische Flussdichte B hängen von den jeweiligen Strömen in den Leitungen bzw. der Auslastung der Transformatoren im Umspannwerk ab. Die aktuell gemessenen Werte sind daher vor einer Bewertung mit den Grenzwerten der 26. BImSchV auf die höchste betriebliche Anlagenauslastung hochzurechnen.

In folgender Tabelle sind sowohl die Istwerte als auch die auf die Bemessungsleistung der Netzkupeltransformatoren bezogenen Messwerte dargestellt.

Messpunkt	Beschreibung	Lastfaktor	Magnetische Flussdichte B				Ausschöpfung Grenzwert 26. BImSchV	
			Messwerte Istlast		Bezogen auf Nennlast			
			1,0 m	2,0 m	1,0 m	2,0 m	1,0 m	2,0 m
A01	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	4,1	0,18 µT	0,18 µT	0,76 µT	0,74 µT	0,76%	0,74%
A02	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	4,1	0,17 µT	0,18 µT	0,71 µT	0,73 µT	0,71%	0,73%
A03	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	4,1	0,17 µT	0,18 µT	0,72 µT	0,75 µT	0,72%	0,75%
A04	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	4,1	0,17 µT	0,19 µT	0,72 µT	0,77 µT	0,72%	0,77%



Messpunkt / Messhöhe	Beschreibung	Lastfaktor	Magnetische Flussdichte B				Ausschöpfung Grenzwert 26. BImSchV	
			Messwerte Istlast		Bezogen auf Nennlast			
			1,0 m	2,0 m	1,0 m	2,0 m	1,0 m	2,0 m
A05	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	4,1	0,17 µT	0,18 µT	0,70 µT	0,75 µT	0,70%	0,75%
A06	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	4,1	0,17 µT	0,18 µT	0,71 µT	0,74 µT	0,71%	0,74%
A07	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	4,1	0,18 µT	0,19 µT	0,76 µT	0,77 µT	0,76%	0,77%
A08	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	4,1	0,19 µT	0,20 µT	0,80 µT	0,84 µT	0,80%	0,84%
A09	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	4,1	0,20 µT	0,20 µT	0,82 µT	0,81 µT	0,82%	0,81%
A10	Ostseite Gelände, Nord-Süd Achse	4,1	0,20 µT	0,19 µT	0,83 µT	0,79 µT	0,83%	0,79%
B01	Zaun UW, 1 m Abstand, Südostecke	5,3	0,40 µT	0,32 µT	2,14 µT	1,73 µT	2,14%	1,73%
B02	Zaun UW, 1 m Abstand, Höhe Portale, Zaunecke	5,3	0,22 µT	0,22 µT	1,16 µT	1,16 µT	1,16%	1,16%
B03	Zaun UW, 1 m Abstand, Höhe Netzkuppler	5,3	0,19 µT	0,19 µT	1,01 µT	1,03 µT	1,01%	1,03%
B04	Zaun UW, 1 m Abstand, Portal Leistungsschalter	5,3	0,11 µT	0,17 µT	0,61 µT	0,89 µT	0,61%	0,89%
B05	Zaun UW, 1 m Abstand, Höhe Betriebsstr. UW	5,3	0,07 µT	0,08 µT	0,38 µT	0,45 µT	0,38%	0,45%
B06	Zaun UW, 1 m Abstand, Zaunecke	5,3	0,06 µT	0,05 µT	0,29 µT	0,29 µT	0,29%	0,29%
B07	Zaun UW, unterer Teil der Zufahrt	5,3	0,06 µT	0,06 µT	0,29 µT	0,32 µT	0,29%	0,32%
B08	Zaun UW, oberer Teil der Zufahrt	5,3	0,09 µT	0,12 µT	0,49 µT	0,65 µT	0,49%	0,65%
C01	Zaun UW, 10 m Abstand, Südostecke	5,4	0,65 µT	0,49 µT	3,48 µT	2,64 µT	3,48%	2,64%
C02	Zaun UW, 10 m Abstand, Höhe Portale, Ecke	5,4	0,29 µT	0,27 µT	1,54 µT	1,42 µT	1,54%	1,42%
C03	Zaun UW, 10 m Abstand, Höhe Netzkuppler	5,4	0,19 µT	0,15 µT	0,99 µT	0,80 µT	0,99%	0,80%
C04	Zaun UW, 10 m Abstand, Portal Leistungsschalter	5,4	0,07 µT	0,06 µT	0,35 µT	0,31 µT	0,35%	0,31%

