

Elektromagnetische Immissionen in der Umgebung von Mobilfunksendeanlagen

Immissionsprognose für die Erweiterung von zwei bestehenden Mobilfunkstandorten



Auftraggeber: Deutsche Telekom Technik GmbH
Dieselstraße 41
90441 Nürnberg

Ort: Stadtgebiet von Regensburg

Durchführung: EM-Institut GmbH
Carlstr. 5
93049 Regensburg

Autor: Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek
Öffentlich bestellter und beeidigter Sachverständiger für das Fachgebiet
"Elektromagnetische Umweltverträglichkeit" (EMVU)

Projektnummer: 13/004

Ort und Datum: Regensburg, 01. März 2013

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Aufgabenstellung	3
2 Vorgehensweise	4
2.1 Beschreibungsgrößen für hochfrequente Felder	4
2.2 Wichtige Randbedingungen	4
3 Ergebnisse der Prognoseberechnungen	6
3.1 Standort "Prüfeninger Str. 35"	6
3.2 Standort "Johann-Hösl-Str. 11"	9
4 Schlussfolgerungen	11
5 Anlagen	12
6 Literaturverzeichnis	13

1 Aufgabenstellung

Wissenschaftlich gesichert ist, dass elektromagnetische Wellenfelder, wie sie beispielsweise von Rundfunk-, Fernseh-, Radar- und Mobilfunksendern abgestrahlt werden, ab einer bestimmten Intensität negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben können.

Der Schutz der Bevölkerung vor diesen Wirkungen elektromagnetischer Felder ist in Deutschland seit Januar 1997 in der **26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)** [1] verbindlich geregelt. Die in dieser Verordnung festgelegten Immissionsgrenzwerte entsprechen den aktuellen Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO), der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierenden Strahlen (ICNIRP), des Europäischen Rates sowie der deutschen Strahlenschutzkommission [2, 3, 4].

Die Intensität elektromagnetischer Wellenfelder wird durch die **Feldstärke** oder die **Leistungsflussdichte** beschrieben. Welche Feldstärke- bzw. Leistungsflussdichtewerte an bestimmten Orten auftreten, lässt sich an bereits in Betrieb genommenen Sendern messtechnisch ermitteln. Alternativ können die Immissionen in den meisten Fällen auch mit ausreichender Genauigkeit berechnet werden.

Ein Vergleich der Rechenergebnisse mit den gesetzlichen Grenzwerten erlaubt eine objektive Einschätzung der Immissionssituation vor Ort.

Im vorliegenden Fall sollen die hochfrequenten Immissionen näher quantifiziert werden, die nach Erweiterung von zwei vorhandenen Mobilfunkstandorten in Regensburg an verschiedenen Punkten in der Umgebung der Antennenstandorte zu erwarten sind. An den Standorten sind aktuell bereits mehrere Mobilfunkanlagen in Betrieb (siehe Tabelle 1).

Nr.	Standort	Am Standort bereits bestehende Anlagen	Geplante Änderungen
1	Prüfeninger Str. 35	Telekom (GSM+UMTS), Vodafone (GSM+UMTS), Telefónica (GSM+UMTS)	Inbetriebnahme von LTE 1800
2	Johann-Hösl-Straße 11	Telekom (GSM+UMTS),	Inbetriebnahme von LTE 1800

Tab. 1: Betrachtete Anlagenstandorte.

Zur Klärung der Fragestellungen bezüglich der entstehenden Immission, wurden für einige Punkte in der Umgebung der Standorte individuelle Immissionsberechnungen durchgeführt. Die Punkte wurden von uns in Abstimmung mit der Stadt Regensburg festgelegt. Zweck der Berechnungen ist es, einen Vorher-Nachher-Vergleich zu ermöglichen.

