

# Elektromagnetische Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen

## Bericht über durchgeführte Feldstärkemessungen



**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

	<b>Seite</b>	
<b>1</b>	<b>Aufgabenstellung</b>	3
<b>2</b>	<b>Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen</b>	5
<b>3</b>	<b>Durchführung der Messungen</b>	8
3.1	Messgrößen für hochfrequente Felder	8
3.2	Verwendete Messgeräte, Messverfahren	8
3.3	Messgenauigkeit, Bestimmung der Maximalimmission	9
3.4	Qualitätssicherung	10
3.5	Messorte	10
<b>4</b>	<b>Festgestellte Immissionswerte</b>	11
<b>5</b>	<b>Schlussfolgerungen</b>	13
<b>6</b>	<b>Literaturverzeichnis</b>	14
<b>7</b>	<b>Anlagen</b>	15
	Anlage 1: Ausführliche Ergebnistabellen	15
	Anlage 2: Grenzwerte und ihre Entstehung	21
	Anlage 3: Lagepläne mit Anlagenstandorten und Messpunkten	24
	Anlage 4: Fotos	26

# 1 Aufgabenstellung

Die EM-Institut GmbH wurde von der Deutschen Telekom Technik GmbH beauftragt, an einigen Punkten im Stadtgebiet von Regensburg die elektromagnetischen Immissionen, verursacht durch Mobilfunksignale, messtechnisch zu erfassen. Die Ergebnisse der Messungen sind mit den derzeit in Deutschland verbindlichen Grenzwerten zu vergleichen.

In der näheren Umgebung der Messpunkte befinden sich aktuell folgende Standorte von Mobilfunksendeanlagen:

Nr.	Standort	Betreiberfirma (Mobilfunksystem)
1	Prüfeninger Str. 35	Telekom (GSM+UMTS), Vodafone (GSM+UMTS), Telefónica (GSM+UMTS)
2	Johann-Hösl.-Str. 11	Telekom (GSM+UMTS)
3	Merowinger Str. 3	Vodafone (GSM+UMTS+LTE)

**Quelle:** Angaben der Bundesnetzagentur (BNetzA), sowie Auskünfte der Netzbetreiber.

**Tab. 1:** In der Umgebung der Messpunkte derzeit vorhandene Mobilfunksendeanlagen.

Der Schutz der Bevölkerung vor den 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 basieren auf 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 im Allgemeinen nur näherungsweise berechnen, da neben der Leistung der Sendeanlage verschiedene andere Einflussfaktoren zusätzlich eine Rolle spielen können. Als Beispiel seien hier Antennencharakteristik, Bewuchs (vor allem Bäume), Bebauung und Gebäudeschirmung genannt.

Um zuverlässige Aussagen über die Felder in der Umgebung einer Funksendeanlage treffen zu können, sind daher bei in Betrieb befindlichen Anlagen Messungen in der Regel Berechnungen vorzuziehen. Ein Vergleich der Messergebnisse mit den gesetzlichen Grenzwerten für elektromagnetische Felder erlaubt eine objektive Einschätzung der Immissionsituation vor Ort. Bei geplanten oder noch nicht in Betrieb befindlichen Sendern sind hingegen rechnerische Prognosen die einzige Möglichkeit zur Darstellung der Immissionsverhältnisse.

Im vorliegenden Fall soll mittels der Messergebnisse die Beantwortung der folgenden Frage möglich werden:

**Wie groß, im Vergleich zum gesetzlichen Grenzwert, sind die Immissionen, die derzeit durch Mobilfunksignale an den Messpunkten erzeugt werden?**

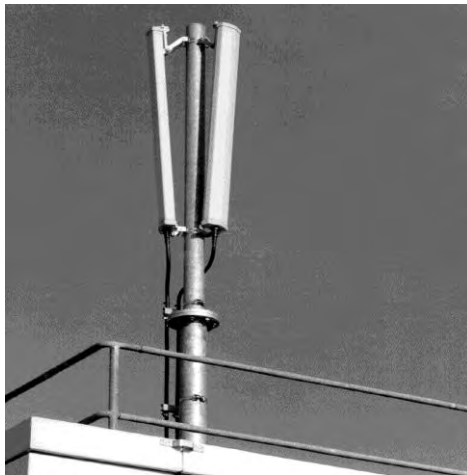
Die Ergebnisse der Messungen und die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen sind im Folgenden dargestellt.

## 2 Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen

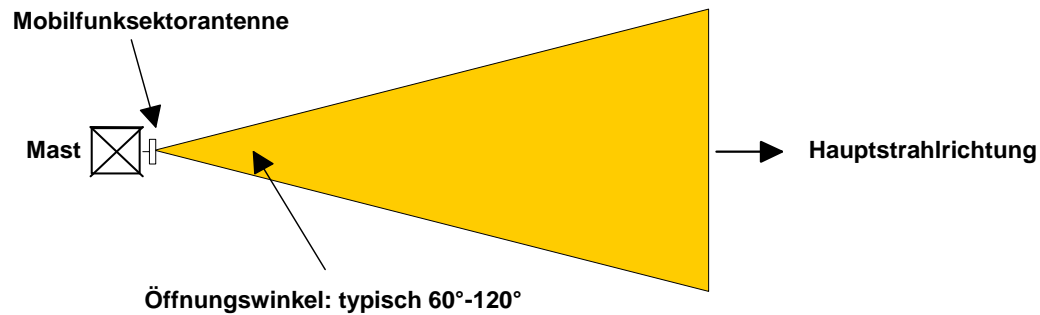
Neben der Sendeleistung ist insbesondere das Bündelungsverhalten der montierten Antennen ein wesentlicher Faktor für die Größe der Immissionen in der unmittelbaren Umgebung einer Mobilfunksendeanlage. Die beim Mobilfunk verwendeten Antennen senden in der horizontalen Ebene entweder omnidirektional (Abb. 2), d.h. in alle Richtungen parallel zum Erdboden wird gleich viel Energie abgegeben oder die elektromagnetische Welle wird mittels Richtantennen horizontal auf einen typisch  $60^\circ$  bis  $120^\circ$  breiten Sektor konzentriert (Abb. 4). Häufig werden von einem Anlagenstandort aus, durch die Montage mehrerer derartiger Richtantennen, gleich zwei oder drei Sektoren versorgt (Abb. 3).



**Abb. 2:** Beispiel für eine Mobilfunksendeanlage mit omnidirektionalen Antennen.



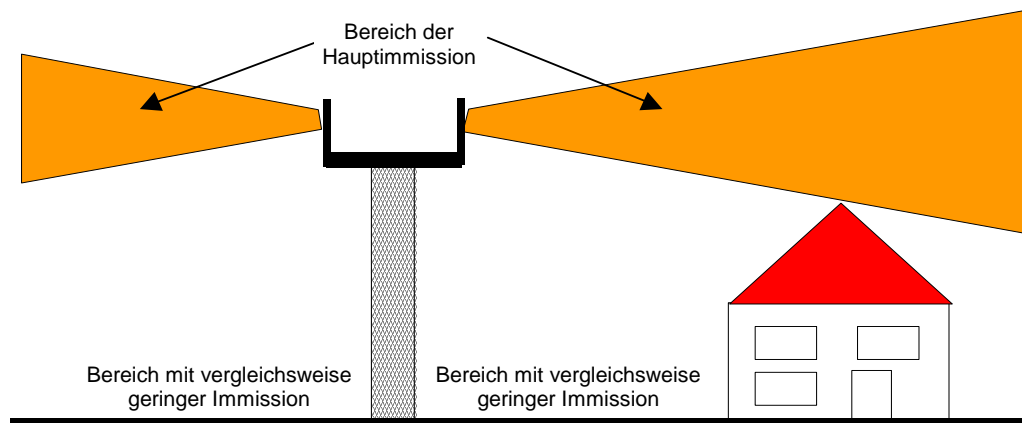
**Abb. 3:** Zwei Sektorantennen, montiert auf einem Flachdach (hier mit mechanischer Strahlabsenkung, engl. "Downtilt").



**Abb. 4:** Horizontales Abstrahlverhalten einer Mobilfunksektorantenne.

An den meisten Standorten werden Sektorantennen verwendet.

In der Vertikalen hingegen senden alle Mobilfunkantennen, ähnlich wie die Scheinwerfer eines Leuchtturmes, sehr stark gebündelt (Abb. 5). Der Hauptabgabebereich der elektromagnetischen Energie wird als "Öffnungswinkel" der Antenne bezeichnet. Er beträgt vertikal typisch zirka 5 bis 10°. Zusätzlich ist die Hauptstrahlrichtung häufig bezüglich der Horizontalen um einige Grad nach unten geneigt [5]. Damit erreicht man eine gezielte Versorgung der lokalen Funkzelle, eine Leistungsabgabe in unerwünschte Bereiche, wie beispielsweise in weiter entfernt liegende Funkzellen, die mit der gleichen Trägerfrequenz arbeiten, wird verhindert (Vermeidung sog. "Gleichkanalstörungen").



**Abb. 5:** Vertikales Bündelungsverhalten von Mobilfunkantennen (prinzipielle Darstellung mit übertriebenem großem vertikalem Öffnungswinkel).

Außerhalb dieses schmalen Feldkegels der Antenne (vergleichbar mit der Lichtverteilung im Kegel eines Scheinwerfers) ist die Energieabgabe deutlich geringer (typisch nur 1/10 bis 1/1000 der Wertes der Leistungsflussdichte in der Hauptstrahlrichtung). Der bodennahe Raum in unmittelbarer Nähe einer erhöht angebrachten Mobilfunkantenne und auch die Räume eines Gebäudes, auf dem die Antennen errichtet sind, werden somit häufig wesentlich geringer exponiert sein, als es durch eine reine Entfernungsbetrachtung zu erwarten gewesen wäre. Man

befindet sich also, ähnlich wie beim Nahbereich eines Leuchtturmes, in einer mehr oder weniger stark ausgeprägten Schattenzone. Noch stärker wirksam ist diese Schattenzone, wenn die Antennen an einem besonders erhöhten Punkt, wie beispielsweise auf einem hohen Turm oder Schornstein montiert sind.

Ist eine Antenne beispielsweise auf einem Gebäudedach installiert, werden die Felder im Inneren des Gebäudes durch das Bündelungsverhalten der Antenne sowie zusätzlich noch von der Dämpfung des Daches und der vorhandenen Decke bestimmt. Aufgrund der Dämpfung, die durch die Antennen und die Gebäudemauern bedingt ist, erreicht der dominierende Teil der hochfrequenten Energie, die im Gebäude messbar ist, häufig nicht auf dem direkten Weg durch Dach und Decke den Innenbereich. Vielmehr gelangt sie als von benachbarten Gebäuden, Berghängen, Bäumen oder Büschen reflektiertes Signal durch die Fenster in das Gebäudeinnere.

Die Stärke der Felder, die im Inneren eines benachbarten Gebäudes noch messbar sind, wird hauptsächlich vom Abstand, dem relativen Höhenunterschied zu den Mobilfunkantennen und ebenfalls der Dämpfung der Mauern, des Daches und der vorhandenen Fenster bestimmt. Abhängig von den verwendeten Baumaterialien (Holz, Ziegel, Beton) tritt damit eine zusätzliche, unter Umständen erhebliche, Schwächung der Felder auf.

