

Elektromagnetische Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen

Bericht über durchgeführte Feldstärkemessungen



Auftraggeber: Stadt Regensburg
Amt für Umwelt-, Natur- und Verbraucherschutz
Minoritenweg 8
93047 Regensburg

Ort: Berliner Str. 22
93057 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: 10/013

Ort und Datum: Regensburg, 19. Februar 2010

Inhaltsverzeichnis

	Seite
1 Aufgabenstellung	3
2 Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen	5
3 Durchführung der Messungen	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
4 Festgestellte Immissionswerte	11
4.1 Aktuelle Immission durch Mobilfunk	11
4.2 Veränderung der Immission im Vergleich zur "Vorhermessung"	13
5 Schlussfolgerungen	15
6 Literaturverzeichnis	16
7 Anlagen	17
Anlage 1: Ausführliche Ergebnistabellen	17
Anlage 2: Grenzwerte und ihre Entstehung	28
Anlage 3: Lageplan mit Anlagenstandort und den Messpunkten	31
Anlage 4: Fotos	32

1 Aufgabenstellung

Aufgrund der Errichtung eines neuen Mobilfunkstandortes (Berliner Str. 22, 93057 Regensburg) wurde die EM-Institut GmbH von der Stadt Regensburg beauftragt, an einigen Punkten in der Umgebung des neuen Standortes mittels einer "Vorhermessung" vor und einer "Nachhermessung" nach Inbetriebnahme der neuen Mobilfunkanlagen die Veränderung der elektromagnetischen Immissionen, verursacht durch Mobilfunksignale, messtechnisch zu erfassen.

Zusätzlich sind zum Vergleich die Immissionen, verursacht durch lokale Rundfunk- und TV-Sender (insbesondere vom etwa 3,9 Kilometer entfernten Sendeturm "Hohe Linie") zu ermitteln. Die Ergebnisse der Messungen sind zu dokumentieren und mit den derzeit in Deutschland verbindlichen Grenzwerten zu vergleichen.

Zum Zeitpunkt der "Nachhermessung" waren am Standort "Berliner Str. 22" folgende Mobilfunksendeanlagen in Betrieb:

Betreiberfirma	Mobilfunksystem
T-Mobile	UMTS
Vodafone	UMTS
E-Plus	GSM + UMTS
Telefónica O ₂	GSM + UMTS

Quelle: Angaben des Auftraggebers, sowie Auskünfte der Netzbetreiber.

Tab. 1: In der Umgebung der Messpunkte vorhandene Mobilfunksendeanlagen

Die Immissionen vor Inbetriebnahme des neuen Standortes wurden von uns am 25. März 2009 im Rahmen einer "Vorhermessung" ermittelt. Die "Nachhermessung" wurde am 03. Februar 2010 vorgenommen. Im folgenden Bericht sind die Ergebnisse beider Messungen dokumentiert.

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.

len 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 Immissionssituation 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 Fragen möglich werden:

- **Wie groß, im Vergleich zum gesetzlichen Grenzwert, sind die Immissionen, die derzeit durch Mobilfunksignale an den Messpunkten erzeugt werden?**
- **Wie hat sich die Mobilfunk-Immission durch die Inbetriebnahme des neuen Standortes verändert?**
- **Welche Immissionen werden zum Vergleich an den Messpunkten durch lokale Rundfunk- und TV-Sender erzeugt?**

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

2 Immissionen durch Mobilfunktendeanlagen

Neben der Sendeleistung ist insbesondere das Bündelungsverhalten der montierten Antennen ein wesentlicher Faktor für die Größe der Immissionen in der unmittelbaren Umgebung einer Mobilfunktendeanlage.

Die beim Mobilfunk verwendeten Antennen senden in der horizontalen Ebene entweder omnidirektional (Abb. 1), 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° bis 120° breiten Sektor konzentriert (Abb. 3). Häufig werden von einem Anlagenstandort aus, durch die Montage mehrerer derartiger Richtantennen, gleich zwei oder drei Sektoren versorgt (Abb. 2).



Abb. 1: Beispiel für eine Mobilfunktendeanlage mit omnidirektionalen Antennen.

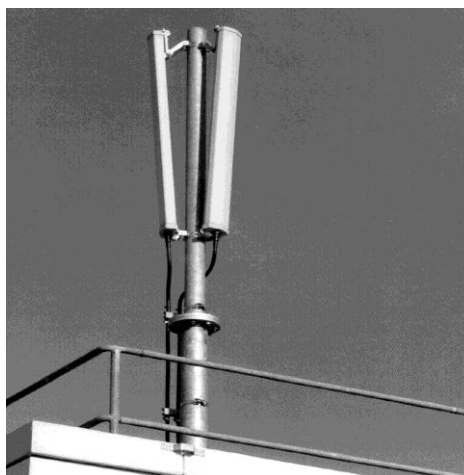


Abb. 2: Zwei Sektorantennen, montiert auf einem Flachdach (hier mit mechanischer Strahlabsenkung, engl. "Downtilt").

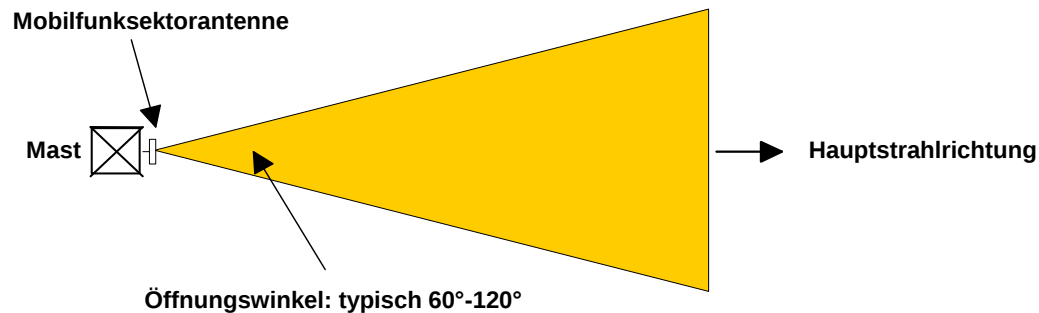


Abb. 3: Horizontales Abstrahlverhalten einer Mobilfunksektorantenne.

An den meisten Standorten werden Sektorantennen verwendet.

In der Vertikalen hingegen senden alle Mobilfunkantennen, ähnlich wie die Scheinwerfer eines Leuchtturmes, sehr stark gebündelt (Abb. 4). 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").

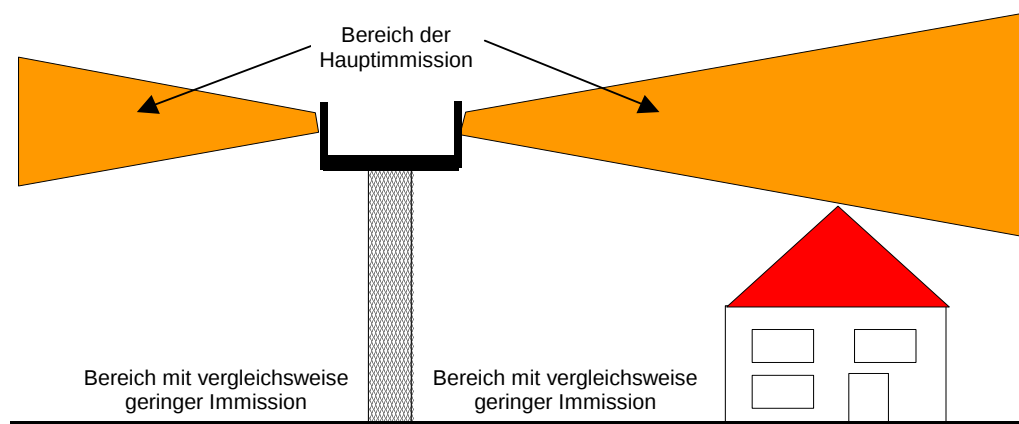


Abb. 4: Vertikales Bündelungsverhalten von Mobilfunkantennen (prinzipielle Darstellung mit übertrieben großem vertikalem Öffnungswinkel).

Außerhalb dieses schmalen Feldkegels der Antenne (vergleichbar mit der Lichtaussendung 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. Besonders 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 Immissionen, 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 Topographie, 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

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 Feldintensität in der Umgebung von Hochfrequenzquellen werden üblicherweise die folgenden Größen verwendet [7]:

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

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

Im Fernfeld einer Antenne stehen Leistungsflussdichte, elektrische und magnetische Feldstärke in einem festen Verhältnis zueinander. Alle drei Größen sind im Fernfeld also äquivalent, ähnlich wie Stromaufnahme und Leistungsverbrauch bei Elektrogeräten. Bei allen hier durchgeführten Messungen kann von Fernfeldbedingungen ausgegangen werden, da man sich ausreichend weit von der Antenne entfernt befindet. Für die Beurteilung der Feldintensität in den bei dieser Untersuchung auftretenden Abständen zu den Antennen genügt also die Angabe einer dieser drei Größen. In der Auswertung der durchgeführten Messungen wird deshalb die **elektrische Feldstärke** als Größe für die Immissionswerte verwendet.

3.2 Verwendete Messgeräte, Messverfahren

Im Rahmen der Immissionsmessungen wurde folgende Messausrüstung eingesetzt:

1. Feldanalysatorsystem Narda SRM-3000 (Ser. Nr. A-0042)
2. Isotropantenne 3AX 75M-3G (Ser. Nr. E-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].

UKW- und GSM-Signale werden mit einer Bandbreite von 0,2 MHz, UMTS-Signale hingegen mit einer Bandbreite von 5 MHz erfasst. Bei DAB bzw. DVB-T wird die Messbandbreite an die Signalbandbreite angepasst (1,5 MHz bei DAB; 6,6 MHz bzw. 7,6 MHz bei DVB-T). Als Detektor kommt der Peak-Detektor (bei GSM und UKW) bzw. der RMS-Detektor (bei UMTS, DAB und DVB-T) zum Einsatz.