Messpunkt / Messhöhe	Beschreibung	Lastfaktor	Magnetische Flussdichte B				Ausschöpfung Grenzwert 26. BImSchV	
			Messwerte Istlast		Bezogen auf Nennlast			
			1,0 m	2,0 m	1,0 m	2,0 m	1,0 m	2,0 m
C05	Zaun UW, 10 m Abstand, Höhe Betriebsstr. UW	5,4	0,05 µT	0,07 µT	0,24 µT	0,36 µT	0,24%	0,36%
C06	Zaun UW, 10 m Abstand, Zaunecke	5,4	0,14 µT	0,05 µT	0,78 µT	0,27 µT	0,78%	0,27%
C07	Zaun UW, 10 m Abstand, Auffahrt	5,4	0,07 µT	0,07 µT	0,39 µT	0,38 µT	0,39%	0,38%
D01	Zaun UW, 30 m Abstand, Südostecke	5,4	0,54 µT	0,47 µT	2,90 µT	2,51 µT	2,90%	2,51%
D02	Zaun UW, 30 m Abstand, Höhe Portale, Ecke	5,4	0,29 µT	0,28 µT	1,56 µT	1,52 µT	1,56%	1,52%
D03	Zaun UW, 30 m Abstand, Höhe Netzkuppler	5,4	0,14 µT	0,16 µT	0,75 µT	0,84 µT	0,75%	0,84%
D04	Zaun UW, 30 m Abstand, Portal Leistungsschalter	5,4	0,08 µT	0,07 µT	0,42 µT	0,37 µT	0,42%	0,37%
D05	Zaun UW, 30 m Abstand, Höhe Betriebsstr. UW	5,4	0,05 µT	0,07 µT	0,26 µT	0,37 µT	0,26%	0,37%
D06	Zaun UW, 30 m Abstand, Zaunecke	5,4	0,04 µT	0,04 µT	0,20 µT	0,22 µT	0,20%	0,22%
E01	Zaun UW, 70 m Abstand, Südostecke	5,4	0,50 µT	0,45 µT	2,67 µT	2,40 µT	2,67%	2,40%
E02	Zaun UW, 70 m Abstand, über Stromkabel	5,4	<b>0,93 µT</b>	<b>0,60 µT</b>	<b>4,96 µT</b>	<b>3,21 µT</b>	<b>4,96%</b>	<b>3,21%</b>
E03	Zaun UW, 70 m Abstand, Höhe Netzkuppler	5,4	0,08 µT	0,10 µT	0,45 µT	0,53 µT	0,45%	0,53%
E04	Zaun UW, 70 m Abstand, Portal Leistungsschalter	5,4	0,06 µT	0,06 µT	0,30 µT	0,31 µT	0,30%	0,31%
Medianwert:			0,17 µT	0,18 µT	0,72 µT	0,77 µT	0,72%	0,77%
Maximalwert:			0,93 µT	0,60 µT	4,96 µT	3,21 µT	4,96%	3,21%

Tab. 4: Magnetische Flussdichte während der Messung und hochgerechnet auf höchste betriebliche Anlagenauslastung sowie Anteil vom Grenzwert der 26. BImSchV

Die auf die höchste Anlagenauslastung bezogenen Werte für die magnetische Flussdichte erreichen am Messpunkt E02 in 1 m Höhe in Spitze 4,96 µT oder 4,96 % vom Grenzwert der 26. BImSchV. Der Maximalwert ist dabei nicht auf das Umspannwerk zurückzuführen, sondern auf die Lage des Immissionspunkts direkt über dem dort verlaufenden Erdkabel. Dies betrifft auch Immissionspunkt B01. Vom Umspannwerk direkt beeinflusst (Immissionspunkte B02 bis B08)

werden nur etwas über 1 % vom Grenzwert der 26. BImSchV entlang des Zauns zum Umspannwerk erreicht.