Mittels der Berechnungsergebnisse sollen insbesondere die folgenden Fragen beantwortet werden:

- **Wie groß, im Vergleich zum gesetzlichen Grenzwert [1], sind die Immissionen, die nach Erweiterung der Standorte an einigen speziellen Punkten in der Umgebung erzeugt werden?**
- **Wie stark wird sich die Immission in der Umgebung der Standorte durch die Inbetriebnahme der neuen Anlagen verändern?**

Einige grundsätzliche Betrachtungen, die Ergebnisse der Berechnungen, sowie die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen sind im Folgenden dargestellt.

2 Vorgehensweise

2.1 Beschreibungsgrößen für hochfrequente Felder

Für die Beurteilung der elektromagnetischen Immissionen in der Umgebung von Hochfrequenzquellen, werden bei Frequenzen oberhalb 30 Megahertz üblicherweise die folgenden Größen verwendet:

- Der Effektivwert der elektrischen Feldstärke E in Volt pro Meter.
- Die Leistungsflussdichte S in Watt pro Quadratmeter oder Mikrowatt pro Quadratmeter (1 Mikrowatt = 1 Millionstel Watt).

Die Leistungsflussdichte gibt die in einer Fläche von einem Quadratmeter fließende Leistungsmenge der durch die elektromagnetische Welle transportierten Hochfrequenzenergie an.

In der folgenden Untersuchung wird primär die elektrische Feldstärke E bzw. ihr Grenzwert-Ausschöpfungsgrad als Größe für die Immissionswerte verwendet.

2.2 Wichtige Randbedingungen

Bei der Berechnung elektromagnetischer Felder in der Umgebung einer Funksendeanlage zum Zwecke des Personenschutzes ist es sehr wichtig, die an einem Punkt maximal auftretenden Felder zu ermitteln, um für den Grenzwertvergleich auf jeden Fall die dort herrschende **Maximalimmission** der betrachteten Antennen zu erhalten. Auf diese Weise wird in der Abschätzung versucht, möglichst "ungünstige" Bedingungen und somit möglichst "hohe" Felder an Prognosepunkten bzw. in der betrachteten Umgebung zu gewährleisten. Daher wurden für die Feldstärkeberechnung folgende Randbedingungen festgelegt:

- Es werden die Felder berechnet, die bei **maximaler Sendeleistung** der Anlagen als Summenwert in der Umgebung entstehen. Die Größe der maximal an den Antenneneingängen anstehenden Sendeleistungen wurden uns vom Betreiber mitgeteilt. Auch die anderen notwendigen technischen Daten (Typ, Montagehöhe, Downtilt und Ausrichtung der An-

tennen) wurden uns ebenfalls schriftlich übermittelt (siehe Tabelle in Kapitel 5). Die angegebenen Werte sind nach unserer Erfahrung typisch für derartige Mobilfunksendeanlagen.