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 ± 3 dB gerechnet werden [9]. Gründe dafür sind z.B. unvermeidbare Restfehler bei der Kalibrierung der Messantennen und -kabel, 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 schwankt 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].

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

3.4 Qualitätssicherung

Für alle verwendeten Messantennen liegen die entsprechenden Wandlungsfaktoren als Kalibrierdaten in Tabellenform vor. Die frequenzabhängigen Dämpfungswerte der bei den Messungen eingesetzten Kabel 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

Die Messungen wurden an insgesamt sechs Punkten in der Umgebung des neuen Mobilfunkstandortes durchgeführt. Zwei Messpunkte befanden sich im Gebäudeinneren, der Rest im Freien.

Folgende Messpunkte wurden in Absprache mit dem Auftraggeber gewählt:

Messpunkt Nr.	Bezeichnung	Horizontalentfernung zum Standort	Sichtverbindung zu den Antennen
1	Berliner Str., Einmündung Mecklenburger Str.	Ca. 120 m	Ja
2	Berliner Str. 22 (Flur, 7. OG)	Ca. 3 m	Nein
3	Berliner Str. 53 (Kindergarten St. Lukas, Turnraum, 1. OG)	Ca. 45 m	Ja
4	Berliner Str. 43 (Dach)	Ca. 125 m	Ja
5	Schlesierstr. 32 (Dach)	Ca. 70 m	Ja
6	Pommernstr. 14 (Dach)	Ca. 180 m	Ja

Tab. 2: Messpunkte.

Die Immissionen vor Inbetriebnahme des neuen Standortes wurden von uns am 25. März 2009 zwischen 15:30 und 16:45 Uhr im Rahmen einer "Vorhermessung" ermittelt. Die "Nachhermessung" wurde am 03. Februar 2010 zwischen 09:15 und 10:50 Uhr vorgenommen (Verantwortlicher vor Ort: Dr.-Ing. M. Wuschek). Ein Vertreter des Auftraggebers war bei den Messungen anwesend.

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

Ein Umgebungsplan mit eingezeichnetem Anlagenstandort und den Messpunkten sowie einige Fotos finden sich in den Anlagen 3 und 4 zu diesem Bericht.

4 Festgestellte Immissionswerte

4.1 Aktuelle Immission durch Mobilfunk

In folgender Tabelle sind die 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. So weit sie nennenswert zur Gesamtimmission beitragen, wurden auch diese bei der Ermittlung der vorhandenen Immission berücksichtigt.

An den Messpunkten wurden zum Vergleich zusätzlich auch die Immissionen gemessen, die dort durch lokale Tonrundfunk- und TV-Sendeanlagen erzeugt werden.

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/m² angegeben.

Messpunkt Nr.	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk (Minimalimmission)	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk (Maximalimmission)	Grenzwertausschöpfung Rundfunk / TV
1	4,61 %	6,71 %	0,46 %
2	2,65 %	4,04 %	0,85 %
3	0,60 %	1,03 %	1,68 %
4	3,20 %	5,84 %	1,54 %
5	9,59 %	14,00 %	2,15 %
6	5,17 %	8,38 %	3,53 %

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

Nach 26. BImSchV gilt für den Mobilfunk ein Grenzwert von zirka 42 Volt/m (GSM 900), zirka 59 Volt/m (GSM 1800) bzw. 61 Volt/m (UMTS). Für die hier zusätzlich gemessenen Rundfunksignale sind Grenzwerte zwischen etwa 27 und 37 Volt/m anzuwenden. Die folgenden beiden Abbildungen stellen die Ergebnisse der Messungen (Tabelle 3) grafisch dar:

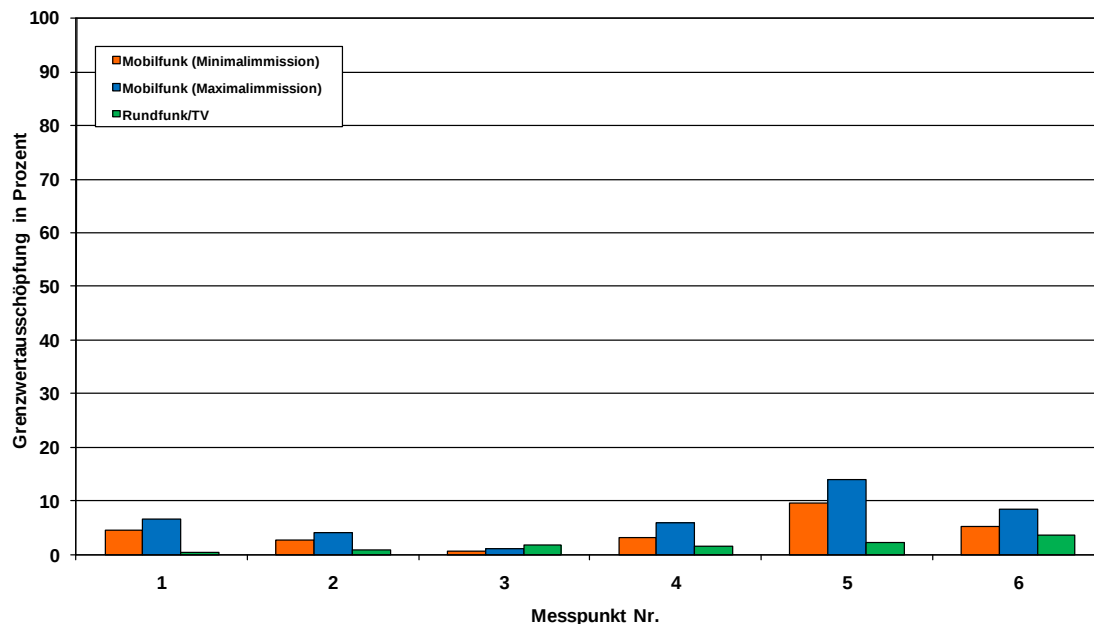


Abb. 5: Grafische Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3 (Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Feldstärkegrenzwerte nach 26. BImSchV).

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

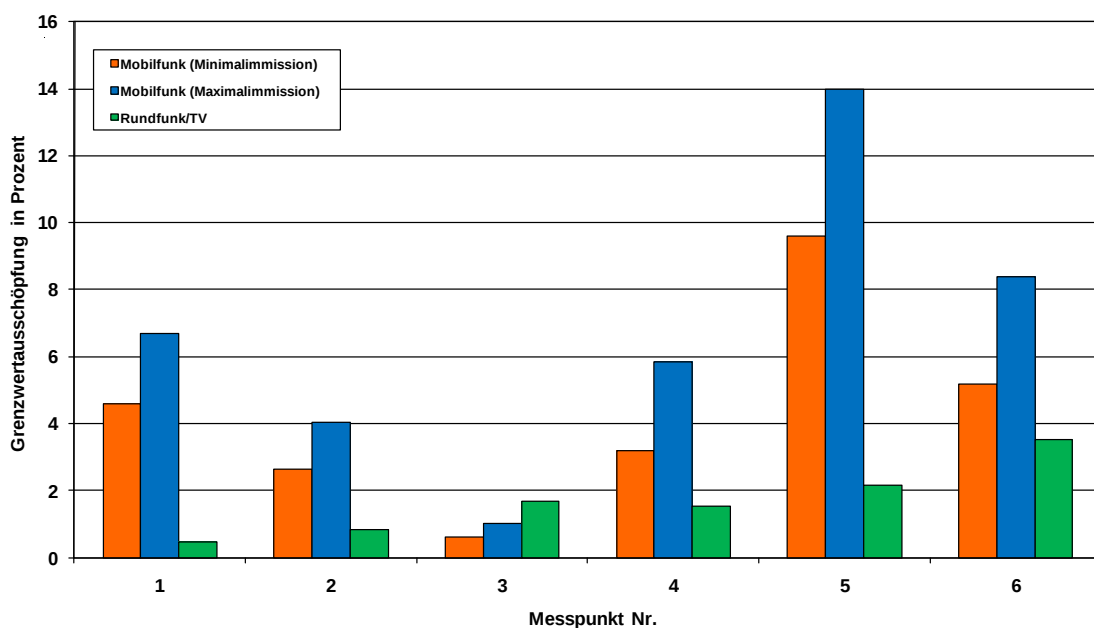


Abb. 6: Detaillierte Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3.

Bei Betrachtung der Ergebnisse aus Tabelle 3 bzw. den Abbildungen 5 und 6 kann folgendes festgehalten werden:

- Im Rahmen der "Nachhermessung" ergaben sich an den sechs Messpunkten Mobilfunkimmissionen, die bei Vollausslastung der verursachenden Anlagen etwa zwischen 1,0 und 14,0 Prozent des gesetzlich zulässigen Feldstärkewertes betragen.
- Die geringsten Immissionswerte wurden im Kindergarten gemessen (Messpunkt 3). Hier wird die in Kapitel 2 bereits näher erläuterte vertikale Abstrahlcharakteristik der Mobilfunkantennen wirksam.
- Auch am Messpunkt 2 treten trotz des geringen horizontalen Abstandes vergleichsweise geringe Mobilfunkimmissionen auf. Hier wird ebenfalls die vertikale Abstrahlcharakteristik der Mobilfunkantennen wirksam. Außerdem dämpfen natürlich auch noch die Gebäudemauern die elektromagnetischen Signale zusätzlich.
- Mit Ausnahme von Messpunkt 3 (an dem vergleichsweise niedrige Mobilfunkimmissionen gemessen wurden) dominieren die Mobilfunkimmissionen gegenüber den Immissionen, verursacht durch Tonrundfunk- und TV-Sender.

4.2 Veränderung der Immission im Vergleich zur "Vorhermessung"

Ein Vergleich der aktuellen Immissionswerte nach Inbetriebnahme des neuen Standortes mit den Ergebnissen der "Vorhermessung" vom März 2009 soll Aufschluss über die Veränderung der Immissionen, verursacht durch die neuen Sendeanlagen geben.

