

Elektromagnetische Immissionen in der Umgebung von Mobilfunksendeanlagen

Rechnerische Abschätzung der zu erwartenden Immissionswerte
für einen geplanten Mobilfunkstandort



Auftraggeber: Stadt Erlangen
Schuhstr. 40
91052 Erlangen

Ort: Max-Planck-Str. 34
91058 Erlangen

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: 06/024

Ort und Datum: Regensburg, 18. April 2006

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Aufgabenstellung	3
2 Darstellung der Berechnungsergebnisse	4
2.1 Betrachtete Punkte in der Umgebung der Sendeanlage	4
2.2 Wichtige Randbedingungen	4
2.3 Berechnete Feldstärkewerte, Grenzwertvergleich	6
3 Schlussfolgerungen	7
4 Anlagen	8
Anlage 1: Lageplan	8
Anlage 2: Technische Daten der prognostizierten Mobilfunksendeanlagen	9
5 Literaturverzeichnis	9

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. Bei Anlagen, die sich erst in der Planungs- oder Bauphase befinden, können die zukünftig entstehenden Felder in den meisten Fällen 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 Inbetriebnahme einer Sendeanlage für den UMTS- und den GSM900-Mobilfunk (Betreiber: T-Mobile) an verschiedenen Punkten in der Umgebung des Antennenstandortes (Max-Planck-Str. 34, 91058 Erlangen) zu erwarten sind.

Mittels der Berechnungsergebnisse soll insbesondere die folgende Frage beantwortet werden:

Wie groß, im Vergleich zum gesetzlichen Grenzwert [1], sind die Immissionen, die durch die geplante Sendeanlage an einigen speziellen Punkten in der Umgebung erzeugt werden?

Die Ergebnisse der Berechnungen, sowie die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen sind im folgenden dargestellt.

2 Darstellung der Berechnungsergebnisse

2.1 Betrachtete Punkte in der Umgebung der Sendeanlage

Im folgenden soll vorhergesagt werden, welche maximalen Immissionen an zwei speziellen Punkten in der Umgebung des Anlagenstandortes entstehen. Diese Punkte wurden uns vom Auftraggeber vorgegeben. Weiterhin sollte ein dritter Punkt in der Umgebung der Station bestimmt werden, an dem die absolut höchste Immission in Bodennähe zu erwarten ist. Es handelt sich dabei um:

Punkt Nr.	Beschreibung	Entfernung zum Antennenstandort
1	Kinderspielplatz, Heinrich-Hertz-Str.	Ca. 65 Meter
2	Städtische Lernstube, Max-Planck-Str. 42 (EG)	Ca. 115 Meter
3	Freifläche östlich Wohnhaus, Heinrich-Hertz-Str. 16	Ca. 105 Meter

Tab. 1: Betrachtete Punkte im Umfeld des Antennenstandortes.

Die Lage der betrachteten Punkte ist in einem Kartenausschnitt dargestellt, der als Anlage 1 (Kapitel 4) diesem Gutachten beigelegt ist.

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 Station 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 geplanten Anlage als Summenwert in der Umgebung entstehen. Die maximal an den Antenneneingängen anstehenden Sendeleistungen wurden uns vom Betreiber mitgeteilt. Auch die anderen notwendigen technischen Daten (Typ, Montagehöhe, Downtilt und Ausrichtung der Antennen) wurden uns ebenfalls schriftlich übermittelt (siehe Anlage 2). Die angegebenen Werte sind nach unserer Erfahrung typisch für derartige Mobilfunksendeanlagen.
- Die berechneten Immissionswerte beziehen sich auf Punkte im Freien, 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 Gebäude-

inneren ist aufgrund der Gebäudedämpfung mit niedrigeren Immissionswerten, als hier prognostiziert, zu rechnen.

- 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 Aufschlagsfaktor von 40 % (d.h. 3 dB) berücksichtigt.
- Für die geplanten Antennen wurde vom Betreiber bezüglich der elektrischen Strahlabsenkung ("Downtilt") nicht nur ein bestimmter Vertikalwinkel (z.B. 4°) sondern ein größerer Winkelbereich (z.B. 0° bis 10°) bei der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (früher Regulierungsbehörde für Telekommunikation und Post) beantragt. In der Simulation wird daher 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 100%-ige Zuverlässigkeit erreichen. Des Weiteren ist klarzustellen, dass der Prognose die technischen Daten zugrunde liegen, die auf Grund der aktuellen Planungen des Betreibers vorgesehen sind. Änderungen dieser technischen Parameter sind jederzeit möglich und können zu einer Veränderung der in der Prognose enthaltenen Immissionswerte führen.

