

**EMF – Untersuchung  
(Elektrische und magnetische Felder)**

**für das Genehmigungsverfahren im Zuge von Umbau und  
Ertüchtigungsmaßnahmen der**

**110-kV-Leitung Höchst - Bommersheim  
Bl. 3019**

**und der**

**110-kV-Leitung Pkt. Nied – Griesheim  
Bl. 3027**

Anlagenbetreiber / Auftraggeber:

Syna GmbH  
Asset Management Hochspannung  
Ludwigshafener Straße 4  
65929 Frankfurt am Main



Durchführung / Berechnung der Immissionsprognose:

EQOS Energie Deutschland GmbH  
Wolfentalstraße 29  
88400 Biberach



## Inhaltsverzeichnis

1.	Einführender Teil .....	4
1.1.	Angaben zur Anlage, Antragsteller und Bearbeiter .....	4
1.2.	Veranlassung.....	5
1.3.	Aufgabenstellung .....	5
1.4.	Elektrotechnische Erläuterungen.....	6
1.4.1.	Aufbau der 110-kV-Leitung.....	6
1.4.2.	Niederfrequente elektrische und magnetische Felder.....	6
1.4.3.	Das elektrische Feld .....	7
1.4.4.	Das magnetische Feld .....	7
1.4.5.	Gesetzliche Grenzwerte .....	7
1.4.6.	Auftreten und Abschirmung .....	8
1.4.7.	Minimierungsprüfung .....	9
2.	Ausgangssituation .....	9
2.1.	Übersicht der verwendeten Unterlagen.....	9
2.2.	Technische Parameter .....	9
2.2.1.	Parameter der geplanten 110-kV-Leitung .....	9
2.2.2.	Parameter zu den vorgesehenen Leitern und Masttypen .....	10
2.2.3.	Parameter weiterer zu berücksichtigender Anlagen.....	12
2.2.4.	Umgebungsbedingungen .....	12
3.	Kartografische Darstellung .....	13
3.1.	Übersicht der technischen Unterlagen .....	13
3.2.	Übersicht der immissionsrechtlichen Unterlagen .....	13
4.	Ermittlung der Immissionen .....	13
4.1.	Verwendete Software .....	14
4.2.	Verwendete Geodaten.....	14
4.3.	Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte .....	14
4.4.	Bewertungsabstand und Einwirkungsbereich .....	14
4.5.	Maßgebliche Immissions- und Minimierungsorte .....	14
4.6.	Oberwellenanteile .....	15
5.	Ergebnisse.....	15
5.1.	Grenzwerteinhaltung .....	15
5.2.	Überspannungsverbot für Höchstspannungsfreileitungen .....	15
5.3.	Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden .....	15
5.4.	Raumentladungswolken .....	16
5.5.	Darstellung der Berechnungsergebnisse .....	16
6.	Qualität .....	17

6.1.	Bestätigung der Richtigkeit aller Angaben .....	17
6.2.	Angaben zu Berechnungsunsicherheiten.....	17
6.3.	Schwierigkeiten in der Erstellung der Untersuchung.....	17
7.	Fazit .....	17
8.	Glossar .....	18
9.	Abbildungsverzeichnis .....	19
10.	Tabellenverzeichnis .....	19

# 1. Einführender Teil

## 1.1. Angaben zur Anlage, Antragsteller und Bearbeiter

Die vorliegende Untersuchung bewertet die zu erwartenden Immissionen durch elektrische und magnetische Felder im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für die 110-kV-Leitungen Höchst – Bommersheim und Pkt. Nied - Griesheim. Im Folgenden sind Informationen über das Genehmigungsverfahren, die Anlage und die beteiligten Institutionen aufgeführt.

Bezeichnung der Anlage:

110-kV-Leitung Höchst – Bommersheim Bl. 3019 und  
110-kV-Leitung Pkt. Nied – Griesheim Bl. 3027

Verfahren:

Planfeststellungsverfahren nach §43 EnWG

Verfahrensführende Behörde:

Regierungspräsidium Darmstadt  
Dezernat III 33.1 – Verkehrsinfrastruktur Straße und Schiene  
Wilhelminenstraße 1-2  
64285 Darmstadt

Antragsteller / Betreiber und Auftraggeber der Untersuchung:

Syna GmbH  
Asset Management Hochspannung  
Ludwigshafener Straße 4  
65929 Frankfurt am Main

Durchführung der Untersuchung / Auftragnehmer:

EQOS Energie Deutschland GmbH Wolfentalstraße 29 88400 Biberach	EQOS Energie Luxembourg S.à r.l. 18, Duchscherstrooss 6868 Wecker, Luxemburg
---	--

Gesamtbearbeitung Immissionsunterlage:

Leitungstechnische Berechnung	Michael Roderich (EQOS Energie)
Immissionsberechnung	David Piwonski (EQOS Energie)
Bericht	Michael Roderich (EQOS Energie)
Prüfung Auftraggeber	Henning Sprenger (Syna GmbH)

Berichtsdatum: 20.07.2021

Version: V.2/210709

Sachkundehinweis:

Die für die Berechnung und Interpretation notwendige Sachkunde ergeht über die akademischen Abschlüsse und werden im Rahmen wiederkehrender Schulungen bei der FGEU mbH von den bearbeitenden und prüfenden Personen aktualisiert.

## 1.2. Veranlassung

Im Raum Frankfurt West ist ein deutlicher Lastanstieg und der Bedarf an weiterer elektrischer Energie zu verzeichnen. Insbesondere im Gewerbegebiet Sossenheim haben sich zunehmend Gewerbebetriebe und insbesondere Rechenzentren mit hohen Leistungsanforderungen angesiedelt. Die Sicherstellung der Energieversorgung von Industrie- und Gewerbekunden machte daher bereits den Neubau der 110-kV-Umspannanlage Sossenheim im dortigen Gewerbegebiet erforderlich.

Mit der Errichtung der weiteren bereits fest geplanten Rechenzentren können die vorhandenen Stromkreise die Versorgungssicherheit für den Raum Frankfurt-West ohne die im folgenden beschriebene Netzerweiterung nicht mehr gewährleisten. Des Weiteren muss davon ausgegangen werden, dass der Leistungsbezug in diesem Gebiet, insbesondere durch den Ausbau bzw. Zubau von weiteren Rechenzentren, bzw. die Leistungssteigerung der vorhandenen Anschlüsse, steigen wird.

Dies macht eine Überplanung und Neuausrichtung des 110-kV-Verteilnetzes der Syna GmbH im Raum Frankfurt am Main notwendig.

Die Syna GmbH (künftig Syna genannt) plant, die Verstärkung der bestehenden 110-kV Freileitungen zwischen Frankfurt Höchst, Oberursel – Bommersheim und Frankfurt Griesheim, um die steigenden Leistungsanforderungen in der Region bereitstellen zu können. Die gesamte Trasse ist bereits eine Bestandstrasse. In den Streckenabschnitten zwischen dem Umspannwerk Höchst bis zum Pkt. Nied (Mast 3019/0009), Bl. 3019 und von Pkt. Nied (3019/0009) bis zum Mast 3027/0016, Bl. 3027 ist eine Umstellung der Betriebsspannung von 20-kV auf 110-kV geplant. Im Streckenabschnitt von Pkt. Nied (Mast 3019/0009) bis Mast 3019/0029, Bl. 3019 ist ein Ersatzneubau der aktuellen Trasse mit einer Erweiterung von zwei auf vier 110-kV Systeme geplant.