An dieser Stelle muss zudem darauf hingewiesen werden, dass bei elektromagnetischen Wellen die Intensität mit zunehmendem Abstand zur Sendeanlage sehr stark abnimmt: Wenn sich die elektromagnetische Welle ungestört ausbreitet, nimmt die Leistungsflussdichte in der Hauptstrahlrichtung mit wachsender Entfernung quadratisch ab. Dies bedeutet, dass sie bei Verdoppelung der Distanz bereits auf ein Viertel, bei Verzehnfachung des Abstandes sogar auf ein Hundertstel des Ausgangswertes abgefallen ist. Unter realen Ausbreitungsverhältnissen (Einfluss von Topografie, Bewuchs, Bebauung) ist die Abnahme der Felder sogar noch stärker ausgeprägt [6]. Das gilt unabhängig vom Typ der verwendeten Antenne.

Zusätzlich zu den Mobilfunkantennen sind an einigen Standorten auch Richtfunkantennen (Parabolspiegel) installiert. Sie dienen zur Verbindung der Mobilfunksendeanlage mit den benachbarten Stationen bzw. der Vermittlungszentrale des Betreibers. Diese Antennen geben, ähnlich wie eine Hochleistungstaschenlampe, ein stark gebündeltes Signal in horizontaler Richtung ab und erzeugen daher keine nennenswerten Immissionen in der näheren Umgebung.

Falls tiefer gehende Informationen zum Themenkomplex "Immissionen durch Mobilfunk" gewünscht werden: Unter

*[http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/emf\\_minimierung\\_schirmung/index.htm](http://www.lfu.bayern.de/strahlung/fachinformationen/emf_minimierung_schirmung/index.htm)*

findet sich ein ausführlicher Untersuchungsbericht über Möglichkeiten und Grenzen der Minimierung von Mobilfunkimmissionen.

## 3 Durchführung der Messungen

### 3.1 Messgrößen 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 [7]:

- Der Effektivwert der elektrischen Feldstärke  $E$  in Volt pro Meter (V/m).
- Die Leistungsflussdichte  $S$  in Watt pro Quadratmeter ( $W/m^2$ ) oder Mikrowatt pro Quadratmeter ( $\mu W/m^2$ ).

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

Im "Fernfeld" einer Antenne stehen Leistungsflussdichte und elektrische Feldstärke in einem festen Verhältnis zueinander. Beide Größen sind im Fernfeld äquivalent, ähnlich wie Stromaufnahme und Leistungsverbrauch bei Elektrogeräten. Bei allen hier durchgeführten Messungen kann von Fernfeldbedingungen ausgegangen werden, da die Messpunkte ausreichend weit von der Antenne entfernt sind. Für die Beschreibung der Immission genügt also die Angabe einer der beiden Größen.

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

### 3.2 Verwendete Messgeräte, Messverfahren

Im Rahmen der Immissionsmessungen wurde folgende Messausrüstung eingesetzt:

1. Feldanalysatorsystem Narda SRM-3006 (Ser. Nr. C-0034)
2. Isotropantenne 3AX 27M-3G (Ser. Nr. D-0043)

Mittels des Feldanalysators und einer geeigneten Messantenne wurden Frequenz und Empfangspegel der einzelnen am Messort zu untersuchenden Funksignale festgestellt. Unter Zuhilfenahme der Kalibrierdaten der verwendeten Messantenne und unter Berücksichtigung der Dämpfung der Leitung zwischen Messantenne und Feldanalysator kann damit die am Messort herrschende Feldstärke bestimmt werden. Durch geeignetes manuelles Ausrichten der Antenne wurde jeweils die stärkste am Messpunkt vorhandene Immission gesucht und aufgezeichnet ("Schwenkmethode") [8].

GSM-Signale werden spektral mit einer Messbandbreite von 0,2 MHz, UMTS mit 5 MHz und LTE-Signale mit ca. 1 MHz (plus anschließender Extrapolation auf die volle Signalbandbreite von 18 MHz bei LTE-1800) erfasst. Als Detektor kommen der Peak-Detektor (bei GSM) bzw. der RMS-Detektor (bei UMTS und LTE) zum Einsatz. Bei den UMTS- und den LTE-Signalen werden die Immissionen zellspezifisch erfasst ("codeselektive Messung").



Bei Vorhandensein mehrerer etwa gleich großer Immissionen wurde entsprechend der Vorgaben der Normen eine Summation durchgeführt, um die wirksame **Summenimmission** zu erhalten. Einzelimmissionen, die aufgrund geringer Stärke nur einen vernachlässigbar kleinen Beitrag zur Gesamtimmission liefern, wurden vernachlässigt.

### 3.3 Messgenauigkeit, Bestimmung der Maximalimmission

Bei derartigen Immissionsmessungen muss mit einer Messunsicherheit von typisch  $\pm 3$  dB gerechnet werden [9]. Gründe dafür sind z.B. unvermeidbare Restfehler bei der Kalibrierung der Messantennen, die entsprechende Messtoleranz des Feldanalysators und die Unsicherheit der Probennahme. Zur Kompensation wurden alle Messwerte um diesen Unsicherheitsfaktor erhöht, d.h. die in diesem Bericht angegebenen Feldstärkewerte sind, gegenüber der vor Ort abgelesenen Anzeige des Messgerätes, zur Sicherheit **um den Faktor 1,4 vergrößert** worden.

Die Intensität der Felder von Mobilfunksendeanlagen ist zusätzlich abhängig von der momentanen Gesprächsauslastung. Nach 26. BImSchV ist die bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung entstehende Immission zu bestimmen. Aus diesem Grund wurden zusätzlich die gefundenen Messergebnisse des GSM-Mobilfunks (Immission, verursacht durch den Signalisierungskanal je Sektor, häufig als "BCCH-Träger" oder "Broadcast-Channel" bezeichnet) unter Zuhilfenahme der von den Betreibern zur Verfügung gestellten technischen Anlagendaten (von der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen genehmigte Kanalzahl je Antenne) auf die Immissionswerte bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung hochgerechnet, damit eine echte "Worst-Case"-Betrachtung sichergestellt ist.

Auch bei UMTS-Stationen ändern sich die von der Anlage abgegebene Sendeleistung und damit die Immission in der Umgebung mit der momentanen Auslastung der Station. Jedoch existiert hier ebenfalls ein Signalisierungssignal (der "Common Pilot Channel", kurz "CPICH"), das ähnlich wie der BCCH-Träger mit definierter, konstanter Leistung abgegeben wird. Falls UMTS-Signale nennenswert vorhanden sind, wird mit der im Feldanalysator implementierten "CPICH Demodulation" an jedem Messpunkt die vorhandene Feldstärke, welche die CPICH-Signale dort erzeugen, gemessen. Aus den von den Betreibern zur Verfügung gestellten technischen Daten der UMTS-Anlagen (Leistung des CPICH im Verhältnis zur Maximalleistung der Station), sowie aus der von der BNetzA genehmigten Kanalzahl errechnet sich ein Korrekturfaktor, um den der Messwert jeweils vergrößert wird, damit in diesem Bericht die maximal mögliche Immission, die durch die gemessenen UMTS-Anlagen bei regulärem Betrieb am Messpunkt erzeugt werden kann, angegeben ist [10].

Bei Anlagen des LTE-Mobilfunks ergibt sich ebenfalls eine auslastungsabhängige Leistungsabgabe. Daher wird auch hier ein Messverfahren angewendet, bei dem ein auslastungsunabhängiges Signalisierungssignal gemessen und daraus sowohl auf die maximal, als auch auf die minimal mögliche Immission extrapoliert wird [11].

Durch diese Korrekturen ist gewährleistet, dass in diesem Bericht möglichst die am jeweils betrachteten Punkt erzeugbare **Maximalimmission** dargestellt ist. Die Messergebnisse beim GSM-, UMTS- und LTE-Mobilfunk sind damit nicht mehr vom momentanen Gesprächs- bzw. Datenaufkommen abhängig.

### 3.4 Qualitätssicherung

Für alle verwendeten Messantennen liegen die entsprechenden Wandlungsfaktoren als Kalibrierdaten vor. Die frequenzabhängigen Dämpfungswerte der bei den Messungen gegebenenfalls eingesetzten Koaxialkabel sind ebenfalls dokumentiert.

Die Messmittel (insbesondere der Feldanalysator) unterliegen einem regelmäßigen Kalibrierzyklus, sie wurden zusätzlich sowohl vor als auch nach der Messaktion auf ihre ordnungsgemäße Funktion überprüft.

### 3.5 Messorte

Es wurden an neun Punkten im Stadtgebiet von Regensburg Mobilfunk-Immissionsmessungen durchgeführt. Sechs Messpunkte befanden sich im Freien, drei im Gebäudeinneren.

Im Detail handelt es sich um folgende Punkte:

Messpunkt Nr.	Bezeichnung	Entfernung zum nächsten Standort*	Sichtverbindung zu den Antennen?
1	Goethegymnasium (3. OG, Raum 303)	ca. 180 m (1)	Ja
2	Hedwigsklinik (3. OG, Flur vor Archiv Onkologie)	ca. 95 m (1)	Ja
3	Wohnheim Wilhelmstr. (7. OG, Dachterrasse)	ca. 165 m (1)	Ja
4	Heitzerstr. 10 (Loggia, 14. OG)	ca. 190 m (1)	Ja
5	Heitzerstr. 10 (Loggia, 6. OG)	ca. 190 m (1)	Ja
6	Heitzerstr. 10 (vor Hauseingang)	ca. 185 m (1)	Ja
7	Prüfening Str. 20 (Gehweg; gegenüber Hs. Nr. 19)	ca. 180 m (1)	Ja
8	Carlstr. 5 (Küche 2. OG)	ca. 70 m (1)	Ja
9	Johann-Hösl-Str. 4 (vor Kinderheim St. Vincent)	ca. 115 m (2)	Ja

\*: Siehe Nummerierung in Tabelle 1

**Tab. 2:** Messpunkte.

Vorgenommen wurden die Messungen am 28. Januar 2013 zwischen 09:30 und 12:15 Uhr (Verantwortlicher vor Ort: Dr.-Ing. M. Wuschek). Ein Beauftragter der Stadt Regensburg (Herr Dr. Hahn) war bei den Messungen anwesend.

Der genaue Termin der Messungen wurde den Anlagenbetreibern im Vorfeld nicht mitgeteilt.

Umgebungspläne mit eingezeichnetem Anlagenstandorten und den Messpunkten sowie einige Fotos finden sich in den Anlagen 3 und 4 zu diesem Bericht.

## 4 Festgestellte Immissionswerte

In folgender Tabelle sind die im Rahmen der "Nachhermessung" an den Messpunkten ermittelten Summenimmissionswerte des Mobilfunks dargestellt. Dabei wird in Spalte 2 angegeben, welche Immissionen auftreten, wenn die Mobilfunkanlagen gerade gar keinen Telefon- bzw. Datenverkehr abwickeln (z.B. nachts). Dieser Wert stellt die **Minimalimmission** dar und wird durch die permanent abgegebenen Signalisierungssignale der Sendestationen erzeugt.