In folgender Tabelle ist die Veränderung der Mobilfunk-Immissionswerte an den sechs untersuchten Messpunkten zahlenmäßig dokumentiert.

Messpunkt Nr.	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk ("Vorhermessung"; 03/2009)	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk ("Nachhermessung"; 02/2010)
1	1,32 %	6,71 %
2	0,88 %	4,04 %
3	0,33 %	1,03 %
4	2,36 %	5,84 %
	0,93 %	14,00 %
5	1,41 %	8,38 %

Tab. 4: Vergleich der Immissionswerte von "Vorher-" und "Nachhermessung" (Grenzwertausschöpfung für Maximalimmission bezogen auf die 26. BImSchV).

Die folgende Abbildung stellt die Ergebnisse aus Tabelle 4 grafisch dar:

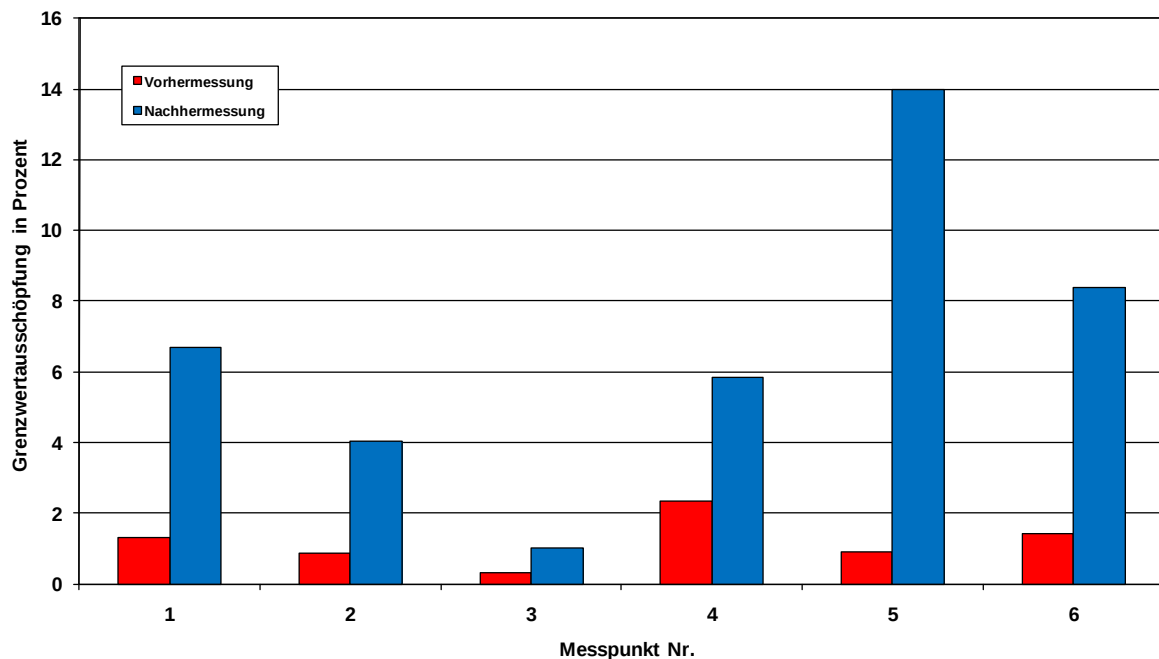


Abb. 7: Grafische Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 4 (Mobilfunk-Grenzwertausschöpfung "vorher" - "nachher" für Maximalimmission bezogen auf die 26. BImSchV).

Betrachtet man die Ergebnisse aus Tabelle 4 bzw. Abbildung 7, so kann man feststellen, dass im Vergleich zu den Ergebnissen der "Vorhermessung" an allen sechs Messpunkten eine signifikante Zunahme der Mobilfunk-Immission zu beobachten ist. Verantwortlich dafür ist die Inbetriebnahme des neuen Mobilfunkstandortes "Berliner Str. 22".

5 Schlussfolgerungen

Aus den in Kapitel 4 dargestellten Ergebnissen lassen sich die folgenden Schlüsse ziehen:

- Im Vergleich zu den Ergebnissen der "Vorhermessung" ist an allen sechs Messpunkten eine signifikante Zunahme der Mobilfunk-Immission zu beobachten ist. Verantwortlich dafür ist die Inbetriebnahme des neuen Mobilfunkstandortes "Berliner Str. 22".
- Der Grenzwert nach 26. BImSchV wird allerdings auch nach Inbetriebnahme der neuen Anlagen an allen Punkten unterschritten. Bei der "Nachhermessung" ergaben sich Immissionen (bezogen auf die Feldstärke), die bei Volllastung der verursachenden Anlagen an den sechs Messpunkten etwa zwischen 1,0 und 14,0 Prozent des gesetzlich zulässigen Feldstärkewertes betragen.
- Mit Ausnahme von Messpunkt 3 (an dem vergleichsweise niedrige Mobilfunkimmissionen gemessen wurden) dominieren die Mobilfunkimmissionen gegenüber den Immissionen, verursacht durch Tonrundfunk- und TV-Sender.
- Um die aktuell im Bereich Regensburg-Berliner Str. gefundenen Immissionswerte besser einordnen zu können, sei hier folgender Vergleich genannt: Im Rahmen einer Studie unter Schirmherrschaft des Bayerischen Landesamtes für Umwelt wurden im Jahr 2009 insgesamt mehr als 1.850 Messpunkte ausgewertet, die im Rahmen von ähnlichen Messkampagnen, wie hier durchgeführt, vermessen wurden [11]. Diese Auswertung ergab, dass bei Betrachtung von 1.249 Messpunkten, von denen aus Sicht zu einer Mobilfunksendeanlage bestand, an 50 % der Messpunkte ein Immissionswert von 2,0 Prozent vom Grenzwert (bei Maximalauslastung und Vollausbau der verursachenden Sendeanlagen) nicht überschritten wird ("Medianwert"). An fünf Messpunkten liegt die aktuell festgestellte Mobilfunkimmission über, an einem (Messpunkt 3: "Kindergarten") unter diesem Medianwert.

Regensburg, 19. Februar 2010

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).
- [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 VDE 0848**
"Sicherheit in elektromagnetischen Feldern – Grenzwerte von Feldstärken zum Schutz von Personen, Teil 1: Mess- und Berechnungsverfahren", VDE-Verlag GmbH, Berlin, 08/2000.
- [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
- [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**
"Wissenschaft(f)t Vertrauen:"; Auswertung der FEE-Immissions-Datenbank; Studie im Auftrag des Informationszentrum Mobilfunk e.V. unter Schirmherrschaft des Bayerischen Landesamtes für Umwelt; IMST GmbH, Kamp-Lintfort 2009;
www.izmf.de/download/downloads/Broschuere_Wissenschaft_Vertrauen.pdf.

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_{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_{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.

