

# Magnetische Flussdichte und elektrische Feldstärke am UW Emden/Ost

## Beeinflussung von Personen durch Energieversorgungsanlagen

### EMVU-Gutachten

Im Auftrag der TenneT TSO GmbH, Bernecker Straße 70 in 85448 Bayreuth  
Vorhabenträgerinnen sind die  
TenneT TSO GmbH, Eisenbahnlängsweg 2 a in 31275 Lehrte, die  
Amprion GmbH, Robert-Schuman-Straße 7 in 44263 Dortmund sowie die  
EWE Netz GmbH, Cloppenburg Straße 302 in 26133 Oldenburg

Anzahl der Seiten  
einschließlich  
Titelseite: 51

A-00453 / 2024

Konstruktion und Prüfung  
  
Forschungsgesellschaft  
für Energie  
und Umwelttechnologie GmbH  
FGEU  
Dr. rer. nat. Olaf Platzke  
unabhängiger Sachverständiger für „Elektromagnetische  
Umweltverträglichkeit - EMVU“  
Tel 786 97 99, Fax 786 63 89

Berlin – 23.07.2024

Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH

Berlin 2024, (C) Copyright FGEU mbH.

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung oder Reproduktion unter Verwendung elektronischer Systeme, auch auszugsweise, nur mit Genehmigung der FGEU mbH.

## Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung .....	4
2. Betriebszustand.....	5
3. Berechnung der Feldstärken .....	9
4. Auswertung .....	12
4.1 Gewährleistung des Schutzes der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umweltauswirkungen (26. BImSchV) .....	12
4.2 Minimierungsvorschrift gemäß § 4 der 26. BImSchV.....	13
5. Gutachterliche Stellungnahme .....	14
6. Literatur .....	15
7. Anhang.....	15

## 1. Einleitung

Untersuchungsgegenstand ist die mögliche Beeinträchtigung von Personen (EMVU - elektromagnetische Umweltverträglichkeit) in der Umgebung des Umspannwerks Emden/Ost. Die Analyse erfolgte im Auftrag der TenneT TSO GmbH, Bernecker Straße 70 in 85448 Bayreuth.

Für den Personenschutz an Energieanlagen einer Betriebsfrequenz von 50 Hz und einer Betriebsspannung größer als 1000 V sind seit dem 22.8.2013 die Grenzwerte der 26. Verordnung zum BImSchG [26. BImSchV], mit den „effektiv anzuwendenden“ Beurteilungspegeln von 100  $\mu$ T und 5 kV/m auf Einhaltung zu überprüfen.

Für den Personenschutz bei einer Betriebsfrequenz von 0 Hz und einer Betriebsspannung von 2000 V und mehr gilt gemäß der 26. Verordnung zum BImSchG [26. BImSchV] ein Grenzwert von 500  $\mu$ T, dessen Einhaltung ebenfalls zu überprüfen ist.

## 2. Betriebszustand

Das Umspannwerk Emden/Ost wird durch die TenneT TSO GmbH betrieben und um mehrere Schaltfelder erweitert. An zwei Schaltfelder (C21 und C23) werden 380-kV-Kabel der Amprion GmbH angeschlossen. An die beiden Transformatoren der Schaltfelder C18 und C24 werden 33-kV-Kabel der EWE Netz GmbH angeschlossen.

Die 33-kV-Kabel verlaufen zu einer nahestehend geplanten 33-kV-Schaltanlage. Aufgrund der räumlichen Nähe wird der Verlauf der 33-kV-Kabel außerhalb des Umspannwerks mitbetrachtet und die Einhaltung der Grenzwerte für den gesamten Trassenverlauf des 33-kV-Kabels geprüft.

Im Schaltfeld C29 ist zukünftig ein rotierender Phasenschieber geplant. Zum jetzigen Zeitpunkt sind allerdings keine Details zu den technischen Parametern bekannt, weshalb er zunächst nicht mit berücksichtigt werden kann.

Die Belastungen des Umspannwerks Emden/Ost wurden aus den Unterlagen der TenneT TSO GmbH, der Amprion GmbH und der EWE Netz GmbH entnommen:

### 380-kV-Schaltanlage:

Sammelschienen SS1, SS2, SS3:

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	8000 A

Reserveschaltfelder C01, C04, C09, C22, C25:

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	0 A (*Reserve)

Leitungsschaltfelder C02, C19:

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	3600 A

Transformator Schaltfeld C03 (Trafo Riffgat T413: 400/155/20 kV 120 MVA):

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	182.3 A

Kupplungsschaltfelder C05, C06, C27, C30:

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	5000 A

Transformatorenschaltfelder C07, C17 (T411, T412: 400/130/30 kV 300 MVA):

