



Bayerisches Landesamt für
Umwelt



„Musterberechnungsberichtbericht“

Berechnung der Immissionen von Mobil- funkbasisstationen

Impressum

Titel der Druckschrift

„Musterberechnungsbericht“ – Berechnung der Immissionen von Mobilfunkbasisstationen:

Bayerisches Landesamt für Umwelt (LfU)

Bürgermeister-Ulrich-Straße 160

86179 Augsburg

Tel.: 0821 9071-0

Fax: 0821 9071-5556

E-Mail: poststelle@lfu.bayern.de

Internet: www.lfu.bayern.de

Bearbeitung/Text/Konzept:

LfU, Referat 27, de Ridder, Marcus

LfU, Referat 27, Dr. Kurz, Thomas

LfU, Referat 27, Dr. Becker, Christian

Redaktion:

LfU, Referat 27, de Ridder, Marcus

LfU, Referat 27, Dr. Kurz, Thomas

LfU, Referat 27, Dr. Becker, Christian

Bildnachweis:

Bayerisches Landesamt für Umwelt

Druck:

Eigendruck der Druckerei Bayerisches Landesamt für Umwelt

Gedruckt auf Papier aus 100 % Altpapier.

März 2014

Diese Druckschrift wurde mit großer Sorgfalt zusammengestellt. Eine Gewähr für die Richtigkeit und Vollständigkeit kann dennoch nicht übernommen werden. Sofern in dieser Druckschrift auf Internetangebote Dritter hingewiesen wird, sind wir für deren Inhalte nicht verantwortlich.

Inhaltsverzeichnis

1	Zusammenfassung	5
2	Aufgabenstellung	6
3	Beschreibung der Immissionspunkte	7
4	Berechnungsgrundlagen	8
4.1	Mess- und Berechnungsgrößen für hochfrequente Felder	8
4.2	Verwendete Berechnungssoftware und Berechnungsverfahren	8
4.3	Bestimmung von Berechnungsparametern	9
4.3.1	Standortparameter der Sendeanlage	9
4.3.2	Simulationsparameter	10
5	Ergebnisse	11
	Literaturverzeichnis	13
	Anhang A: Daten und Berechnungsergebnisse der Immissionspunkte	14
	Anhang B: Betreiberdaten	16
	Anhang C: Erläuterungen zu den Grenzwerten	17

Berechnung elektromagnetischer Immissionen durch Mobilfunkseanlagen im Rahmen des FEE 2 Projektes

<Um eine gleich bleibend hohe Qualität der Berechnungen im FEE 2-Projekt gewährleisten zu können, wurde vom Bayerischen Landesamt für Umwelt ein Musterberechnungsbericht bezüglich der Berechnung von Immissionen durch GSM-, UMTS- und LTE-Mobilfunkbasisstationen entwickelt. Dieser Bericht ist speziell an die Anforderungen des bayerischen FEE 2-Projekt angepasst, kann aber auch für ähnlich gelagerte Aufgabenstellungen in ganz Deutschland Anwendung finden.

Die Mindestanforderungen die an einen qualifizierten Berechnungsbericht gestellt werden, sind in Berichtsform exemplarisch nachfolgend dokumentiert.>

Projektangaben

Auftraggeber:	Gemeinde x Straße y 8xxxx Ort
Berechnungsort:	Gemeindegebiet von <Gemeinde>
Durchführendes Institut:	Institut/Firma x Straße y 8xxxx Ort
Projektverantwortlicher:	Titel Name
Bericht Nr.:	xxxx/yyy-zz
Berichtsdatum:	02.12.2013

Tab. 1: Musterprognose Deckblatt

1 Zusammenfassung

Das <Institut/Firma x> wurde von der Gemeinde <Gemeinde> beauftragt, im Rahmen des FEE 2-Projektes Berechnungen der elektromagnetischen Immissionen für den Neubau / die Erweiterung eines Mobilfunkanlagenstandortes <8xxxx Gemeinde, Am Neubauweg 1> für 10 Immissionspunkte im Gemeindegebiet durchzuführen. Die für diesen Standort geplanten Mobilfunksendeanlagen des Netzbetreibers <xy> arbeiten nach dem Mobilfunkstandard <GSM 900 MHz und UMTS 2100 MHz>.

Die Berechnungen wurden für 10 Immissionspunkte durchgeführt. Diese wurden einvernehmlich nach Absprache mit der Gemeinde und dem Auftraggeber vom Gutachter ausgewählt.