Zusätzlich aufgeführt ist auch der **Maximalimmissionswert** für Vollausbau und Vollausslastung (Spalte 3). Dieser tritt auf, wenn die Anlagen gemäß der BNetzA-Standortbescheinigung voll ausgebaut sind und gerade den maximal möglichen Telefon- bzw. Datenverkehr mit größtmöglicher Sendeleistung abwickeln.

Die Immission im Alltagsbetrieb liegt also je nach momentaner Auslastung der Anlagen immer zwischen diesen beiden Extremwerten.

Immissionen, verursacht durch weiter entfernte Mobilfunksendeanlagen, konnten an einigen Punkten gemessen werden. Soweit sie nennenswert zur Gesamtimmission beitragen, wurden auch diese bei der Ermittlung der vorhandenen Immission berücksichtigt.

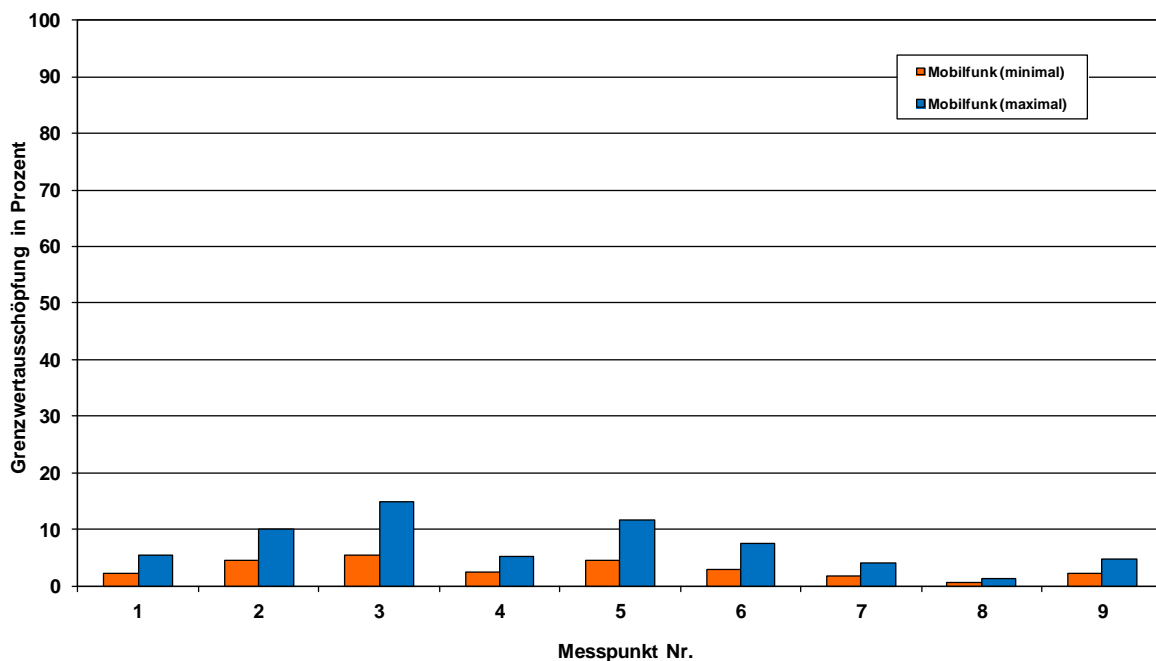
Zur besseren Verständlichkeit werden in Tabelle 3 jedoch nicht absolute Feldstärkewerte angegeben, sondern es ist aufgeführt, wie viel Prozent bezüglich der Grenzwerte nach 26. BImSchV an den einzelnen Messpunkten jeweils erreicht werden ("Grenzwertausschöpfung").

Ausführliche Ergebnistabellen der Messungen finden sich in der Anlage 1 zu diesem Bericht. Dort sind die Ergebnisse zusätzlich auch als Feldstärkewert in Volt/m und als Leistungsflussdichte in Mikrowatt/m<sup>2</sup> angegeben.

Messpunkt Nr.	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk (Minimalimmission)	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk (Maximalimmission)
1	2,20 %	5,48 %
2	4,61 %	9,97 %
3	5,41 %	15,01 %
4	2,39 %	5,15 %
5	4,60 %	11,68 %
6	3,04 %	7,56 %
7	1,89 %	4,18 %
8	0,70 %	1,44 %
9	2,33 %	4,78 %

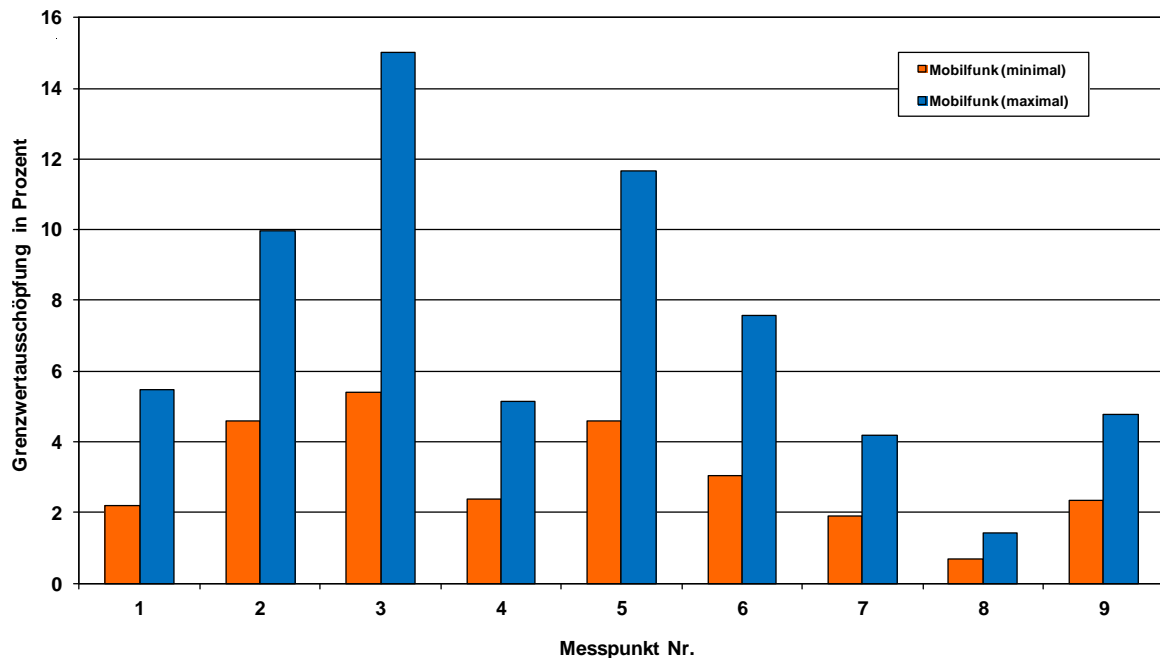
**Tab. 3:** Festgestellte Mobilfunk-Immissionswerte (Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Feldstärkegrenzwerte nach 26. BImSchV).

Nach 26. BImSchV gilt für den Mobilfunk ein Grenzwert von zirka 39 Volt/m (LTE-800), zirka 42 Volt/m (GSM-900), zirka 59 Volt/m (GSM- bzw. LTE-1800) bzw. 61 Volt/m (UMTS bzw. LTE -2600). Die folgenden beiden Abbildungen stellen die Ergebnisse der Messungen (Tabelle 3) grafisch dar:



**Abb. 5:** Grafische Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3 (Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Feldstärkegrenzwerte nach 26. BImSchV).

Die Vorgaben der 26. BImSchV sind eingehalten, wenn die Grenzwertausschöpfung am Messpunkt den Wert von 100 % unterschreitet, was an allen Messpunkten offensichtlich der Fall ist.



**Abb. 6:** Detaillierte Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3.

## 5 Schlussfolgerungen

Wie aus Tabelle 3 sowie den Abbildungen 5 und 6 ersichtlich, wird der Grenzwert nach 26. BImSchV an allen untersuchten Punkten unterschritten. Im Rahmen der Messungen ergaben sich - für den Fall der Vollaustastung der verursachenden Mobilfunkanlagen - an den untersuchten Punkten (feldstärkebezogene) Grenzwertausschöpfungen zwischen etwa 1,4 und 15,0 Prozent der maximal zulässigen Summenimmission.

Regensburg, 01. März 2013



Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek

## 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](http://www.ssk.de)).
- [5] **Firma Kathrein, Rosenheim**  
"Base Station Antennas for Mobile Communications"  
Firmenschrift, Rosenheim 01/2001.
- [6] **S. R. Saunders**  
"Antennas and Propagation for Wireless Communication Systems"  
John Wiley & Sons, Chichester, New York 1999.
- [7] **DIN EN 50413**  
Grundnorm zu Mess- und Berechnungsverfahren der Exposition von Personen in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern (0 Hz bis 300 GHz); Deutsche Fassung EN 50413:2008.
- [8] **Länderausschuss für Immissionsschutz"**  
"Hinweise zur Durchführung der Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV in der Fassung vom 26. März 2004"; 3/2004; Internet: [www.lai-immissionsschutz.de](http://www.lai-immissionsschutz.de)
- [9] **M. Wuschek**  
"Feldstärkemessungen in der Umgebung von GSM-Mobilfunkbasisstationen"  
EMV 2002; Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit  
VDE Verlag GmbH, Berlin, Offenbach 2002, S. 683-692.
- [10] **M. Wuschek**  
"Feldstärkemessungen in der Umgebung von UMTS-Mobilfunkbasisstationen"  
EMV 2004; Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit  
VDE Verlag GmbH, Berlin, Offenbach 2004, S. 539-548.
- [11] **Chr. Bornkessel, M. Schubert und M. Wuschek,**  
"Bestimmung der Exposition der allgemeinen Bevölkerung durch neue Mobilfunktechniken"  
Studie im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz, Zwischenbericht Aufarbeitung des relevanten Standes von Wissenschaft und Technik, Kamp-Lintfort, (2011), [www.emf-forschungsprogramm.de](http://www.emf-forschungsprogramm.de)
- [12] **M. Wuschek**  
Messbericht Nr. 11/052 vom 16.12.2011; EM-Institut GmbH, Regensburg.

## 7 Anlagen

### Anlage 1: Ausführliche Ergebnistabellen

Im Folgenden sind die Ergebnisse der Messungen der Hochfrequenzfelder als Einzelwerte und als Summe sowie die Hochrechnung auf maximale betriebliche Anlagenauslastung wiedergegeben.

#### Anmerkung:

Nach EU-Ratsempfehlung bzw. DIN VDE 0848-1 wird im hier betrachteten Frequenzbereich die Summenbildung bei Vorhandensein mehrerer Signale nicht linear, sondern quadratisch durchgeführt. Dies folgt unmittelbar aus den bekannten Wirkungen von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Es gilt also:

$$I_{\text{Summe}} = \left( \frac{E_1}{E_{g1}} \right)^2 + \left( \frac{E_2}{E_{g2}} \right)^2 + \dots + \left( \frac{E_n}{E_{gn}} \right)^2$$

$E_1, E_2, E_n$ :	Feldstärke der Einzelimmission
$E_{g1}, E_{g2}, E_{gn}$ :	Für die Einzelimmission gültiger Grenzwert
$I_{\text{Summe}}$ :	Gesamtimmission (quadratischer Summenwert)

Diese quadratische Summe (in Prozent) wird von der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA) in den Darstellungen ihrer Immissionsmessungen im Internet auch als "Ausschöpfungsgrad der Grenzwerte" bezeichnet.