Die Trassenführung wird im Zuge der Ertüchtigung nicht geändert, es treten lediglich bei Mastneubauten übliche kleinräumige Verschwenkungen auf, welche sich jedoch am bisherigen Verlauf orientieren und keine wesentlichen Abweichungen darstellen.

Wo möglich ist bereits die Bestandsleitung an lineare Strukturen (Straßen, Bahnlinien, Wasserläufe) gebündelt. Diese Bündelung bleibt aufrechterhalten. Eine Optimierung durch bessere Bündelung gleichartiger Infrastrukturen ist durch deren Fehlen im Landschaftsraum nicht möglich.

Im Zuge des Genehmigungsverfahrens werden die Auswirkungen durch den Betrieb der geplanten 110-kV-Leitungen bezüglich deren elektrischen und magnetischen Immissionen als Prognose berechnet und tabellarisch (siehe Anhang 8.5) als maßgebliche Immissionsorte (MIO) dargestellt. Zur besseren Wiederauffindung sind diese MIO auch mit dem jeweiligen Index (Ifd. Nummer des MIO) in den zugehörigen Planunterlagen (siehe Anhang 8.4) eingetragen.

Auch hinsichtlich des künftigen Betriebslärms wurde die geplante Anlage untersucht und eine getrennte Schallimmissionsprognose erstellt. Die hierbei zu erwartenden Geräuschimmissionen sind ebenfalls in der Tabelle (siehe Anhang 8.5) für die jeweiligen MIO erfasst.

Die nach *Sechste Allgemeine Verwaltungsvorschrift zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Technische Anleitung zum Schutz gegen Lärm – TA Lärm) Abschnitt 6* zulässigen Richtwerte werden an jedem MIO deutlich unterschritten und es sind keine weiteren Maßnahmen notwendig.

## 1.3. Aufgabenstellung

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist, die Vorgaben für elektrische und magnetische Felder durch das Vorhaben der umgebauten 110-kV-Leitungen Höchst – Bommersheim Bl. 3019 und Pkt. Nied – Griesheim Bl. 3027 einzuhalten.

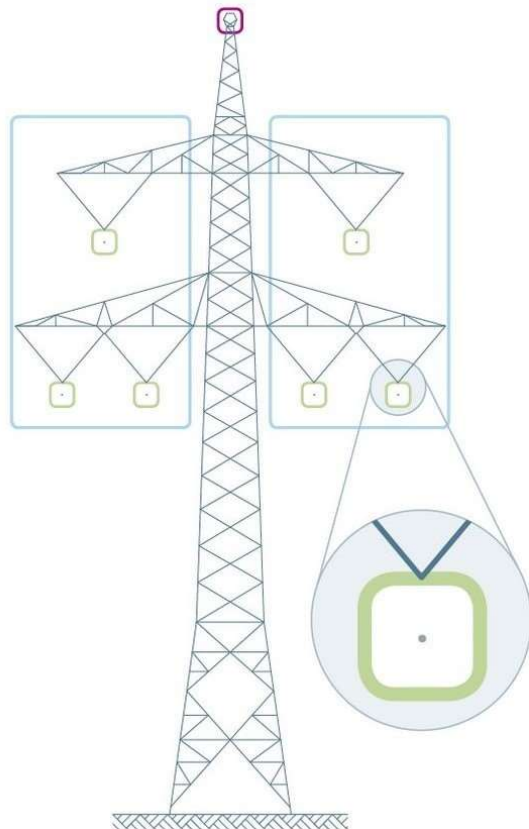
Die rechtliche Grundlage hierfür bildet die 26. BImSchV sowie die mit ihr in Verbindung stehende 26. BImSchVVwV.

Gemäß den zuvor genannten Verordnungen ist sicherzustellen, dass die hier zu genehmigende Niederfrequenzanlage bei höchster betrieblicher Auslastung die in der BImSchV genannten Grenzwerte (siehe Kapitel 1.4.5) stets eingehalten werden.

## 1.4. Elektrotechnische Erläuterungen

### 1.4.1. Aufbau der 110-kV-Leitung

Vorab wird beispielhaft die Bauweise einer 110-kV-Leitung dargestellt, um in den folgenden Kapiteln auftretende Bezeichnungen zu erleichtern.



#### Beseilung eines 2-systemigen Hochspannungsmastes

Die Beseilung von Freileitungsmasten kann, je nach Masttyp und Maststandort, variieren.

- An jeder Mastspitze befindet sich als Blitzschutzfunktion in der Regel ein Erdseil mit Lichtwellenleiter
- Auf jeder Seite des Strommastes befindet sich ein Stromkreis
- Jeder Stromkreis setzt sich aus drei Phasen zusammen, die sich je nach Masttyp unterschiedlich auf den Ebenen eines Masten verteilen

Abbildung 1: Aufbau/Beseilung eines Freileitungsmastes (Donaumast)

Sollten Fachbegriffe unbekannt sein und diese nicht in den einzelnen Textabschnitten selbst erklärt werden, befindet sich am Ende des Dokumentes noch das Glossar, welches diese kurz beschreibt.

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder sind voneinander unabhängig und werden daher auch hier in der Unterlage getrennt voneinander betrachtet.

### 1.4.2. Niederfrequente elektrische und magnetische Felder

Beim Betrieb von Anlagen zur Umspannung und Fortleitung von Elektrizität werden elektrische und magnetische Felder mit einer Frequenz von 50 Hz erzeugt. Diese sind in unmittelbarer Nähe der stromführenden Leiter der Höchstspannungsfreileitung am größten und nehmen mit zunehmender Entfernung zu den Leitern rasch ab. Diese elektrischen Feldstärken und magnetischen Flussdichten lassen sich berechnen und als Prognoseergebnis in der hier vorliegenden Immissionsunterlage darstellen.

Niederfrequente elektrische und magnetische Felder sind voneinander unabhängig und werden daher auch hier in der Unterlage getrennt voneinander betrachtet.

### 1.4.3. Das elektrische Feld

Ein elektrisches Feld gibt es um jeden elektrisch geladenen Körper. Es besteht aus Feldlinien, die an den jeweiligen Ladungen enden. Das magnetische Feld umgibt den stromdurchflossenen Leiter.

Das elektrische Feld (E-Feld) ist nicht nur bei der Übertragung elektrischer Energie vorhanden, sondern in der Beschreibung der Materie allgegenwärtig – so bewirkt es auch die Bindung von Elektronen an den Atomkern.

Freileitungen erzeugen aufgrund der unter Spannung stehenden und Strom führenden Leiterseile elektrische und magnetische Felder. Es handelt sich um Wechselfelder mit einer Frequenz von 50 Hertz (Hz). Diese Frequenz gehört zum so genannten Niederfrequenzbereich.