Die höchsten Mobilfunkimmissionen wurden für den Immissionspunkt <3 (Beispielstraße 3)> mit <6,7 %> Grenzwertausschöpfung der elektrischen Feldstärke gemäß 26. BImSchV berechnet. In der nachstehenden Tabelle sind die Ergebnisse der Berechnungen im Überblick dargestellt. Angegeben ist die Maximalimmission bei Vollausbau und maximaler Sendeleistung der Anlagen. Im Realbetrieb liegen die Immissionen unter den hier dargestellten Werten.

Die Grenzwerte der 26. BImSchV werden im vorliegenden Fall an allen Immissionspunkten unterschritten.

Die Immissionen wurden so berechnet, dass eine Aufschlüsselung nach Betreiber und Funksystem bei Bedarf möglich ist.

<Werden bei einer zukünftigen Erweiterung, einem Umbau oder einer Mitnutzung eines Standortes durch einen anderen Netzbetreiber weitere Berechnungen vorgenommen, so sind die Summenimmission aller Systeme am Standort sowie die Veränderung der Immission im Bericht aufzuschlüsseln. Die grenzwertbezogenen Ausschöpfungsgrade sind dabei in Anlehnung an die die 26. BImSchV (Anhang 2b) zu summieren.>

Immissionspunkt	Beschreibung	Entfernung zum Anlagenstandort	Maximale Mobilfunkimmissionen Grenzwertausschöpfung der elektrischen Feldstärke gemäß 26. BImSchV
1	8xxxx Gemeinde, Pausenhof der Muster-schule	376 m	3,5 %
2	8xxxx Gemeinde, Planallee 13	370 m	3,0 %
3	8xxxx Gemeinde, Beispielstraße 3	173 m	6,7 %
4	8xxxx Gemeinde, Beispielstraße 23B	168 m	6,0 %
5	8xxxx Gemeinde, Beispielstraße 31	203 m	6,0 %
6	8xxxx Gemeinde, Teststraße 26	168 m	6,1 %
7	8xxxx Gemeinde, Beispielplatz 1	376 m	4,7 %
8	8xxxx Gemeinde, Präzedenzring 20	288 m	3,8 %
9	8xxxx Gemeinde, Projektstraße 36	355 m	2,8 %
10	8xxxx Gemeinde, Modellstraße 2	225 m	5,6 %

Tab. 2: Berechnete Immissionswerte (Grenzwertausschöpfung der elektrischen Feldstärke gemäß 26. BImSchV)

2 Aufgabenstellung

Die Firma/das Institut <XY> wurde von der Gemeinde <Gemeinde> im Rahmen des FEE 2-Projektes beauftragt, Berechnungen der elektromagnetischen Feldstärke für den Neubau eines Mobilfunkanlagenstandortes <Betreiber XY> am Standort <Am Neubauweg 1, 8xxxx Gemeinde> für 10 Immissionspunkte im Gemeindegebiet durchzuführen. Es wird die Summe der elektrischen Feldstärkewerte verursacht durch die in Tabelle 7 und 8 (Anhang B) dokumentierten Anlagen berechnet. Es werden nur die Immissionen betrachtet, die durch die Inbetriebnahme dieser Anlagen entstehen.

[Werden zukünftig weitere Funkdienste an diesem Anlagenstandort realisiert, so sind deren Ergebnisse getrennt darzustellen. Analog gilt dieses Verfahren für die Mitnutzung des Standortes durch einen anderen Netzbetreiber. Die grenzwertbezogenen Ausschöpfungsgrade sind dabei in Anlehnung an die EU-Ratsempfehlung 1999/519/EG [1999/519/EG], die ICNIRP-Empfehlungen [ICNIRP 1998] bzw. die 26. BImSchV [26. BImSchV] zu summieren (siehe Anhang C).]

Die Ergebnisse der Berechnungen sind nachvollziehbar zu dokumentieren. Grundlage der Bewertung der Ergebnisse sind die gesetzlich geregelten Grenzwerte der 26. BImSchV.

Bei der Berechnung handelt es sich im Sinne des FEE 2-Projektes um eine Immissionsprognose.

Die Berechnungen wurde für die in Anhang B dokumentierten Mobilfunksendeanlagen des Netzbetreibers <xy> für den Funkdienst <GSM 900 MHz und UMTS 2100 MHz> durchgeführt.

Die Berechnungen wurden von <Herrn XY> vorgenommen.

