

---

# Elektrische und magnetische Felder in der Umgebung von Hochspannungs- freileitungen

Dokumentation der Ergebnisse von Feldstärkeberechnungen

**Auftraggeber:** Stadt Freising  
Amt 61 - Stadtplanung und Umwelt  
Amtsgerichtsgasse 1  
85354 Freising

**Ort:** Staatliches berufliches Schulzentrum Freising  
Wippenhauser Straße 57  
85354 Freising

**Durchführung:** EM-Institut GmbH  
Carlstr. 5  
93049 Regensburg

IMST GmbH  
Carl-Friedrich-Gauß-Str. 2-4  
47475 Kamp-Lintfort

**Projektnummer:** 19/061

**Ort und Datum:** Regensburg, 30. Mai 2020

## **Auftragnehmer:**

EM-Institut GmbH  
Carlstraße 5  
93049 Regensburg  
Tel.: 0941/298365-0  
Fax: 0941/298365-2

IMST GmbH  
Carl-Friedrich-Gauß-Straße 2-4  
47475 Kamp-Lintfort

## **Verfasser:**

Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek  
E-Mail: matthias.wuschek@em-institut.de

## **Auftraggeber:**

Stadt Freising  
Amt 61 - Stadtplanung und Umwelt  
Amtsgerichtsgasse 1  
85354 Freising  
Frau Metz  
Tel.: 08161-54-46108  
E-Mail: beate.metz@freising.de

Projektnummer: 19/061  
Version: 1.1  
Ort und Datum: Regensburg, 30. Mai 2020

## Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>Expositionsbewertung für niederfrequente Felder .....</b>	<b>5</b>
<b>2.1</b>	<b>Feldimmissionen in der Umgebung von Anlagen der elektri- schen Energieversorgung.....</b>	<b>5</b>
<b>2.2</b>	<b>Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>Durchführung der Feldstärkeberechnungen.....</b>	<b>7</b>
<b>3.1</b>	<b>Arbeitsumfang .....</b>	<b>7</b>
<b>3.2</b>	<b>Randbedingungen .....</b>	<b>8</b>
<b>4</b>	<b>Ergebnisse der Feldstärkeberechnungen .....</b>	<b>8</b>
<b>4.1</b>	<b>Magnetfeld .....</b>	<b>8</b>
<b>4.2</b>	<b>Elektrisches Feld.....</b>	<b>10</b>
<b>4.3</b>	<b>Auswertung der Berechnungsergebnisse .....</b>	<b>12</b>
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung.....</b>	<b>14</b>
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis .....</b>	<b>15</b>
<b>7</b>	<b>Grenzwerte und ihre Festlegung.....</b>	<b>16</b>

# 1 Aufgabenstellung

Im Bereich des Staatlichen beruflichen Schulzentrums Freising (Wippenhauser Straße 57, 85354 Freising) verlaufen zwei Hochspannungsfreileitungstrassen (siehe Bild 1.1). Es handelt sich hierbei zum einen um die 110-kV-Bahnstromfreileitung Nr. 411 der DB Energie GmbH, die von Landshut nach Karlsfeld verläuft. Das Untersuchungsgebiet befindet sich zwischen den Masten Nr. 643 und 645. Parallel dazu verläuft nördlich davon eine 110-kV-Hochspannungsfreileitung (LH-06-J278 Unterschleißheim - Großveniecht) der Bayernwerk Netz GmbH. Das Untersuchungsgebiet befindet sich zwischen den Masten Nr. 134 und 136.

Anlässlich von Neubauvorhaben im Schulzentrum soll eine Untersuchung bezüglich der Größe der Immissionen durch niederfrequente elektrische und magnetische Felder vorgenommen werden. Die EM-Institut GmbH, Regensburg wurde mit der Ermittlung und Bewertung der Immissionen beauftragt und führt diese in Zusammenarbeit mit dem Prüfzentrum der IMST GmbH, Kamp-Lintfort durch.

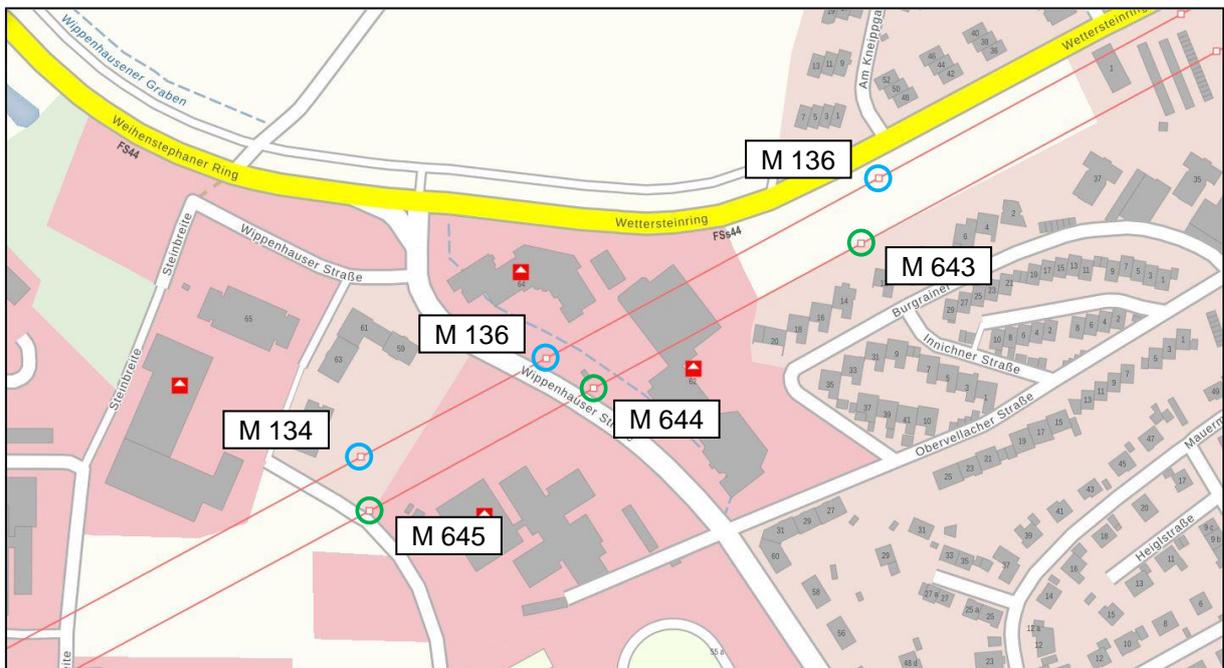


Bild 1.1 Staatliches berufliches Schulzentrum Freising mit den beiden aktuell vorhandenen 110-kV-Freileitungstrassen.