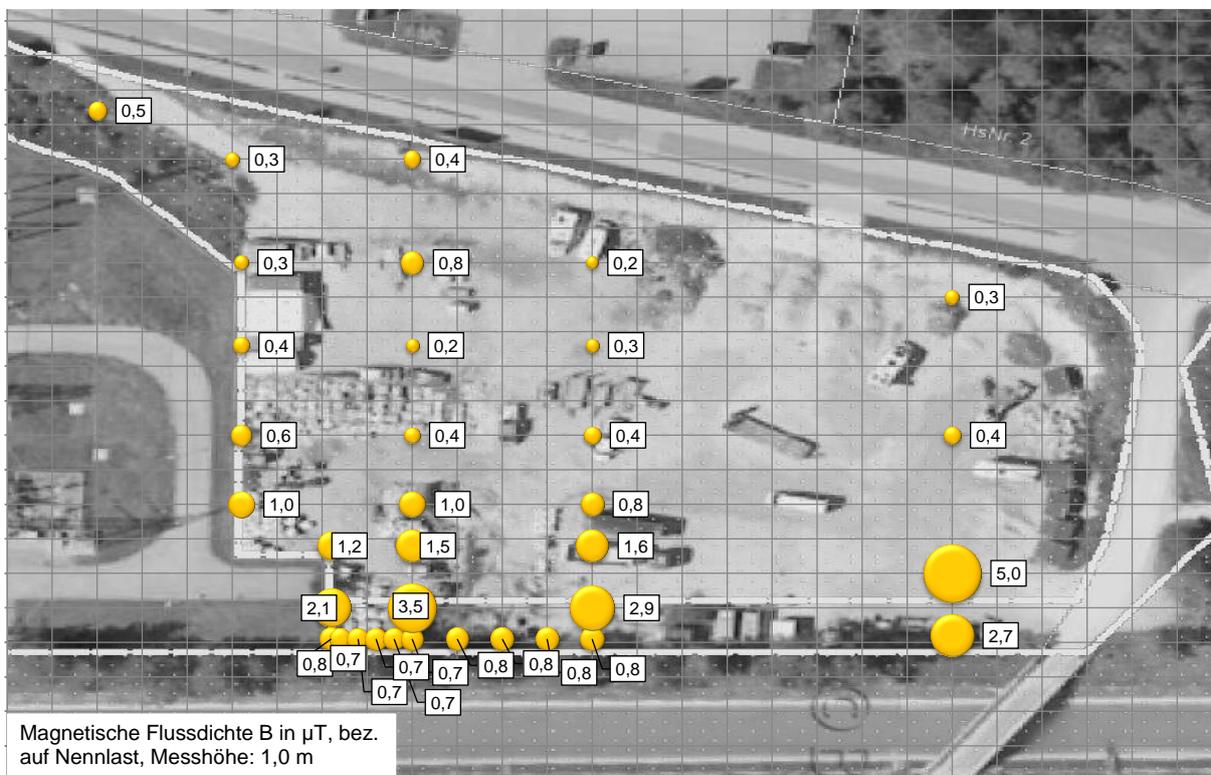


Abb. 14: Räumliche Verteilung der magn. Flussdichte im Untersuchungsgebiet - 1 m Messhöhe