3 Beschreibung der Immissionspunkte

Die Berechnungen wurden für 10 Immissionspunkte (IP) im Gemeindegebiet von <Gemeinde> durchgeführt. Die Immissionspunkte wurden in Absprache mit dem Auftraggeber vom Gutachter ausgewählt. Es wird von einer Lage der Immissionspunkte im Freien unter der Annahme einer direkten Sicht zu den Antennen des Anlagenstandortes ausgegangen. Für die Immissionspunkte 3 (3. OG) und 6 (2. OG), die innerhalb eines Gebäudes liegen, bezieht sich die Berechnung auf einen Punkt an der Außenfassade des Gebäudes in entsprechender Höhe. Die Berechnungshöhen der einzelnen Punkte wurden vom Gutachter festgelegt und im Anhang A nachvollziehbar dokumentiert (Tab. 6).

Der Anlagenstandort sowie die betrachteten Immissionspunkte sind in der Abbildung 1 dargestellt.

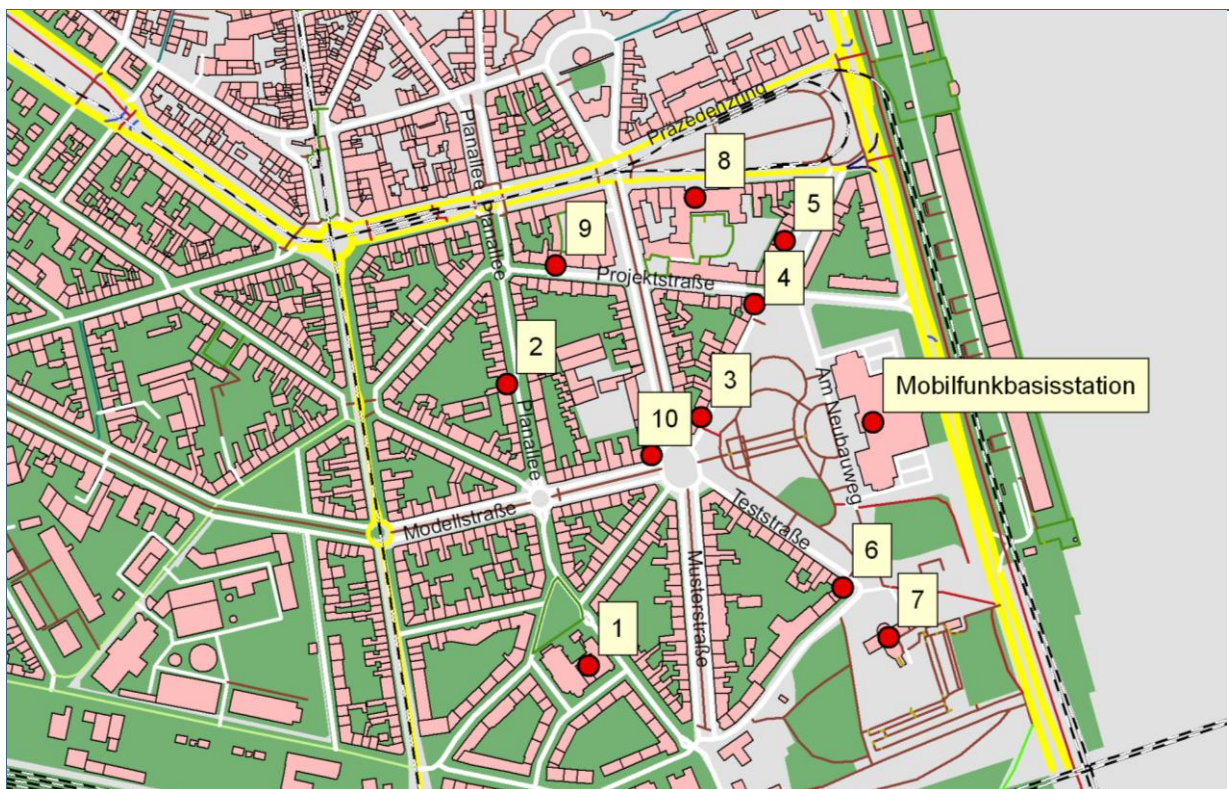


Abb. 1: Lageplan mit Anlagenstandort und Immissionspunkten (IP)

4 Berechnungsgrundlagen

4.1 Mess- und Berechnungsgrößen für hochfrequente Felder

Für die Beurteilung der Feldintensität in der Umgebung von Sendeanlagen im Hochfrequenzbereich werden üblicherweise die folgenden Größen verwendet:

- der Effektivwert der elektrischen Feldstärke E in Volt pro Meter (V/m)
- der Effektivwert der magnetischen Feldstärke H in Ampere pro Meter (A/m)
- die Leistungsdichte S in Watt pro Quadratmeter (W/m^2)

Im Fernfeld eines Senders stehen die elektrische und magnetische Feldstärke sowie die Leistungsdichte in einem festen Verhältnis zueinander. Bei Berechnungen an Mobilfunksendeanlagen kann im Allgemeinen von Fernfeldbedingungen ausgegangen werden, da man sich in ausreichender Entfernung von den Sendeanlagen befindet. Deswegen genügt zur Beurteilung der Immission die Angabe einer dieser drei Größen. In der Auswertung der durchgeführten Berechnungen wird primär die elektrische Feldstärke bzw. ihr Grenzwert-Ausschöpfungsgrad als Größe für die Immissionswerte verwendet (siehe Anhang C).

4.2 Verwendete Berechnungssoftware und Berechnungsverfahren

Für die Immissionsberechnungen wurde folgende Berechnungssoftware eingesetzt:

Software	Hersteller	Berechnungsverfahren	Version
EMF <XY>	Universität <XY>	Ungestörte Freiraumausbreitung	<XY>

Tab. 3: Verwendete Berechnungssoftware

Für die Berechnung der Maximalimmission wird eine Berechnungssoftware basierend auf dem Modell der ungestörten Freiraumausbreitung verwendet.

Es wird von einer Lage der Immissionspunkte an der Gebäudefassade unter Annahme einer direkten Sicht zur beurteilten Anlage ausgegangen. Auf eine exakte räumliche Modellierung der Umgebung unter Berücksichtigung von Abschattung, Beugung, Reflexion, Dämpfung und Streuung durch Gebäude, Bewuchs, etc. wurde bei dieser Berechnung aufgrund der komplexen und zahlreichen Eingabeparameter verzichtet.

Ein Zuschlagsfaktor von 3 dB wurde auf die Berechnungsergebnisse aufgeschlagen. Im Sinne einer „Worst-Case“ Abschätzung wird dieser Zuschlag in der Vergleichsstudie des Bundesamtes für Strahlenschutz „Entwicklung geeigneter Mess- und Berechnungsverfahren“ bei der Verwendung der Freiraumausbreitung als Berechnungsmodell empfohlen [BfS].

4.3 Bestimmung von Berechnungsparametern

Die von Mobilfunkbasisstationen erzeugten elektromagnetischen Felder sind zeitlich nicht konstant, sondern schwanken in Abhängigkeit von Verkehrsauslastung und Verbindungsqualität. Bei geringen Verkehrsaufkommen (z.B. nachts) sinkt die Immission in der Regel auf einen Minimalwert, der nur durch die permanent abgestrahlten Signalisierungssignale erzeugt wird. Nach 26. BImSchV ist die bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung entstehende Immission zu bestimmen. Dies erfolgt nach Maßgabe der in der Standortbescheinigung der Bundesnetzagentur vom Antragsteller beantragten Daten zur Sendeanlage.

Um die an den Immissionspunkten auftretende und zu berechnende Maximalimmission an den Immissionspunkten zu bestimmen, wurden bei der Prognoserechnung die in Kap. 4.3.1 aufgelisteten Standortparameter und Randbedingungen verwendet.

4.3.1 Standortparameter der Sendeanlage

Folgende Parameter wurden dem Gutachter vom Anlagenbetreiber zur Verfügung gestellt und sind im Anhang B des Messberichtes dokumentiert:

<Die im Folgenden aufgeführten technischen Daten der Mobilfunksendeanlage sind als Mindestanforderung im Gutachten zu dokumentieren>

- Antennentypenbezeichnung und Hersteller
- Funksystem <GSM-900; GSM-1800; UMTS; LTE-800; LTE-1800; LTE-2600>
- Name des Betreibers <XY>
- Grenzwert für den Funkdienst (Tab. 4) [in V/m]
- Maximale Leistung am Antenneneingang [in Watt] <alternativ: Maximale Leistung am Senderausgang [in Watt] und Kabel- und Kopplerdämpfung [in dB]>
- Kanalzahl
- Elektrische Absenkung der Hauptstrahlrichtung [in Grad]
- Mechanische Absenkung der Hauptstrahlrichtung [in Grad]
- Montagehöhe der Antennenunterkante [in Meter]
- Bauhöhe der Antenne [in Meter]

Bei Verwendung der ungestörten Freiraumausbreitung wird die Antenne als Punktstrahler angesehen.