Ursache des elektrischen Feldes ist die Spannung. Die elektrische Feldstärke wird in Volt pro Meter (V/m) oder Kilovolt pro Meter (kV/m) angegeben.

Der Betrag hängt ab von:

- der Höhe der Spannung
- der Entfernung zum Immissionsort bzw. den Abständen zum Boden
- der Konfiguration der Leiterseile am Mast
- dem Vorhandensein von Erdseilen
- der Phasenfolge.

Da Netze mit annähernd konstanter Spannung betrieben werden, ergibt sich kaum eine Variation der Feldstärke. Die Feldstärke verändert sich lediglich durch die mit der Leiterseiltemperatur variierenden Bodenabstände.

### 1.4.4. Das magnetische Feld

Ursache für das magnetische Feld (B-Feld) ist der elektrische Strom. Die magnetische Feldstärke wird in Ampere pro Meter (A/m) angegeben. Bei niederfrequenten Feldern wird als zu bewertende Größe die magnetische Flussdichte herangezogen, die bei Vakuum und näherungsweise auch bei Luft ausschließlich über eine universelle Konstante mit der magnetischen Feldstärke verknüpft ist. Die Maßeinheit der magnetischen Flussdichte ist das Tesla (T). Sie wird zweckmäßigerweise in Bruchteilen als Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ) angegeben.

Je größer die Stromstärke, desto höher ist auch die magnetische Feldstärke.

Da die Stromstärke stark von der Netzbelastung abhängt, ergeben sich tages- und jahreszeitliche Schwankungen der magnetischen Flussdichte.

Wie auch beim elektrischen Feld hängt die räumliche Ausdehnung und Größe ab von

- der Konfiguration der Leiterseile am Mast
- den Mastabständen
- dem Vorhandensein von Erdseilen
- der Phasenfolge.

Die Feldstärke bzw. Flussdichte verändert sich zusätzlich durch die mit der Leiterseiltemperatur variierenden Bodenabstände bzw. die Entfernung zum Immissionsort.

### 1.4.5. Gesetzliche Grenzwerte

Die gesetzlichen Grenzwerte für elektrische und magnetische Felder sind in der 26. Bundes-Immissionsschutzverordnung (BImSchV) festgelegt. Diese gibt als Grenzwerte für die Freileitung bei einem Betrieb mit 50 Hertz (niederfrequente Anlagen) folgende Maximalwerte vor:

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

Diese Maximalwerte beruhen auf wissenschaftlichen Erkenntnissen und Empfehlungen der nationalen Strahlenschutzkommission (SSK) und der internationalen Kommission zum Schutz vor nicht-ionisierender Strahlung (ICNIRP).

Damit liegen die Höchstgrenzen um den Sicherheitsfaktor 50 unterhalb der Schwellenwerte, bei denen akute Wirkungen nachgewiesen werden konnten. So wird den unterschiedlichen Umgebungsbedingungen, der individuellen Empfindlichkeit, dem Alter und dem Gesundheitszustand der Menschen Rechnung getragen.

Das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) beobachtet laufend die internationalen Forschungen und passt im Bedarfsfall ihre Grenzwertempfehlung dem neuesten Stand der Technik an.

#### 1.4.6. Auftreten und Abschirmung

Die stärksten elektrischen und magnetischen Felder treten direkt unterhalb der Freileitungen zwischen den Masten am Ort des größten Durchhanges der Leiterseile auf. Die Stärke der Felder nimmt mit zunehmender seitlicher Entfernung von der Leitung ab.

**Elektrische Felder** können durch elektrisch leitfähige Materialien, z. B. durch bauliche Strukturen oder Bewuchs, gut abgeschirmt werden.

**Magnetfelder** können anorganische und organische Stoffe nahezu ungestört durchdringen.

Durch die Auslegung der Leitung für den sogenannten „n-1-Fall“ werden die Regeln und Grenzwerte der 26. BImSchV von den Übertragungsnetzbetreibern bei einem max. Betriebsstrom von 1.314 A für die Bl. 3019 und von 971 A für die Bl. 3027 eingehalten. Bei dieser Belastung wird mit etwa 29  $\mu\text{T}$  der gesetzliche Grenzwert von 100  $\mu\text{T}$  (gem. 26. BImSchV) deutlich unterschritten.

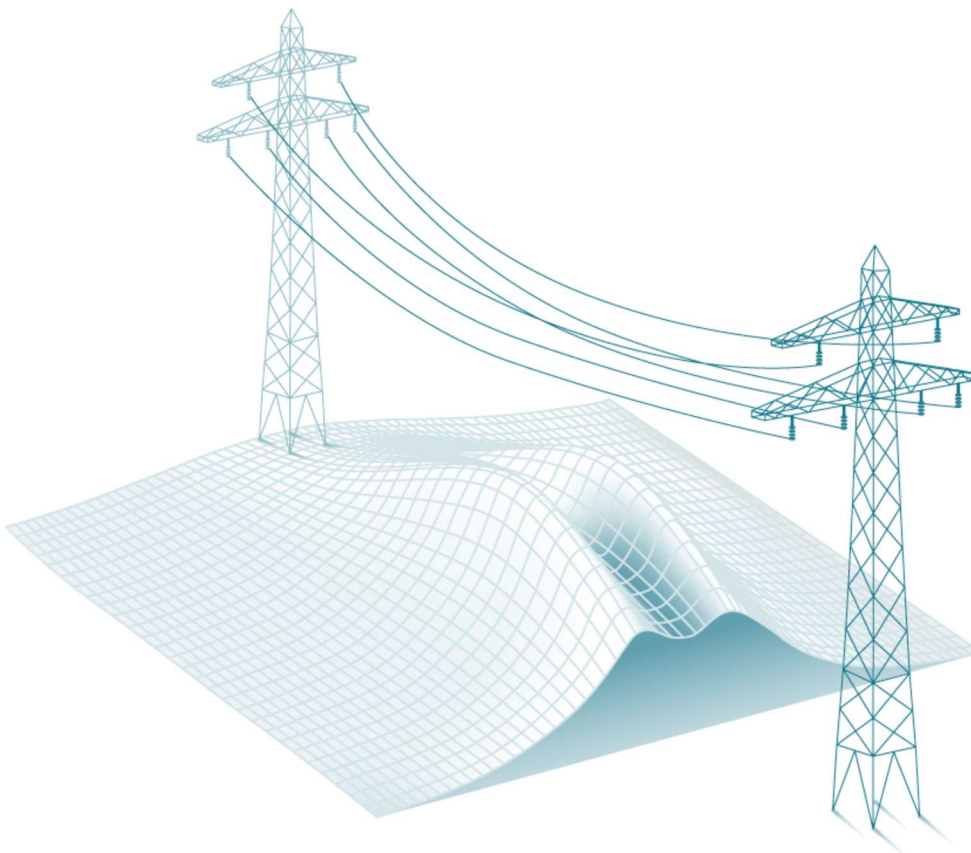


Abbildung 2: Darstellung eines magnetischen Feldes unter einer Hochspannungsleitung (mit Donaumasten)