- Die berechneten Immissionswerte beziehen sich auf Punkte im Freien (Gebäudefassade), von denen aus direkte Sichtverbindung zu den Antennen besteht. Wird die Sichtverbindung zum Installationsort der Antennen durch Gebäude oder Bewuchs (Bäume) versperrt, sind dort deutlich niedrigere Immissionswerte zu erwarten, als in der Prognose errechnet. Auch im Gebäudeinneren ist aufgrund der Gebäudedämpfung mit niedrigeren Immissionswerten, als hier prognostiziert, zu rechnen.
- Die Entfernungen bzw. topografische Höhenunterschiede zwischen den Berechnungspunkten und dem Antennenstandort wurden einer geeigneten topografischen Karte bzw. Katasterplänen oder "Google Earth" entnommen und bei den Berechnungen berücksichtigt.
- Es wurde nicht nur der Immissionswert für einen einzigen Punkt prognostiziert, sondern es wurde am Prognoseort jeweils der höchste Immissionswert innerhalb eines Volumens von etwa 1 m^3 gesucht und als Expositionswert im Gutachten dokumentiert.
- Das für die Feldstärkebestimmung angewendete Berechnungsmodell (ungestörte Freiraumausbreitung) führt ebenfalls eher zu einer Über- als zu einer Unterschätzung der Immissionswerte [5].
- Trotz der insgesamt sehr konservativen Feldstärkeberechnung, wird der Einfluss von lokalen Feldstärkeüberhöhungen, die durch Reflexionen entstehen können, nicht vernachlässigt, sondern mit einem Aufschlag von 40 % (d.h. 3 dB) berücksichtigt.
- Für die Antennen wird vom Betreiber bezüglich der elektrischen Strahlabsenkung ("Downtilt") oft nicht nur ein bestimmter Vertikalwinkel (z.B. 4°) sondern meist gleich ein größerer Winkelbereich (z.B. 0 bis 8°) bei der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA) beantragt. Ist dies bei den hier betrachteten Antennen der Fall, wird in der Simulation auch mit entsprechenden Antennendaten gerechnet, die diesen gesamten Winkelbereich mit einschließen, um alle im realen Betrieb möglichen "Downtilt-Einstellungen" auf einmal zu erfassen. Dadurch wird allerdings - im Gegensatz zur Wirklichkeit - der Hauptbereich der Energieabgabe ("Hauptstrahl") deutlich vergrößert, was ebenfalls zu einer Überbewertung der Immission führen kann.
- Zusätzlich wurden, gegenüber dem theoretischen Abstrahlverhalten der Mobilfunkantennen, die Einzüge im vertikalen Antennendiagramm auf maximal 20 dB begrenzt, wodurch verhindert wird, dass im Nahbereich lokale Immissionsminima prognostiziert werden, die im realen Umfeld erfahrungsgemäß so nicht auftreten.
- Wegen der komplexen Ausbreitung elektromagnetischer Wellen kann eine Immissionsprognose niemals eine hundertprozentige Zuverlässigkeit erreichen. Des Weiteren ist klarzustellen, dass der Prognose die technischen Daten zugrunde liegen, die auf Grund der ak-

tuellen Planungen des Betreibers vorgesehen sind. Änderungen dieser technischen Parameter sind jederzeit möglich und können zu einer Veränderung der in der Prognose enthaltenen Immissionswerte führen.

3 Ergebnisse der Prognoseberechnungen

Der im Folgenden durchgeführte Grenzwertvergleich erfolgt mit den in Deutschland rechtsverbindlichen Vorgaben der 26. BImSchV [1]. Diese gibt für Sendeanlagen des GSM-900-Mobilfunks einen Grenzwert für die Leistungsflussdichte von ca. 4,6 Watt/m² vor, was einer elektrischen Feldstärke von etwa 42 Volt/m entspricht. Für GSM-1800- und auch LTE-1800-Sendeanlagen gilt ein Grenzwert von ca. 9,2 Watt/m² bzw. ca. 59 Volt/m. Bei LTE-800 beträgt der Grenzwert zirka 39 Volt/m (4,0 Watt/m²), bei UMTS-Sendeanlagen 61 Volt/m (10 Watt/m²).

Zur besseren Verständlichkeit werden in den Ergebnistabellen jedoch nicht nur absolute Feldstärkewerte angegeben, sondern es ist auch aufgeführt, wie viel Prozent bezüglich der Feldstärkegrenzwerte nach 26. BImSchV an den einzelnen Punkten jeweils erreicht werden ("prozentuale Grenzwertausschöpfung"). Zusätzlich sind die Berechnungsergebnisse auch als Leistungsflussdichte in Mikrowatt/m² angegeben.