Um wieder einen Bezug zu den, in der 26. BImSchV bzw. der EU-Ratsempfehlung angegebenen Feldstärkegrenzwerten herzustellen, wird in diesem Bericht die Wurzel aus der Summenimmission gezogen. Es ergibt sich also die wirksame feldstärkebezogene Immission  $I_{\text{wirksam}}$  zu:

$$I_{\text{wirksam}} = \sqrt{I_{\text{Summe}}}$$

Um die gesetzlichen Vorgaben einzuhalten, darf die Summe der Quadrate und auch die Wurzel daraus den Wert 1 (bzw. 100 %) nicht überschreiten.

Diese Formeln werden in den folgenden Auswertungen angewendet.

Leistungsflussdichtewerte können hingegen auf herkömmliche Weise linear aufsummiert werden.

## Ausführliche Dokumentation der Ergebnisse der Mobilfunk-Immissionsmessungen:

<b>Messort:</b>	Regensburg-Prüfeninger Str. 35 /Johann-Höst-Str. 73	<b>Uhrzeit:</b>	09:30 - 12:15 Uhr
<b>Leitung:</b>	Dr. Wuschek	<b>Wetter:</b>	Bedeckt, kein Niederschlag
<b>Signal:</b>	GSM/UMTS/LTE	<b>Analyzer:</b>	SRM-3006
<b>Datum:</b>	28.01.2013	<b>Antenne:</b>	3AX-27M-3G

Signale, deren Intensität zu schwach waren, um auf die Gesamtimmission einen nennswerten Einfluss zu haben, wurden nicht protokolliert.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f [MHz] / Code (UMTS)	Betreiber	GW [V/m]	E (gem.) [dBµV/m]	Aufschl. MU [dB]	Faktor min. Imm.	E <sub>min</sub> [dBµV/m]	E <sub>min</sub> [V/m]	E <sub>min</sub> [% vom GW]	S <sub>min</sub> [µW/m²]	Faktor max. Imm. (BNetzA)	E <sub>max</sub> beantr. [dBµV/m]	E <sub>max</sub> beantr. [V/m]	E <sub>max</sub> beantr. [% vom GW]	S <sub>max</sub> beantr. [µW/m²]
<b>Messpunkt:</b>	<b>1</b>													
935,8	Vodafone	41,7	81,0	3,0	1	84,0	0,016	0,038	0,67	4,0	90,0	0,032	0,076	2,67
942,4	Telekom	41,7	111,3	3,0	1	114,3	0,519	1,244	713,93	4,0	120,3	1,038	2,488	2855,74
950,4	Vodafone	41,7	98,9	3,0	1	101,9	0,124	0,298	41,08	4,0	107,9	0,249	0,597	164,33
951,0	Vodafone	41,7	108,7	3,0	1	111,7	0,385	0,922	392,34	4,0	117,7	0,769	1,845	1569,35
954,4	Telekom	41,7	84,1	3,0	1	87,1	0,023	0,054	1,36	4,0	93,1	0,045	0,109	5,44
955,2	Telekom	41,7	95,8	3,0	1	98,8	0,087	0,209	20,12	4,0	104,8	0,174	0,418	80,49
1833,0	Telefónica	58,4	112,4	3,0	1	115,4	0,589	1,008	919,73	10,1	125,4	1,868	3,199	9255,11
1833,8	Telefónica	58,4	87,4	3,0	1	90,4	0,033	0,057	2,91	10,1	100,4	0,105	0,180	29,27
1844,0	Telefónica	58,4	103,0	3,0	1	106,0	0,200	0,342	105,60	10,1	116,0	0,633	1,084	1062,63
2112,8/9	Vodafone	61,0	95,7	3,0	2	101,7	0,122	0,200	39,33	20,0	111,7	0,385	0,631	393,27
2112,8/25	Vodafone	61,0	102,6	3,0	2	108,6	0,269	0,442	192,61	20,0	118,6	0,852	1,397	1926,14
2117,6/9	Vodafone	61,0	97,5	3,0	2	103,5	0,150	0,246	59,52	20,0	113,5	0,474	0,777	595,24
2117,6/25	Vodafone	61,0	103,3	3,0	2	109,3	0,292	0,479	226,30	20,0	119,3	0,924	1,514	2263,02
2152,4/72	Telefónica	61,0	86,5	3,0	2	92,5	0,042	0,069	4,73	10,0	99,5	0,094	0,155	23,64
2152,4/74	Telefónica	61,0	100,2	3,0	2	106,2	0,204	0,335	110,84	10,0	113,2	0,457	0,749	554,19
2152,4/76	Telefónica	61,0	82,3	3,0	2	88,3	0,026	0,043	1,80	10,0	95,3	0,058	0,095	8,99
2157,2/72	Telefónica	61,0	83,6	3,0	2	89,6	0,030	0,050	2,42	10,0	96,6	0,068	0,111	12,12
2157,2/74	Telefónica	61,0	101,5	3,0	2	107,5	0,237	0,389	149,52	10,0	114,5	0,531	0,870	747,58
2157,2/76	Telefónica	61,0	76,7	3,0	2	82,7	0,014	0,022	0,50	10,0	89,7	0,031	0,050	2,48
2162,4/147	Telekom	61,0	88,5	3,0	2	94,5	0,053	0,087	7,49	10,0	101,5	0,119	0,195	37,47
2162,4/180	Telekom	61,0	102,7	3,0	2	108,7	0,273	0,447	197,10	10,0	115,7	0,610	0,999	985,50
2162,4/448	Telekom	61,0	76,2	3,0	2	82,2	0,013	0,021	0,44	10,0	89,2	0,029	0,047	2,21
2167,2/147	Telekom	61,0	87,4	3,0	2	93,4	0,047	0,077	5,82	10,0	100,4	0,105	0,172	29,08
2167,2/180	Telekom	61,0	101,6	3,0	2	107,6	0,240	0,394	153,00	10,0	114,6	0,537	0,880	765,00
2167,2/448	Telekom	61,0	82,1	3,0	2	88,1	0,025	0,042	1,72	10,0	95,1	0,057	0,093	8,58
						<b>minimal:</b>	<b>1,12</b>	<b>2,20</b>	<b>3350,9</b>		<b>maximal:</b>	<b>2,97</b>	<b>5,48</b>	<b>23379,5</b>
<b>Messpunkt:</b>	<b>2</b>													
935,8	Vodafone	41,7	120,0	3,0	1	123,0	1,413	3,387	5292,47	4,0	129,0	2,825	6,775	21169,89
942,4	Telekom	41,7	93,4	3,0	1	96,4	0,066	0,158	11,58	4,0	102,4	0,132	0,317	46,31
950,4	Vodafone	41,7	74,7	3,0	1	77,7	0,008	0,018	0,16	4,0	83,7	0,015	0,037	0,62
951,0	Vodafone	41,7	93,2	3,0	1	96,2	0,065	0,155	11,06	4,0	102,2	0,129	0,310	44,23
954,4	Telekom	41,7	116,6	3,0	1	119,6	0,955	2,290	2419,13	4,0	125,6	1,910	4,580	9676,51
955,2	Telekom	41,7	98,6	3,0	1	101,6	0,120	0,288	38,34	4,0	107,6	0,240	0,577	153,36
1833,0	Telefónica	58,4	86,6	3,0	1	89,6	0,030	0,052	2,42	10,1	99,6	0,096	0,164	24,34
1833,8	Telefónica	58,4	106,2	3,0	1	109,2	0,288	0,494	220,63	10,1	119,2	0,915	1,567	2220,15
1844,0	Telefónica	58,4	95,1	3,0	1	98,1	0,080	0,138	17,13	10,1	108,1	0,255	0,436	172,34
2112,8/17	Vodafone	61,0	109,3	3,0	2	115,3	0,583	0,955	900,93	20,0	125,3	1,843	3,021	9009,25
2112,8/25	Vodafone	61,0	89,0	3,0	2	95,0	0,056	0,092	8,41	20,0	105,0	0,178	0,292	84,08
2117,6/17	Vodafone	61,0	108,8	3,0	2	114,8	0,550	0,902	802,95	20,0	124,8	1,740	2,852	8029,50
2152,4/72	Telefónica	61,0	81,3	3,0	2	87,3	0,023	0,038	1,43	10,0	94,3	0,052	0,085	7,14
2152,4/74	Telefónica	61,0	73,6	3,0	2	79,6	0,010	0,016	0,24	10,0	86,6	0,021	0,035	1,21
2152,4/76	Telefónica	61,0	95,3	3,0	2	101,3	0,116	0,191	35,87	10,0	108,3	0,260	0,426	179,33
2157,2/72	Telefónica	61,0	82,5	3,0	2	88,5	0,027	0,044	1,88	10,0	95,5	0,060	0,098	9,41
2157,2/74	Telefónica	61,0	79,7	3,0	2	85,7	0,019	0,032	0,99	10,0	92,7	0,043	0,071	4,94
2157,2/76	Telefónica	61,0	93,2	3,0	2	99,2	0,091	0,150	22,12	10,0	106,2	0,204	0,335	110,58
2162,4/147	Telekom	61,0	91,0	3,0	2	97,0	0,071	0,116	13,33	10,0	104,0	0,158	0,260	66,63
2162,4/448	Telekom	61,0	110,4	3,0	2	116,4	0,661	1,084	1160,62	10,0	123,4	1,479	2,425	5803,08
2167,2/147	Telekom	61,0	90,0	3,0	2	96,0	0,063	0,104	10,58	10,0	103,0	0,141	0,232	52,92
2167,2/448	Telekom	61,0	110,3	3,0	2	116,3	0,654	1,072	1134,20	10,0	123,3	1,462	2,397	5670,99
						<b>minimal:</b>	<b>2,14</b>	<b>4,61</b>	<b>12106,4</b>		<b>maximal:</b>	<b>4,86</b>	<b>9,97</b>	<b>62536,8</b>