Als Ursprung der Leistungsabgabe für die Berechnung wurde die geometrische Mitte der Antenne (halbe mechanische Höhe) angenommen.

Um die in der Standortbescheinigung beantragten Betriebszustände widerzuspiegeln und die vertikale Bündelung des Abstrahlverhaltens korrekt abzubilden, wurden die Antennendiagramme wie folgt bearbeitet:

- Die maximale Hüllkurve wurde aus den jeweiligen einzelnen Antennendiagrammen des Herstellers nach beantragtem elektrischem Winkelbereich synthetisiert.
- Anschließend erfolgte eine mechanische Drehung dieses Antennendiagrammes mit Bildung einer maximalen Hüllkurve für den beantragten mechanischen Winkelbereich.
- Abschließend wurden die Nullstellen im Strahlungsdiagramm unter der Hauptkeule auf 20 dB aufgefüllt, um zu verhindern, dass kleinräumige Unterbewertungen bei der Berechnung erfolgen, die in der Realität in dieser Form nicht unbedingt existieren. In der Richtcharakteristik der Antennen wird an allen Azimut- und Elevationswinkeln, bei denen die Winkeldämpfung mehr als 20 dB unter dem Wert der Hauptstrahlrichtung liegt, der Wert der entsprechenden Winkeldämpfung auf 20 dB gesetzt, das Antennendiagramm wird also bis auf einen Wert von 20 dB unter der Hauptstrahlrichtung aufgefüllt.

Mobilfunksystem	Elektrische Feldstärke E_{eff} in V/m	Magnetische Feldstärke H_{eff} in A/m	Äquivalente Leistungsdichte S in W/m^2
LTE 800	38,6	0,10	3,9
GSM 900	41,7	0,11	4,6
GSM 1800, LTE 1800	58,4	0,16	9,0
UMTS 2100	61,0	0,17	10,0
LTE 2600	61,0	0,17	10,0

Tab. 4: Grenzwerte für die Mobilfunkfrequenzbereiche nach 26. BImSchV. In diesem Bericht wird der Grenzwert bei der Auswertung über den gesamten Frequenzbereich des jeweiligen Mobilfunksystems als konstant betrachtet.

4.3.2 Simulationsparameter

Dem Gutachter wurde von der Gemeinde für die Berechnung ein amtlicher Katasterplan mit Höhendaten zur Verfügung gestellt. Zur Berechnung der Immissionen wurden folgende Daten verwendet:*

- Entfernung zwischen Berechnungspunkt und Antennenstandort [in Meter]
- Geländehöhe (topografische Höhe) des Immissionspunktes über Normalnull [in Meter]
- Höhe des Immissionspunktes über Geländekante bzw. Geländeniveau (Berechnungshöhe) [in Meter]
- Azimutwinkel (mit Bezugspunkt Antennenstandort) [in Grad]
- Topografische Höhe des Antennenstandortes über Normalnull [in Meter]

*<Wenn die Gemeinde keine Plandaten zur Verfügung stellen kann, ist hilfsweise die Verwendung von topographischen Karten „Top 10“ des Bayerischen Landesamtes für Vermessung (BayernAtlas) zulässig. Analog können digitale Geländemodelle der Bayerischen Vermessungsverwaltung mit einer Gitterweite von 1 m, 2 m und 5 m für die Berechnung verwendet werden. In begründeten Fällen sind Ausnahmen möglich>

5 Ergebnisse

Für eine Beurteilung nach 26. BImSchV ist die maximale Immission zu bestimmen. Diese tritt auf, wenn die Mobilfunkseideanlagen gemäß BNetzA-Standortbescheinigung voll ausgebaut sind und den maximal möglichen Telefon- bzw. Datenverkehr mit größtmöglicher Sendeleistung abwickeln.

In der Realität liegen die Immissionen je nach momentaner Auslastung und Ausbau der Anlagen unter der angegebenen Maximalimmission.

Immissionspunkt	Maximale Gesamtimmissionen Grenzwertausschöpfung der elektrischen Feldstärke gemäß 26. BImSchV
1	3,5 %
2	3,0 %
3	6,7 %
4	6,0 %
5	5,9 %
6	6,1 %
7	4,7 %
8	3,8 %
9	2,8 %
10	5,6 %

Tab. 5: Ergebnisse der Immissionsberechnung: Gemeinde <>; Standort<>; Funkdienst <>; Netzbetreiber<>

In Spalte 2 ist die Maximalimmission für Vollausbau und Vollausslastung der Anlagen angegeben. Dargestellt sind die auf die Feldstärke-Grenzwerte der 26. BImSchV bezogenen relativen Werte in Prozent.