3.1 Standort "Prüfeninger Str. 35"

Die Prognoseberechnungen wurden für die folgenden Punkte in der Umgebung des Standortes durchgeführt:

Punkt Nr.	Bezeichnung	Horizontaldistanz zum Mobilfunkstandort	Höhe über Grund
1.1	Goethegymnasium (3. OG, Raum 303)	ca. 180 m	13,5 m
1.2	Hedwigsklinik (3. OG, Flur vor Archiv Onkologie)	ca. 95 m	9,0 m
1.3	Wohnheim Wilhelmstr. (7. OG, Dachterrasse)	ca. 165 m	22,5 m
1.4	Heitzerstr. 10 (Loggia, 14. OG)	ca. 190 m	45,0 m
1.5	Heitzerstr. 10 (Loggia, 6. OG)	ca. 190 m	21,0 m
1.6	Heitzerstr. 10 (vor Hauseingang)	ca. 185 m	1,5 m
1.7	Prüfeninger Str. 20 (Gehweg; gegenüber Hs. Nr. 19)	ca. 180 m	1,5 m
1.8	Carlstr. 5 (Küche 2. OG)	ca. 70 m	7,5 m

Tab. 2: Standort "Prüfeninger Str. 35": Prognosepunkte.

Tabelle 3 dokumentiert zunächst die aktuelle Immissionsituation an den betrachteten Punkten. Diese wurde von uns im Rahmen einer Messung am 28.01.2013 ermittelt. Der Messbereich liegt dem Auftraggeber vor.

Punkt Nr.	Immission in Volt/m	Immission in Prozent vom gesetzl. Grenzwert	Leistungsflussdichte in $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.1	2,97 V/m	5,48 %	23.379,5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.2	4,86 V/m	9,97 %	62.536,8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.3	8,52 V/m	15,01 %	192.542,7 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.4	2,49 V/m	5,15 %	16.408,7 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.5	6,31 V/m	11,68 %	105.700,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.6	4,13 V/m	7,56 %	45.238,0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.7	2,07 V/m	4,18 %	11.367,4 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.8	0,64 V/m	1,44 %	1.070,0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Tab. 3: Standort "Prüfeninger Str. 35": Aktuelle Immissionsituation.

Aus Tabelle 4 können die Immissionswerte entnommen werden, die sich nach Abschluss der Erweiterung des Standortes ergeben.

Punkt Nr.	Immission in Volt/m	Immission in Prozent vom gesetzl. Grenzwert	Leistungsflussdichte in $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.1	3,75 V/m	6,73 %	37.227,0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.2	5,05 V/m	10,24 %	67.543,0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.3	8,62 V/m	15,17 %	196.907,1 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.4	2,52 V/m	5,19 %	16.745,3 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.5	6,68 V/m	12,28 %	118.620,6 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.6	4,65 V/m	8,40 %	57.411,8 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.7	2,39 V/m	4,65 %	15.100,5 $\mu\text{W}/\text{m}^2$
1.8	1,49 V/m	2,72 %	5.907,7 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Tab. 4: Standort "Prüfeninger Str. 35": Ergebnis der Immissionsprognose für die betrachteten Punkte (Immission nach Abschluss der Standorterweiterung).

Folgende Abbildung stellt die Ergebnisse aus den Tabellen 3 und 4 grafisch dar:

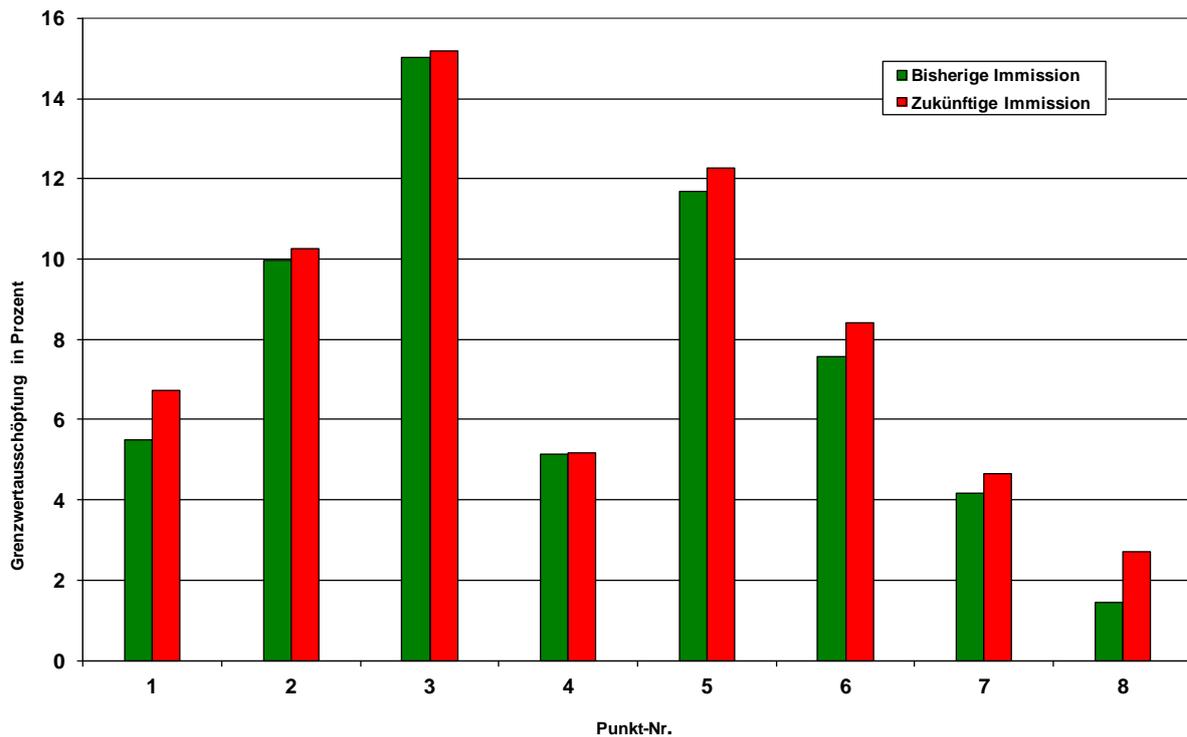


Abb. 1: Grafische Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3 und 4 (Grenzwertausschöpfung bezüglich der Feldstärke in Prozent).

Abbildung 2 zeigt die Umgebung des Standortes "Prüfeninger Str. 35" und die Lage der betrachteten Punkte. An jedem Punkt ist der berechnete Summenimmissionswert nach Abschluss der Standorterweiterung in Prozent vom Grenzwert angegeben.