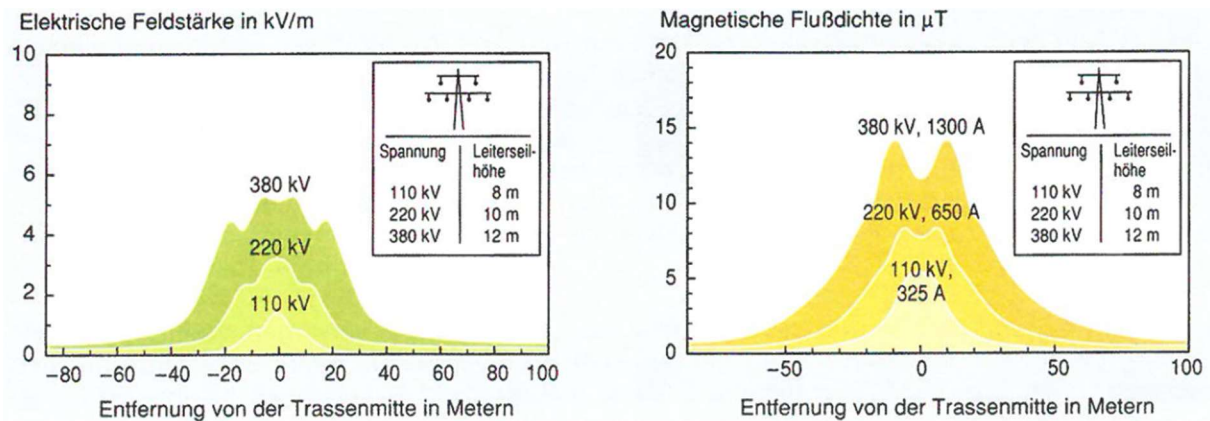


Abbildung 3: Ausbreitung des magnetischen Feldes unter einer Hoch- bzw. Höchstspannungsleitung (mit Donaumasten)

#### 1.4.7. Minimierungsprüfung

Laut 26. BImSchV gilt neben der Grenzwertregelung ein Minimierungsgebot. Die Prüfung möglicher Minimierungsmaßnahmen für neu errichtete oder wesentlich geänderte Niederfrequenz- und Gleichstromanlagen wird in § 4 Abs. 2 26. BImSchV i. V. m. 26. BImSchVVwV geregelt. Im Anhang 8.6 „Bericht zur Minimierungsprüfung“ wird auf die Prüfung der Möglichkeit der Anwendung von Minimierungsmaßnahmen Stellung genommen.

## 2. Ausgangssituation

### 2.1. Übersicht der verwendeten Unterlagen

Die technische Grundlage für die Immissionsbetrachtungen bilden die Lagepläne aus dem Anhang 3.2 sowie die Mastschemazeichnungen aus dem Anhang 4.1 dieser Genehmigungsunterlage. Die seilstatistischen/leitungstechnischen Berechnungen wurden mit der Software FIMS 3.2 der EQOS Energie bzw. FM-Profil der Firma SPIE durchgeführt, aus welcher mittels Datenschnittstelle die Daten direkt in die Immissionsberechnungssoftware WinField der FGEU übernommen wurden. Dadurch wurden Eingabefehler durch händische Einarbeitung bei der Berechnungsgrundlage vermieden.

### 2.2. Technische Parameter

#### 2.2.1. Parameter der geplanten 110-kV-Leitung

Spannung: 123-kV (Bemessungsspannung)  
 Stromstärke: 1.314 A ( für ZTAHAC 240/40b )  
 (je Stromkreis) 971 A ( für ZTAHAC 172/40b )  
 Stromrichtung: in Richtung aufsteigender Mastnummer  
 Frequenz: 50 Hz

Phasenbelegung: sich aus bautechnischer Sicht ergebende Phasenlage (Bestandssituation in den Umspannanlagen)

Es wurden keine Oberwellenanteile mit einem Vielfachen der Frequenz 50 Hz bei der Bewertung mit in Betracht gezogen, da diese keinen wesentlichen Einfluss ausüben.

Nach DIN EN 50160:2011-02 sollten unter normalen Betriebsbedingungen innerhalb eines beliebigen Wochenintervalls 95 % der 10-Minuten-Mittelwerte des Spannungseffektivwertes jeder einzelnen Oberschwingung kleiner oder gleich den in Tabelle 7 der DIN EN 50160:2011-02 hierfür genannten Anhaltswerten sein.

Die überwiegend zu erwartende Stromrichtung kann aus technischen Gründen bzw. den gegebenen Schwankungen in der Marktsituation nur schwer vorhergesagt werden. Als Worst Case wird daher hier die technische Leitungsrichtung, als Verlauf hin zur nächsthöheren Mastnummer als Stromrichtung angesetzt.

Als Worstcase Szenario wurde die Phasenlage untersucht, welche sich aus der Bestandsbelegung in den Umspannanlagen ergibt und sich dadurch als bautechnisch am einfachsten zu realisierende Phasenlage darstellt.

Im Zuge der Minimierungsprüfung (Anhang 8.5 „Bericht zur Minimierungsprüfung“) wurden weitere mögliche Phasenlagen untersucht.

### 2.2.2. Parameter zu den vorgesehenen Leitern und Masttypen

Die geplante Freileitung verfügt, wie in Abbildung 1 in Kapitel 1.4.1 dargestellt, über 2 bzw. 4 Systeme mit je 3 Phasen. Jede Phase wird als Leiterbündel mit Einzelseil ausgebildet (1er-Bündel).

Als Leiter wird folgendes Seil vorgesehen:

Leiter	Bezeichnung	Querschnitt	Durchmesser	Bündelleiter	Material
1 – 12 (Anl 3019) Portal bis Mast 0009	ZTAHAC 240/40b	282,54 mm <sup>2</sup>	21,84 mm	1fach Seil	Hacin, ZTal
1 – 12 (Anl 3019) Mast 0009 bis Mast 0029	ZTAHAC 240/40b	282,54 mm <sup>2</sup>	21,84 mm	1fach Seil	Hacin, ZTal
1 – 6 (Anl 3027) Mast 0009 bis Mast 0016	ZTAHAC 172/40b	211,85 mm <sup>2</sup>	18,90 mm	1fach Seil	Hacin, ZTal

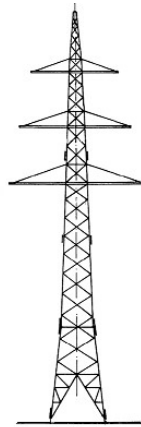
Tabelle 1: Leiterseilparameter

Für die einzelnen Abschnitte sind in den Mastschemazeichnungen (Anhang 4.1 der Planfeststellungsunterlage) die jeweils verwendeten Masttypen als Mastskizze eingetragen.