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	455.8 A

Transformatorenschaltfelder C08, C10, C12, C14, C26, C28 (T421, T422, T423, T424, T426, T427: 400/310 kV 450 MVA):

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	683.7 A

Längskupplungsschaltfeld C11:

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	5000 A

Transformatorenschaltfelder C13, C20 (T428, T425: 400/230/30 kV 450 MVA):

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	683.7 A

Kupplungsschaltfelder C15, C16:

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	4000 A

Transformatorenschaltfelder C18, C24 (Trafos EWE: 405/33/33 kV 250 MVA):

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	356.4 A

Kabelschaltfelder C21, C23 (Betreiber 380-kV-Kabel: Amprion):

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	2 x 1704 A

Transformatorenschaltfeld C29 (Rotierender Phasenschieber noch nicht ausgebaut):

Nennspannung	380 kV
max. Stromfluss	490 A

220-kV-Anlage:

Kabelfelder D58, D55 (T428, T425: 400/230/30 kV 450 MVA):

Nennspannung	220 kV
max. Stromfluss	1180.9 A

155-kV-Anlage:

Kabelfeld D53 (Trafo Riffgat T413: 400/155/20 kV 120 MVA):

Nennspannung	155 kV
max. Stromfluss	447.0 A

110-kV-Anlage:

Kabelfelder E51, E52 (T411, T412: 400/130/30 kV 300 MVA):

Nennspannung	110 kV
max. Stromfluss	1574.6 A

33-kV-Anlage:

Kabelfelder EWE (Trafos EWE: 405/33/33 kV 250 MVA):

Nennspannung	33 kV
max. Stromfluss	2 x 2187 A

Die drei Konverterstationen wurden nicht nachgebildet, da diese komplett metallisch gekapselt sind und laut Hersteller kein Feld emittieren.

Für die Maximalwerte bei Strom und Spannung sind jeweils der thermisch maximal zulässige Dauerstrom und die maximale Betriebsmittelspannung zu Grunde gelegt.

Im realen Betrieb ist der tatsächliche Stromfluss häufig erheblich geringer als die angegebenen Maximalwerte, welche zur Beurteilung entsprechend der 26. Verordnung zum BImSchG heranzuziehen sind, und unterliegt zeitlichen Schwankungen.

Die Positionen und Abmessungen der Schaltanlagenfelder sowie der Verlauf der Freileitungen und Kabeltrassen stammen aus den Unterlagen und Beschreibungen

der TenneT TSO GmbH, der Amprion GmbH und der EWE Netz GmbH, welche in Kopie als Anlage beiliegen.

### 3. Berechnung der Feldstärken

Die Berechnung der Feldstärken erfolgte auf der Grundlage der technischen Unterlagen der TenneT TSO GmbH, der Amprion GmbH und der EWE Netz GmbH mittels der Software "WinField Release 2024" der FGEU mbH entsprechend DIN EN 50413. Als Stromfluss wurde eine maximale Auslastung des Umspannwerkes bei einer Betriebsspannung von 420 kV (bei 380 kV Nennspannung), 245 kV (bei 220 kV Nennspannung), 155 kV, 123 kV (bei 110 kV Nennspannung) bzw. 36 kV (bei 33 kV Nennspannung) angesetzt. Im realen Betrieb wird die komplette Anlage jedoch nicht bei maximalem Stromfluss betrieben. Die möglichen Fehler betragen:

Position: +/- 1 m  
 Feldstärke: 5% (gültig für die ungestörten Feldstärken; bei der Berücksichtigung von Gebäuden kann der Fehler der elektrischen Feldstärke wesentlich größer sein. Die Feldstärken im Aufenthaltsbereich von Personen werden jedoch über und nicht unterschätzt.)

Berechnet wurden jeweils die magnetische Flussdichte B [ $\mu\text{T}$ ] und die elektrische Feldstärke E [kV/m] bei Frequenzen von 0 Hz und 50 Hz, in 0.2 m, 1 m, und 2 m Höhe über dem Erdboden. Für die Kabeltrassen der Amprion GmbH (380-kV-Kabel) sowie der EWE Netz GmbH (33-kV-Kabel) wurde zusätzlich jeweils die magnetische Flussdichte außerhalb des Begrenzungszaunes in 0.2 m über dem Erdboden berechnet.

Die Ergebnisse sind im Anhang dargestellt. Die maximalen Werte in 20 cm Abstand vor dem Begrenzungszaun betragen:

#### Ergebnis 50 Hz:

Umspannwerk Kabeltrassen, nachfolgend)	(ohne siehe	magnetische Flussdichte	elektrische Feldstärke
in 0.2 m Höhe		91.2 $\mu\text{T}$	2.7 kV/m
in 1 m Höhe		57.9 $\mu\text{T}$	2.7 kV/m
in 2 m Höhe		41.4 $\mu\text{T}$	2.8 kV/m

Die Maximalwerte der magnetischen Flussdichte und der elektrischen Feldstärke treten in der Nähe des Kabelfeldes D53 auf. Dieser Bereich wird von der Freileitung überspannt, welche an das Leitungsschaltfeld C02 angeschlossen ist.