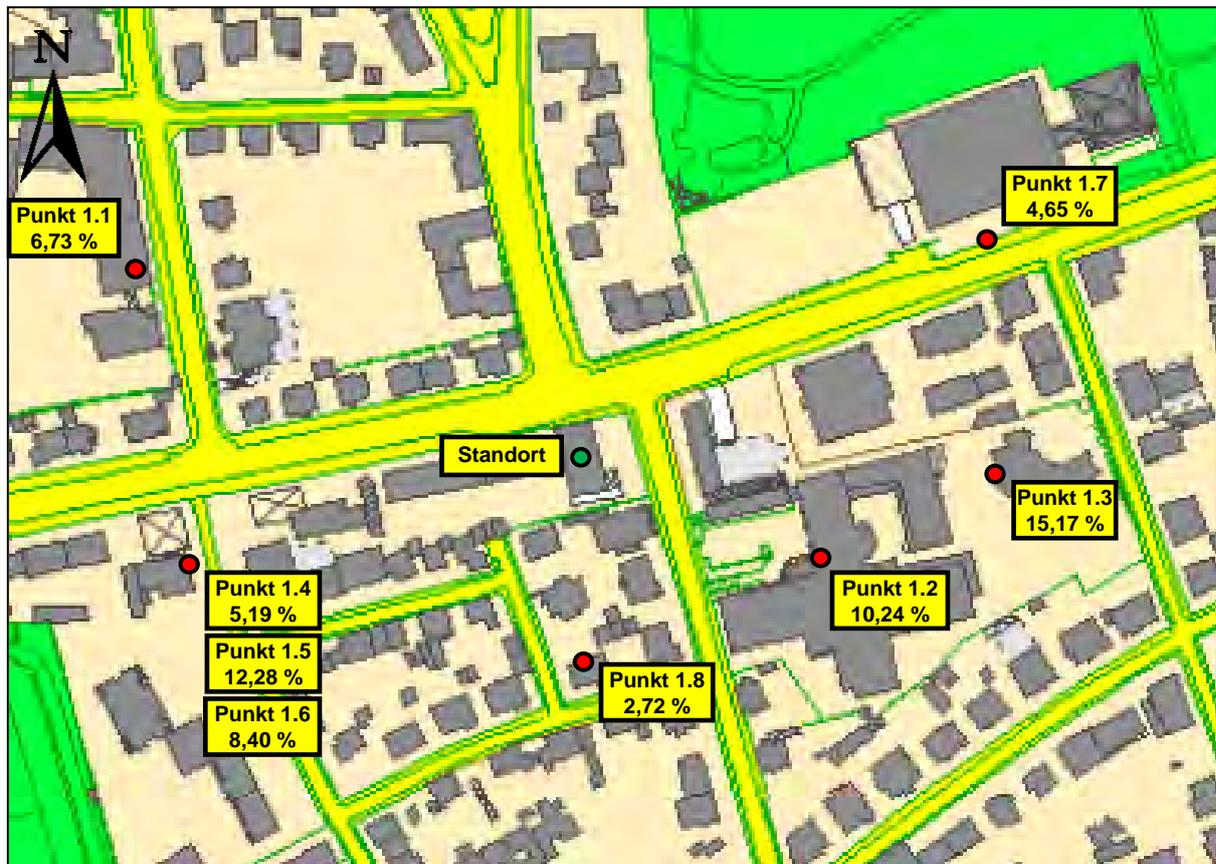


Abb. 2: Umgebung des Standortes "Prüfener Str. 35" und Lage der betrachteten Punkte. Immissionswerte aus Tabelle 4.

3.2 Standort "Johann-Hösl-Str. 11"

Die Prognoseberechnungen wurden für folgenden Punkt in der Umgebung des Standortes durchgeführt:

Punkt Nr.	Bezeichnung	Horizontaldistanz zum Mobilfunkstandort	Höhe über Grund
2.1	Johann-Hösl-Str. 4 (vor Kinderheim St. Vincent)	ca. 115 m	1,5 m

Tab. 5: Standort "Johann-Hösl-Str. 11": Prognosepunkt.

Tabelle 3 dokumentiert zunächst die aktuelle Immissionssituation am betrachteten Punkten. Diese wurde von uns im Rahmen einer Messung am 28.01.2013 ermittelt. Der Messbericht liegt dem Auftraggeber vor.

Punkt Nr.	Immission in Volt/m	Immission in Prozent vom gesetzl. Grenzwert	Leistungsflussdichte in $\mu\text{W}/\text{m}^2$
2.1	2,23 V/m	4,78 %	13.228,7 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Tab. 6: Standort "Johann-Hösl-Str. 11": Aktuelle Immissionsituation.

Aus Tabelle 4 können die Immissionswerte entnommen werden, die sich nach Abschluss der Erweiterung des Standortes ergeben.

Punkt Nr.	Immission in Volt/m	Immission in Prozent vom gesetzl. Grenzwert	Leistungsflussdichte in $\mu\text{W}/\text{m}^2$
2.1	3,30 V/m	6,65 %	32.620,0 $\mu\text{W}/\text{m}^2$

Tab. 7: Standort "Johann-Hösl-Str. 11": Ergebnis der Immissionsprognose für die betrachteten Punkte (Immission nach Abschluss der Standorterweiterung).

Abbildung 3 zeigt die Umgebung des Standortes "Johann-Hösl-Str. 11" und die Lage des betrachteten Punktes. Am Punkt ist der berechnete Summenimmissionswert nach Abschluss der Standorterweiterung in Prozent vom Grenzwert angegeben.