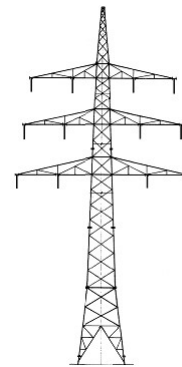
Zur Übersicht werden hier die zum Einsatz kommenden Mastgestängetypen dargestellt:



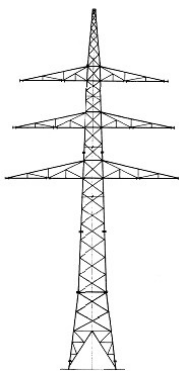
Abspann- Tragmast Typ A11  
110-kV-Doppelleitung



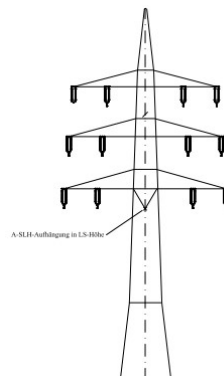
Abspann- Tragmast Typ A28  
110-kV-Doppelleitung



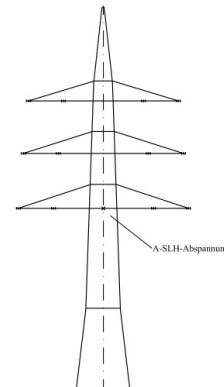
Tragmast Typ AA30  
110-kV-Vierfach-Leitung



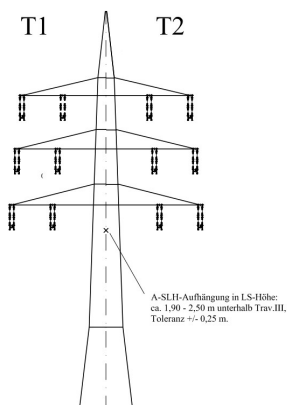
Abspannmast Typ AA30  
110-kV-Vierfach-Leitung



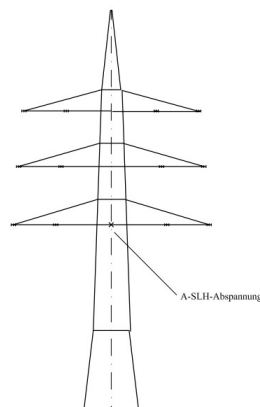
Tragmast AA60-11-22  
110-kV-Vierfach-Leitung



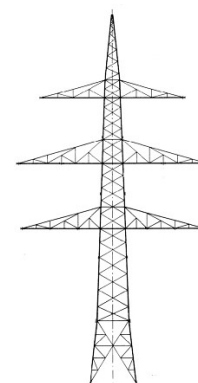
Abspannmast AA60-11-22  
110-kV-Vierfach-Leitung



Tragmast AA61-JJ-WE  
110-kV-Vierfach-Leitung



Abspannmast AA61-JJ-WE  
110-kV-Vierfach-Leitung



Abspann- Tragmast AD7  
110-kV-Vierfach-Leitung

Abbildung 4: Mastbilder der verwendeten Mast-/Gestängetypen

### 2.2.3. Parameter weiterer zu berücksichtigender Anlagen

In der nachstehenden Tabelle sind weitere in der Berechnung zu berücksichtigende Anlagen aufgeführt. Deren Lage ist aus den EMF-Lageplänen (Anhang 8.4) zu entnehmen. Der für diese Anlage zu Grunde liegende Auslastungszustand (Worst Case) ist aus den Berechnungsgrundlagen unter 8.2 und 8.3 zu entnehmen.

Anlage	Lage	Art	Verweis, Bemerkung
110-kV-Ltg. Höchst-Kelsterbach, Bl. 3018 (SYNA)	Bereich POR bis Mast 2 ( westlich parallel zu der 110-kV-Leitung Höchst – Bommersheim BL. 3019)	110-kV-Freileitung mit Tanne- und Tonnemastgestänge	Weiterführung der Planungsleitung
110-kV-Ltg. Höchst-Marxheim, Bl. 3017 (SYNA)	Bereich POR bis Mast 2 ( westlich parallel zu der 110-kV-Leitung Höchst – Bommersheim BL. 3019)	110-kV-Freileitung mit Tannenmastgestänge	Weiterführung der Planungsleitung
110-kV-Ltg. Höchst-Marxheim, Bl. 3017 (SYNA)	Bereich POR bis Mast 2 ( westlich parallel zu der 110-kV-Leitung Höchst – Bommersheim BL. 3019)	110-kV-Freileitung mit Tannenmastgestänge	Weiterführung der Planungsleitung
110-/220-kV_Kelsterbach-FW Höchst Ost, Bl. 2373 (SYNA)	Bereich POR bis Mast 2 ( westlich parallel zu der 110-kV-Leitung Höchst – Bommersheim BL. 3019)	110-/220-kV-Freileitung mit Tannenmastgestänge	Weiterführung der Planungsleitung
110-kV-Ltg. Flörsheim-Höchst, Bl. 0548 (DB-Energie)	Bereich Mast 2 bis Mast 9 ( südlich parallel zu der 110-kV-Leitung Höchst – Bommersheim BL. 3019 und danach kreuzt zw. Mast 9 und Mast 1010)	110-kV-DB Energie	Weiterführung der Planungsleitung
110-kV-Ltg. Höchst-Rödelheim, Bl. 0554 (DB-Energie)	Bereich Mast 9 bis Mast 1010 ( Kreuzung die 110-kV-Ltg. Höchst – Bommersheim BL. 3019 und danach parallel zu 110-kV-Ltg. Pkt. Nied – Griesheim Bl. 3027 zw. Mast 9 und Mast 2)	110-kV-DB Energie	Weiterführung der Planungsleitung
110-/380-kV-Ltg. Karben – Frankfurt/SW Nr. 3011 (TenneT/DBE)	Bereich Mast 1024 bis Mast 29 (östlich der 110-kV-Leitung Höchst – Bommersheim BL. 3019)	110-/380-kV-Freileitung mit Donau-einebenemastgestänge	Weiterführung der Planungsleitung
110-/380-kV Kriftel - Pkt. Eschborn Bl. 4228 (Amprion GmbH)	Bereich Mast 1027(östlich der 110-kV-Leitung Höchst – Bommersheim BL. 3019)	110-/380-kV-Freileitung	Weiterführung der Planungsleitung

Tabelle 2: zu berücksichtigende Anlagen

Wie in der Örtlichkeit oder auch aus den einschlägigen Vorgaben bekannt, sind weitere Niederfrequenzanlagen sowie 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, die gemäß Anhang 2a der 26. BImSchV entstehen, nicht im Betrachtungsraum vorhanden und zu berücksichtigen.

### 2.2.4. Umgebungsbedingungen

Die Topographie und die Bebauung sind für den jeweiligen Bereich aus den Lageplänen (Anhang 3.2) der hier vorliegenden Genehmigungsunterlagen für das Genehmigungsverfahren zu entnehmen. Die Topographie wurde, soweit sie zu berücksichtigenden Einfluss auf die zu erwartenden Feldstärken und Flussdichten hat, in der Berechnung berücksichtigt.

Es wird jedoch darauf verwiesen, dass weder die Bebauung noch der Bewuchs für die Ausbreitung der magnetischen Flussdichte eine maßgebliche Rolle spielt, da das Magnetfeld nahezu alle Stoffe ungehindert durchdringt (vgl. Kapitel 1.4.6).