Kabeltrassen außerhalb des Umspannwerkes in 0.2 m Höhe	magnetische Flussdichte
33-kV-Kabeltrasse (EWE Netz GmbH, im Trogbauwerk, nicht allgemein zugänglich)	164 $\mu\text{T}^*$ )
33-kV-Kabeltrasse (EWE Netz GmbH)	34.7 $\mu\text{T}^{**})$

\*) Die ermittelten Maximalwerte liegen an Orten, die nur zum vorübergehenden Aufenthalt bestimmt sind. Es handelt sich daher nicht um maßgebliche Immissionsorte im Sinne der 26. BImSchV.

\*\*\*) Die ermittelten Maximalwerte resultieren aus der engen Parallelführung mit der 380-kV-Kabeltrasse und der Überspannung durch die 380-kV-Freileitung.

#### Ergebnis 0 Hz:

	magnetische Flussdichte
in 0.2 m Höhe	47.4 $\mu\text{T}$
in 1 m Höhe	21.1 $\mu\text{T}$
in 2 m Höhe	10.5 $\mu\text{T}$

Es sind folgende Besonderheiten zu beachten:

- Die elektrische Feldstärke ist weitgehend unabhängig von der Übertragungsleistung. Bei geringerer Leistung steigt die Zugspannung der Leiterseile und der Durchhang nimmt ab. Die Folge ist eine etwas geringere Bodenfeldstärke.
- Der Einfluss der Vegetation auf dem Grundstück wurde nicht berücksichtigt. In der Praxis wird die elektrische Feldstärke hierdurch erheblich reduziert. Im günstigsten Fall bis fast auf null - direkt unter Bäumen ist die Feldstärke praktisch null.

- Die elektrische Feldstärke innerhalb von Gebäuden ist vernachlässigbar, da die Außenwände das elektrische Feld abschirmen.
- Die magnetische Flussdichte ist proportional zum Stromfluss. Bei geringerer Auslastung ist diese linear zu reduzieren.
- Die magnetische Flussdichte durchdringt Gebäude ungestört und ist praktisch nicht abschirmbar.
- Das Auftreten anderer Frequenzen als 0 Hz und 50 Hz ist vernachlässigbar. Dies trifft auch auf Oberwellenanteile zu.
- Anhaltspunkte für eine weitere Vorbelastung als durch die berücksichtigten Feldquellen (siehe Kapitel 2. Betriebszustand), liegen nicht vor. Dies trifft auch auf Hochfrequenzanlagen mit einer Frequenz von 9 Kilohertz bis 10 Megahertz zu, welche bis zu einem Abstand von 300 Metern relevant zur Vorbelastung beitragen können. Die nächstgelegene Hochfrequenzanlage mit entsprechendem Frequenzbereich ist mehrere Kilometer von der Schaltanlage entfernt (Information abgerufen am 17.07.2024 über die EMF-Datenbank der Bundesnetzagentur).

## 4. Auswertung

### 4.1 Gewährleistung des Schutzes der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umweltauswirkungen (26. BImSchV)

Die maximal im Aufenthaltsbereich von Personen zu erwartenden Feldstärken sind im Folgenden den Grenzwerten zum Schutz der Allgemeinheit und der Nachbarschaft vor schädlichen Umweltauswirkungen gegenübergestellt.

Im Jahr 2010 wurden von der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) überarbeitete Richtwertempfehlungen für die Allgemeinbevölkerung erlassen [ICNIRP 10]. Seit dem 22.08.2013 ist die Novellierung der 26. Verordnung zum BImSchG [26. BImSchV] gesetzlich bindend, welche auf den überarbeiteten ICNIRP-Empfehlungen basiert und Grenzwerte für die magnetische Flussdichte und die elektrische Feldstärke definiert. Diese Grenzwerte, die bereits den Vorsorgeaspekt berücksichtigen, sind für 50-Hz-Felder seitdem mit 200  $\mu\text{T}$  und 5 kV/m festgelegt. Für die magnetische Flussdichte gilt allerdings, dass auch die Hälfte des Grenzwertes nicht überschritten werden darf. Die „effektiv anzuwendenden“ Grenzwerte der novellierten 26. BImSchV sind für 50 Hz somit 100  $\mu\text{T}$  und 5 kV/m. Für 0-Hz-Felder beträgt der Grenzwert der magnetischen Flussdichte 500  $\mu\text{T}$ . In den nachfolgenden Tabellen sind die maximal im Aufenthaltsbereich von Personen zu erwartenden Feldstärken den „effektiv anzuwendenden“ Grenzwerten der novellierten 26. BImSchV gegenübergestellt.