Abb. 2: Umgebung des Standortes "Johann-Hösl-Str. 11" und Lage des betrachteten Punktes. Immissionswert aus Tabelle 7.

4 Schlussfolgerungen

Aus den in Kapitel 3 dokumentierten Ergebnissen der durchgeführten Mobilfunk-Immissionsberechnungen lassen sich folgende Schlüsse ziehen:

- Durch die geplanten Anlagenerweiterungen an den Standorten "Prüfeninger Str. 35" und "Johann-Hösl-Str. 11" in Regensburg ist in der Umgebung des Antennenstandortes eine Zunahme der Mobilfunkimmissionen zu erwarten.
- Die an den betrachteten Punkten zu erwartenden Immissionswerte unterschreiten mit Grenzwertausschöpfungen zwischen 2,7 und 15,2 Prozent auch weiterhin die Vorgaben der 26. BImSchV.

Regensburg, 01. März 2013



Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek

5 Anlagen

Für die Prognoseberechnungen wurden folgende technische Anlagendaten zu Grunde gelegt:

Prüfeninger Str. 35

Betreiber: Telekom	93049 Regensburg, Prüfeninger Str. 35					
Antennen	A	B	C	D	E	F
Funksystem	LTE-1800	LTE-1800	LTE-1800			
Frequenz in MHz	1805,0	1805,0	1805,0			
Grenzwert in V/m	58,4	58,4	58,4			
Montagehöhe der Sendeantennen- unterkante über Grund in Meter	30,4	30,4	30,4			
Hauptstrahlrichtung in Grad	20	140	260			
mechanische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung in Grad	0	0	0			
elektrische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung in Grad	5	5	5			
Antennentyp	K 742 270V03	K 742 270V03	K 742 270V03			
Spitzenleistung pro Kanal am Senderausgang in Watt	51	51	51			
Anzahl der beantragten Kanäle	2	2	2			
Verluste zwischen Senderausgang und Antenneneingang in dB	1,4	1,75	0,890,4			

Johann-Hösl-Str. 11:

Betreiber: Telekom	93053 Regensburg, Johann-Hösl-Str. 11					
Antennen	A	B	C	D	E	F
Funksystem	LTE-1800	LTE-1800	LTE-1800			
Frequenz in MHz	1805,0	1805,0	1805,0			
Grenzwert in V/m	58,4	58,4	58,4			
Montagehöhe der Sendeantennen- unterkante über Grund in Meter	17,4	17,4	17,4			
Hauptstrahlrichtung in Grad	20	140	260			
mechanische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung in Grad	0	0	0			
elektrische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung in Grad	6	6	6			
Antennentyp	K 742 270V03	K 742 270V03	K 742 270V03			
Spitzenleistung pro Kanal am Senderausgang in Watt	51	51	51			
Anzahl der beantragten Kanäle	2	2	2			
Verluste zwischen Senderausgang und Antenneneingang in dB	0	0	0			

6 Literaturverzeichnis

- [1] **Bundesrepublik Deutschland**
"26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes"
Bundesgesetzblatt Jg. 1996, Teil I, Nr.66, Bonn 20.12.1996.

- [2] **International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)**
"Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)"
Health Physics, Vol. 74, Nr. 4, April 1998, S. 494-522.

- [3] **Der Rat der Europäischen Union**
"Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz)"
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L199, 30.07.1999, S. 59 – 70.

- [4] **Strahlenschutzkommission (SSK)**
"Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern; Empfehlungen der Strahlenschutzkommission"
Bonn, 14.09.2001 (www.ssk.de).

- [5] **Chr. Bornkessel; M. Schubert**
"Entwicklung von Mess- und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Mobilfunk Basisstationen"
Abschlussbericht, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz, Kamp-Lintfort, 2005 (www.emf-forschungsprogramm.de).