Die schirmende Wirkung des Bewuchses auf das elektrische Feld wird nicht berücksichtigt.

Somit ist als Worst Case angenommen, dass kein Bewuchs vorhanden sei, womit auch die Vegetationswechsel während der verschiedenen Jahreszeiten und jederzeit mögliche Veränderungen des Bewuchses (z.B. Abholzung und Knicken) nicht zu Fehlinterpretationen führen.

### **3. Kartografische Darstellung**

#### **3.1. Übersicht der technischen Unterlagen**

Die technische Grundlage, welche auch als Grundlage für die Immissionsbetrachtungen dient, umfasst im Wesentlichen folgende Unterlagenteile in der Planfeststellungunterlage:

- Anhang 1, Erläuterungsbericht  
Beschreibung des Bauvorhabens, hier im Speziellen Kapitel 9 zu den Immissionen
- Anhang 2, Übersichtspläne  
Darstellung des Trassenverlauf im Maßstab 1:25.000 und 1:5.000
- Anhang 3.1, Lagepläne  
Darstellung der Leitungsabschnitte im Maßstab 1:2.000
- Anhang 4.1, Mastschemazeichnungen  
Darstellung der verwendeten Masttypen und deren Abmessungen

#### **3.2. Übersicht der immissionsrechtlichen Unterlagen**

Auf Basis der technischen Unterlagen, werden im Zuge der Immissionsbetrachtung folgende Unterlagenteile erstellt. Eine Übersicht stellt das Inhaltsverzeichnis dieses Materialbandkapitels M01 dar. Speziell zur Berechnung der EMF können jedoch folgende in die Planfeststellungunterlage eingestellten Unterlagenteile genannt werden:

- Anhang 8.2, B-Feld:  
Darstellung der Leitungsabschnitte ohne Maßstab aus dem Berechnungsprogramm WinField, Eintragung der berechneten Isolinien der magnetischen Felder
- Anhang 8.3, E-Feld:  
Darstellung der Leitungsabschnitte ohne Maßstab aus dem Berechnungsprogramm WinField, Eintragung der berechneten Isolinien der magnetischen Felder

### **4. Ermittlung der Immissionen**

Zur Ermittlung der Immissionen wurden Berechnungen komplett entlang des geplanten Leitungsverlaufes durchgeführt.

Im Folgenden sind Angaben zur verwendeten Software, Geodaten sowie weitere für Ermittlung und Berechnung wichtige Informationen aufgeführt.

#### 4.1. Verwendete Software

- Produktname: WinField / EFC-400 – Electric and Magnetic Field Calculation
- Hersteller: FGEU mbH, Yorckstraße 60, 10965 Berlin
- Version: V2019 (01.01.2019)
- Unsicherheit: maximal 1,4 %

#### 4.2. Verwendete Geodaten

- Datenquelle: terrestrische Vermessungsaufnahmen
- Auflösung: reale Punkteinmessung der relevanten Umgebungspunkte
- Genauigkeiten: < +/- 0,10 m
- Bezugssystem: ETRS89 (UTM / GRS80)

#### 4.3. Ermittlung der maßgeblichen Immissionsorte

Die Einordnung als maßgebliche Immissionsorte erfolgte nach Ziffer II. 3.1 und II. 3.2 der LAI-Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder. Zur Einordnung der Orte als maßgebliche Minimierungsorte wurden §4(1) der 26. BImSchV, 2.11 und 3.2.1.2 der 26. BImSchVVwV berücksichtigt.

In einer ersten pauschalierten Betrachtung konnte bereits im Zuge der Variantenfindung eine deutliche Annäherung an Wohnbebauung vermieden werden und durch die bestehende und zu ersetzende 110-kV-Freileitung bereits überspannte Wohnannäherungsbereiche mit der neuen Planung eine maßgebliche Verbesserung erreicht werden. Obwohl durch die aus der Abwägung ergehende Vorzugsvariante nunmehr keine Planungshindernisse für eine Trassierung vorliegen und weitergehende Betrachtungen prinzipiell nicht erforderlich wären, wird der Gesamtkorridor gemäß des nach 26. BImSchVVwV vorgegebenen Einwirkbereichs von 200 m hin untersucht.

#### 4.4. Bewertungsabstand und Einwirkbereich

Die maßgeblichen Immissionsorte wurden innerhalb der in II.3.1 der LAI-Durchführungshinweise angegebenen Breite des jeweils an den ruhenden äußeren Leiter angrenzenden Streifens von hier 10 Metern ermittelt.

Die maßgeblichen Minimierungsorte wurden innerhalb der in der 26. BImSchVVwV festgelegten Einwirkungsbereiche von hier 200 Metern ermittelt. Die in der 26. BImSchVVwV festgelegten Bewertungsabstände von hier 10 Metern wurden ebenfalls beachtet.

#### 4.5. Maßgebliche Immissions- und Minimierungsorte

Für maßgebliche Immissionsorte wurden die Flussdichten- und Feldstärkewerte durch Berechnungen ermittelt und in das Verzeichnis der Immissionsorte (Auflistung der Immissionsorte und der prognostizierten Immissionen) in dem Anhang 8.5 übernommen.

Die Klassifizierung der Immissionsorte erfolgte über das ATKIS, sowie einer vor-Ort-Betrachtung über die reale bzw. eine ggf. abweichende Nutzungsart.

Die Lage der einzelnen maßgeblichen Immissions- und Minimierungsorte kann den Lageplänen (EMF-Planwerk unter Anhang 8.4) entnommen werden.

#### **4.6. Oberwellenanteile**

Nach 26. BImSchV §3 müssen alle Immission einer Niederfrequenzanlage berücksichtigt werden. Dies schließt auch Oberwellenanteile (z.B. 150 Hz, 250 Hz) mit ein, wie sie z.B. durch Schaltnetzteile oder Wechselrichter erzeugt werden.

Wie bereits in Kapitel 2.2.1 angegeben, ergeben sich hierdurch keine zu berücksichtigenden Anlagenteile.

### **5. Ergebnisse**

Dieser Abschnitt ist entsprechend der einzelnen immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für elektrische und magnetische Felder aufgebaut. Zunächst werden die Ergebnisse im Hinblick auf die einzuhaltenden Grenzwerte dargelegt (§§ 3 Abs. 2, 3a Satz 1 Nr. 1 26. BImSchV i. V. m. Anhang 1a 26. BImSchV). Hierbei werden auch Aussagen zu Immissionsbeiträgen zu berücksichtigender anderer Anlagen getroffen (§§ 3 Abs. 3, 3a Satz 2 26. BImSchV i. V. m. Anhang 2a 26. BImSchV). Es folgen Aussagen zur Beachtung des Überspannungsverbots (§ 4 Abs. 3 26. BImSchV), zur Beachtung des Gebots zur Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden (§§ 3 Abs. 4, 3a Satz 1 Nr. 2 26. BImSchV) und zu Raumladungswolken. Danach werden die Ergebnisse im Hinblick auf die Beachtung des Minimierungsgebots dargelegt (§ 4 Abs. 2 26. BImSchV i. V. m. 26. BImSchVVwV).