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 _{min} [dBµV/m]	E _{min} [V/m]	E _{min} [% vom GW]	S _{min} [µW/m²]	Faktor max. Imm. (BNetzA)	E _{max} beantr. [dBµV/m]	E _{max} beantr. [V/m]	E _{max} beantr. [% vom GW]	S _{max} beantr. [µW/m²]
Messpunkt:	3													
931,0	Telefónica O ₂	41,7	95,1	3,0	1	98,1	0,080	0,193	17,13	2	101,1	0,114	0,273	34,25
932,0	Telefónica O ₂	41,7	102,3	3,0	1	105,3	0,184	0,441	89,88	2	108,3	0,260	0,624	179,76
933,0	Telefónica O ₂	41,7	89,5	3,0	1	92,5	0,042	0,101	4,72	2	95,5	0,060	0,143	9,43
947,6	Vodafone	41,7	65,0	3,0	1	68,0	0,003	0,006	0,02	4	74,0	0,005	0,012	0,07
955,0	T-Mobile	41,7	87,1	3,0	1	90,1	0,032	0,077	2,71	4	96,1	0,064	0,153	10,86
944,2	T-Mobile	41,7	86,7	3,0	1	89,7	0,031	0,073	2,48	4	95,7	0,061	0,147	9,90
943,0	T-Mobile	41,7	84,7	3,0	1	87,7	0,024	0,058	1,56	4	93,7	0,049	0,116	6,25
1835,0	Telefónica O ₂	58,4	79,3	3,0	1	82,3	0,013	0,022	0,45	2	85,3	0,018	0,032	0,90
1838,0	Telefónica O ₂	58,4	95,6	3,0	1	98,6	0,085	0,146	19,22	2	101,6	0,120	0,206	38,43
1840,2	Telefónica O ₂	58,4	97,4	3,0	1	100,4	0,105	0,179	29,08	2	103,4	0,148	0,254	58,17
1860,2	E-Plus	58,4	87,8	3,0	1	90,8	0,035	0,059	3,19	2	93,8	0,049	0,084	6,38
1862,8	E-Plus	58,4	80,1	3,0	1	83,1	0,014	0,024	0,54	2	86,1	0,020	0,035	1,08
1867,8	E-Plus	58,4	88,1	3,0	1	91,1	0,036	0,061	3,42	2	94,1	0,051	0,087	6,83
2112,8/94	Vodafone	61,0	84,5	3,0	2	90,5	0,034	0,055	2,98	20	100,5	0,106	0,174	29,83
2112,8/140	Vodafone	61,0	76,9	3,0	2	82,9	0,014	0,023	0,52	20	92,9	0,044	0,072	5,18
2112,8/358	Vodafone	61,0	90,1	3,0	2	96,1	0,064	0,105	10,83	20	106,1	0,202	0,331	108,32
2132,6/8	E-Plus	61,0	81,7	3,0	2	87,7	0,024	0,040	1,57	20	97,7	0,077	0,126	15,66
2132,6/10	E-Plus	61,0	70,3	3,0	2	76,3	0,007	0,011	0,11	20	86,3	0,021	0,034	1,13
2132,6/16	E-Plus	61,0	84,1	3,0	2	90,1	0,032	0,053	2,72	20	100,1	0,101	0,166	27,21
2157,2/465	Telefónica O ₂	61,0	89,3	3,0	2	95,3	0,058	0,096	9,01	20	105,3	0,184	0,302	90,09
2157,2/466	Telefónica O ₂	61,0	69,2	3,0	2	75,2	0,006	0,009	0,09	20	85,2	0,018	0,030	0,88
2157,2/471	Telefónica O ₂	61,0	86,5	3,0	2	92,5	0,042	0,069	4,73	20	102,5	0,134	0,219	47,28
2157,2/312	Telefónica O ₂	61,0	76,8	3,0	2	82,8	0,014	0,023	0,51	20	92,8	0,044	0,072	5,07
2167,2/4	T-Mobile	61,0	85,2	3,0	2	91,2	0,036	0,060	3,51	20	101,2	0,115	0,188	35,05
2167,2/272	T-Mobile	61,0	82,3	3,0	2	88,3	0,026	0,043	1,80	20	98,3	0,082	0,135	17,98
2167,2/456	T-Mobile	61,0	76,3	3,0	2	82,3	0,013	0,021	0,45	20	92,3	0,041	0,068	4,52
						minimal:	0,28	0,60	213,2		maximal:	0,53	1,03	750,5
Messpunkt:	4													
931,0	Telefónica O ₂	41,7	112,1	3,0	1	115,1	0,569	1,364	858,34	2	118,1	0,804	1,929	1716,68
932,0	Telefónica O ₂	41,7	98,2	3,0	1	101,2	0,115	0,275	34,97	2	104,2	0,162	0,389	69,93
933,0	Telefónica O ₂	41,7	106,6	3,0	1	109,6	0,302	0,724	241,91	2	112,6	0,427	1,024	483,83
947,6	Vodafone	41,7	94,9	3,0	1	97,9	0,079	0,188	16,36	4	103,9	0,157	0,377	65,42
955,0	T-Mobile	41,7	106,0	3,0	1	109,0	0,282	0,676	210,70	4	115,0	0,564	1,352	842,79
944,2	T-Mobile	41,7	104,6	3,0	1	107,6	0,240	0,575	152,64	4	113,6	0,480	1,151	610,55
943,0	T-Mobile	41,7	104,3	3,0	1	107,3	0,232	0,556	142,45	4	113,3	0,463	1,111	569,80
1835,0	Telefónica O ₂	58,4	113,7	3,0	1	116,7	0,684	1,171	1240,68	2	119,7	0,967	1,656	2481,35
1838,0	Telefónica O ₂	58,4	116,3	3,0	1	119,3	0,923	1,580	2257,66	2	122,3	1,305	2,234	4515,32
1840,2	Telefónica O ₂	58,4	102,5	3,0	1	105,5	0,188	0,323	94,11	2	108,5	0,266	0,456	188,23
1860,2	E-Plus	58,4	96,4	3,0	1	99,4	0,093	0,160	23,10	2	102,4	0,132	0,226	46,20
1862,8	E-Plus	58,4	100,3	3,0	1	103,3	0,146	0,250	56,71	2	106,3	0,207	0,354	113,42
1867,8	E-Plus	58,4	112,9	3,0	1	115,9	0,624	1,068	1031,95	2	118,9	0,882	1,510	2063,90
2112,8/94	Vodafone	61,0	108,2	3,0	2	114,2	0,513	0,842	699,34	20	124,2	1,624	2,662	6993,40
2132,6/8	E-Plus	61,0	101,4	3,0	2	107,4	0,235	0,385	146,11	20	117,4	0,742	1,217	1461,13
2132,6/10	E-Plus	61,0	87,2	3,0	2	93,2	0,046	0,075	5,56	20	103,2	0,145	0,237	55,55
2132,6/203	E-Plus	61,0	88,2	3,0	2	94,2	0,051	0,084	6,99	20	104,2	0,162	0,266	69,93
2157,2/465	Telefónica O ₂	61,0	99,1	3,0	2	105,1	0,180	0,295	86,04	20	115,1	0,570	0,934	860,38
2157,2/466	Telefónica O ₂	61,0	100,8	3,0	2	106,8	0,219	0,359	127,26	20	116,8	0,693	1,135	1272,59
2157,2/471	Telefónica O ₂	61,0	93,2	3,0	2	99,2	0,091	0,150	22,12	20	109,2	0,289	0,473	221,15
2157,2/312	Telefónica O ₂	61,0	90,8	3,0	2	96,8	0,069	0,114	12,73	20	106,8	0,219	0,359	127,26
2167,2/272	T-Mobile	61,0	104,4	3,0	2	110,4	0,332	0,543	291,53	20	120,4	1,048	1,719	2915,34
2167,2/456	T-Mobile	61,0	86,8	3,0	2	92,8	0,044	0,072	5,07	20	102,8	0,138	0,227	50,66
						minimal:	1,71	3,20	7764,3		maximal:	3,24	5,84	27794,8

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 _{min} [dBµV/m]	E _{min} [V/m]	E _{min} [% vom GW]	S _{min} [µW/m²]	Faktor max. Imm. (BNetzA)	E _{max} beentr. [dBµV/m]	E _{max} beentr. [V/m]	E _{max} beentr. [% vom GW]	S _{max} beentr. [µW/m²]
Messpunkt:	5													
931,0	Telefónica O ₂	41,7	107,7	3,0	1	110,7	0,343	0,822	311,64	2	113,7	0,485	1,162	623,29
932,0	Telefónica O ₂	41,7	128,3	3,0	1	131,3	3,673	8,808	35781,51	2	134,3	5,194	12,456	71563,02
933,0	Telefónica O ₂	41,7	105,3	3,0	1	108,3	0,260	0,624	179,33	2	111,3	0,368	0,882	358,66
947,6	Vodafone	41,7	90,1	3,0	1	93,1	0,045	0,108	5,42	4	99,1	0,090	0,217	21,66
955,0	T-Mobile	41,7	92,1	3,0	1	95,1	0,057	0,136	8,58	4	101,1	0,114	0,273	34,33
944,2	T-Mobile	41,7	91,6	3,0	1	94,6	0,054	0,129	7,65	4	100,6	0,107	0,258	30,60
943,0	T-Mobile	41,7	90,3	3,0	1	93,3	0,046	0,111	5,67	4	99,3	0,092	0,222	22,68
1835,0	Telefónica O ₂	58,4	96,9	3,0	1	99,9	0,099	0,169	25,92	2	102,9	0,140	0,239	51,84
1838,0	Telefónica O ₂	58,4	100,6	3,0	1	103,6	0,151	0,259	60,77	2	106,6	0,214	0,367	121,53
1840,2	Telefónica O ₂	58,4	121,7	3,0	1	124,7	1,718	2,942	7828,14	2	127,7	2,429	4,160	15656,28
1860,2	E-Plus	58,4	116,7	3,0	1	119,7	0,966	1,654	2475,48	2	122,7	1,366	2,339	4950,95
1862,8	E-Plus	58,4	104,4	3,0	1	107,4	0,234	0,401	145,77	2	110,4	0,332	0,568	291,53
1867,8	E-Plus	58,4	96,3	3,0	1	99,3	0,092	0,158	22,58	2	102,3	0,130	0,223	45,15
2112,8/94	Vodafone	61,0	86,1	3,0	2	92,1	0,040	0,066	4,31	20	102,1	0,128	0,209	43,12
2112,8/140	Vodafone	61,0	92,5	3,0	2	98,5	0,084	0,138	18,82	20	108,5	0,266	0,437	188,23
2112,8/358	Vodafone	61,0	110,4	3,0	2	116,4	0,661	1,084	1160,62	20	126,4	2,092	3,429	11606,16
2132,6/8	E-Plus	61,0	86,0	3,0	2	92,0	0,040	0,065	4,21	20	102,0	0,126	0,207	42,14
2132,6/10	E-Plus	61,0	90,7	3,0	2	96,7	0,068	0,112	12,44	20	106,7	0,217	0,355	124,36
2132,6/16	E-Plus	61,0	97,2	3,0	2	103,2	0,145	0,237	55,55	20	113,2	0,458	0,750	555,51
2132,6/203	E-Plus	61,0	88,9	3,0	2	94,9	0,056	0,091	8,22	20	104,9	0,176	0,289	82,17
2157,2/465	Telefónica O ₂	61,0	87,1	3,0	2	93,1	0,045	0,074	5,43	20	103,1	0,143	0,235	54,29
2157,2/466	Telefónica O ₂	61,0	81,7	3,0	2	87,7	0,024	0,040	1,57	20	97,7	0,077	0,126	15,66
2157,2/471	Telefónica O ₂	61,0	98,7	3,0	2	104,7	0,172	0,282	78,47	20	114,7	0,544	0,892	784,67
2157,2/312	Telefónica O ₂	61,0	83,7	3,0	2	89,7	0,031	0,050	2,48	20	99,7	0,097	0,159	24,81
2167,2/4	T-Mobile	61,0	101,2	3,0	2	107,2	0,229	0,376	139,54	20	117,2	0,725	1,189	1395,37
2167,2/272	T-Mobile	61,0	87,9	3,0	2	93,9	0,050	0,081	6,53	20	103,9	0,157	0,257	65,27
2167,2/456	T-Mobile	61,0	83,5	3,0	2	89,5	0,030	0,049	2,37	20	99,5	0,095	0,155	23,70
						minimal:	4,27	9,59	48359,0		maximal:	6,40	14,00	108777,0
Messpunkt:	6													
931,0	Telefónica O ₂	41,7	109,5	3,0	1	112,5	0,422	1,011	471,69	2	115,5	0,596	1,430	943,38
932,0	Telefónica O ₂	41,7	118,6	3,0	1	121,6	1,202	2,883	3834,06	2	124,6	1,700	4,077	7668,12
933,0	Telefónica O ₂	41,7	100,5	3,0	1	103,5	0,150	0,359	59,38	2	106,5	0,212	0,507	118,77
947,6	Vodafone	41,7	84,3	3,0	1	87,3	0,023	0,056	1,42	4	93,3	0,046	0,111	5,70
955,0	T-Mobile	41,7	100,1	3,0	1	103,1	0,143	0,343	54,16	4	109,1	0,286	0,685	216,63
944,2	T-Mobile	41,7	96,3	3,0	1	99,3	0,092	0,221	22,58	4	105,3	0,185	0,442	90,31
943,0	T-Mobile	41,7	99,0	3,0	1	102,0	0,126	0,302	42,04	4	108,0	0,252	0,604	168,16
1835,0	Telefónica O ₂	58,4	95,7	3,0	1	98,7	0,086	0,147	19,66	2	101,7	0,122	0,208	39,33
1838,0	Telefónica O ₂	58,4	106,1	3,0	1	109,1	0,285	0,488	215,60	2	112,1	0,403	0,690	431,21
1840,2	Telefónica O ₂	58,4	121,1	3,0	1	124,1	1,603	2,745	6818,03	2	127,1	2,267	3,882	13636,05
1860,2	E-Plus	58,4	120,7	3,0	1	123,7	1,531	2,622	6218,11	2	126,7	2,165	3,708	12436,23
1862,8	E-Plus	58,4	98,3	3,0	1	101,3	0,116	0,199	35,78	2	104,3	0,164	0,281	71,56
1867,8	E-Plus	58,4	107,3	3,0	1	110,3	0,327	0,561	284,22	2	113,3	0,463	0,793	568,45
2112,8/94	Vodafone	61,0	79,6	3,0	2	85,6	0,019	0,031	0,97	20	95,6	0,060	0,099	9,65
2112,8/140	Vodafone	61,0	91,8	3,0	2	97,8	0,078	0,127	16,02	20	107,8	0,246	0,403	160,21
2112,8/358	Vodafone	61,0	102,4	3,0	2	108,4	0,263	0,432	183,95	20	118,4	0,833	1,365	1839,45
2132,6/8	E-Plus	61,0	94,4	3,0	2	100,4	0,105	0,172	29,15	20	110,4	0,332	0,543	291,53
2132,6/16	E-Plus	61,0	109,2	3,0	2	115,2	0,576	0,944	880,42	20	125,2	1,822	2,987	8804,17
2157,2/465	Telefónica O ₂	61,0	95,8	3,0	2	101,8	0,123	0,202	40,24	20	111,8	0,390	0,639	402,43
2157,2/466	Telefónica O ₂	61,0	82,9	3,0	2	88,9	0,028	0,046	2,06	20	98,9	0,088	0,145	20,64
2157,2/471	Telefónica O ₂	61,0	104,1	3,0	2	110,1	0,320	0,525	272,08	20	120,1	1,013	1,660	2720,75
2157,2/312	Telefónica O ₂	61,0	81,5	3,0	2	87,5	0,024	0,039	1,50	20	97,5	0,075	0,123	14,95
2167,2/4	T-Mobile	61,0	107,3	3,0	2	113,3	0,463	0,759	568,45	20	123,3	1,464	2,400	5684,45
						minimal:	2,75	5,17	20071,6		maximal:	4,61	8,38	56342,1