2.3 Berechnete Feldstärkewerte, Grenzwertvergleich

Der im folgenden durchgeführte Grenzwertvergleich erfolgt mit den in Deutschland rechtsverbindlichen Vorgaben der 26. BImSchV [1]. Diese gibt für Sendeanlagen des UMTS-Mobilfunks einen Grenzwert für die Leistungsflussdichte von 10 Watt/m^2 vor, was einer elektrischen Feldstärke von 61 Volt/m entspricht. Bei GSM900-Sendeanlagen beträgt der Grenzwert 42 Volt/m (Leistungsflussdichte ca. $4,7 \text{ W/m}^2$).

Es wurden für die in Kapitel 2.1 ausgewiesenen drei speziellen Punkte individuelle Immissionsberechnungen für den Mobilfunk durchgeführt. Die Ergebnisse der Berechnungen sind in der folgenden Tabelle wiedergegeben. Als betrachtete Höhe wurde immer die Höhe des obersten bewohnten bzw. genutzten Stockwerkes angenommen (Angabe durch den Auftraggeber), bei Punkten im Freien die mittlere menschliche Kopfhöhe ($1,5 \text{ Meter}$ über Grund). Die Umgebung des Antennenstandortes wurde als eben angenommen.

Zur besseren Verständlichkeit werden jedoch nicht nur absolute Feldstärkewerte angegeben, sondern es ist auch aufgeführt, wie viel Prozent bezüglich der Grenzwerte nach 26. BImSchV an den einzelnen Prognosepunkten jeweils erreicht werden. Zusätzlich sind in den Tabellen die Berechnungsergebnisse noch als Leistungsflussdichte in Mikrowatt/m^2 angegeben.

In Tabelle 2 sind die Immission dargestellt, die sich durch die geplante Sendeanlage (GSM900 und UMTS) an den drei betrachteten Punkten ergibt.

Punkt Nr.	Entfernung zum Antennenstandort	Betrachtete Höhe	Immission in Volt/m	Immission in % vom gesetzl. Grenzwert	Leistungsflussdichte in $\mu\text{W/m}^2$
1	Ca. 65 Meter	1,5 m	3,21 Volt/m	7,39 %	27.314,8 $\mu\text{W/m}^2$
2	Ca. 115 Meter	2,0 m	2,54 Volt/m	5,36 %	17.086,1 $\mu\text{W/m}^2$
3	Ca. 105 Meter	1,5 m	3,64 Volt/m	8,04 %	35.144,8 $\mu\text{W/m}^2$

Tab. 2: Ergebnis der Immissionsberechnungen für die betrachteten Punkte nach Inbetriebnahme der geplanten Anlage.

3 Schlussfolgerungen

Aus den im Kapitel 2 dargestellten Immissionswerten lassen sich die folgenden Schlüsse ziehen:

- Der **gesetzliche Grenzwert** nach 26. BImSchV [1] wird an den drei betrachteten Punkten in der Umgebung des Anlagenstandortes **deutlich unterschritten**. Die zu erwartenden Immissionen liegen nach Inbetriebnahme der UMTS- und der GSM900-Anlage etwa zwischen fünf und acht Prozent des gesetzlichen Grenzwertes (bezogen auf die elektrische Feldstärke).
- Die Immissionswerte, verursacht durch die betrachteten Antennen, wurden in diesem Gutachten sehr konservativ prognostiziert, d.h. es fand dabei eher eine Über- als eine Unterschätzung statt. Grund dafür ist, neben der Annahme einer vorhandenen Sichtverbindung zwischen Antennenstandort und Prognosepunkt, die Verwendung von Antennendaten, die alle möglichen Downtilt-Einstellungen auf einmal umfassen. In der Realität wird jedoch nur ein Strahlabsenkungs-Winkel für die jeweilige Sektorantenne eingestellt, so dass an einigen Orten durchaus Immissionen in der hier prognostizierten Höhe auftreten können, an anderen Orten aber auch deutlich weniger.