Es sind hierbei folgende Untersuchungen vorzunehmen:

- Berechnung der von den Freileitungen im Bereich des Schulzentrums verursachten elektrischen und magnetischen Felder (drei vertikale Feldverteilungen).
- Vergleich der ermittelten Feldstärkewerte mit den Grenzwerten der 26. BImSchV.

Die Durchführung sowie die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in im Folgenden dokumentiert.

## 2 Expositionsbewertung für niederfrequente Felder

### 2.1 Feldimmissionen in der Umgebung von Anlagen der elektrischen Energieversorgung

In der Umgebung von Anlagen der elektrischen Energieversorgung (z.B. Freileitungen, Erdkabel, Umspannwerke, Transformatorstationen) entstehen grundsätzlich zwei Typen von Feldern, das *elektrische Feld* und das *magnetische Feld*. Elektrisches und magnetisches Feld stehen bei allen Einrichtungen der elektrischen Energieversorgung in keinem festen Verhältnis zu einander. Dies bedeutet, dass aus der Größe des einen Feldes nicht auf die Größe des anderen geschlossen werden kann. Aus diesem Grund sind in der Umgebung derartiger Anlagen immer sowohl das elektrische als auch das magnetische Feld getrennt zu ermitteln.

Für diese beiden Felder werden folgende physikalischen Symbole und Einheiten verwendet:

- Für niederfrequente *magnetische Felder*: Der Effektivwert der magnetischen Flussdichte  $B$  in Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ).
- Für niederfrequente *elektrische Felder*: Der Effektivwert der elektrischen Feldstärke  $E$  in Volt pro Meter ( $\text{V/m}$ ) oder Kilovolt pro Meter ( $\text{kV/m}$ ).

Im Unterschied zum magnetischen Feld, dessen Größe von den aktuell in den Leitungen fließenden Strömen beeinflusst wird, sind die elektrischen Felder nicht von der Stromauslastung der Leitungen abhängig. Sie sind immer dann vorhanden, wenn die Leitungen "unter Spannung" stehen. Allerdings sind die Größe und die räumliche Verteilung der elektrischen Felder sehr stark von den aktuellen Umgebungsbedingungen (z.B. Luft- und Bodenfeuchte, vorhandener Bewuchs und Bebauung) abhängig, so dass häufig örtlich und zeitlich stark variierende Feldstärkewerte auftreten. Niederfrequente Magnetfelder werden hingegen von der Umgebung (Vegetation, Bebauung) nur wenig beeinflusst.

### 2.2 Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV

Grundsätzlich ist die Exposition der Allgemeinbevölkerung in der Umgebung von wichtigen Anlagen der elektrischen Energieversorgung ("Niederfrequenzanlagen") für Deutschland in der "26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)" geregelt [26. BImSchV]. Nach 26. BImSchV zählen zu den Niederfrequenzanlagen beispielsweise Freileitungen und Erdkabel mit einer Spannung von 1.000 V oder mehr. Die hier zu betrachtenden 110-kV-Freileitungen fallen also unter die Regelungen der 26. BImSchV.

Die Grenzwerte der 26. BImSchV für von Niederfrequenzanlagen erzeugte Felder mit einer Frequenz von 16,7 Hz (Bahnstromversorgung) beziehungsweise 50 Hz (allgemeine Energieversorgung) sind in Tabelle 1.1 angegeben. Weitere Informationen über die Grenzwerte für niederfrequente Felder finden sich in Kapitel 7 dieses Berichts.

Frequenz	Grenzwert für die elektrische Feldstärke (Effektivwert)	Grenzwert für die magnetische Flussdichte (Effektivwert)
16,7 Hz	5 kV/m	300 $\mu$ T
50 Hz	5 kV/m	100 $\mu$ T

Tabelle 2.1 Grenzwerte nach 26. BImSchV für elektrische und magnetische Felder in der Umgebung von Niederfrequenzanlagen mit einer Betriebsfrequenz von 16,7 beziehungsweise 50 Hz.

Nach §3 der 26. BImSchV sind die in Tabelle 2.1 dokumentierten Grenzwerte an allen Orten einzuhalten, die zum "nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Personen" bestimmt sind.

Bei Grundstücken im Bereich eines Bebauungsplans oder innerhalb eines im Zusammenhang bebauten Ortsteils oder bei einem mit Wohngebäuden bebauten Grundstück im Außenbereich ist in der Regel von einer Bestimmung zum nicht nur vorübergehenden Aufenthalt auszugehen [LAI 14].

Das Netz für die Bahnstromversorgung wird in Deutschland mit Wechselstrom der Frequenz 16,7 Hz, die Leitungen und Anlagen der allgemeinen elektrischen Energieversorgung werden hingegen mit Drehstrom der Frequenz 50 Hz (oder - in seltenen Fällen - mit Gleichstrom) betrieben, so dass bei den hier betrachteten Anlagen für das elektrische Feld ein Grenzwert von 5.000 V/m (5 kV/m) und für das Magnetfeld ein Grenzwert von 300  $\mu$ T (Bahnstromleitung) beziehungsweise 100  $\mu$ T (Leitung der Bayernwerk Netz GmbH) anzuwenden sind.

Für jeden Ort in der Umgebung der Freileitungen kann mittels Berechnungen die dort herrschende Feldstärke getrennt nach dem Verursacher (Leitung 1 oder Leitung 2) ermittelt werden. Anschließend bewertet man die gefundenen Feldstärkewerte mit den für die jeweilige Leitung geltenden Grenzwert und erhält dadurch eine Grenzwertausschöpfung, die meist in Prozent angegeben wird. Im letzten Schritt summiert man - jeweils für das elektrische und das magnetische Feld getrennt - die individuellen Grenzwertausschöpfungen auf. Die Vorgaben der 26. BImSchV sind am betrachteten Punkt eingehalten, wenn die so ermittelte Summen-Grenzwertausschöpfung sowohl für das elektrische als auch das magnetische Feld jeweils unter 100 Prozent bleiben.

In diesem Fall ist dann am betrachteten Ort ein Daueraufenthalt von Personen der Allgemeinbevölkerung ohne Einschränkungen möglich.

Wie oben bereits erwähnt, ist die Stärke der in der Umgebung einer Freileitung entstehenden niederfrequenten Magnetfelder erheblich abhängig von deren momentanen Strombelegung. Nach 26. BImSchV ist für den Grenzwertvergleich die bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung entstehende Immission heranzuziehen. Aus diesem Grund müssen bei der Ermittlung der Magnetfelder die größtmöglichen Ströme in den Leitungen angenommen werden.