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 _{min} [dBµV/m]	E _{min} [V/m]	E _{min} [% vom GW]	S _{min} [µW/m²]	Faktor max. Imm. (BNetzA)	E _{max} beantr. [dBµV/m]	E _{max} beantr. [V/m]	E _{max} beantr. [% vom GW]	S _{max} beantr. [µW/m²]
Messpunkt:	3													
929,6	E-Plus	41,7	81,9	3,0	1	84,9	0,018	0,042	0,82	2	87,9	0,025	0,060	1,64
943,0	T-Mobile	41,7	86,3	3,0	1	89,3	0,029	0,070	2,26	4	95,3	0,058	0,140	9,03
944,2	T-Mobile	41,7	84,6	3,0	1	87,6	0,024	0,058	1,53	4	93,6	0,048	0,115	6,11
955,0	T-Mobile	41,7	88,7	3,0	1	91,7	0,038	0,092	3,92	4	97,7	0,077	0,184	15,69
1836,4	Telefónica O ₂	58,4	80,2	3,0	1	83,2	0,014	0,025	0,55	2	86,2	0,020	0,035	1,11
1861,4	E-Plus	58,4	91,2	3,0	1	94,2	0,051	0,088	6,98	2	97,2	0,073	0,124	13,95
1862,4	E-Plus	58,4	93,1	3,0	1	96,1	0,064	0,109	10,81	2	99,1	0,090	0,155	21,61
						minimal:	0,10	0,20	26,9		maximal:	0,16	0,33	69,1
Messpunkt:	4													
927,2	E-Plus	41,7	85,2	3,0	1	88,2	0,026	0,062	1,75	2	91,2	0,036	0,087	3,51
928,0	E-Plus	41,7	86,4	3,0	1	89,4	0,030	0,071	2,31	2	92,4	0,042	0,100	4,62
929,2	E-Plus	41,7	91,3	3,0	1	94,3	0,052	0,124	7,14	2	97,3	0,073	0,176	14,28
930,4	Telefónica O ₂	41,7	88,6	3,0	1	91,6	0,038	0,091	3,83	2	94,6	0,054	0,129	7,67
934,8	Telefónica O ₂	41,7	90,7	3,0	1	93,7	0,048	0,116	6,22	2	96,7	0,068	0,164	12,44
935,8	Vodafone	41,7	96,8	3,0	1	99,8	0,098	0,234	25,33	4	105,8	0,195	0,469	101,33
937,4	Vodafone	41,7	94,6	3,0	1	97,6	0,076	0,182	15,26	4	103,6	0,152	0,364	61,05
939,2	T-Mobile	41,7	86,4	3,0	1	89,4	0,030	0,071	2,31	4	95,4	0,059	0,142	9,24
943,0	T-Mobile	41,7	104,6	3,0	1	107,6	0,240	0,575	152,64	4	113,6	0,480	1,151	610,55
944,2	T-Mobile	41,7	103,8	3,0	1	106,8	0,219	0,525	126,96	4	112,8	0,438	1,049	507,83
946,4	Vodafone	41,7	92,0	3,0	1	95,0	0,056	0,135	8,39	4	101,0	0,112	0,270	33,55
946,8	Vodafone	41,7	89,2	3,0	1	92,2	0,041	0,098	4,40	4	98,2	0,081	0,195	17,61
947,6	Vodafone	41,7	94,7	3,0	1	97,7	0,077	0,184	15,62	4	103,7	0,153	0,368	62,48
955,0	T-Mobile	41,7	105,8	3,0	1	108,8	0,275	0,660	201,21	4	114,8	0,551	1,321	804,86
955,8	Vodafone	41,7	86,8	3,0	1	89,8	0,031	0,074	2,53	4	95,8	0,062	0,148	10,13
956,4	Vodafone	41,7	91,1	3,0	1	94,1	0,051	0,122	6,82	4	100,1	0,101	0,243	27,27
957,0	Vodafone	41,7	90,2	3,0	1	93,2	0,046	0,110	5,54	4	99,2	0,091	0,219	22,17
1833,0	Telefónica O ₂	58,4	89,5	3,0	1	92,5	0,042	0,072	4,72	2	95,5	0,060	0,102	9,43
1833,6	Telefónica O ₂	58,4	91,4	3,0	1	94,4	0,052	0,090	7,31	2	97,4	0,074	0,127	14,61
1835,8	Telefónica O ₂	58,4	90,6	3,0	1	93,6	0,048	0,082	6,08	2	96,6	0,068	0,116	12,15
1836,4	Telefónica O ₂	58,4	95,6	3,0	1	98,6	0,085	0,146	19,22	2	101,6	0,120	0,206	38,43
1839,4	Telefónica O ₂	58,4	92,2	3,0	1	95,2	0,058	0,099	8,78	2	98,2	0,081	0,139	17,57
1841,2	Telefónica O ₂	58,4	89,5	3,0	1	92,5	0,042	0,072	4,72	2	95,5	0,060	0,102	9,43
1842,8	Telefónica O ₂	58,4	90,3	3,0	1	93,3	0,046	0,079	5,67	2	96,3	0,065	0,112	11,34
1844,6	Telefónica O ₂	58,4	92,5	3,0	1	95,5	0,060	0,102	9,41	2	98,5	0,084	0,144	18,82
1859,6	E-Plus	58,4	93,6	3,0	1	96,6	0,068	0,116	12,12	2	99,6	0,096	0,164	24,25
1860,6	E-Plus	58,4	89,5	3,0	1	92,5	0,042	0,072	4,72	2	95,5	0,060	0,102	9,43
1861,4	E-Plus	58,4	98,0	3,0	1	101,0	0,112	0,192	33,39	2	104,0	0,159	0,272	66,79
1862,4	E-Plus	58,4	94,4	3,0	1	97,4	0,074	0,127	14,58	2	100,4	0,105	0,180	29,15
1866,0	E-Plus	58,4	84,3	3,0	1	87,3	0,023	0,040	1,42	2	90,3	0,033	0,056	2,85
1870,4	E-Plus	58,4	84,7	3,0	1	87,7	0,024	0,042	1,56	2	90,7	0,034	0,059	3,12
1871,4	E-Plus	58,4	80,5	3,0	1	83,5	0,015	0,026	0,59	2	86,5	0,021	0,036	1,19
2132,6/203	E-Plus	61,0	87,1	3,0	2	93,1	0,045	0,074	5,43	20	103,1	0,143	0,235	54,29
2132,6/9	E-Plus	61,0	82,7	3,0	2	88,7	0,027	0,045	1,97	20	98,7	0,086	0,141	19,71
2157,2/312	Telefónica O ₂	61,0	91,9	3,0	2	97,9	0,079	0,129	16,39	20	107,9	0,249	0,408	163,94
2157,2/2	Telefónica O ₂	61,0	85,1	3,0	2	91,1	0,036	0,059	3,43	20	101,1	0,114	0,186	34,25
						minimal:	0,53	1,20	749,8		maximal:	1,04	2,36	2851,3