Die Berechnungsergebnisse mit den absoluten Werten für Feldstärke (in V/m) und Leistungsdichte (in mW/m²) sind in Tabelle 6 in Anhang A, dokumentiert.

<Falls zusätzlich eine Vorhermessung durchgeführt wurde, bzw. ältere Prognosen vorliegen, sollte an dieser Stelle zusätzlich die Immissionsveränderung in einer Tabelle dargestellt werden.>

Literaturverzeichnis

- [99/519/EG] **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 Europäischen Gemeinschaften L 199/59, 30.07.1999.
- [ICNIRP 1998] **ICNIRP Guidelines**, Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz), Health Physics, vol. 74 no. 4, S. 494 – 522 (1998).
- [26. BImSchV] **26. BImSchV**, Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV), Bundesgesetzblatt, Jahrgang 2013, Teil I, Nr. 50, 14.08.2013.
- [BfS] **Bundesamt für Strahlenschutz**, Entwicklung von Mess- und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Mobilfunk Basisstationen: Abschlussbericht „Entwicklung geeigneter Mess- und Berechnungsverfahren (erstellt von C. Bornkessel et al., IMST GmbH Kamp Lintfort, S174 ff, Oberschleißheim 17.3.2005)
- [393/96] **Bundesrats-Drucksache 393/96**, Amtliche Begründung zur Verordnung der Bundesregierung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV), 22.05.1996.

Anhang A: Daten und Berechnungsergebnisse der Immissionspunkte

IP	Beschreibung	Bodenhöhe des IP über NN	Prognosehöhe über Boden	Lage zum Mobilfunksender			Maximale Gesamtimmissionen		
				Horizontal-Entfernung	Azimet zum Mobilfunkanlagenstandort (Nord über Ost)	Sicht zu den Antennen	Grenzwertausschöpfung der el. Feldstärke (26. BImSchV)	Effektivwert der el. Feldstärke	Leistungsdichte
1	8xxxx Gemeinde, Pausenhof der Musterschule	339 m	1,5 m	376 m	230°	nein	3,5 %	1,5 V/m	5,8 mW/m ²
2	8xxxx Gemeinde, Planallee 13	347 m	1,5 m	370 m	276°	nein	3,0 %	1,3 V/m	4,3 mW/m ²
3	8xxxx Gemeinde, Beispielstraße 3	383 m	6,5 m (3. OG)	173 m	272°	ja	6,7 %	2,8 V/m	21 mW/m ²
4	8xxxx Gemeinde, Beispielstraße 23B	382 m	1,5 m	168 m	315°	ja	6,0 %	2,5 V/m	17 mW/m ²
5	8xxxx Gemeinde, Beispielstraße 31	382 m	1,5 m	203 m	334°	ja	5,9 %	2,5 V/m	17 mW/m ²
6	8xxxx Gemeinde, Teststraße 26	388 m	4,0 m (2. OG)	168 m	190°	ja	6,1 %	2,6 V/m	18 mW/m ²
7	8xxxx Gemeinde, Beispielplatz 1	388 m	1,5 m	376 m	176°	ja	4,7 %	2,0 V/m	11 mW/m ²
8	8xxxx Gemeinde, Präzedenzring 20	368 m	1,5 m	288 m	322°	nein	3,8 %	1,6 V/m	7,0 mW/m ²
9	8xxxx Gemeinde, Projektstraße 36	347 m	1,5 m	355 m	296°	nein	2,8 %	1,2 V/m	3,8 mW/m ²
10	8xxxx Gemeinde, Modellstraße 2	383 m	1,5 m	225 m	261°	ja	5,6 %	2,4 V/m	15 mW/m ²

Tab. 6: Lage der Immissionspunkte und jeweilige Berechnungsergebnisse.