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f [MHz] / Code (UMTS)	Betreiber	GW [V/m]	E (gem.) [dBµV/m]	Aufschl. MU [dB]	Faktor min. Imm.	Emin [dBµV/m]	Emin [V/m]	Emin [% vom GW]	Smin [µW/m <sup>2</sup> ]	Faktor max. (BNetzA)	Emax beantr. [dBµV/m]	Emax beantr. [V/m]	Emax beantr. [% vom GW]	Smax beantr. [µW/m <sup>2</sup> ]
Messpunkt:	3													
935,8	Vodafone	41,7	118,4	3,0	1	121,4	1,175	2,818	3661,50	4,0	127,4	2,350	5,635	14645,99
942,4	Telekom	41,7	100,6	3,0	1	103,6	0,151	0,363	60,77	4,0	109,6	0,303	0,726	243,06
950,4	Vodafone	41,7	87,5	3,0	1	90,5	0,033	0,080	2,98	4,0	96,5	0,067	0,161	11,90
951,0	Vodafone	41,7	103,6	3,0	1	106,6	0,214	0,513	121,24	4,0	112,6	0,428	1,025	484,97
954,4	Telekom	41,7	99,5	3,0	1	102,5	0,133	0,320	47,17	4,0	108,5	0,267	0,640	188,68
955,2	Telekom	41,7	104,8	3,0	1	107,8	0,245	0,589	159,83	4,0	113,8	0,491	1,177	639,32
1833,0	Telefónica	58,4	98,8	3,0	1	101,8	0,123	0,211	40,15	10,1	111,8	0,390	0,668	404,00
1833,8	Telefónica	58,4	123,6	3,0	1	126,6	2,138	3,661	12124,36	10,1	136,6	6,782	11,613	122006,09
1844,0	Telefónica	58,4	101,2	3,0	1	104,2	0,162	0,278	69,77	10,1	114,2	0,514	0,881	702,07
2112,8/17	Vodafone	61,0	112,8	3,0	2	118,8	0,872	1,430	2016,92	20,0	128,8	2,757	4,520	20169,20
2112,8/25	Vodafone	61,0	94,6	3,0	2	100,6	0,107	0,176	30,53	20,0	110,6	0,339	0,556	305,27
2117,6/9	Vodafone	61,0	86,3	3,0	2	92,3	0,041	0,068	4,52	20,0	102,3	0,130	0,214	45,15
2117,6/17	Vodafone	61,0	112,0	3,0	2	118,0	0,795	1,304	1677,60	20,0	128,0	2,515	4,123	16776,01
2117,6/25	Vodafone	61,0	93,6	3,0	2	99,6	0,096	0,157	24,25	20,0	109,6	0,302	0,496	242,49
2152,4/74	Telefónica	61,0	91,8	3,0	2	97,8	0,078	0,127	16,02	10,0	104,8	0,174	0,285	80,10
2152,4/76	Telefónica	61,0	111,5	3,0	2	117,5	0,751	1,231	1495,16	10,0	124,5	1,679	2,752	7475,82
2157,2/72	Telefónica	61,0	88,7	3,0	2	94,7	0,054	0,089	7,85	10,0	101,7	0,122	0,199	39,23
2157,2/74	Telefónica	61,0	87,3	3,0	2	93,3	0,046	0,076	5,68	10,0	100,3	0,104	0,170	28,42
2157,2/76	Telefónica	61,0	111,7	3,0	2	117,7	0,768	1,259	1565,63	10,0	124,7	1,718	2,816	7828,14
2162,4/101	Telekom	61,0	88,0	3,0	2	94,0	0,050	0,082	6,68	10,0	101,0	0,112	0,184	33,39
2162,4/147	Telekom	61,0	88,2	3,0	2	94,2	0,051	0,084	6,99	10,0	101,2	0,115	0,188	34,97
2162,4/180	Telekom	61,0	85,4	3,0	2	91,4	0,037	0,061	3,67	10,0	98,4	0,083	0,136	18,35
2162,4/448	Telekom	61,0	83,0	3,0	2	89,0	0,028	0,046	2,11	10,0	96,0	0,063	0,103	10,56
2167,2/101	Telekom	61,0	89,9	3,0	2	95,9	0,062	0,102	10,34	10,0	102,9	0,140	0,229	51,72
2167,2/147	Telekom	61,0	87,5	3,0	2	93,5	0,047	0,078	5,95	10,0	100,5	0,106	0,174	29,76
2167,2/180	Telekom	61,0	87,6	3,0	2	93,6	0,048	0,079	6,09	10,0	100,6	0,107	0,176	30,46
2167,2/448	Telekom	61,0	85,2	3,0	2	91,2	0,036	0,060	3,51	10,0	98,2	0,081	0,133	17,53
						minimal:	2,96	5,41	23177,3		maximal:	8,52	15,01	192542,7
Messpunkt:	4													
935,8	Vodafone	41,7	90,9	3,0	1	93,9	0,050	0,119	6,51	4,0	99,9	0,099	0,238	26,04
942,4	Telekom	41,7	112,1	3,0	1	115,1	0,569	1,364	858,34	4,0	121,1	1,138	2,728	3433,35
950,4	Vodafone	41,7	89,6	3,0	1	92,6	0,043	0,102	4,83	4,0	98,6	0,085	0,205	19,31
951,0	Vodafone	41,7	112,9	3,0	1	115,9	0,624	1,496	1031,95	4,0	121,9	1,247	2,992	4127,80
954,4	Telekom	41,7	103,0	3,0	1	106,0	0,200	0,478	105,60	4,0	112,0	0,399	0,957	422,39
955,2	Telekom	41,7	89,7	3,0	1	92,7	0,043	0,103	4,94	4,0	98,7	0,086	0,207	19,76
1833,0	Telefónica	58,4	91,3	3,0	1	94,3	0,052	0,089	7,14	10,1	104,3	0,165	0,282	71,84
1833,8	Telefónica	58,4	95,6	3,0	1	98,6	0,085	0,146	19,22	10,1	108,6	0,270	0,462	193,37
1844,0	Telefónica	58,4	109,0	3,0	1	112,0	0,398	0,682	420,40	10,1	122,0	1,263	2,162	4230,40
929,2	E-Plus	41,7	99,0	3,0	1	102,0	0,126	0,302	42,04	2,0	105,0	0,178	0,427	84,08
1831,6	Telefónica	58,4	102,8	3,0	1	105,8	0,195	0,334	100,85	4,0	111,8	0,390	0,668	403,38
1843,2	Telefónica	58,4	99,2	3,0	1	102,2	0,129	0,221	44,02	4,0	108,2	0,258	0,441	176,08
1862,2	E-Plus	58,4	102,1	3,0	1	105,1	0,180	0,308	85,83	4,0	111,1	0,360	0,616	343,34
1863,4	E-Plus	58,4	95,3	3,0	1	98,3	0,082	0,141	17,93	4,0	104,3	0,164	0,282	71,73
1864,0	E-Plus	58,4	95,8	3,0	1	98,8	0,087	0,149	20,12	4,0	104,8	0,174	0,298	80,49
1865,2	E-Plus	58,4	97,4	3,0	1	100,4	0,105	0,179	29,08	4,0	106,4	0,209	0,359	116,34
1867,2	E-Plus	58,4	102,0	3,0	1	105,0	0,178	0,304	83,88	4,0	111,0	0,356	0,609	335,52
2112,8/9	Vodafone	61,0	83,5	3,0	2	89,5	0,030	0,049	2,37	20,0	99,5	0,095	0,155	23,70
2112,8/17	Vodafone	61,0	80,2	3,0	2	86,2	0,020	0,034	1,11	20,0	96,2	0,065	0,106	11,08
2112,8/25	Vodafone	61,0	96,1	3,0	2	102,1	0,128	0,209	43,12	20,0	112,1	0,403	0,661	431,21
2112,8/248	Vodafone	61,0	87,4	3,0	2	93,4	0,047	0,077	5,82	10,0	100,4	0,105	0,172	29,08
2112,8/473	Vodafone	61,0	87,5	3,0	2	93,5	0,047	0,078	5,95	10,0	100,5	0,106	0,174	29,76
2117,6/9	Vodafone	61,0	84,9	3,0	2	90,9	0,035	0,058	3,27	20,0	100,9	0,111	0,182	32,71
2117,6/17	Vodafone	61,0	86,6	3,0	2	92,6	0,043	0,070	4,84	20,0	102,6	0,135	0,221	48,38
2117,6/25	Vodafone	61,0	96,9	3,0	2	102,9	0,140	0,229	51,84	20,0	112,9	0,442	0,725	518,43
2117,6/248	Vodafone	61,0	87,2	3,0	2	93,2	0,046	0,075	5,56	10,0	100,2	0,102	0,168	27,78
2117,6/473	Vodafone	61,0	85,6	3,0	2	91,6	0,038	0,062	3,84	10,0	98,6	0,085	0,140	19,22
2127,8/21	E-Plus	61,0	83,3	3,0	2	89,3	0,029	0,048	2,26	10,0	96,3	0,065	0,107	11,32
2127,8/18	E-Plus	61,0	81,7	3,0	2	87,7	0,024	0,040	1,57	10,0	94,7	0,054	0,089	7,83
2132,6/206	E-Plus	61,0	82,4	3,0	2	88,4	0,026	0,043	1,84	10,0	95,4	0,059	0,097	9,20
2132,6/21	E-Plus	61,0	82,2	3,0	2	88,2	0,026	0,042	1,76	10,0	95,2	0,058	0,094	8,78
2152,4/72	Telefónica	61,0	93,3	3,0	2	99,3	0,092	0,151	22,63	10,0	106,3	0,207	0,339	113,15
2152,4/69	Telefónica	61,0	84,2	3,0	2	90,2	0,032	0,053	2,78	10,0	97,2	0,072	0,119	13,92
2152,4/76	Telefónica	61,0	83,2	3,0	2	89,2	0,029	0,047	2,21	10,0	96,2	0,065	0,106	11,06
2157,2/72	Telefónica	61,0	91,5	3,0	2	97,5	0,075	0,123	14,95	10,0	104,5	0,168	0,275	74,76
2157,2/69	Telefónica	61,0	86,1	3,0	2	92,1	0,040	0,066	4,31	10,0	99,1	0,090	0,148	21,56
2157,2/76	Telefónica	61,0	82,6	3,0	2	88,6	0,027	0,044	1,93	10,0	95,6	0,060	0,099	9,63
2162,4/110	Telekom	61,0	93,0	3,0	2	99,0	0,089	0,146	21,12	10,0	106,0	0,200	0,327	105,60
2162,4/180	Telekom	61,0	97,8	3,0	2	103,8	0,155	0,254	63,78	10,0	110,8	0,347	0,568	318,90
2162,4/448	Telekom	61,0	91,1	3,0	2	97,1	0,072	0,118	13,64	10,0	104,1	0,160	0,263	68,18
2167,2/110	Telekom	61,0	93,2	3,0	2	99,2	0,091	0,150	22,12	10,0	106,2	0,204	0,335	110,58
2167,2/180	Telekom	61,0	94,6	3,0	2	100,6	0,107	0,176	30,53	10,0	107,6	0,240	0,393	152,64
2167,2/448	Telekom	61,0	89,3	3,0	2	95,3	0,058	0,096	9,01	10,0	102,3	0,130	0,214	45,05
						minimal:	1,10	2,39	3226,8		maximal:	2,49	5,15	16408,7