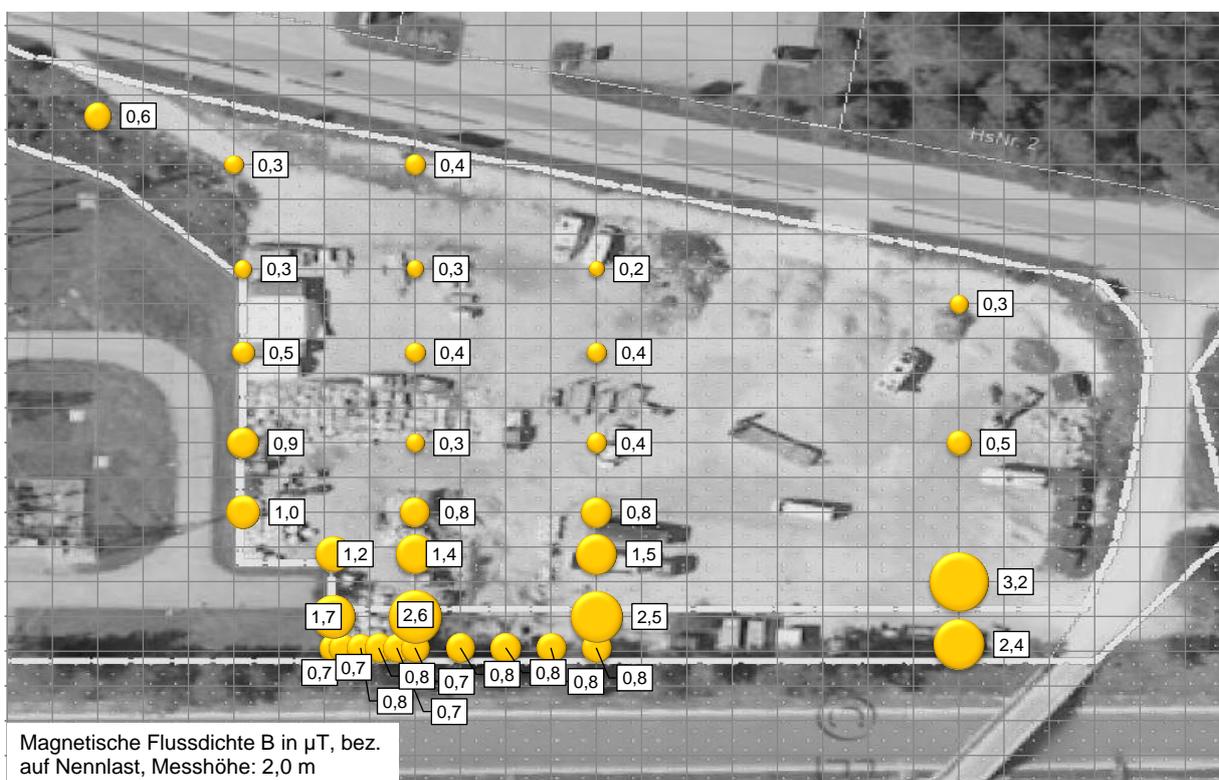


Abb. 15: Räumliche Verteilung der magn. Flussdichte im Untersuchungsgebiet - 2 m Messhöhe

#### **7.4. Immissionen ortsfester Hochfrequenzanlagen**

Gemäß § 3 Abs. (3) der novellierten Fassung der 26. BImSchV sind auch die Immissionen durch ortsfeste Hochfrequenzanlagen mit Frequenzen zwischen 9 kHz und 10 MHz zu berücksichtigen, die einer Standortbescheinigung bedürfen. Dies betrifft vor allem Langwellen-, Mittelwellen- und Kurzwellenrundfunksender, die eine Reichweite bis zu 1000 km haben.

Gemäß Abs. II.3.4 der LAI Hinweise zur Durchführung der 26. BImSchV tragen Immissionen durch Hochfrequenzanlagen im oben genannten Frequenzbereich ab einem Abstand von 300 m nicht relevant zur Vorbelastung bei und machen daher eine gezielte Vorbelastungsermittlung entbehrlich, sofern keine gegenteiligen Anhaltspunkte bestehen.

Die nächstgelegenen, diesbezüglich relevanten Hochfrequenzanlage befinden sich nördlich in Kaufbeuren und München und müssen daher nicht berücksichtigt werden.

Demnach ergibt sich auch mit Berücksichtigung des Anteils der Hochfrequenzanlagen bis 10 MHz eine sichere Einhaltung der Grenzwerte der 26. BImSchV in der Gesamtmission.

#### **8. Störung von elektrischen Geräten**

Der Störfestigkeitsrichtwert für elektrische Geräte, Steuerung, und Regler, die mit einer Frequenz von 50 Hz geprüft wurden, beträgt nach DIN EN 61000-6-2 für den Industriebereich 37,8  $\mu$ T; für Wohn-, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe nach DIN EN 61000-6-1 3,8  $\mu$ T. Wie in Abschnitt 7.3 beschrieben, werden im Umfeld des Umspannwerks die Störfestigkeitsrichtwerte für Geräte für Wohnbereich, Geschäfts- und Gewerbebereiche sowie Kleinbetriebe durchgängig eingehalten. Der Störfestigkeitsrichtwert für Geräte, die für den Industriebereich konzipiert sind, wird ebenfalls durchgängig eingehalten.