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 _{min} [dBµV/m]	E _{min} [V/m]	E _{min} [% vom GW]	S _{min} [µW/m²]	Faktor max. Imm. (BNetzA)	E _{max} beantr. [dBµV/m]	E _{max} beantr. [V/m]	E _{max} beantr. [% vom GW]	S _{max} beantr. [µW/m²]
Messpunkt:	5													
929,2	E-Plus	41,7	86,0	3,0	1	89,0	0,028	0,068	2,11	2	92,0	0,040	0,096	4,21
929,6	E-Plus	41,7	89,0	3,0	1	92,0	0,040	0,095	4,20	2	95,0	0,056	0,135	8,41
930,4	Telefónica O₂	41,7	85,0	3,0	1	88,0	0,025	0,060	1,67	2	91,0	0,036	0,085	3,35
931,4	Telefónica O₂	41,7	82,4	3,0	1	85,4	0,019	0,045	0,92	2	88,4	0,026	0,063	1,84
934,2	Telefónica O₂	41,7	81,2	3,0	1	84,2	0,016	0,039	0,70	2	87,2	0,023	0,055	1,40
934,8	Telefónica O₂	41,7	82,6	3,0	1	85,6	0,019	0,046	0,96	2	88,6	0,027	0,065	1,93
935,8	Vodafone	41,7	83,9	3,0	1	86,9	0,022	0,053	1,30	4	92,9	0,044	0,106	5,20
937,4	Vodafone	41,7	82,1	3,0	1	85,1	0,018	0,043	0,86	4	91,1	0,036	0,086	3,43
943,0	T-Mobile	41,7	85,7	3,0	1	88,7	0,027	0,065	1,97	4	94,7	0,054	0,131	7,87
944,2	T-Mobile	41,7	86,4	3,0	1	89,4	0,030	0,071	2,31	4	95,4	0,059	0,142	9,24
946,4	Vodafone	41,7	91,7	3,0	1	94,7	0,054	0,130	7,83	4	100,7	0,109	0,261	31,31
947,6	Vodafone	41,7	91,9	3,0	1	94,9	0,056	0,133	8,20	4	100,9	0,111	0,267	32,79
952,2	T-Mobile	41,7	89,7	3,0	1	92,7	0,043	0,103	4,94	4	98,7	0,086	0,207	19,76
955,0	T-Mobile	41,7	88,6	3,0	1	91,6	0,038	0,091	3,83	4	97,6	0,076	0,182	15,34
955,8	Vodafone	41,7	81,5	3,0	1	84,5	0,017	0,040	0,75	4	90,5	0,034	0,081	2,99
956,4	Vodafone	41,7	88,2	3,0	1	91,2	0,036	0,087	3,50	4	97,2	0,073	0,174	13,99
959,8	T-Mobile	41,7	85,5	3,0	1	88,5	0,027	0,064	1,88	4	94,5	0,053	0,128	7,51
1833,6	Telefónica O₂	58,4	83,5	3,0	1	86,5	0,021	0,036	1,18	2	89,5	0,030	0,051	2,37
1835,0	Telefónica O₂	58,4	82,2	3,0	1	85,2	0,018	0,031	0,88	2	88,2	0,026	0,044	1,76
1835,8	Telefónica O₂	58,4	90,1	3,0	1	93,1	0,045	0,077	5,42	2	96,1	0,064	0,109	10,83
1836,4	Telefónica O₂	58,4	92,9	3,0	1	95,9	0,062	0,107	10,32	2	98,9	0,088	0,151	20,64
1842,8	Telefónica O₂	58,4	90,1	3,0	1	93,1	0,045	0,077	5,42	2	96,1	0,064	0,109	10,83
1859,6	E-Plus	58,4	91,1	3,0	1	94,1	0,051	0,087	6,82	2	97,1	0,072	0,123	13,64
1861,4	E-Plus	58,4	99,9	3,0	1	102,9	0,140	0,239	51,72	2	105,9	0,197	0,338	103,44
1862,4	E-Plus	58,4	100,8	3,0	1	103,8	0,155	0,265	63,63	2	106,8	0,219	0,375	127,26
1866,0	E-Plus	58,4	91,3	3,0	1	94,3	0,052	0,089	7,14	2	97,3	0,073	0,126	14,28
2132,6/203	E-Plus	61,0	89,1	3,0	2	95,1	0,057	0,093	8,60	20	105,1	0,180	0,295	86,04
2132,6/9	E-Plus	61,0	86,7	3,0	2	92,7	0,043	0,071	4,95	20	102,7	0,137	0,224	49,51
2132,6/11	E-Plus	61,0	83,5	3,0	2	89,5	0,030	0,049	2,37	20	99,5	0,095	0,155	23,70
						minimal:	0,29	0,54	216,4		maximal:	0,49	0,93	634,8
Messpunkt:	6													
927,2	E-Plus	41,7	83,1	3,0	1	86,1	0,020	0,048	1,08	2	89,1	0,029	0,068	2,16
929,2	E-Plus	41,7	82,7	3,0	1	85,7	0,019	0,046	0,99	2	88,7	0,027	0,065	1,97
929,6	E-Plus	41,7	89,1	3,0	1	92,1	0,040	0,097	4,30	2	95,1	0,057	0,137	8,60
930,4	Telefónica O₂	41,7	88,4	3,0	1	91,4	0,037	0,089	3,66	2	94,4	0,053	0,126	7,32
931,4	Telefónica O₂	41,7	81,7	3,0	1	84,7	0,017	0,041	0,78	2	87,7	0,024	0,058	1,57
934,2	Telefónica O₂	41,7	82,2	3,0	1	85,2	0,018	0,044	0,88	2	88,2	0,026	0,062	1,76
934,8	Telefónica O₂	41,7	89,0	3,0	1	92,0	0,040	0,095	4,20	2	95,0	0,056	0,135	8,41
935,8	Vodafone	41,7	99,3	3,0	1	102,3	0,130	0,313	45,05	4	108,3	0,261	0,625	180,19
937,4	Vodafone	41,7	97,5	3,0	1	100,5	0,106	0,254	29,76	4	106,5	0,212	0,508	119,05
943,0	T-Mobile	41,7	96,4	3,0	1	99,4	0,093	0,224	23,10	4	105,4	0,187	0,448	92,41
944,2	T-Mobile	41,7	97,6	3,0	1	100,6	0,107	0,257	30,46	4	106,6	0,214	0,514	121,82
946,4	Vodafone	41,7	91,2	3,0	1	94,2	0,051	0,123	6,98	4	100,2	0,103	0,246	27,91
947,6	Vodafone	41,7	82,9	3,0	1	85,9	0,020	0,047	1,03	4	91,9	0,039	0,095	4,13
952,2	T-Mobile	41,7	87,4	3,0	1	90,4	0,033	0,079	2,91	4	96,4	0,066	0,159	11,63
955,0	T-Mobile	41,7	99,3	3,0	1	102,3	0,130	0,313	45,05	4	108,3	0,261	0,625	180,19
955,8	Vodafone	41,7	90,7	3,0	1	93,7	0,048	0,116	6,22	4	99,7	0,097	0,232	24,87
956,4	Vodafone	41,7	94,6	3,0	1	97,6	0,076	0,182	15,26	4	103,6	0,152	0,364	61,05
957,0	Vodafone	41,7	82,8	3,0	1	85,8	0,019	0,047	1,01	4	91,8	0,039	0,094	4,03
959,8	T-Mobile	41,7	81,0	3,0	1	84,0	0,016	0,038	0,67	4	90,0	0,032	0,076	2,67
2112,8/112	Vodafone	61,0	81,1	3,0	2	87,1	0,023	0,037	1,36	20	97,1	0,072	0,118	13,64
2157,2/312	Telefónica O₂	61,0	85,6	3,0	2	91,6	0,038	0,062	3,84	20	101,6	0,120	0,197	38,43
2157,2/2	Telefónica O₂	61,0	87,5	3,0	2	93,5	0,047	0,078	5,95	20	103,5	0,150	0,246	59,52
						minimal:	0,30	0,70	234,5		maximal:	0,61	1,41	973,3

Legende zu obigen Tabellen:

Spalte 1	Frequenz des Signalisierungskanals BCCH bei GSM bzw. Mittenfrequenz und Scramblingcode bei UMTS
Spalte 2	Messpunktnummer; Betreiberzuordnung
Spalte 3	Gesetzlicher Grenzwert nach 26. BImSchV in V/m (Worst Case)
Spalte 4	Gemessene Feldstärke des BCCH (GSM) bzw. des CPICH (UMTS) in dB μ V/m Anmerkung: Wurde bei den 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.
Spalte 5	Messunsicherheit in dB
Spalte 6	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)
Spalte 7	Minimale Immission (inkl. Messunsicherheitsaufschlag) in dB μ V/m: $\langle \text{Spalte 7} \rangle = \langle \text{Spalte 4} \rangle + \langle \text{Spalte 5} \rangle + \langle \text{Spalte 6} \rangle$
Spalte 8	Wert aus Spalte 7 als elektrische Feldstärke in V/m
Spalte 9	Prozentuale des Grenzwertausschöpfung: $\langle \text{Spalte 9} \rangle = 100 \% \cdot \langle \text{Spalte 8} \rangle / \langle \text{Spalte 3} \rangle$
Spalte 10	Wert aus Spalte 7 als Leistungsflussdichte in $\mu\text{W}/\text{m}^2$
Spalte 11:	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) Zusätzlich werden in diesem Faktor gegebenenfalls noch Unterschiede zwischen der aktuell pro Kanal abgestrahlten und der bei der BNetzA beantragten Maximalleistung pro Kanal berücksichtigt.
Spalte 12	Maximale Immission (inkl. Messunsicherheitsaufschlag) in dB μ V/m: $\langle \text{Spalte 12} \rangle = \langle \text{Spalte 4} \rangle + \langle \text{Spalte 5} \rangle + \langle \text{Spalte 11} \rangle$
Spalte 13	Wert aus Spalte 12 als elektrische Feldstärke in V/m
Spalte 14	Prozentuale des Grenzwertausschöpfung: $\langle \text{Spalte 14} \rangle = 100 \% \cdot \langle \text{Spalte 13} \rangle / \langle \text{Spalte 3} \rangle$
Spalte 15	Wert aus Spalte 12 als Leistungsflussdichte in $\mu\text{W}/\text{m}^2$

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).