	<b>max. magnetische Flussdichte und elektrische Feldstärke  (Effektivwerte)</b>	<b>26. BImSchV  „effektiv anzuwendende“ Grenzwerte  (Effektivwerte)</b>
B [ $\mu\text{T}$ ]	91.2	100
E [kV/m]	2.8	5

(Anmerkung: Geltungsbereich der Richtwerte ist 50 Hz)

	<b>max. berechnete Feldstärken  (Effektivwerte)</b>	<b>26. BImSchV Grenzwert  (Effektivwerte)</b>
B [ $\mu$ T]	47.4	500

(Anmerkung: Geltungsbereich der Richtwerte ist 0 Hz)

Die „effektiv anzuwendenden“ Grenzwerte der 26. BImSchV werden unterschritten. Aus Sicht des Personenschutzes sind insofern keine Maßnahmen erforderlich. Eine Beeinträchtigung für Menschen ist nach heutigem Stand des Wissens auszuschließen. Auch eine mittelbare Gefährdung durch Einwirkung der Felder auf elektronische Lebenshilfen, wie z.B. Herzschrittmacher, ist nicht zu erwarten.

In Gebäuden ist die elektrische Feldstärke praktisch null. Die berechnete magnetische Flussdichte (50-Hertz-Feld) sinkt auf 1 m Höhe über dem Erdboden auf 57.9  $\mu$ T. Felder dieser Größenordnung können durchaus auch in Bürogebäuden oder Wohnungen angetroffen werden, die nicht im Einzugsbereich von Umspannwerken liegen. Insbesondere sind die Feldstärken in Industriebetrieben oder in der Umgebung von Elektrogeräten häufig erheblich höher.

#### **4.2 Minimierungsvorschrift gemäß § 4 der 26. BImSchV**

Gemäß 26. BImSchV sind bei Errichtung und wesentlicher Änderung von Niederfrequenzanlagen sowie Gleichstromanlagen die Möglichkeiten auszuschöpfen, die von der jeweiligen Anlage ausgehenden elektrischen und magnetischen Felder nach dem Stand der Technik unter Berücksichtigung von Gegebenheiten im Einwirkungsbereich zu minimieren. Die näheren Anforderungen sind in der Allgemeinen Verwaltungsvorschrift zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV [26. BImSchVVwV] geregelt.

#### **Vorprüfung**

Zunächst ist eine Vorprüfung vorgesehen, bei der ermittelt wird, ob eine Prüfung von Minimierungsmaßnahmen erforderlich ist. Hier ist dies nicht der Fall, da es sich bei der Baumaßnahme zwar um eine wesentliche Änderung der Anlage handelt, aber im

Einwirkungsbereich der Anlage (100 m für Stromrichteranlagen/Umspannanlagen mit 380 kV Nennspannung) kein maßgeblicher Minimierungsort liegt.

### **Ergebnis**

Da die Vorprüfung ergeben hat, dass sich im Einwirkungsbereich der Anlage kein maßgeblicher Minimierungsort befindet, ist eine weitergehende Ermittlung von Minimierungsmaßnahmen nicht notwendig. Die Vorgaben des § 4 der 26. BImSchV, konkretisiert durch die 26. BImSchVVwV, werden vollständig eingehalten.

## **5. Gutachterliche Stellungnahme**

Wie im Kapitel "4. Auswertung" ausführlich dargelegt wurde, sind aus der Sicht des Personenschutzes entsprechend 26. BImSchV keine Maßnahmen erforderlich. Dem geplanten Bauvorhaben ist deshalb hinsichtlich der elektromagnetischen Umweltverträglichkeit ausdrücklich Zustimmung zu erteilen. Eine Beeinträchtigung der Gesundheit oder gar Gefährdung für Menschen ist nach heutigem Stand des Wissens auszuschließen.

## 6. Literatur

- [ICNIRP 10] **ICNIRP Guidelines**, *Guidelines for limiting exposure to time-varying electric and magnetic fields (1 Hz to 100 kHz)*. Health Physics, V99 No. 6, (Dezember 2010).
- [26. BImSchV] **Verordnung über elektromagnetische Felder** in der Fassung der Bekanntmachung vom 14. August 2013 (BGBl. I S. 3266).
- [LAI DFH 14] **Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder**, in der Fassung des Beschlusses der 128. Sitzung der Bund/Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz (LAI) am 17. und 18. September 2014 in Landshut

## 7. Anhang







































