### 3 Durchführung der Feldstärkeberechnungen

#### 3.1 Arbeitsumfang

Um die entstehenden Feldstärken in verschiedenen Höhen über Grund einschätzen zu können, wurde im Rahmen dieser Immissionsuntersuchung die vertikale Verteilung der magnetischen Felder durch drei Vertikalschnitte im Bereich des Untersuchungsgebietes ermittelt (siehe violett eingezeichnete Schnittlinien in Bild 3.1).

Da niederfrequente Magnetfelder - im Gegensatz zu den elektrischen Feldern - weder durch Vegetation noch durch gewöhnliche Gebäudemauern nennenswert geschwächt werden, stellen diese im Regelfall im Gebäudeinneren die dominierende Feldgröße dar.

Um auch einen tendenziellen Eindruck über die Größe der im Freien entstehenden elektrischen Felder zu erhalten, wurde für diese drei Schnittebenen ebenso die Verteilung der elektrischen Feldstärke berechnet, wobei der Einfluss von in der unmittelbaren Umgebung vorhandener Vegetation (z.B. Bäume) und Gebäude nicht in die Berechnungen einbezogen wurde.

Es sei an dieser Stelle noch angemerkt, dass die so ermittelten Werte für das elektrische Feld nicht für Punkte innerhalb von Gebäuden Gültigkeit besitzen, sondern dort typisch deutlich geringer ausfallen.

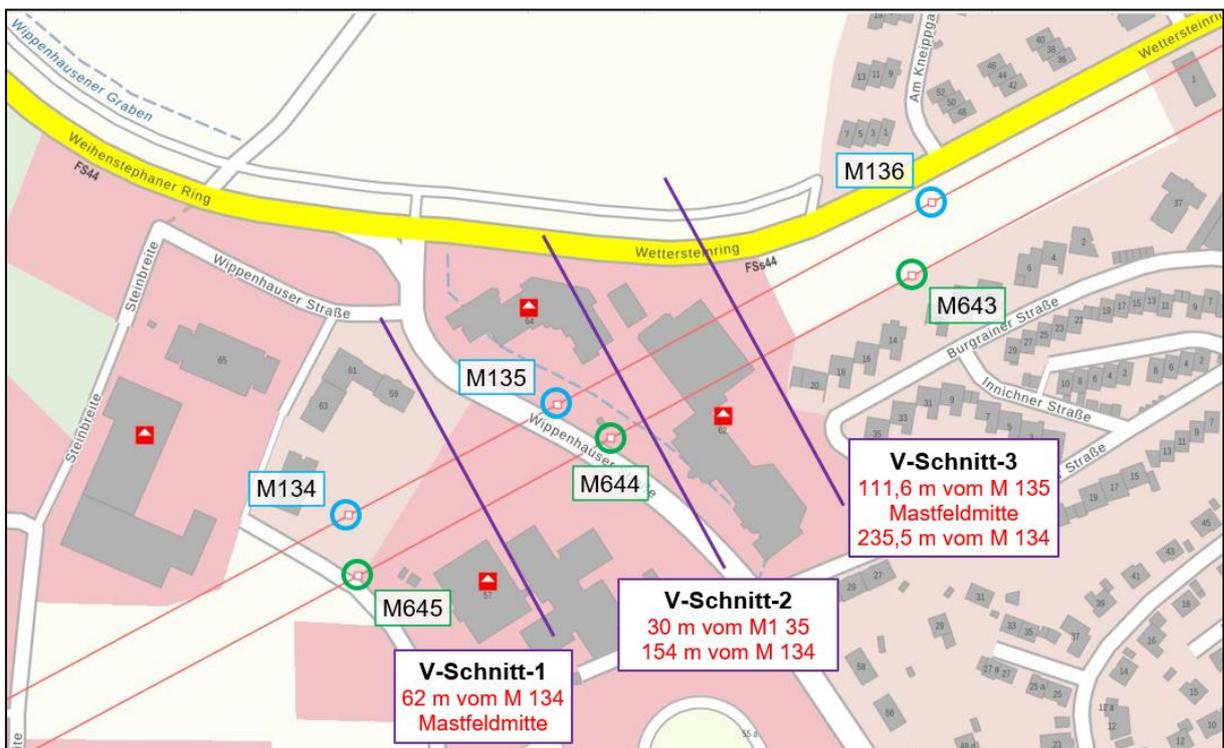


Bild 3.1 Untersuchungsgebiet mit der Lage der drei vertikalen Schnittebenen (violette Linien).

Die Felder, verursacht durch häusliche Quellen (z.B. elektrische Hausinstallation, E-Herd, Beleuchtung, Fußbodenheizung) beziehungsweise durch elektrische Maschinen und Anlagen, die durchaus die gleiche Größe oder auch höhere Werte im Vergleich zur Immission,

verursacht durch eine in der Nähe befindliche Freileitung annehmen können, wurden bei den Untersuchungen nicht berücksichtigt.

## 3.2 Randbedingungen

Die Berechnungen der elektrischen und magnetischen Felder wurden mit einer für diese Aufgabenstellung speziell zugeschnittenen professionellen Berechnungssoftware durchgeführt. Es handelt sich hierbei um das Programm "EFC 400 EP - Electric and Magnetic Field Calculation" (Version 2017) der Forschungsgesellschaft für Energie und Umwelttechnologie - FGEU mbH, Berlin. Dieses Programm wird derzeit von sehr vielen Fachbüros, Umweltbehörden und Netzbetreibern bei der Ermittlung elektromagnetischer Felder im Personenschutz und der Arbeitssicherheit eingesetzt.

Die für die Berechnungen notwendigen technischen Anlagendaten wurden uns von den Betreibern (DB Energie GmbH und Bayernwerk Netz GmbH) übermittelt, bei Bedarf können diese dem Auftraggeber zur Verfügung gestellt werden. Im Folgenden werden einige dieser Parameter kurz vorgestellt und erläutert.

Für die relevanten Abschnitte der beiden Freileitungen wurden uns Profilpläne bzw. Datentabellen zur Verfügung gestellt, aus denen die wesentlichen für die Berechnungen notwendigen Informationen abgelesen werden können (z.B. Masthöhen, Mastabstände, genaue Position der Leiterseile, maximaler Leiterseildurchhang). Die Freileitung der Bayernwerk Netz GmbH trägt zwei Drehstromsysteme der 110-kV-Spannungsebene auf Tonnenmasten, bei der Leitung der DB-Energie GmbH sind es ebenfalls zwei Stromkreise auf Zweiebenenmasten.