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f [MHz] / Code (UMTS)	Betreiber	GW [V/m]	E (gem.) [dBµV/m]	Aufschl. MU [dB]	Faktor min. Imm.	E <sub>min</sub> [dBµV/m]	E <sub>min</sub> [V/m]	E <sub>min</sub> [% vom GW]	S <sub>min</sub> [µW/m <sup>2</sup> ]	Faktor max. Imm. (BNetzA)	E <sub>max</sub> beantr. [dBµV/m]	E <sub>max</sub> beantr. [V/m]	E <sub>max</sub> beantr. [% vom GW]	S <sub>max</sub> beantr. [µW/m <sup>2</sup> ]
Messpunkt:	5													
935,8	Vodafone	41,7	88,5	3,0	1	91,5	0,038	0,090	3,75	4,0	97,5	0,075	0,180	14,99
942,4	Telekom	41,7	114,7	3,0	1	117,7	0,767	1,840	1561,92	4,0	123,7	1,535	3,680	6247,68
950,4	Vodafone	41,7	89,4	3,0	1	92,4	0,042	0,100	4,61	4,0	98,4	0,083	0,200	18,44
951,0	Vodafone	41,7	118,1	3,0	1	121,1	1,135	2,722	3417,11	4,0	127,1	2,270	5,444	13668,43
954,4	Telekom	41,7	107,0	3,0	1	110,0	0,316	0,758	265,25	4,0	116,0	0,632	1,517	1061,01
955,2	Telekom	41,7	90,1	3,0	1	93,1	0,045	0,108	5,42	4,0	99,1	0,090	0,217	21,66
1833,0	Telefónica	58,4	93,5	3,0	1	96,5	0,067	0,114	11,85	10,1	106,5	0,212	0,363	119,23
1833,8	Telefónica	58,4	95,7	3,0	1	98,7	0,086	0,147	19,66	10,1	108,7	0,273	0,468	197,87
1844,0	Telefónica	58,4	120,0	3,0	1	123,0	1,413	2,419	5292,47	10,1	133,0	4,481	7,673	53257,59
2112,8/25	Vodafone	61,0	109,9	3,0	2	115,9	0,624	1,024	1034,40	20,0	125,9	1,975	3,237	10344,00
2117,6/25	Vodafone	61,0	111,2	3,0	2	117,2	0,725	1,189	1395,37	20,0	127,2	2,294	3,760	13953,68
2152,4/72	Telefónica	61,0	107,0	3,0	2	113,0	0,447	0,733	530,50	10,0	120,0	1,000	1,639	2652,52
2157,2/72	Telefónica	61,0	105,8	3,0	2	111,8	0,390	0,639	402,43	10,0	118,8	0,871	1,428	2012,14
2157,2/76	Telefónica	61,0	80,5	3,0	2	86,5	0,021	0,035	1,19	10,0	93,5	0,047	0,078	5,94
2162,4/110	Telekom	61,0	95,7	3,0	2	101,7	0,122	0,200	39,33	10,0	108,7	0,272	0,446	196,63
2162,4/180	Telekom	61,0	100,5	3,0	2	106,5	0,212	0,347	118,77	10,0	113,5	0,473	0,776	593,83
2162,4/448	Telekom	61,0	99,0	3,0	2	105,0	0,178	0,292	84,08	10,0	112,0	0,398	0,653	420,40
2167,2/110	Telekom	61,0	95,3	3,0	2	101,3	0,116	0,191	35,87	10,0	108,3	0,260	0,426	179,33
2167,2/180	Telekom	61,0	99,1	3,0	2	105,1	0,180	0,295	86,04	10,0	112,1	0,403	0,660	430,19
2167,2/448	Telekom	61,0	97,6	3,0	2	103,6	0,152	0,248	60,91	10,0	110,6	0,339	0,555	304,55
						minimal:	2,33	4,60	14370,9		maximal:	6,31	11,68	105700,1
Messpunkt:	6													
935,8	Vodafone	41,7	81,4	3,0	1	84,4	0,017	0,040	0,73	4,0	90,4	0,033	0,080	2,92
942,4	Telekom	41,7	109,2	3,0	1	112,2	0,407	0,977	440,21	4,0	118,2	0,815	1,954	1760,83
950,4	Vodafone	41,7	76,7	3,0	1	79,7	0,010	0,023	0,25	4,0	85,7	0,019	0,046	0,99
951,0	Vodafone	41,7	115,1	3,0	1	118,1	0,804	1,927	1712,61	4,0	124,1	1,607	3,854	6850,44
954,4	Telekom	41,7	100,7	3,0	1	103,7	0,153	0,367	62,18	4,0	109,7	0,306	0,734	248,72
955,2	Telekom	41,7	76,6	3,0	1	79,6	0,010	0,023	0,24	4,0	85,6	0,019	0,046	0,97
1833,0	Telefónica	58,4	82,4	3,0	1	85,4	0,019	0,032	0,92	10,1	95,4	0,059	0,101	9,26
1833,8	Telefónica	58,4	81,4	3,0	1	84,4	0,017	0,028	0,73	10,1	94,4	0,053	0,090	7,35
1844,0	Telefónica	58,4	113,6	3,0	1	116,6	0,676	1,158	1212,44	10,1	126,6	2,145	3,672	12200,61
1863,8	E-Plus	58,4	96,1	3,0	1	99,1	0,090	0,154	21,56	4,0	105,1	0,180	0,309	86,24
2112,8/9	Vodafone	61,0	85,0	3,0	2	91,0	0,036	0,058	3,35	20,0	101,0	0,112	0,184	33,47
2112,8/25	Vodafone	61,0	108,7	3,0	2	114,7	0,544	0,892	784,67	20,0	124,7	1,720	2,820	7846,73
2117,6/25	Vodafone	61,0	109,7	3,0	2	115,7	0,610	1,000	987,84	20,0	125,7	1,930	3,164	9878,45
2152,4/72	Telefónica	61,0	104,4	3,0	2	110,4	0,332	0,543	291,53	10,0	117,4	0,741	1,215	1457,67
2157,2/72	Telefónica	61,0	104,1	3,0	2	110,1	0,320	0,525	272,08	10,0	117,1	0,716	1,174	1360,38
2162,4/180	Telekom	61,0	105,4	3,0	2	111,4	0,372	0,610	367,02	10,0	118,4	0,832	1,364	1835,10
2162,4/448	Telekom	61,0	94,5	3,0	2	100,5	0,106	0,174	29,83	10,0	107,5	0,237	0,389	149,16
2167,2/180	Telekom	61,0	104,0	3,0	2	110,0	0,317	0,519	265,88	10,0	117,0	0,708	1,161	1329,41
2167,2/448	Telekom	61,0	95,3	3,0	2	101,3	0,116	0,191	35,87	10,0	108,3	0,260	0,426	179,33
						minimal:	1,56	3,04	6489,9		maximal:	4,13	7,56	45238,0
Messpunkt:	7													
935,8	Vodafone	41,7	111,5	3,0	1	114,5	0,531	1,273	747,58	4,0	120,5	1,062	2,546	2990,33
942,4	Telekom	41,7	80,4	3,0	1	83,4	0,015	0,035	0,58	4,0	89,4	0,030	0,071	2,32
950,4	Vodafone	41,7	92,7	3,0	1	95,7	0,061	0,146	9,86	4,0	101,7	0,122	0,292	39,42
951,0	Vodafone	41,7	86,3	3,0	1	89,3	0,029	0,070	2,26	4,0	95,3	0,058	0,140	9,03
954,4	Telekom	41,7	80,2	3,0	1	83,2	0,014	0,035	0,55	4,0	89,2	0,029	0,069	2,22
955,2	Telekom	41,7	109,7	3,0	1	112,7	0,432	1,035	493,92	4,0	118,7	0,863	2,070	1975,69
1833,0	Telefónica	58,4	93,4	3,0	1	96,4	0,066	0,113	11,58	10,1	106,4	0,210	0,359	116,51
1833,8	Telefónica	58,4	105,4	3,0	1	108,4	0,263	0,450	183,51	10,1	118,4	0,834	1,429	1846,64
1844,0	Telefónica	58,4	81,4	3,0	1	84,4	0,017	0,028	0,73	10,1	94,4	0,053	0,090	7,35
1844,6	Telefónica	58,4	87,6	3,0	1	90,6	0,034	0,058	3,05	4,0	96,6	0,068	0,116	12,18
1863,8	E-Plus	58,4	94,1	3,0	1	97,1	0,072	0,123	13,60	4,0	103,1	0,143	0,245	54,42
1865,4	E-Plus	58,4	87,7	3,0	1	90,7	0,034	0,059	3,12	4,0	96,7	0,069	0,117	12,47
2112,8/9	Vodafone	61,0	98,0	3,0	2	104,0	0,159	0,260	66,79	20,0	114,0	0,502	0,823	667,86
2112,8/17	Vodafone	61,0	98,5	3,0	2	104,5	0,168	0,276	74,94	20,0	114,5	0,532	0,871	749,36
2117,6/9	Vodafone	61,0	95,5	3,0	2	101,5	0,119	0,195	37,56	20,0	111,5	0,376	0,617	375,57
2117,6/17	Vodafone	61,0	98,5	3,0	2	104,5	0,168	0,276	74,94	20,0	114,5	0,532	0,871	749,36
2152,4/74	Telefónica	61,0	77,9	3,0	2	83,9	0,016	0,026	0,65	10,0	90,9	0,035	0,058	3,26
2152,4/76	Telefónica	61,0	96,0	3,0	2	102,0	0,126	0,207	42,14	10,0	109,0	0,282	0,462	210,70
2157,2/74	Telefónica	61,0	80,8	3,0	2	86,8	0,022	0,036	1,27	10,0	93,8	0,049	0,080	6,36
2157,2/76	Telefónica	61,0	96,4	3,0	2	102,4	0,132	0,216	46,20	10,0	109,4	0,295	0,484	231,02
2162,4/147	Telekom	61,0	100,6	3,0	2	106,6	0,214	0,351	121,53	10,0	113,6	0,479	0,785	607,66
2167,2/147	Telekom	61,0	101,2	3,0	2	107,2	0,229	0,376	139,54	10,0	114,2	0,513	0,841	697,68
						minimal:	0,88	1,89	2075,9		maximal:	2,07	4,18	11367,4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
f [MHz] / Code (UMTS)	Betreiber	GW [W/m]	E (gem.) [dBµV/m]	Aufschl. MU [dB]	Faktor min. Imm.	E <sub>min</sub> [dBµV/m]	E <sub>min</sub> [V/m]	E <sub>min</sub> [% vom GW]	S <sub>min</sub> [µW/m²]	Faktor max. Imm. (BNetzA)	E <sub>max</sub> beantr. [dBµV/m]	E <sub>max</sub> beantr. [V/m]	E <sub>max</sub> beantr. [% vom GW]	S <sub>max</sub> beantr. [µW/m²]
<b>Messpunkt:</b>	<b>8</b>													
935,8	Vodafone	41,7	87,8	3,0	1	90,8	0,035	0,083	3,19	4,0	96,8	0,069	0,166	12,76
942,4	Telekom	41,7	84,6	3,0	1	87,6	0,024	0,058	1,53	4,0	93,6	0,048	0,115	6,11
950,4	Vodafone	41,7	69,7	3,0	1	72,7	0,004	0,010	0,05	4,0	78,7	0,009	0,021	0,20
951,0	Vodafone	41,7	92,0	3,0	1	95,0	0,056	0,135	8,39	4,0	101,0	0,112	0,270	33,55
954,4	Telekom	41,7	105,7	3,0	1	108,7	0,272	0,653	196,63	4,0	114,7	0,545	1,306	786,54
955,2	Telekom	41,7	72,7	3,0	1	75,7	0,006	0,015	0,10	4,0	81,7	0,012	0,029	0,39
1833,0	Telefónica	58,4	71,0	3,0	1	74,0	0,005	0,009	0,07	10,1	84,0	0,016	0,027	0,67
1833,8	Telefónica	58,4	91,8	3,0	1	94,8	0,055	0,094	8,01	10,1	104,8	0,174	0,299	80,61
1844,0	Telefónica	58,4	90,2	3,0	1	93,2	0,046	0,078	5,54	10,1	103,2	0,145	0,248	55,77
2112,8/17	Vodafone	61,0	75,3	3,0	2	81,3	0,012	0,019	0,36	20,0	91,3	0,037	0,060	3,59
2112,8/25	Vodafone	61,0	78,2	3,0	2	84,2	0,016	0,027	0,70	20,0	94,2	0,051	0,084	6,99
2117,6/9	Vodafone	61,0	61,9	3,0	2	67,9	0,002	0,004	0,02	20,0	77,9	0,008	0,013	0,16
2117,6/17	Vodafone	61,0	78,1	3,0	2	84,1	0,016	0,026	0,68	20,0	94,1	0,051	0,083	6,83
2117,6/25	Vodafone	61,0	74,2	3,0	2	80,2	0,010	0,017	0,28	20,0	90,2	0,032	0,053	2,78
2152,4/72	Telefónica	61,0	80,1	3,0	2	86,1	0,020	0,033	1,08	10,0	93,1	0,045	0,074	5,42
2152,4/76	Telefónica	61,0	77,7	3,0	2	83,7	0,015	0,025	0,62	10,0	90,7	0,034	0,056	3,12
2157,2/72	Telefónica	61,0	80,3	3,0	2	86,3	0,021	0,034	1,13	10,0	93,3	0,046	0,076	5,67
2157,2/76	Telefónica	61,0	76,9	3,0	2	82,9	0,014	0,023	0,52	10,0	89,9	0,031	0,051	2,59
2162,4/448	Telekom	61,0	86,0	3,0	2	92,0	0,040	0,065	4,21	10,0	99,0	0,089	0,146	21,07
2167,2/180	Telekom	61,0	65,6	3,0	2	71,6	0,004	0,006	0,04	10,0	78,6	0,009	0,014	0,19
2167,2/448	Telekom	61,0	88,2	3,0	2	94,2	0,051	0,084	6,99	10,0	101,2	0,115	0,188	34,97
<b>Messpunkt:</b>	<b>9</b>					<b>minimal:</b>	<b>0,30</b>	<b>0,70</b>	<b>240,1</b>		<b>maximal:</b>	<b>0,64</b>	<b>1,44</b>	<b>1070,0</b>
935,8	Vodafone	41,7	79,5	3,0	1	82,5	0,013	0,032	0,47	4,0	88,5	0,027	0,064	1,89
940,6	Telekom	41,7	107,8	3,0	1	110,8	0,347	0,832	318,90	4,0	116,8	0,693	1,663	1275,61
945,4	Vodafone	41,7	80,1	3,0	1	83,1	0,014	0,034	0,54	4,0	89,1	0,029	0,069	2,17
950,4	Vodafone	41,7	105,6	3,0	1	108,6	0,269	0,645	192,16	4,0	114,6	0,538	1,291	768,63
954,4	Telekom	41,7	88,9	3,0	1	91,9	0,039	0,094	4,11	4,0	97,9	0,079	0,189	16,43
955,2	Telekom	41,7	113,7	3,0	1	116,7	0,684	1,640	1240,68	4,0	122,7	1,368	3,280	4962,71
1834,0	Telefónica	58,4	82,7	3,0	1	85,7	0,019	0,033	0,99	4,0	91,7	0,039	0,066	3,94
1845,8	Telefónica	58,4	98,3	3,0	1	101,3	0,116	0,199	35,78	4,0	107,3	0,232	0,398	143,13
2112,8/454	Vodafone	61,0	92,5	3,0	2	98,5	0,084	0,138	18,82	19,8	108,5	0,265	0,435	186,35
2117,6/454	Vodafone	61,0	92,7	3,0	2	98,7	0,086	0,141	19,71	19,8	108,7	0,271	0,445	195,13
2162,4/143	Telekom	61,0	94,9	3,0	2	100,9	0,111	0,182	32,71	10,0	107,9	0,248	0,407	163,55
2162,4/183	Telekom	61,0	106,4	3,0	2	112,4	0,417	0,684	462,05	10,0	119,4	0,933	1,530	2310,25
2167,2/143	Telekom	61,0	95,3	3,0	2	101,3	0,116	0,191	35,87	10,0	108,3	0,260	0,426	179,33
2167,2/183	Telekom	61,0	106,0	3,0	2	112,0	0,399	0,653	421,39	10,0	119,0	0,891	1,461	2106,97
806,0/128-0	Vodafone	38,9	85,1	3,0	75,8	106,9	0,221	0,569	129,74	303,0	112,9	0,442	1,137	518,97
806,0/128-1	Vodafone	38,9	83,9	3,0	75,8	105,7	0,193	0,495	98,42	303,0	111,7	0,385	0,990	393,68
<b>Messpunkt:</b>						<b>minimal:</b>	<b>1,07</b>	<b>2,33</b>	<b>3012,3</b>		<b>maximal:</b>	<b>2,23</b>	<b>4,78</b>	<b>13228,7</b>