Legende

Spalte 1	Immissionspunktnummer
Spalte 2	Beschreibung des Immissionspunktes
Spalte 3	Geländehöhe (topografische Höhe) am Immissionspunkt über Normalnull
Spalte 4	Berechnungshöhe relativ zum Boden
Spalte 5	horizontale Entfernung (ohne Höhenunterschiede) zwischen Immissionspunkt und Mobilfunkanlagenstandort (MBS)
Spalte 6	Azimut des Immissionspunkts relativ zum Mobilfunkanlagenstandort (0° = Nord, 90° = Ost, 180° = Süd, 270° = West)
Spalte 7	Sichtverbindung zwischen Immissionspunkt und den Antennen des Anlagenstandortes
Spalte 8	maximale Gesamtmissionen als Grenzwertausschöpfung bezogen auf die elektrische Feldstärke in Prozent (vgl. Tabelle 10)
Spalte 9	maximale Gesamtmissionen als elektrische Feldstärke in V/m
Spalte 10	maximale Gesamtmissionen als Leistungsdichte in mW/m ²

Anhang B: Betreiberdaten

	Sektor A	Sektor B	Sektor C
Adresse (PLZ, Ort, Straße)	<8xxxx Gemeinde, Am Neubauweg 1>		
Netzbetreiber	<xy>	<xy>	<xy>
Funksystem	GSM 900	GSM 900	GSM 900
Grenzwert	41,7 V/m	41,7 V/m	41,7 V/m
Antennentyp und Bezeichnung	Kathrein K 742 244	Kathrein K 742 244	Kathrein K 742 244
Bodenhöhe am Antennenstandort über NN	391 m	391 m	391 m
Montagehöhe der Sendeantennenunterkante über Grund	35,7 m	35,7 m	35,7 m
Bauhöhe der Antenne	1,92 m	1,92 m	1,92 m
Hauptstrahlrichtung	0°	120°	240°
Mechanische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung	0° – 3°	0° – 3°	0° – 3°
Elektrische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung	0° – 10°	0° – 10°	0° – 10°
Max. Sendeleistung pro Kanal am Senderausgang	40 W	40 W	40 W
Anzahl der beantragten Kanäle	4	4	4
Verluste zwischen Senderausgang und Antenneneingang	2,2 dB	2,2 dB	2,2 dB
Effektive Gesamtleistung am Antenneneingang	96,41 W	96,41 W	96,41 W

Tab. 7: Standortparameter der Sendeanlage <XY>STOB, Datum <> für den Funkdienst GSM 900 MHz

	Sektor A	Sektor B	Sektor C
Adresse (PLZ, Ort, Straße)	<8xxxx Gemeinde, Am Neubauweg 1>		
Netzbetreiber	<xy>	<xy>	<xy>
Funksystem	UMTS	UMTS	UMTS
Grenzwert	61,0 V/m	61,0 V/m	61,0 V/m
Antennentyp und Bezeichnung	Kathrein K 742 244	Kathrein K 742 244	Kathrein K 742 244
Bodenhöhe am Antennenstandort über NN	391 m	391 m	391 m
Montagehöhe der Sendeantennenunterkante über Grund	35,7 m	35,7 m	35,7 m
Bauhöhe der Antenne	1,92 m	1,92 m	1,92 m
Hauptstrahlrichtung	0°	120°	240°
Mechanische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung	0° – 3°	0° – 3°	0° – 3°
Elektrische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung	0° – 10°	0° – 10°	0° – 10°
Max. Sendeleistung pro Kanal am Senderausgang	20 W	20 W	20 W
Anzahl der beantragten Kanäle	2	2	2
Verluste zwischen Senderausgang und Antenneneingang	0 dB	0 dB	0 dB
Effektive Gesamtleistung am Antenneneingang	40 W	40 W	40 W

Tab. 8: Standortparameter der Sendeanlage <XY>STOB, Datum <> für den Funkdienst UMTS 2100 MHz

Anhang C: Erläuterungen zu den Grenzwerten

Für den Schutz von Personen vor sowie zur Vorsorge von Personen gegen schädliche Umwelteinwirkungen elektrischer, magnetischer und elektromagnetischer Felder (außermedizinisch) im Hochfrequenzbereich besteht in Deutschland seit dem 16. Dezember 1996 mit der "Sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder — 26. BImSchV)" und den darin festgelegten Grenzwerten eine gesetzliche Regelung in diesem Bereich. Dieses Gesetz ist seit dem 01. Januar 1997 in Kraft und wurde zuletzt am 14. August 2013 geändert [26. BImSchV]. Die darin festgelegten Immissionsgrenzwerte basieren auf den international anerkannten Empfehlungen des Komitees für nichtionisierende Strahlen der Internationalen Strahlenschutzvereinigung (IRPA/INIRC), der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierenden Strahlen (ICNIRP), die die Arbeit von IRPA/INIRC fortsetzt sowie den Empfehlungen der Strahlenschutzkommission (SSK) und gewährleisten als einzuhaltende Schutzwerte den Schutz vor bekannten Gesundheitsgefahren und erheblichen Belästigungen [393/96].