Um den in der 26. BImSchV geforderten Fall der "höchsten betrieblichen Anlagenauslastung" wieder zu spiegeln, wurden die Berechnungen der Magnetfelder für den Fall des technisch maximal möglichen Stroms durchgeführt. Laut Betreiberangaben beträgt der maximal mögliche Dauerstrom bei der Freileitung der Bayernwerk Netz GmbH 420 Ampere pro Leiter, bzw. 535 Ampere pro Leiter bei der Bahnstromfreileitung (thermischer Grenzstrom). Zusätzlich wurde bei den Berechnungen der maximale Durchhang der Leiterseile angenommen, der bei sommerlichen Außentemperaturen und großer Stromlast auftritt.

An dieser Stelle muss darauf hingewiesen werden, dass dieser für alle Berechnungen angenommene Maximalstrom in der Realität - wenn überhaupt - nur sehr kurzzeitig auftritt, so dass die Berechnungen deutlich höhere Magnetfelder liefern, als es im täglichen Betrieb typischerweise der Fall ist.

## 4 Ergebnisse der Feldstärkeberechnungen

### 4.1 Magnetfeld

In diesem Kapitel werden die Effektivwerte der von den beiden Freileitungen in den untersuchten vertikalen Schnittebenen verursachten magnetischen Felder für den Fall der maximal möglichen Stromlast dokumentiert.

Die Bilder 4.1 bis 4.3 zeigen die Berechnungsergebnisse (vertikale Feldverteilung) für die drei untersuchten Schnittebenen, wobei die Blickrichtung senkrecht zur jeweiligen Schnittebene in Richtung des Trassenverlaufs nach Nordosten gewählt wurde. Die horizontale Ausdehnung des Schnittbildes beträgt jeweils  $\pm 100$  Meter senkrecht zur Mitte zwischen den beiden Trassen und ist in Bild 3.1 jeweils als violette Linie eingezeichnet. Bereiche mit einer Summen-Grenzwertausschöpfung von mehr als 100 Prozent sind in den folgenden Bildern schwarz gefärbt. Man erkennt, dass diese nur in unmittelbarer Nähe der Leiterseile auftreten.

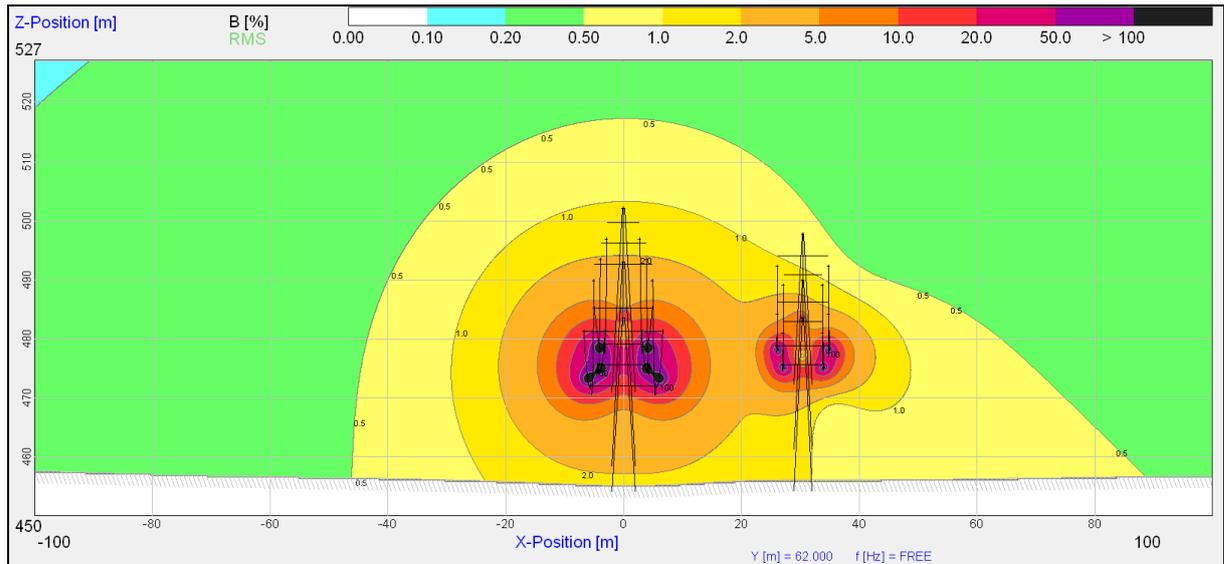


Bild 4.1 Vertikale Verteilung des Magnetfeldes in der untersuchten vertikalen Schnittebene 1 (Gitternetz: 20 x 10 Meter). Blickrichtung senkrecht zur Schnittebene nach Nordosten.

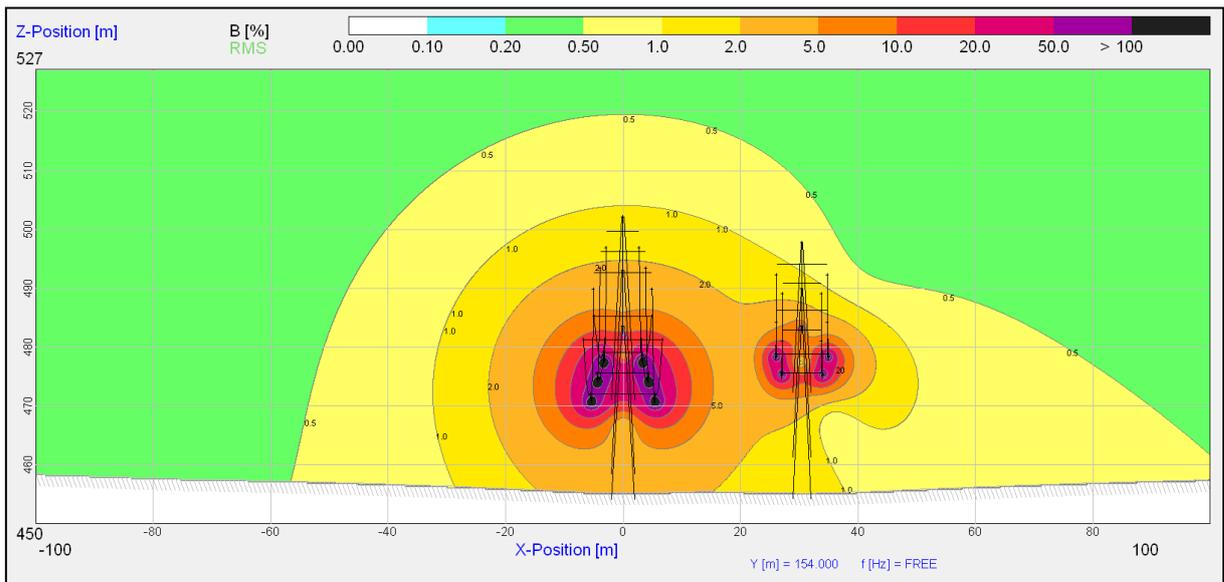


Bild 4.2 Vertikale Verteilung des Magnetfeldes in der untersuchten vertikalen Schnittebene 2 (Gitternetz: 20 x 10 Meter). Blickrichtung senkrecht zur Schnittebene nach Nordosten.