Der Richtwert für Röhrenbildschirmgeräte (nicht mehr Stand der Technik) wird im gesamten Baugebiet bei höchster Anlagenauslastung überschritten.

Wir empfehlen die zukünftigen Nutzer darauf hin zu weisen, dass es beim Betrieb von alten Röhrenfernsehern oder Computermonitoren (nicht mehr Stand der Technik) in seltenen Fällen zu Bildstörungen kommen kann und deshalb unempfindlichere Flachbildschirme empfohlen werden.

Für den Zeitraum nach Inbetriebnahme der Stromversorgung der zu errichtenden Gebäude, können zusätzliche Einflüsse hinzukommen. Es ist davon auszugehen, dass der 50 Hz - Anteil (Energieversorgung) und der mittelfrequente Anteil (Beleuchtung, Induktionskochherde) ansteigen werden.

## 9. Vorschläge zur Aufnahme in den Bebauungsplan

Aus den im Rahmen des Gutachtens durchgeführten Erhebungen zu den Immissionswerten von niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern im Bplan-Gebiet lassen sich folgende Schlussfolgerungen ziehen:

Zur Aufnahme in den Satzungstext zum Schutz vor Gefährdungen durch niederfrequente elektrische und magnetische Felder sowie möglichen Belästigungen durch unzulässige Berührungsspannungen bzw. Funkenentladungen, sind keine zusätzlichen Anforderungen zu stellen.

Zur Aufnahme in die Begründung des Bebauungsplanes werden aus der Sicht des Immissionsschutzes folgende textliche Formulierungen vorgeschlagen:

- Durch die TÜV SÜD Industrie Service GmbH wurde zur Aufstellung eines Bebauungsplans eine Untersuchung zur Immissionsbelastung des Plangebiets mit niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern erstellt (Bericht Nr. 3684638-EMF vom 12. Oktober 2022).
- Als Ergebnis der Untersuchungen wurde ermittelt, dass die Grenzwerte der 26. BImSchV im gesamten Plangebiet eingehalten werden. Ebenfalls kann eine Gefährdung von Trägern aktiver und passiver Implantate ausgeschlossen werden.
- Bplan Variante A  
Erstreckt sich die Bebauung bis auf 5 m an den Zaun des Umspannwerks heran, ist sicherzustellen, dass die Fenster in den oberen Stockwerken zum Umspannwerk hin nicht vollständig geöffnet werden können.
- Beim Betrieb von alten Röhrenfernsehern oder Computermonitoren (nicht mehr Stand der Technik) kann es zu Störungen kommen.
- Für die geplanten Bauungen ist zur Erfüllung von §3 Abs. (1) und Abs. (4) der 26. BImSchV die Forderung abzuleiten, dass, um elektrische Aufladungen zu vermeiden, leitfähige metallische Bauelemente an der zum Umspannwerk hin zeigenden Außenfassade in ein Erdungskonzept entsprechend DIN VDE 0100 Teil 410/540 und DIN VDE 0185 eingebunden werden müssen, das geeignet ist, nach Art, Ausmaß oder Dauer unzumutbaren Belästigungen durch Berührungsspannungen sowie durch Funkenentladungen zwischen Personen und leitfähigen Objekten zu vermeiden, wenn diese zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen könnten.

Die o. a. Ausführungen können in den Umweltbericht entsprechend § 2 a BauGB aufgenommen



werden. Zusätzlich zu den o. a. Formulierungsvorschlägen ist darüber hinaus die hier vorliegende Untersuchung der TÜV SÜD Industrie Service GmbH zur Immissionsbelastung des Plangebiets mit niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern (Bericht Nr. 3684638-EMF vom 12. Oktober 2022) in ihrer Gesamtheit als Bestandteil des Bebauungsplanes aufzunehmen.