## Legende zu obiger Tabelle:

<b>Spalte 1</b>	Frequenz des Signalisierungskanals BCCH bei GSM bzw. Mittenfrequenz und Scramblingcode bei UMTS
<b>Spalte 2</b>	Messpunktnummer; Betreiberzuordnung
<b>Spalte 3</b>	Gesetzlicher Grenzwert nach 26. BImSchV in V/m (Worst Case)
<b>Spalte 4</b>	Gemessene Feldstärke des BCCH (GSM), des CPICH (UMTS) bzw. der RS-Symbole (LTE) in dB $\mu$ V/m Anmerkung: Wurde bei den GSM-Messungen festgestellt, dass ein Verkehrskanal (TCH) am Messpunkt eine höhere Immission erzeugt als der dazugehörige BCCH, ist hier die Immission des TCH dokumentiert und bildet die Basis für die weitere Auswertung.
<b>Spalte 5</b>	Messunsicherheitsaufschlag in dB.
<b>Spalte 6</b>	Faktor für die minimale Immission; in der Regel bei GSM = 1 (da die minimale Immission durch den BCCH bestimmt wird) und bei UMTS = 2 (da die minimale Immission durch die doppelte CPICH-Leistung bestimmt wird). Bei LTE wird hier ein Wert verwendet, der um den Faktor vier kleiner ist, als der in Spalte 11 verwendete Faktor zur Extrapolation auf maximale Leistung, da bei LTE die minimal abgestrahlte Leistung in etwa ein Viertel der maximalen Leistung beträgt.
<b>Spalte 7</b>	Minimale Immission (inkl. Messunsicherheitsaufschlag) in dB $\mu$ V/m: $\langle \text{Spalte 7} \rangle = \langle \text{Spalte 4} \rangle + \langle \text{Spalte 5} \rangle + 10 \cdot \log \langle \text{Spalte 6} \rangle$
<b>Spalte 8</b>	Wert aus Spalte 7 als elektrische Feldstärke in V/m
<b>Spalte 9</b>	Prozentuale Grenzwertausschöpfung: $\langle \text{Spalte 9} \rangle = 100 \% \cdot \langle \text{Spalte 8} \rangle / \langle \text{Spalte 3} \rangle$
<b>Spalte 10</b>	Wert aus Spalte 7 als Leistungsflussdichte in $\mu$ W/m <sup>2</sup>
<b>Spalte 11</b>	Faktor für die maximale Immission: Für GSM fließt in diesen Faktor die bei der BNetzA beantragte und genehmigte Kanalzahl, bei UMTS erfolgt hier zusätzlich die Hochrechnung der CPICH-Leistung auf die maximale Kanalsendeleistung (in der Regel ein Faktor 10 bezüglich der Leistung) Bei LTE wird ein Faktor verwendet, der sich als Quotient aus maximaler Leistung und der Leistung des RS-Signals ergibt. Zusätzlich wird berücksichtigt, dass bei den aktuell betriebenen LTE-Anlagen immer zwei Kanäle abgestrahlt werden. Zusätzlich werden in diesem Faktor gegebenenfalls noch Unterschiede zwischen der aktuell pro Kanal abgestrahlten und der bei der BNetzA beantragten Maximalleistung pro Kanal berücksichtigt.
<b>Spalte 12</b>	Maximale Immission (inkl. Messunsicherheitsaufschlag) in dB $\mu$ V/m: $\langle \text{Spalte 12} \rangle = \langle \text{Spalte 4} \rangle + \langle \text{Spalte 5} \rangle + 10 \cdot \log \langle \text{Spalte 11} \rangle$
<b>Spalte 13</b>	Wert aus Spalte 12 als elektrische Feldstärke in V/m
<b>Spalte 14</b>	Prozentuale Grenzwertausschöpfung: $\langle \text{Spalte 14} \rangle = 100 \% \cdot \langle \text{Spalte 13} \rangle / \langle \text{Spalte 3} \rangle$
<b>Spalte 15</b>	Wert aus Spalte 12 als Leistungsflussdichte in $\mu$ W/m <sup>2</sup>

In den gelb markierten Feldern sind die Summenwerte (minimale bzw. maximale Immission) angegeben (Spalten 8/9 und 13/14: quadratische Summation; Spalten 10 und 15: lineare Summation).

## Anlage 2: Grenzwerte und ihre Entstehung

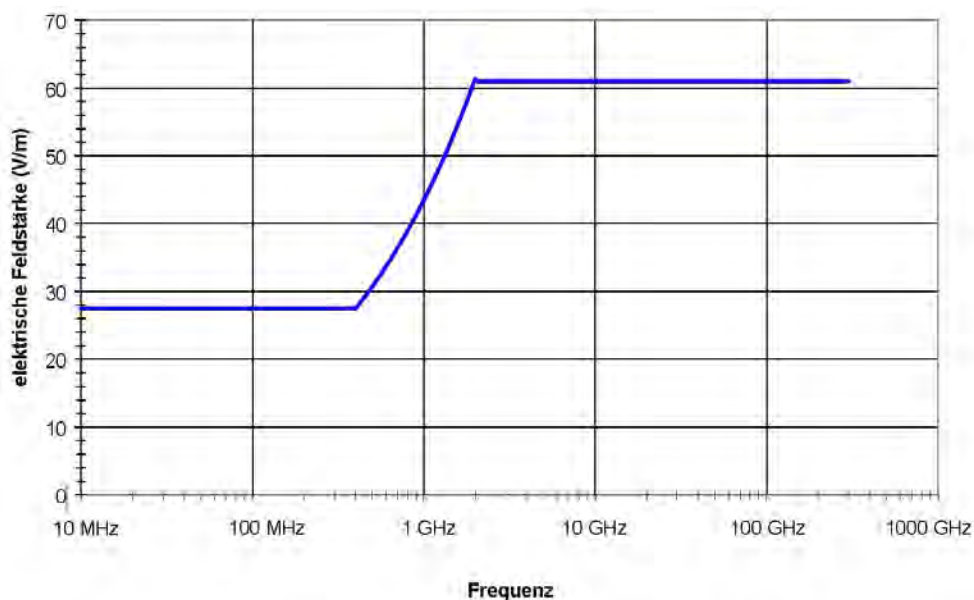
Die Bewertung elektromagnetischer Felder ist in Deutschland seit Januar 1997 in der "26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes" (26. BImSchV) [1] verbindlich geregelt. Die in dieser Verordnung festgelegten Immissionsgrenzwerte entsprechen den aktuellen Empfehlungen der *Weltgesundheitsorganisation* (WHO), der *Internationalen Kommission für den Schutz nicht ionisierender Strahlung* (ICNIRP), des *Europäischen Rates*, sowie der deutschen *Strahlenschutzkommission* [2,3,4].