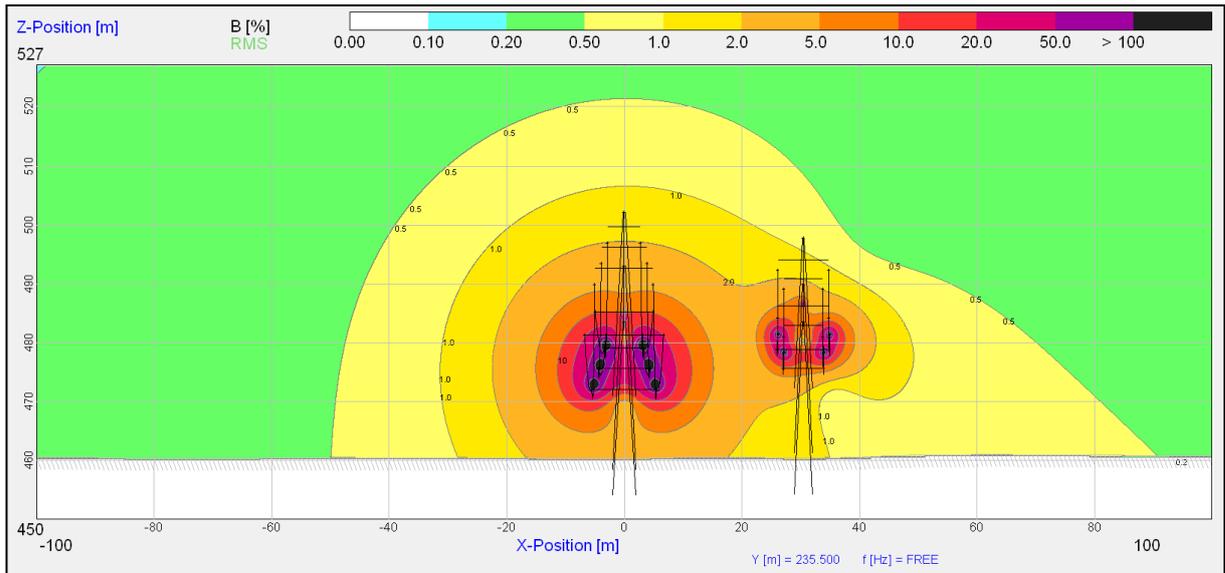


Bild 4.3 Vertikale Verteilung des Magnetfeldes in der untersuchten vertikalen Schnittebene 3 (Gitternetz: 20 x 10 Meter). Blickrichtung senkrecht zur Schnittebene nach Nordosten.

## 4.2 Elektrisches Feld

In den Bildern 4.4 bis 4.6 werden die Effektivwerte der von den Freileitungen in den untersuchten vertikalen Schnittebenen verursachten elektrischen Felder dokumentiert. Entfernungsbereich und Blickrichtungen entsprechen denen aus den Bildern 4.1 bis 4.3. Der Einfluss von Gebäuden und Vegetation auf die Größe des elektrischen Feldes wurde hierbei vernachlässigt. Bereiche mit Feldstärkewerten größer als der Grenzwert von 5.000 V/m sind in den folgenden Bildern schwarz gefärbt. Man erkennt, dass diese nur in unmittelbarer Nähe der Leiterseile auftreten.

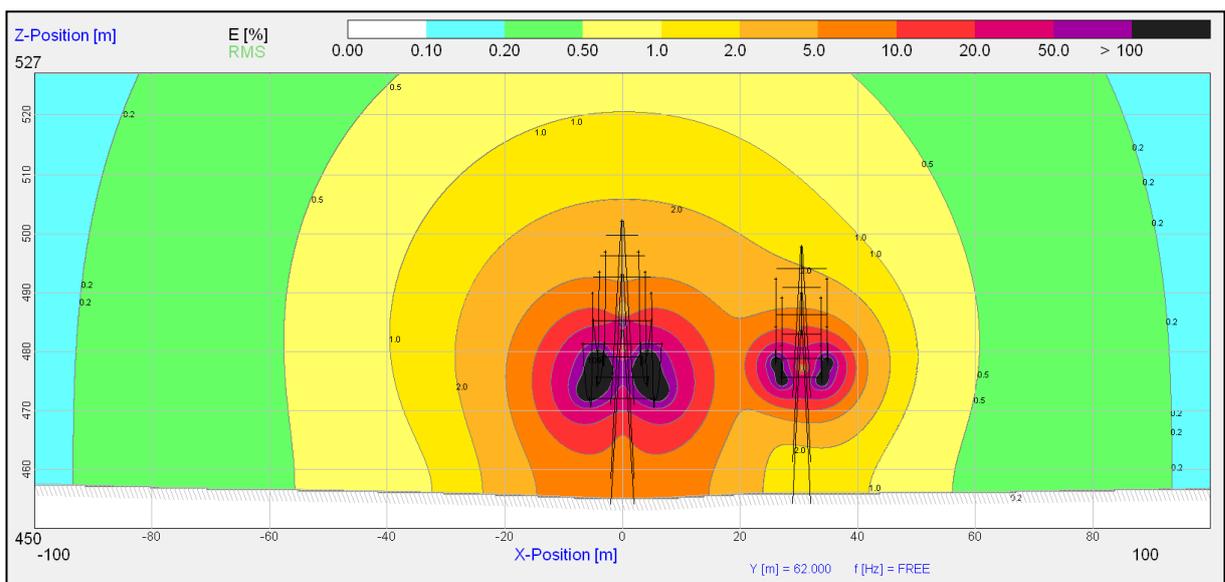


Bild 4.4 Vertikale Verteilung des elektrischen Feldes in der untersuchten vertikalen Schnittebene 1 (Gitternetz: 20 x 10 Meter). Blickrichtung senkrecht zur Schnittebene nach Nordosten.