Regensburg, 18. April 2006

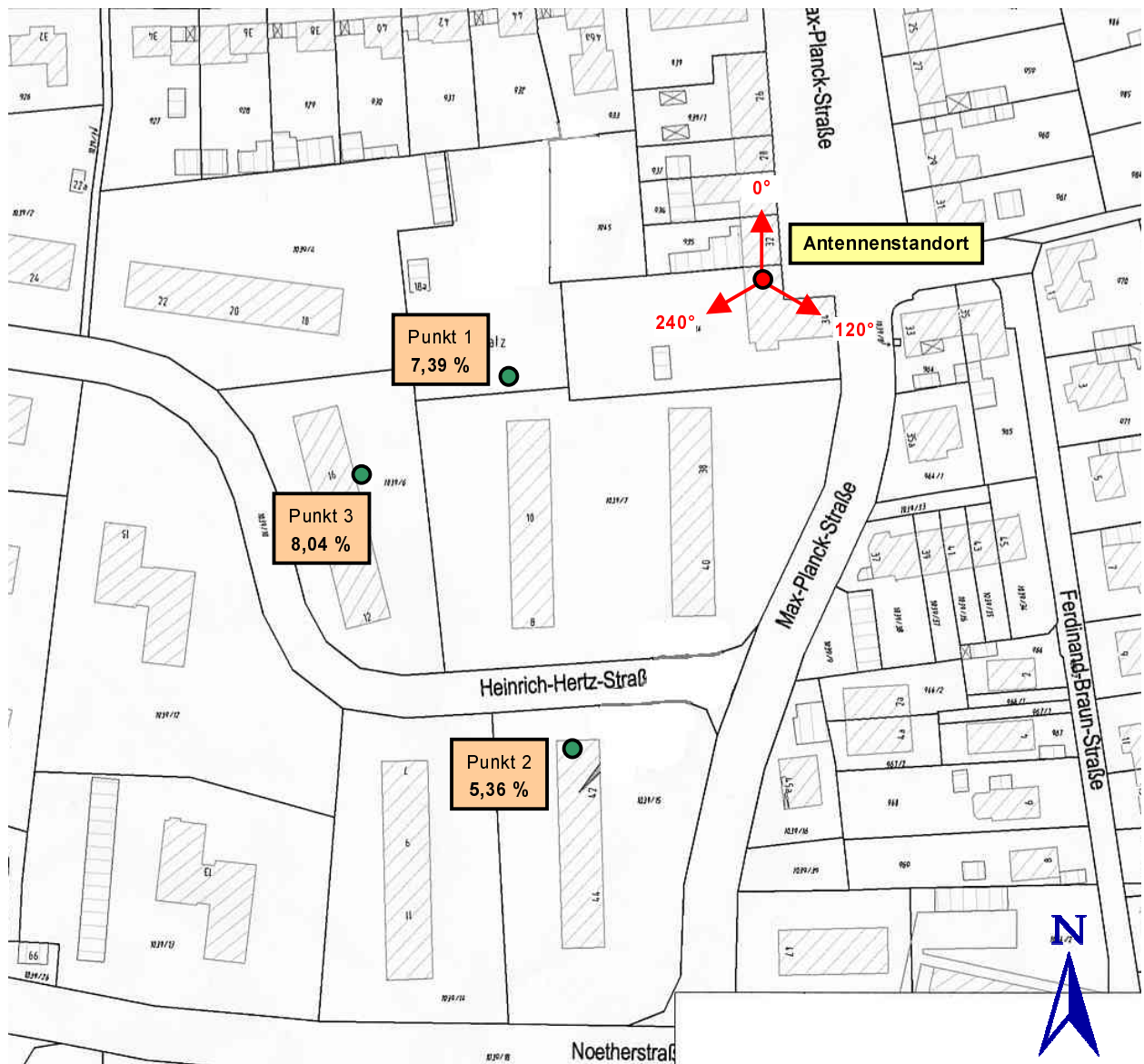


Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek

4 Anlagen

Anlage 1: Lageplan

Umgebung des Antennenstandortes Max-Planck-Str. 34 mit horizontalen Hauptsenderrichtungen der geplanten Mobilfunkantennen, Lage der betrachteten Punkte und berechneter Immission.



An jedem Prognosepunkt ist der berechnete Immissionswert nach Inbetriebnahme der geplanten Anlage in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV angegeben. Die roten Pfeile symbolisieren die horizontalen Hauptsenderrichtungen der Mobilfunkantennen.

Anlage 2: Technische Daten der prognostizierten Mobilfunksendeanlagen

Für die Prognose der geplanten Mobilfunkanlage wurden folgende technische Daten zu Grunde gelegt:

Betreiber: T-Mobile	Max-Planck-Str. 34					
Antennen	A	B	C	D	E	F
Funksystem:	GSM 900	GSM 900	GSM 900	UMTS	UMTS	UMTS
Montagehöhe der Senderantennenunterkante über Grund in Meter:	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
Hauptstrahlrichtung in Grad:	0	120	240	0	120	240
mechanische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung in Grad	0	0	0	0	0	0
elektrische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung in Grad	0 – 10	0 – 10	0 – 10	0 – 6	0 – 6	0 – 6
Antennentyp:	K 742265	K 742265	K 742265	K 742265	K 742265	K 742265
Spitzenleistung pro Kanal am Senderausgang in Watt:	16	16	16	32	32	32
Anzahl der beantragten Kanäle:	4	4	4	2	2	2
Verluste zwischen Senderausgang und Antenneneingang in dB:	1,1	1,1	1,1	2,2	2,2	2,2

5 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).