Die festgelegten Grenzwerte für Hochfrequenzimmissionen sind in folgender Tabelle aufgelistet und in Bild 1 graphisch dargestellt.

Frequenz [MHz]	Effektivwert der el. und magn. Feldstärke	
	elektrische Feldstärke [V/m]	magnetische Feldstärke [A/m]
10 – 400	27,5	0,073
400 – 2.000	$1,375 \cdot \sqrt{f}$	$0,0037 \cdot \sqrt{f}$
2.000 – 300.000	61	0,16

$f$ : Betriebsfrequenz in MHz

**Tabelle 1:** Grenzwerte der 26. BImSchV für Hochfrequenzanlagen



**Bild 1:** Grafische Darstellung der Grenzwerte (elektrische Feldstärke) nach 26. BImSchV für Hochfrequenzanlagen

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 sog. "*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 zurzeit aktuellen Empfehlungen der ICNIRP stammen aus dem Jahr 1998 [2].

Die ICNIRP wird von der *Weltgesundheitsorganisation* (WHO), der *Internationalen Arbeitsorganisation* (ILO) sowie der *Europäischen Union* als die staatlich unabhängige Organisation anerkannt, die Grenzwerte im Bereich nicht ionisierender Strahlung empfiehlt.

Im Jahr 1999 hat der *Rat der Europäischen Union* die "*Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz)*" verabschiedet [3]. Diese Empfehlung basiert ebenfalls auf den Richtwerten der ICNIRP und empfiehlt den Mitgliedsstaaten die Übernahme dieser Werte in nationale Gesetze und Normen.

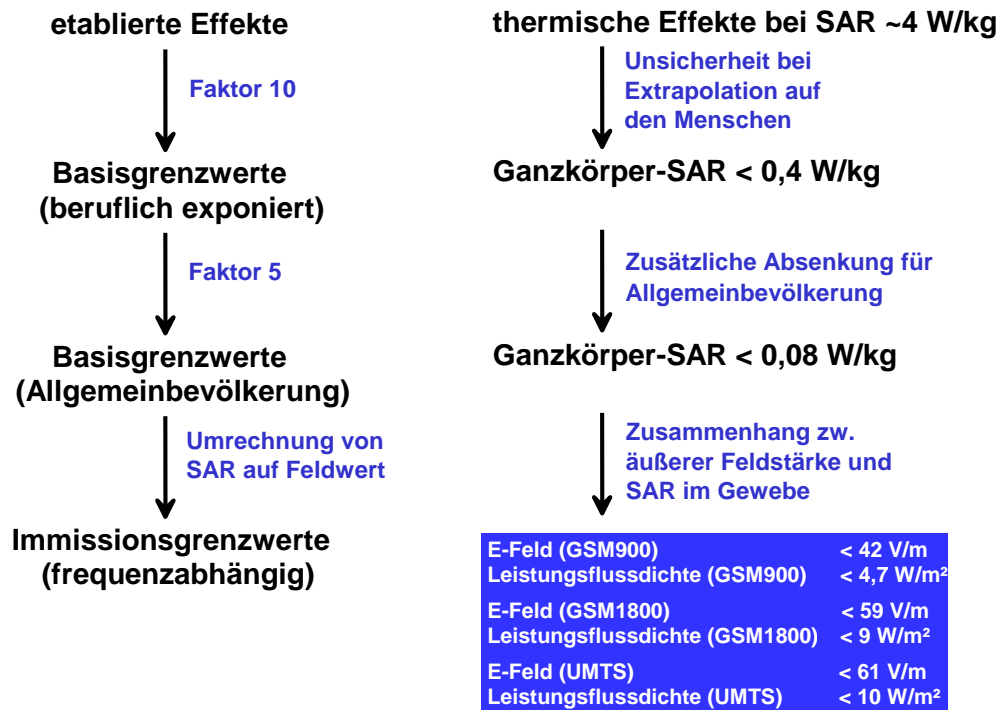
Das Prinzip des Personenschutzes im Bereich des Mobilfunks ist die Begrenzung der vom Körper aufgenommenen Energie. Als Maß hierfür dient die "*spezifische Absorptionsrate*" (SAR), gemessen in Watt pro Kilogramm (W/kg) Körpergewicht. Um den Schutz der Bevölkerung vor den thermischen Einwirkungen hochfrequenter nicht ionisierender Strahlen zu gewährleisten, wurden die sog. "*Basisgrenzwerte*" so festgelegt, dass eine zusätzliche Erwärmung von Körperbereichen um mehr als 1°C mit Sicherheit ausgeschlossen wird.

Um diese Sicherheit zu gewährleisten, ist der *Basisgrenzwert* so gewählt, dass er um den Faktor 10 niedriger liegt, als die spezifische Absorptionsrate, ab der Wirkungen auf den Menschen wissenschaftlich gesichert nachgewiesen werden können. Bei Personen, die im Rahmen ihrer *beruflichen Tätigkeit* während der gesamten täglichen Arbeitszeit (typ. 6 bis 8 Std.) hochfrequenten Feldern ausgesetzt sind, dürfen also maximal Immissionen auftreten, die um den *Faktor 10 unter der Grenze für nachgewiesene Gesundheitsbeeinträchtigungen* liegen.

Aus Gründen einer *zusätzlichen Sicherheit*, wird für die *Allgemeinbevölkerung* (d.h. alle 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 Gesundheitswirkungen* vorliegt.

Da die spezifische Absorptionsrate SAR im menschlichen Körper schwierig zu bestimmen ist, werden in einem weiteren Schritt "*abgeleitete Grenzwerte*" für die leichter zu messende *elektrische* und *magnetische Feldstärke* aus den Basisgrenzwerten ermittelt. Sie sind so gewählt, dass bei einer Einhaltung der abgeleiteten Grenzwerte auf jeden Fall sichergestellt ist, dass auch die dazugehörigen Basisgrenzwerte unterschritten werden.

Das eben beschriebene Verfahren wird im folgenden Bild grafisch dargestellt.



**Bild 2:** Darstellung der Entstehung internationaler Grenzwertempfehlungen

Um zu berücksichtigen, dass in manchen Situationen die einzelnen Körperteile sehr unterschiedlich den elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sein können (beispielsweise wirken bei Benutzung von Mobiltelefonen die hochfrequenten elektromagnetischen Felder hauptsächlich auf den Kopf ein) bzw. dass bestimmte Körperteile empfindlicher als andere reagieren (z.B. das Auge), hat es sich als zweckmäßig erwiesen, national wie international für Teilbereiche des Körpers zusätzlich "*Teilkörpergrenzwerte*" festzusetzen. Diese werden z.B. bei der Bewertung der Immissionen, verursacht durch die Benutzung von Mobiltelefonen angewendet.

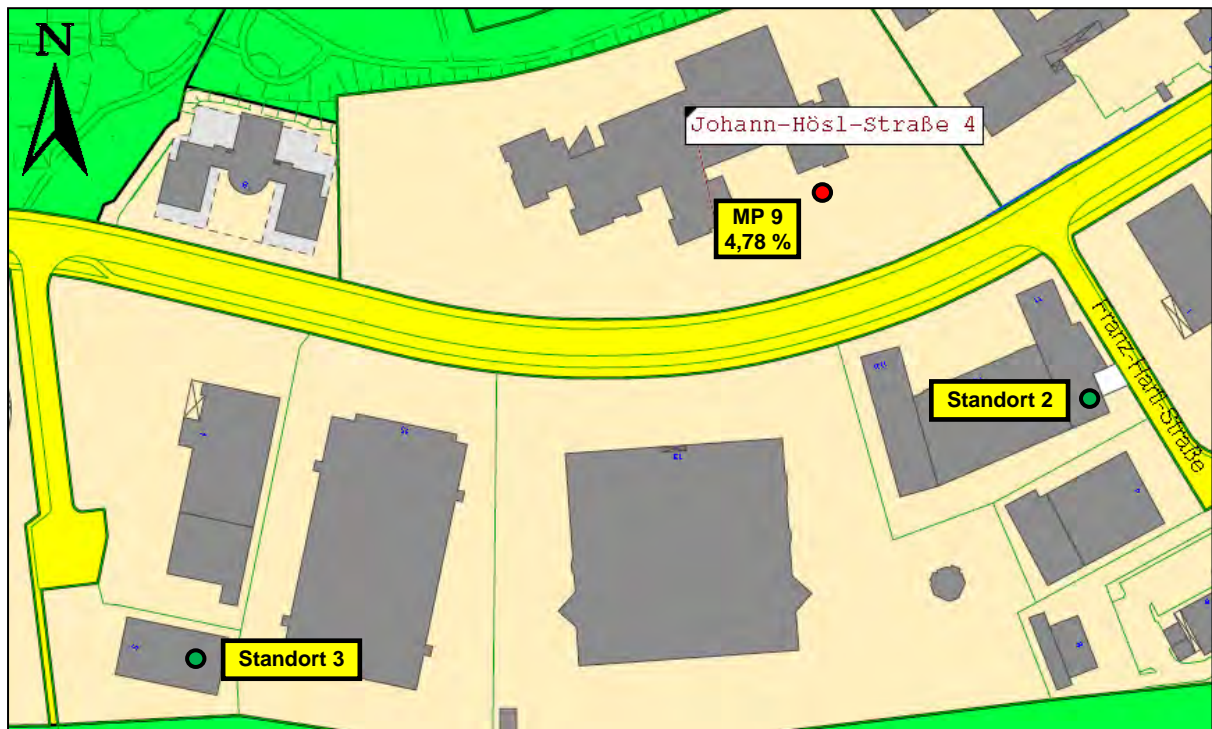
### Anlage 3: Lagepläne mit Anlagenstandorten und den Messpunkten

#### Prüfener Straße:



An jedem Messpunkt ist der ermittelte Mobilfunk-Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV ("Grenzwertausschöpfung" bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.



**Johann-Hösl-Str.:**

An jedem Messpunkt ist der ermittelte Mobilfunk-Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV ("Grenzwertausschöpfung" bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.

**Anlage 4:** Fotos



**Bild 1:** Standort 1 von Messpunkt 1 aus gesehen



**Bild 2:** Standort 1 von Messpunkt 1 aus gesehen



**Bild 3:** Standort 1 von Messpunkt 3 aus gesehen



**Bild 4:** Standort 1 von Messpunkt 4 aus gesehen



**Bild 5:** Standort 1 von Messpunkt 5 aus gesehen



**Bild 6:** Messpunkt 6 mit Standort 1 im Hintergrund



**Bild 7:** Messpunkt 7 mit Standort 1 im Hintergrund



**Bild 8:** Standort 1 von Messpunkt 8 aus gesehen



**Bild 9:** Messpunkt 9



**Bild 10:** Standort 2 von Messpunkt 9 aus gesehen