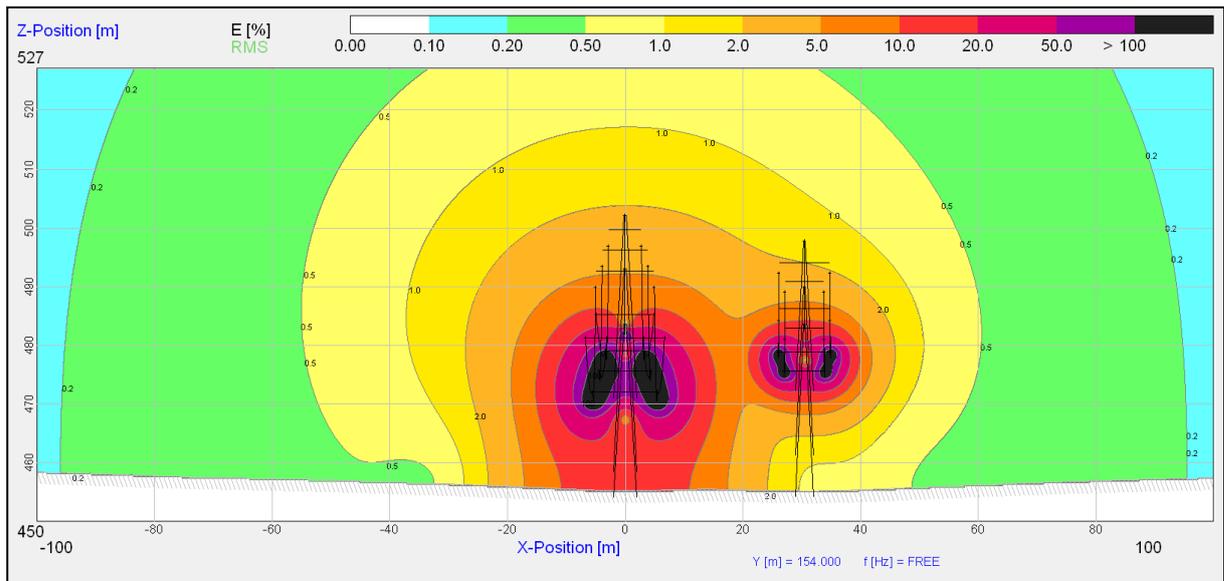


Bild 4.5 Vertikale Verteilung des elektrischen Feldes in der untersuchten vertikalen Schnittebene 2 (Gitternetz: 20 x 10 Meter). Blickrichtung senkrecht zur Schnittebene nach Nordosten.

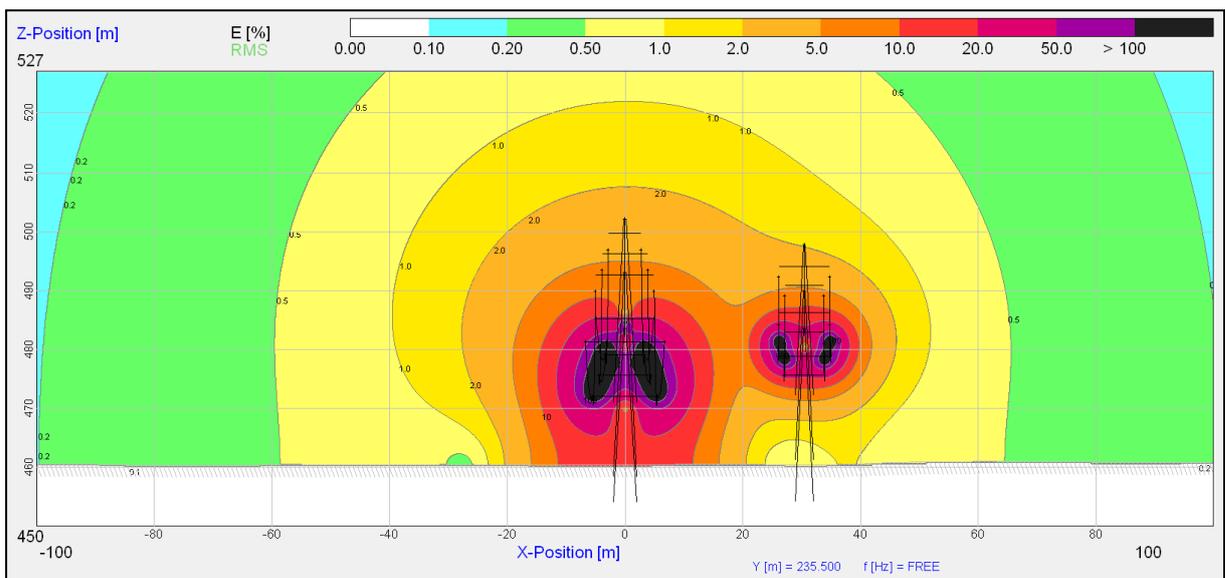


Bild 4.6 Vertikale Verteilung des elektrischen Feldes in der untersuchten vertikalen Schnittebene 3 (Gitternetz: 20 x 10 Meter). Blickrichtung senkrecht zur Schnittebene nach Nordosten.

Aus den Bildern 4.1 bis 4.6 wird deutlich ersichtlich, dass nur in den Bereichen direkt unterhalb der Leiterseile (bzw. bis in Entfernungen von etwa 20 bis 30 Meter vom äußersten Leiterseil) Feldstärkewerte in nennenswerter Größe (d.h. Grenzwertausschöpfung größer als etwa ein Prozent) auftreten.

### 4.3 Auswertung der Berechnungsergebnisse

In den folgenden beiden Tabellen sind die in Kapitel 4.1 und 4.2 für die drei Vertikalschnitte im besonders interessanten Bereich direkt unter den Leitungstrassen errechneten prozentualen Summen-Grenzwertausschöpfungen für die magnetischen Felder dokumentiert. Dabei wird jeweils unterschieden zwischen den Feldern in unmittelbarer Bodennähe und den Feldern in etwa zehn Meter über Grund.

Ort	Vertikalschnitt Nr. 1	Vertikalschnitt Nr.2	Vertikalschnitt Nr. 3
Spannweite der Magnetfelder in Bodennähe	ca. 1 - 2 %	ca. 2 - 5 %	ca. 2 - 5 %
Spannweite der Magnetfelder in ca. 10 Meter über Grund	ca. 2 - 5 %	ca. 5 - 10 %	ca. 5 - 10 %

Tabelle 4.1 Magnetfelder unterhalb der Freileitung der Bayernwerk Netz GmbH (Summen-Grenzwertausschöpfung für maximale Stromlast bezüglich der in Kapitel 2 vorgestellten Grenzwerte nach 26. BImSchV).