#### **5.1. Grenzwerteinhaltung**

An allen maßgeblichen Immissionsorten mit der voraussichtlich stärksten Exposition werden die Grenzwerte eingehalten.

In der tabellarischen Aufstellung (Anhang 8.5) sind alle maßgeblichen Immissionsorte mit der voraussichtlich stärksten Exposition und die hierfür ermittelten Feldstärken aufgeführt. Daten aus Messungen wurden auf die höchste betriebliche Anlagenauslastung hochgerechnet. Immissionsbeiträge anderer Anlagen wurden mit berücksichtigt.

Dadurch ist die Genehmigungsfähigkeit der Anlage hergestellt.

Die Grenzwertbedingungen der Summenbetrachtung von Immissionsbeiträgen nach § 3 Abs. 3 gemäß Anhang 2a 26. BImSchV und Ziffer II.3.4 LAI sind erfüllt bzw. eingehalten. An allen übrigen maßgeblichen Immissionsorten werden die Grenzwerte ebenfalls eingehalten (Erst-Recht-Schluss).

#### **5.2. Überspannungsverbot für Höchstspannungsfreileitungen**

Das Überspannungsverbot für in neuer Trasse errichtete Niederfrequenzleitungen mit einer Frequenz von 50 Hz und einer Nennspannung von 220-kV oder mehr (§ 4 Abs. 3 26. BImSchV) ist für die hier beantragte Freileitung nicht maßgebend, da es sich bei der hier beantragten Freileitung um eine 110-kV-Leitung (Hochspannung) in einer bestehenden Trasse handelt.

#### **5.3. Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden**

Wirkungen wie Funkenentladungen auch zwischen Personen und leitfähigen Objekten, die zu erheblichen Belästigungen oder Schäden führen können (§§ 3 Abs. 4, 3a Satz 1 Nr. 2 26. BImSchV), werden vermieden.

Die Vermeidung von direkten Einwirkungen des elektrischen Stromes oder der Netzspannung auf Menschen (z. B. Körperdurchströmungen) wird durch die Einhaltung der gültigen Vorschriften für Bau und Betrieb einer elektrischen Anlage gewährleistet (z. B. deutsche DIN VDE Vorschriften,

europäischen EN-Vorschriften). Durch die Einhaltung dieser Vorschriften werden Abstandsbereiche geschaffen, durch welche unbefugte und nicht elektrotechnisch unterwiesene Personen nicht in den Gefahrenbereich einer solchen Anlage gelangen können. Alle Anlagen der Syna weisen diese normkonformen Abstandsbereiche aus, so dass Schäden durch direkte Einwirkungen auf Menschen sicher ausgeschlossen werden können.

Belästigungen können durch indirekte Einwirkungen elektrischer und/oder magnetischer Felder erfolgen. Hierunter versteht man Funkenentladungen bzw. Elektriziereffekte, welche unter bestimmten Bedingungen zwischen elektrischer Anlage und Menschen entstehen können. Bei der hier zur Planfeststellung anstehenden 110-kV-Leitung ist allerdings die hierfür ursächliche elektrische Feldstärke an Orten, wo sich Menschen bestimmungsgemäß aufhalten können, weit unterhalb jener Feldstärke, wo solche Effekte auftreten können. Die elektrische Feldstärke beträgt im Einwirkungsbereich am Immissionsort der höchsten elektrischen Feldstärke maximal ca. 2,2 kV/m, unter Berücksichtigung des maximalen Normlastbetriebes (siehe hierzu tabellarische Aufstellung im Anhang 8.5). Meistens ist die elektrische Feldstärke jedoch wesentlich kleiner. Für die Entstehung von Funkentladungen bzw. Elektriziereffekten sind deutlich höhere elektrische Feldstärken notwendig.

#### **5.4. Raumentladungswolken**

Raumentladungswolken sind die Folge von Korona (Teilentladungen zwischen spannungsführendem Leiterseil einer Freileitung und der das Leiterseil umgebenden, isolierenden Luft). Korona, also das Entstehen von Teilentladungen, bedingt eine hohe elektrische Randfeldstärke direkt am spannungsführenden Leiterseil (ab ca. 30 kV/cm). Da die Randfeldstärke bei der zur Genehmigung hier vorliegenden Leitung kleiner ist, treten derartige Koronaerscheinungen bei der Anlage nicht in dem erforderlichen Maße auf. Insofern bilden sich auch keine Raumentladungswolken. Wo keine Raumentladungswolken existieren, also keine ionisierte Luft, kann folglich auch keine Aerosolbildung entstehen.

#### **5.5. Darstellung der Berechnungsergebnisse**

Wie in Kapitel 3.2 genannt, erfolgt die Darstellung der Ergebnisse in grafischer Form in dem Anhang 8.2 und 8.3.



## 6. Qualität

### 6.1. Bestätigung der Richtigkeit aller Angaben

Hiermit wird die Richtigkeit aller Angaben bestätigt. Die Versionsnummer und für die Bearbeitung beteiligte und verantwortliche Personen ergeben aus dem Kapitel 1.1.

### 6.2. Angaben zu Berechnungsunsicherheiten

In der folgenden Tabelle sind alle Unsicherheiten aufgeführt. Die Unsicherheiten in der Berechnung und den Geo- und Anlagendaten liegen als Gesamtunsicherheit bei maximal 5%.

Häufige Fehlerquellen durch Datenübertragungen aus/in verschiedene Softwareprodukte sind durch eine konsequente Bearbeitung der trassierungstechnischen Grunddaten und der Berechnungsdaten in nur zwei Softwareprodukten und den gegebenen direkten Datenaustausch unter den Softwareprodukten weitestgehend ausgeschlossen.

Softwareprodukt	Bearbeitung	Unsicherheit
FIMS 3.2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grunddatenimport</li> <li>• Auswertung der Leitungsdaten</li> <li>• Leitungstrassierung</li> <li>• Schnittstelle nach WinField</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; +/- 10 cm der Punktobjekte aus der Kartengrundlage</li> <li>• Keine</li> <li>• Keine</li> <li>• Keine</li> </ul>
FM-Profil	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Grunddatenimport</li> <li>• Auswertung der Leitungsdaten</li> <li>• Leitungstrassierung</li> <li>• Schnittstelle nach WinField</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• &lt; +/- 10 cm aus der Punktobjekte aus der Kartengrundlage</li> <li>• Keine</li> <li>• Keine</li> <li>• Keine</li> </ul>
WinField	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eingabe Anlagendaten</li> <li>• Berechnung der Immissionen</li> <li>• Export der Ergebnisse in Tabellen und Planwerk</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Maximal 3 %</li> <li>• Maximal 1,4 %</li> <li>• Keine</li> </ul>
Gesamtunsicherheit		Maximal 5 %

Tabelle 3: Zusammenstellung der Unsicherheiten

### 6.3. Schwierigkeiten in der Erstellung der Untersuchung

Bei der Berechnung der Immissionen konnten alle Daten der zur Erstellung einer aussagekräftigen Berechnung ermittelt werden. Es mussten keine Ersatzwerte anhand vergleichbarer Anlagen bestimmt werden, wodurch in der Immissionsbewertung keine zusätzlichen Faktoren als Sicherheitsmarge berücksichtigt werden müssen.