Messergebnisse Rundfunksignale:

Messort:	Regensburg, Berliner Str. 22				Uhrzeit:	09:15 - 10:50 Uhr
Leitung:	Dr. Wuschek				Wetter:	Bedeckt, leichter Regen
Signal:	Rundfunksignale				Analyzer	SRM-3000
Datum:	03.02.2010				Antenne	3AX75M-3G

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

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Messpunkt Nr.	f [MHz]	Funkdienst Programm	Grenzwert [V/m]	E (gemessen) [dBµV/m]	Aufschl. MU [dB]	E [dBµV/m]	E [V/m]	E [% vom GW]	S [µW/m²]
1	89,7	Gong-FM	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	93,0	BR 2	27,50	89,7	3,0	92,7	0,043	0,157	4,94
	95,0	BR 1	27,50	85,3	3,0	88,3	0,026	0,095	1,79
	95,5	Deutschlandfunk	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	97,0	BR 4	27,50	83,9	3,0	86,9	0,022	0,080	1,30
	98,2	Charivari	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	99,6	BR 3	27,50	85,7	3,0	88,7	0,027	0,099	1,97
	101,3	Deutschlandradio	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	103,0	Antenne Bayern	27,50	90,6	3,0	93,6	0,048	0,174	6,08
	105,0	BR 5	27,50	87,2	3,0	90,2	0,032	0,118	2,78
	107,5	Melodie	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	191,5	DVB-T, Kanal 7	27,50	93,1	3,0	96,1	0,064	0,232	10,81
	229,1	DAB-Radio	27,50	92,0	3,0	95,0	0,056	0,204	8,39
	530,0	DVB-T, Kanal 28	31,65	89,7	3,0	92,7	0,043	0,136	4,94
	730,0	DVB-T, Kanal 53	37,15	85,1	3,0	88,1	0,025	0,068	1,71
							0,13	0,46	44,7
2	89,7	Gong-FM	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	93,0	BR 2	27,50	96,5	3,0	99,5	0,094	0,343	23,64
	95,0	BR 1	27,50	95,3	3,0	98,3	0,082	0,299	17,93
	95,5	Deutschlandfunk	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	97,0	BR 4	27,50	94,1	3,0	97,1	0,072	0,260	13,60
	98,2	Charivari	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	99,6	BR 3	27,50	97,0	3,0	100,0	0,100	0,364	26,53
	101,3	Deutschlandradio	27,50	81,6	3,0	84,6	0,017	0,062	0,76
	103,0	Antenne Bayern	27,50	91,2	3,0	94,2	0,051	0,186	6,98
	105,0	BR 5	27,50	92,3	3,0	95,3	0,058	0,212	8,99
	107,5	Melodie	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	191,5	DVB-T, Kanal 7	27,50	98,1	3,0	101,1	0,114	0,413	34,17
	229,1	DAB-Radio	27,50	91,0	3,0	94,0	0,050	0,182	6,66
	530,0	DVB-T, Kanal 28	31,65	87,9	3,0	90,9	0,035	0,111	3,26
	730,0	DVB-T, Kanal 53	37,15	88,0	3,0	91,0	0,035	0,096	3,34
							0,23	0,85	145,9
3	89,7	Gong-FM	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	93,0	BR 2	27,50	103,4	3,0	106,4	0,209	0,760	115,79
	95,0	BR 1	27,50	102,9	3,0	105,9	0,197	0,717	103,19
	95,5	Deutschlandfunk	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	97,0	BR 4	27,50	101,4	3,0	104,4	0,166	0,603	73,06
	98,2	Charivari	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	99,6	BR 3	27,50	102,9	3,0	105,9	0,197	0,717	103,19
	101,3	Deutschlandradio	27,50	85,8	3,0	88,8	0,028	0,100	2,01
	103,0	Antenne Bayern	27,50	85,3	3,0	88,3	0,026	0,095	1,79
	105,0	BR 5	27,50	101,4	3,0	104,4	0,166	0,603	73,06
	107,5	Melodie	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	191,5	DVB-T, Kanal 7	27,50	100,4	3,0	103,4	0,148	0,538	58,03
	229,1	DAB-Radio	27,50	97,2	3,0	100,2	0,102	0,372	27,78
	530,0	DVB-T, Kanal 28	31,65	92,0	3,0	95,0	0,056	0,178	8,39
	730,0	DVB-T, Kanal 53	37,15	90,2	3,0	93,2	0,046	0,123	5,54
							0,46	1,68	571,8

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Messpunkt Nr.	f [MHz]	Funkdienst Programm	Grenzwert [V/m]	E (gemessen) [dBµV/m]	Aufschl. MU [dB]	E [dBµV/m]	E [V/m]	E [% vom GW]	S [µW/m²]
4	89,7	Gong-FM	27,50	81,9	3,0	84,9	0,018	0,064	0,82
	93,0	BR 2	27,50	99,5	3,0	102,5	0,133	0,485	47,17
	95,0	BR 1	27,50	98,2	3,0	101,2	0,115	0,418	34,97
	95,5	Deutschlandfunk	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	97,0	BR 4	27,50	95,1	3,0	98,1	0,080	0,292	17,13
	98,2	Charivari	27,50	81,6	3,0	84,6	0,017	0,062	0,76
	99,6	BR 3	27,50	98,6	3,0	101,6	0,120	0,437	38,34
	101,3	Deutschlandradio	27,50	82,0	3,0	85,0	0,018	0,065	0,84
	103,0	Antenne Bayern	27,50	97,1	3,0	100,1	0,101	0,368	27,14
	105,0	BR 5	27,50	99,3	3,0	102,3	0,130	0,474	45,05
	107,5	Melodie	27,50	81,7	3,0	84,7	0,017	0,062	0,78
	191,5	DVB-T, Kanal 7	27,50	103,2	3,0	106,2	0,204	0,742	110,58
	229,1	DAB-Radio	27,50	102,0	3,0	105,0	0,178	0,647	83,88
	530,0	DVB-T, Kanal 28	31,65	101,2	3,0	104,2	0,162	0,512	69,77
	730,0	DVB-T, Kanal 53	37,15	97,7	3,0	100,7	0,108	0,292	31,16
							0,44	1,54	508,4
5	89,7	Gong-FM	27,50	80,6	3,0	83,6	0,015	0,055	0,61
	93,0	BR 2	27,50	104,9	3,0	107,9	0,248	0,903	163,55
	95,0	BR 1	27,50	103,4	3,0	106,4	0,209	0,760	115,79
	95,5	Deutschlandfunk	27,50	80,2	3,0	83,2	0,014	0,053	0,55
	97,0	BR 4	27,50	98,7	3,0	101,7	0,122	0,442	39,23
	98,2	Charivari	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	99,6	BR 3	27,50	102,5	3,0	105,5	0,188	0,685	94,11
	101,3	Deutschlandradio	27,50	87,8	3,0	90,8	0,035	0,126	3,19
	103,0	Antenne Bayern	27,50	96,5	3,0	99,5	0,094	0,343	23,64
	105,0	BR 5	27,50	100,0	3,0	103,0	0,141	0,514	52,92
	107,5	Melodie	27,50	81,9	3,0	84,9	0,018	0,064	0,82
	191,5	DVB-T, Kanal 7	27,50	105,0	3,0	108,0	0,251	0,913	167,36
	229,1	DAB-Radio	27,50	100,5	3,0	103,5	0,150	0,544	59,38
	530,0	DVB-T, Kanal 28	31,65	103,9	3,0	106,9	0,221	0,699	129,91
	730,0	DVB-T, Kanal 53	37,15	105,6	3,0	108,6	0,269	0,724	192,16
							0,63	2,15	1043,2
6	89,7	Gong-FM	27,50	81,1	3,0	84,1	0,016	0,058	0,68
	93,0	BR 2	27,50	108,5	3,0	111,5	0,376	1,367	374,68
	95,0	BR 1	27,50	107,3	3,0	110,3	0,327	1,190	284,22
	95,5	Deutschlandfunk	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	97,0	BR 4	27,50	105,0	3,0	108,0	0,251	0,913	167,36
	98,2	Charivari	27,50		3,0	3,0	0,000	0,000	0,00
	99,6	BR 3	27,50	108,7	3,0	111,7	0,385	1,399	392,34
	101,3	Deutschlandradio	27,50	92,6	3,0	95,6	0,060	0,219	9,63
	103,0	Antenne Bayern	27,50	96,1	3,0	99,1	0,090	0,328	21,56
	105,0	BR 5	27,50	109,4	3,0	112,4	0,417	1,516	460,96
	107,5	Melodie	27,50	80,5	3,0	83,5	0,015	0,054	0,59
	191,5	DVB-T, Kanal 7	27,50	110,0	3,0	113,0	0,447	1,624	529,25
	229,1	DAB-Radio	27,50	101,9	3,0	104,9	0,176	0,639	81,97
	530,0	DVB-T, Kanal 28	31,65	103,0	3,0	106,0	0,200	0,630	105,60
	730,0	DVB-T, Kanal 53	37,15	105,1	3,0	108,1	0,254	0,684	171,26
							0,99	3,53	2600,1

Legende zu obiger Tabelle:

Spalte 1	Messpunktnummer
Spalte 2	Frequenz des gemessenen Funksignals
Spalte 3	Messpunktnummer; Programmzuordnung
Spalte 4	Grenzwert nach 26. BImSchV bzw. EU-Ratsempfehlung in V/m
Spalte 5	Gemessene Feldstärke des Funksignals in dB μ V/m
Spalte 6	Messunsicherheit in dB
Spalte 7	Immission (inkl. Messunsicherheitsaufschlag) in dB μ V/m: $\langle \text{Spalte 7} \rangle = \langle \text{Spalte 5} \rangle + \langle \text{Spalte 6} \rangle$
Spalte 8	Wert aus Spalte 7 als elektrische Feldstärke in V/m
Spalte 9	Prozentuale Grenzwertausschöpfung: $\langle \text{Spalte 9} \rangle = 100 \% \cdot \langle \text{Spalte 8} \rangle / \langle \text{Spalte 4} \rangle$
Spalte 10	Wert aus Spalte 7 als Leistungsflussdichte in μ W/m ²

In den gelb markierten Feldern sind die Summenwerte angegeben.