Ort	Vertikalschnitt Nr. 1	Vertikalschnitt Nr.2	Vertikalschnitt Nr. 3
Spannweite der Magnetfelder in Bodennähe	ca. 0,5 - 2 %	ca. 0,5 - 2 %	ca. 0,5 - 2 %
Spannweite der Magnetfelder in ca. 10 Meter über Grund	ca. 0,5 - 2 %	ca. 0,5 - 5 %	ca. 0,5 - 5 %

Tabelle 4.2 Magnetfelder unterhalb der Freileitung der DB Energie GmbH (Summen-Grenzwertausschöpfung für maximale Stromlast bezüglich der in Kapitel 2 vorgestellten Grenzwerte nach 26. BImSchV).

Aus den Tabellen 4.1 und 4.2 wird ersichtlich, dass die Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV für das Magnetfeld unterhalb der beiden Leitungstrassen in Bodennähe und auch noch in zehn Meter Höhe über Grund deutlich unterschritten werden.

Unterhalb der Bahnstromfreileitung finden sich tendenziell geringere Summenimmissionswerte. Dies ist auf die größere Montagehöhe der Leiterseile der Bahnstromfreileitung sowie auf die Tatsache zurückzuführen, dass für die Frequenz 16,7 Hz der nach 26. BImSchV anzuwendende Grenzwert um den Faktor 3 größer ist, als für die Frequenz 50 Hz (siehe Tabelle 2.1).

In den nächsten beiden Tabellen sind die in Kapitel 4.1 und 4.2 für die drei Vertikalschnitte im besonders interessanten Bereich direkt unter den Leitungstrassen errechneten prozentualen Summen-Grenzwertausschöpfungen für die elektrischen Felder dokumentiert. Dabei wird jeweils unterschieden zwischen den Feldern in unmittelbarer Bodennähe und den Feldern in etwa zehn Meter über Grund.

Ort	Vertikalschnitt Nr. 1	Vertikalschnitt Nr.2	Vertikalschnitt Nr. 3
Spannweite der elektrischen Felder in Bodennähe	ca. 5 - 10 %	ca. 10 - 20 %	ca. 10 - 20 %
Spannweite der elektrischen Felder in ca. 10 Meter über Grund	ca. 10 - 20 %	ca. 20 - 50 %	ca. 20 - 50 %

Tabelle 4.3 Elektrische Felder unterhalb der Freileitung der Bayernwerk Netz GmbH (Summen-Grenzwertausschöpfung bezüglich der in Kapitel 2 vorgestellten Grenzwerte nach 26. BImSchV).

Ort	Vertikalschnitt Nr. 1	Vertikalschnitt Nr.2	Vertikalschnitt Nr. 3
Spannweite der elektrischen Felder in Bodennähe	ca. 1 - 5 %	ca. 0,5 - 5 %	ca. 0,5 - 2 %
Spannweite der elektrischen Felder in ca. 10 Meter über Grund	ca. 1 - 5 %	ca. 1 - 5 %	ca. 1 - 5 %

Tabelle 4.4 Elektrische Felder unterhalb der Freileitung der DB Energie GmbH (Summen-Grenzwertausschöpfung bezüglich der in Kapitel 2 vorgestellten Grenzwerte nach 26. BImSchV).

Aus den Tabellen 4.3 und 4.4 wird ersichtlich, dass die Grenzwertvorgaben der 26. BImSchV für das elektrische Feld unterhalb der beiden Leitungstrassen in Bodennähe und bei der Bahnstromleitung auch noch in zehn Meter Höhe über Grund deutlich unterschritten werden. Bei der 50-Hz-Freileitung ergeben sich in 10 Meter über Grund deutlich größere elektrische Feldstärkewerte. Jedoch werden auch hier maximal nur etwa 50 Prozent der Grenzwertes nach 26. BImSchV erreicht.

Unterhalb der Bahnstromfreileitung finden sich auch beim elektrischen Feld tendenziell geringere Summenimmissionswerte. Dies ist auf die größere Montagehöhe der Leiterseile der Bahnstromfreileitung zurückzuführen.

Beim elektrischen Feld ist zusätzlich zu berücksichtigen, dass innerhalb von Gebäuden aufgrund der Schirmwirkung der Mauern und des Daches typisch deutlich geringere Feldstärkewerte auftreten werden, als im Freien berechnet.

## 5 Zusammenfassung

Im Rahmen dieses Gutachtens sollten die elektrischen und magnetischen Felder berechnet und mit den Grenzwerten der 26. BImSchV verglichen werden, die durch zwei parallel verlaufende 110-kV-Hochspannungsfreileitungstrassen der der DB Energie GmbH bzw. der Bayernwerk Netz GmbH im Bereich des Staatlichen beruflichen Schulzentrums Freising generiert werden.

Besondere Beachtung gebührt hierbei den entstehenden Magnetfeldern, da diese - im Gegensatz zu den elektrischen Feldern - weder durch Vegetation noch durch gewöhnliche Gebäudemauern nennenswert geschwächt werden. Sie stellen daher im Regelfall im Gebäudeinneren, die dominierende Feldgröße dar.

Um den in der 26. BImSchV geforderten Fall der "höchsten betrieblichen Anlagenauslastung" wieder zu spiegeln, wurden die Berechnungen der Magnetfelder für den Fall des technisch maximal möglichen Stroms durchgeführt.

Die Berechnungen erbrachten folgende wesentliche Ergebnisse:

- Die für den Bereich von drei Vertikalschnitten unterhalb der beiden Leitungstrassen berechneten Magnetfelder unterschreiten in Bodennähe mit Summen-Grenzwertausschöpfungen von etwa 0,5 bis 5 Prozent die Vorgaben der 26. BImSchV deutlich. Auch in 10 Meter Höhe über Grund werden die Grenzwertvorgaben deutlich eingehalten (Grenzwertausschöpfung etwa zwischen 0,5 und 10 Prozent).
- Die elektrischen Felder unterschreiten unterhalb der beiden Leitungstrassen in Bodennähe mit Summen-Grenzwertausschöpfungen von etwa 0,5 bis 20 Prozent die Vorgaben der 26. BImSchV deutlich. Auch in 10 Meter Höhe über Grund werden die Grenzwertvorgaben eingehalten (Grenzwertausschöpfung etwa zwischen 1 und 50 Prozent).
- Im Vergleich finden sich unterhalb der Bahnstromfreileitung tendenziell die geringeren Feldimmissionen. Dies ist auf die größere Montagehöhe der Leiterseile der Bahnstromfreileitung sowie auf die Tatsache zurückzuführen, dass für die Frequenz 16,7 Hz der nach 26. BImSchV für Magnetfelder anzuwendende Grenzwert um den Faktor 3 größer ist, als für die Frequenz 50 Hz (siehe Tabelle 2.1).
- Aus den Berechnungsergebnissen wird deutlich ersichtlich, dass nur in den Bereichen direkt unterhalb der Leiterseile (bzw. bis in Entfernungen von etwa 20 bis 30 Meter vom äußersten Leiterseil) Feldstärkewerte in nennenswerter Größe (d.h. Grenzwertausschöpfung größer als etwa ein Prozent) auftreten.