## 7. Fazit

In dieser Untersuchung wurden die zu erwartenden Immissionen durch elektrische und magnetische Felder im Rahmen des Genehmigungsverfahrens für das Vorhaben der Ertüchtigungen an den 110-kV-Freileitungen Höchst – Bommersheim Bl. 3019 und Pkt. Nied – Griesheim Bl. 3027 ermittelt.

Es wurde dargelegt, dass alle maßgeblichen immissionsschutzrechtlichen Vorgaben für elektrische und magnetische Felder, einschließlich zu berücksichtigender Unsicherheiten, eingehalten werden. An allen maßgeblichen Immissionsorten werden die Grenzwerte eingehalten. Die sonstigen immissionsschutzrechtlichen Vorgaben, also das Überspannungsverbot, das Gebot zur Vermeidung erheblicher Belästigungen oder Schäden und das Minimierungsgebot, werden beachtet.

## 8. Glossar

Selbst wenn in einzelnen Themenbereichen der Planfeststellungsunterlage bereits beschrieben, erfolgt hier ggf. erneut die Beschreibung der wesentlichen Fachbegriffe.

A	Ampere (elektrischer Strom)
Abspannabschnitt	Leitungsabschnitt zwischen zwei Winkelabspannmasten (WA) bzw. Winkelendmasten (WE)
Abspannmast	An Abspann- bzw. Endmasten werden die Leiter an Abspannketten befestigt, die die resultierenden bzw. einseitigen Leiterzugkräfte auf den Stützpunkt übertragen und damit Festpunkte in der Leitung bilden
Betriebsmittel	allgemeine Bezeichnung von betrieblichen Einrichtungen in einem Netz
BImSchG	Bundes-Immissions-Schutz-Gesetz
BImSchV	Bundes-Immissions-Schutz-Verordnung
BImSchVVwV	Allgemeine Verwaltungsverordnung zur Durchführung der BImSchV
Bündelleiter	Leiter, der aus mehreren Teilleitern besteht
dB(A)	Geräuschpegel A - bewertet
Drehstromsystem	ein aus drei gleich großen um 120° verschobenen Spannungen und Strömen gebildetes Wechselstromsystem
EMF	Elektrische und magnetische Felder
EnWG	Energiewirtschaftsgesetz
EOK	Erdoberkante
Freileitung	Je nach Funktion der Maste unterscheidet man zwischen Trag- und Abspannmasten. Drehstromsysteme sind stets Dreileitersysteme. Als Isolatoren werden Hängeisolatoren verwendet, als Maste meistens Stahlfachwerkmaste (Gittermaste). Ein Erdseil wird für den Blitzschutz verwendet. Die Praxis einer nachträglichen Installation einzelner Stromkreise ist weit verbreitet.
Gestänge	Fachbegriff für Tragwerk
Hochspannung	Spannungsbereich von 60 bis 110kV
Höchstspannung	Spannungsbereich von 220kV und höher
ICNIRP	Internationale Strahlenschutzkommission für nicht ionisierende Strahlung
Koronaentladung	Teildurchschläge in der Luftisolierung bei Freileitungen
Leiterseil	seilförmiger Leiter
Netz	System von zusammenhängenden Einrichtungen (Leitungen, Umspannwerke) zur Übertragung von elektrischer Energie
(n-1)-Kriterium	Anforderung an das Übertragungsnetz zur Beurteilung der Netz- und Versorgungssicherheit. Beinhaltet ein Netzbereich eine bestimmte Anzahl (n) von Betriebsmitteln, so darf ein beliebiges Betriebsmittel ausfallen, ohne dass es zu dauerhaften Grenzwertverletzungen bei den verbleibenden Betriebsmitteln kommt, dauerhafte Versorgungsunterbrechungen entstehen, eine Gefahr der Störungsausweitung besteht oder eine Übertragung unterbrochen werden muss.
Querträger	seitliche Ausleger (Traverse) an einem Mast zur Befestigung der Leiter
Spannfeld	Leitungsbereich zwischen zwei Masten
Stromkreis	Einzelne elektrische Verbindung zweier Umspannwerke, baulich bestehend aus einem System einer Leitung und Schaltfeldern in den Umspannwerken
System	Drei zusammengehörige voneinander und der Umgebung isolierte Leiter zur Übertragung von Drehstrom
µT	Mikrotesla (1/1.000.000 Tesla), Einheit der magnetischen Flussdichte

Tragmast	Tragmaste tragen die Leiter (Tragketten) bei geradem Verlauf. Sie übernehmen im Normalbetrieb keine Zugkräfte
TA Lärm	Technische Anleitung Lärm
Traverse	siehe Querträger.
Umspannwerk	Hochspannungsanlage mit Transformatoren zum Verbinden von Netzen verschiedener Spannungen
ÜNB	Übertragungsnetzbetreiber
UW	Umspannwerk
V	Volt (Einheit der elektrischen Spannung)
kV	Kilovolt (1.000V)
kV/m	Einheit der elektrischen Feldstärke
VA	Voltampere (Einheit der Blind- oder Scheinleistung)
MVA	Megavoltampere (1.000.000VA), Einheit für Schein- und Blindleistung
2-systemig	Leitung mit zwei Drehstromsystemen zu je drei Leitern

## 9. Abbildungsverzeichnis

<i>Abbildung 1: Aufbau/Beseilung eines Freileitungsmastes (Donaumast)</i> .....	6
<i>Abbildung 2: Darstellung eines magnetischen Feldes unter einer Hochspannungsleitung (mit Donaumasten)</i> .....	8
<i>Abbildung 3: Ausbreitung des magnetischen Feldes unter einer Hoch- bzw. Höchstspannungsleitung (mit Donaumasten)</i> .....	9
<i>Abbildung 4: schematische Darstellung möglicher Phasenlagen an unterschiedlichen Masttypen</i> .....	
<i>Abbildung 5: Darstellung der Immissionen zum <b>E-Feld</b> bei ungünstigster Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen</i> .....	
<i>Abbildung 6: Darstellung der Immissionen zum <b>E-Feld</b> bei günstigster Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen</i> .....	
<i>Abbildung 7: Darstellung der Immissionen zum <b>B-Feld</b> bei ungünstigster Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen</i> .....	
<i>Abbildung 8: Darstellung der Immissionen zum <b>B-Feld</b> bei günstigster Phasenlage an unterschiedlichen Masttypen</i> .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>
<i>Abbildung 9: Mastbilder des für den Neubau verwendeten Mast-/Gestängetyps</i> .....	<b>Fehler! Textmarke nicht definiert.</b>

## 10. Tabellenverzeichnis

<i>Tabelle 1: Leiterseilparameter</i> .....	10
<i>Tabelle 2: zu berücksichtigende Anlagen</i> .....	12
<i>Tabelle 3: Zusammenstellung der Unsicherheiten</i> .....	17