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 grafisch 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

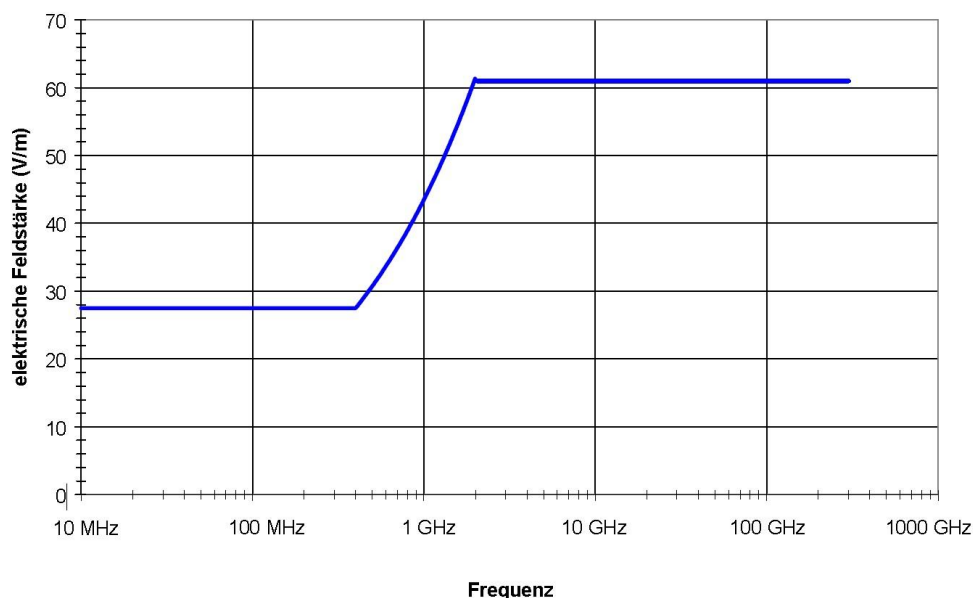


Bild 1: Grafische Darstellung der Grenzwerte (elektrische Feldstärke) nach 26. BImSchV für Hochfrequenzanlagen

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 in Körpern im allgemeinen 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.

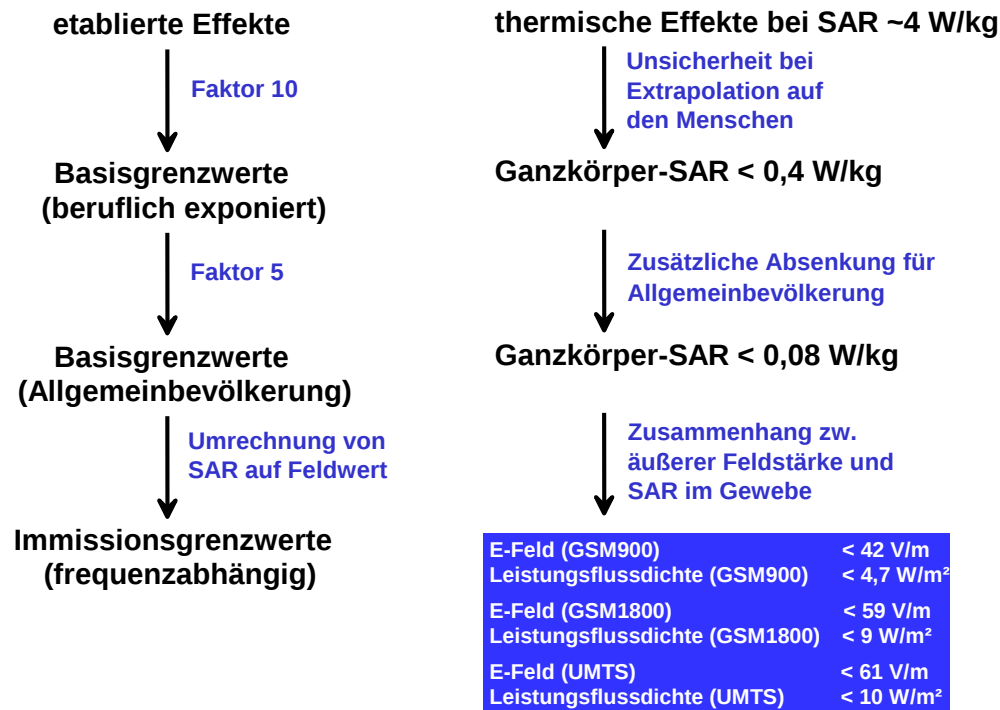
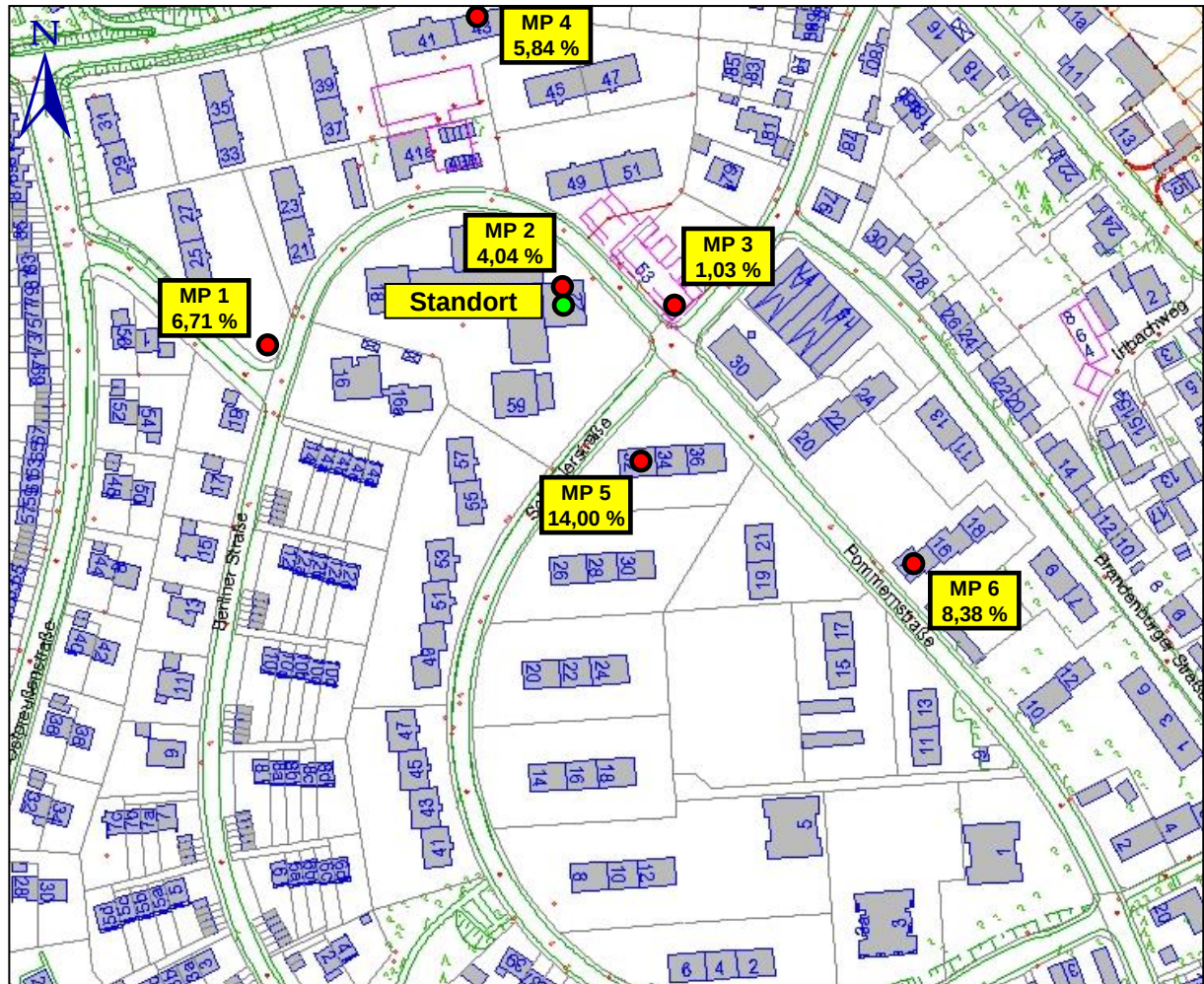


Bild 2: Darstellung der Entstehung internationaler Grenzwertempfehlungen

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: Lageplan mit Anlagenstandort und den Messpunkten



An jedem Messpunkt ist der im Rahmen der "Nachhermessung" festgestellte Mobilfunk-Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollobau der Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV (bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.

Anlage 4: Fotos



Bild 1: Messpunkt 1



Bild 2: Mobilfunkstandort von Messpunkt 1 aus gesehen



Bild 3: Mobilfunkstandort von Messpunkt 3 aus gesehen



Bild 4: Mobilfunkstandort von Messpunkt 4 aus gesehen



Bild 5: Mobilfunkstandort von Messpunkt 5 aus gesehen



Bild 6: Mobilfunkstandort von Messpunkt 6 aus gesehen