## 10. Anhang

### 10.1. Literatur

- [1] Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutz-gesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV) vom 16.12.1996 (BGBl. I S. 1966), zuletzt geändert am 14. August 2013 durch Artikel 1 der Verordnung zur Änderung der Vorschriften über elektromagnetische Felder und das telekommunikationsrechtliche Nachweisverfahren (BGBl. I vom 21.08.2013 Nr. 50 S. 3266)
- [2] Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder (26. Bundes-Immissionsschutzverordnung) des Länderausschusses für Immissionsschutz; 2004
- [3] DIN VDE 0848-1/ August 2000, Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern
- [4] 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) : August 2009
- [5] 1999/519/EG; Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz — 300 GHz); Amtsblatt der EU
- [6] ICNIRP – Richtlinie 1998, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics 74 (4): 494-522; 1998.
- [7] ICNIRP – Richtlinie 2009, Guidelines for limiting exposure to static magnetic fields, Health Physics 96 (4): 504-514; 2009.
- [8] ICNIRP – Richtlinie 2010, Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz), Health Physics 99 (6): 818-836; 2010.
- [9] Elektromagnetische Felder im Alltag - Aktuelle Informationen über Quellen, Einsatz und Wirkungen; LUBW Landesanstalt für Umwelt, Messungen und Naturschutz Baden-Württemberg, Karlsruhe und Bayerisches Landesamt für Umwelt, Augsburg, Bezug über [www.lfu.bayern.de/strahlung/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/strahlung/index.htm)



## 10.2. Glossar – Verwendete Abkürzungen

B	Symbol für magnetische Flussdichte.
B <sub>SS</sub>	Spitze-Spitze-Wert der magnetischen Flussdichte. Bei einer Sinuswelle lassen sich die Effektivwerte durch Multiplikation mit dem Faktor 2,83 ( $=2 \times \sqrt{2}$ ) in Spitze-Spitze-Werte umrechnen.
B <sub>eff</sub>	Effektivwert der magnetischen Flussdichte. Im Allgemeinen Bezugsgröße für den Vergleich mit den Grenzwerten
BImSchV	Verordnung zum Bundesimmissionsschutzgesetz (BImSchG)
E	Symbol für Elektrische Feldstärke.
elektrische Feldstärke	Diese wird durch den elektrischen Spannungsabfall zwischen zwei Punkten erzeugt. (siehe „Volt pro Meter). Sie hängt daher einerseits von der verwendeten Spannung am Leiter ab und der Entfernung hierzu.
EMF	Abkz. für <u>E</u> lektrom <u>a</u> gnetische <u>F</u> elder
Frequenz	Schwingungszahl von Wellen je Sekunde, gemessen in Herz
Hertz (Hz)	Technische Einheit für 1 Schwingung pro Sekunde
Magnetfeld, magnetische Flussdichte	Dies ist ein Maß für das von einem Strom oder Permanentmagneten erzeugte Magnetfeld.
Spannung Hochspannung (kV)	Eine elektrische Spannung über 1.000 Volt (1 kV) wird im Allgemeinen als Hochspannung bezeichnet. Beispielsweise arbeitet die Bahn typischerweise mit 15 kV, Hochspannungsfreileitungen werden mit den Spannungsebenen 20 kV, 30 kV, 110 kV, 220 kV oder 380 kV betrieben. Ab 220 kV spricht man von Höchstspannung.
Tesla, Mikrotesla (µT)	Technische Maßeinheit für die magnetische Flussdichte in Tesla oder mehr gebräuchlich Mikrotesla was einem Millionstel Tesla entspricht. In dieser Einheit sind die Grenzwerte der 26. BImSchV im Niederfrequenzbereich angegeben. Früher war hierfür auch die Einheit Gauß gebräuchlich. 1 Gauß entspricht 100 µT.
Volt pro Meter (V/m)	Technische Maßeinheit für die elektrische Feldstärke. Diese ist ein Maß für den Spannungsabfall zwischen zwei Punkten. Die Feldstärke von 1 V/m entspricht daher einer Spannungsverminderung von 1 Volt in 1 m Abstand. In dieser Einheit sind die Grenzwerte der 26. BImSchV angegeben.