Im Hochfrequenzbereich gilt die 26. BImSchV für ortsfeste Sendeanlagen mit einer Sendeleistung von 10 W EIRP (äquivalente isotrope Strahlungsleistung) oder mehr, die elektromagnetische Felder im Frequenzbereich von 100 kHz bis 300 GHz erzeugen. Sie ist damit auf Mobilfunkbasisstationen voll anwendbar.

Zum Schutz vor schädlichen Umwelteinwirkungen sind Hochfrequenzanlagen so zu errichten und zu betreiben, dass in ihrem Einwirkungsbereich an Orten, die zum dauerhaften oder vorübergehenden Aufenthalt von Menschen bestimmt sind, bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung und unter Berücksichtigung von Immissionen durch andere ortsfeste Sendefunkanlagen die in Tabelle 9 bestimmten Grenzwerte der elektrischen und magnetischen Feldstärke für den jeweiligen Frequenzbereich nicht überschritten werden. Bei gepulsten elektromagnetischen Feldern, wie z. B. von Radaranlagen, darf zusätzlich der Spitzenwert für die elektrische und magnetische Feldstärke das 32-fache der Werte nach Tabelle 9 nicht überschreiten.

Frequenz f	Elektrische Feldstärke in V/m (effektiv)	Magnetische Feldstärke in A/m (effektiv)
10 MHz – 400 MHz	28	0,073
400 MHz – 2000 MHz	$1,375 \cdot \sqrt{f/\text{MHz}}$	$0,0037 \cdot \sqrt{f/\text{MHz}}$
2,0 GHz – 300 GHz	61	0,16

Tab. 9: Grenzwerte der elektrischen und magnetischen Feldstärke im Hochfrequenzbereich nach 26. BImSchV, Anhang 1b.

Elektrische und magnetische Feldstärken sind im Fernfeld einer Strahlungsquelle über den Wellenwiderstand des Freiraumes, $Z_0 \approx 377 \Omega$ ineinander überföhrbar und beinhalten dieselbe Information. Deswegen ist es hier ausreichend, lediglich die GröÙe des elektrischen Feldes zu betrachten.

Das Produkt von elektrischer und magnetischer Feldstärke im Fernfeld einer Strahlungsquelle ergibt die elektrische Leistungsdichte S . Letztere lässt sich auch direkt aus der elektrischen Feldstärke E berechnen und wird oft alternativ zur Grenzwertüberprüfung herangezogen.

Tabelle 10 fasst die relevanten Grenzwerte der 26. BImSchV für die Abstrahlung der Basisstationen (Downlink) für die Mobilfunksysteme GSM, UMTS und LTE zusammen. Für die Auswertung in diesem Bericht wird je System derjenige Grenzwert verwendet, der für die Banduntergrenze des jeweiligen Frequenzbereiches gültig ist.

Mobilfunksystem	Elektrische Feldstärke E_{eff} in V/m	Magnetische Feldstärke H_{eff} in A/m	Äquivalente Leistungs- dichte S in W/m^2
LTE 800	38,6	0,10	3,9
GSM 900	41,7	0,11	4,6
GSM 1800, LTE 1800	58,4	0,16	9,0
UMTS 2100	61,0	0,17	10,0
LTE 2600	61,0	0,17	10,0

Tab. 10: Grenzwerte für die Mobilfunkfrequenzbereiche nach 26. BImSchV. In diesem Bericht wird der Grenzwert bei der Auswertung über dem gesamten Frequenzbereich des jeweiligen Mobilfunksystems als konstant betrachtet.

Wirken, so wie im vorliegenden Fall, gleichzeitig Felder unterschiedlicher Frequenzen zusammen, dann sind die grenzwertbezogenen Ausschöpfungsgrade ($\text{GW_ASG}_{\text{thermisch}}$) geeignet zu summieren. Für Frequenzbereiche von 100 kHz bis 300 GHz (thermische Wirkungen) gilt nach Anhang 2b 26. BImSchV:

$$\text{GW_ASG}_{\text{thermisch}} = \sum_{f=100\text{kHz}}^{300\text{GHz}} \left(\frac{E_f}{E_{L,f}} \right)^2 \quad (1)$$

Hierin sind:

E_f : berechnete elektrische Feldstärke bei der Frequenz f ,

$E_{L,f}$: Referenzwert für die elektrische Feldstärke nach Tabelle 10.

Die summierte Grenzwertausschöpfung nach Gleichung 1 darf den Wert 1 nicht überschreiten.