Regensburg, 30. Mai 2020



Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek

## 6 Literaturverzeichnis

- [26. BImSchV]      **26. BImSchV**, *Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)*, Bundesgesetzblatt Jg. 2013, Teil I, Nr.50, Bonn 21.08.2013.
- [LAI 14]            **Länderausschuss für Immissionsschutz (LAI)**, *Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV*, 128. Sitzung der Bund- / Länder-Arbeitsgemeinschaft für Immissionsschutz am 17. und 18.9.2014 in Landshut; 09/2014; Internet: [www.lai-immissionsschutz.de](http://www.lai-immissionsschutz.de)

## 7 Grenzwerte und ihre Festlegung

In diesem Kapitel sollen ergänzend einige Informationen über die Philosophie, die hinter den nationalen und internationalen Grenzwerten für niederfrequente elektromagnetische Felder steht, zur Verfügung gestellt werden.

Für die Beurteilung der Feldintensität in der Umgebung von Niederfrequenzanlagen werden üblicherweise die folgenden Größen verwendet:

- Der Effektivwert der elektrischen Feldstärke  $E$  in Volt pro Meter (V/m) oder Kilovolt pro Meter (kV/m),
- der Effektivwert der magnetischen Flussdichte  $B$  in Tesla (T) oder Mikrottesla ( $\mu\text{T}$ ).

Die Bewertung der Immissionen durch elektrische, magnetische und elektromagnetische Felder ist in Deutschland für die Allgemeinbevölkerung in der "26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)" verbindlich geregelt [26. BImSchV]. Die dort festgelegten Grenzwerte für Niederfrequenzimmissionen der Betriebsfrequenzen 16,7 Hz beziehungsweise 50 Hz sind in folgender Tabelle aufgelistet:

Frequenz	Grenzwert für die elektrische Feldstärke (Effektivwert)	Grenzwert für die magnetische Flussdichte (Effektivwert)
16,7 Hz	5 kV/m	300 $\mu\text{T}$
50 Hz	5 kV/m	100 $\mu\text{T}$

Tabelle 7.1 Grenzwerte nach 26. BImSchV für elektrische und magnetische Felder in der Umgebung von Niederfrequenzanlagen der Betriebsfrequenz 16,7 Hz beziehungsweise 50 Hz.

Nach §3 der 26. BImSchV sind die in Tabelle 7.1 dokumentierten Grenzwerte an allen Orten einzuhalten, die zum "nicht nur vorübergehenden Aufenthalt von Personen" bestimmt sind.

Folgendes Vorgehen wird bei der Festlegung der Immissionsgrenzwerte für nicht ionisierende Strahlung angewandt:

Die Internationale Strahlenschutzkommission (ICNIRP) erarbeitet Grenzwertempfehlungen auf der Basis des aktuellen Forschungsstandes. Grundlage ist die von der WHO und der Umweltorganisation der Vereinten Nationen (UNEP) gemeinsam durchgeführte Bewertung der aktuellen wissenschaftlichen Befunde. Die Ergebnisse dieser Bewertung sind in den so genannten "Environmental Health Criteria" (z.B. EHC Doc.137) zusammengefasst und als Buch veröffentlicht. In regelmäßigen Abständen prüft die ICNIRP den aktuellen Stand der Forschung und entscheidet darüber, ob eine Aktualisierung der Grenzwerte erforderlich ist. Die aktuellen Empfehlungen der ICNIRP für Niederfrequenzfelder stammen aus dem Jahr 2010.

Die ICNIRP wird von der Weltgesundheitsorganisation (WHO), der Internationalen Arbeitsorganisation (ILO), der Europäischen Union sowie von vielen nationalen Regierungen als füh-

rende staatlich unabhängige Organisation anerkannt, die wissenschaftlich basierte Grenzwertempfehlungen im Bereich nicht ionisierender Strahlung erarbeitet.

Das Prinzip des Personenschutzes bei niederfrequenten elektrischen und magnetischen Feldern beruht auf der Begrenzung der im Körper auftretenden Stromdichten (beziehungsweise der im Körperinneren auftretenden elektrischen Feldstärken). Um diese Sicherheit zu gewährleisten, ist der Basisgrenzwert so gewählt, dass er um den Faktor 10 niedriger liegt, als die Körperstromdichte, ab der negative Wirkungen auf den Menschen wissenschaftlich gesichert nachgewiesen werden können.

Bei Personen, die im Rahmen ihrer beruflichen Tätigkeit während der gesamten täglichen Arbeitszeit (typisch bis zu 8 Stunden) niederfrequenten Feldern ausgesetzt sind, dürfen also maximal Immissionen auftreten, die um den Faktor 10 unter der Grenze für nachgewiesene Beeinträchtigungen liegen.

Aus Gründen einer zusätzlichen Sicherheit, wird für die Allgemeinbevölkerung (d.h. alle übrigen Personengruppen) der Grenzwert für die Dauerexposition (24h-Wert) nochmals um den Faktor 5 gegenüber dem Arbeitsplatzwert reduziert, so dass hier insgesamt eine Unterschreitung um den Faktor 50 bezüglich wissenschaftlich nachgewiesener negativer Wirkungen vorliegt. Dieser Ansatz wurde auch bei den Vorgaben der 26.BImSchV zu Grunde gelegt.

Da Stromdichten beziehungsweise elektrische Felder im Körperinneren im allgemeinen schwierig zu bestimmen sind, werden in einem weiteren Schritt "abgeleitete Grenzwerte" ("Referenzwerte") für die leichter zu messende elektrische Feldstärke beziehungsweise magnetische Flussdichte aus den Basisgrenzwerten ermittelt (siehe Tabelle 7.1). Sie sind so gewählt, dass bei einer Einhaltung der abgeleiteten Grenzwerte auf jeden Fall sichergestellt ist, dass auch die dazugehörigen Basisgrenzwerte unterschritten werden.