

Elektromagnetische Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen

Bericht über durchgeführte Feldstärkemessungen



Auftraggeber: Stadt Regensburg
Umwelt- und Rechtsamt
Minoritenweg 8-10
93047 Regensburg

Ort: Augsburg. Str., 93051 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: 12/012

Ort und Datum: Regensburg, 15. Oktober 2012

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
5	Schlussfolgerungen	13
6	Literaturverzeichnis	14
7	Anlagen	15
	Anlage 1: Ausführliche Ergebnistabellen	15
	Anlage 2: Grenzwerte und ihre Entstehung	23
	Anlage 3: Lageplan mit Anlagenstandort und den Messpunkten	26
	Anlage 4: Fotos	27

1 Aufgabenstellung

Aufgrund der Erweiterung eines vorhandenen Mobilfunkstandortes (Augsburger Str. 37c-d, 93051 Regensburg) wurde die EM-Institut GmbH vom der Stadt Regensburg beauftragt, die an einigen Punkten in der Umgebung des Standortes aktuell vorhandenen elektromagnetischen Immissionen, verursacht durch Mobilfunksignale, messtechnisch zu erfassen. Die Ergebnisse der Messungen sind mit den derzeit in Deutschland verbindlichen Grenzwerten zu vergleichen.

Zum Zeitpunkt der Messungen waren in der unmittelbaren Umgebung der Messpunkte folgende Mobilfunksendeanlagen in Betrieb:

Standort	Ort	Betreiberfirma (Mobilfunksystem)
1	Augsburger Str. 37c-d, 93051 Regensburg	Telekom (UMTS+LTE), Telefónica (GSM+UMTS)
2	Boelkestr. 1, 93051 Regensburg	Telekom (GSM)

Quelle: Angaben des Auftraggebers, sowie Auskünfte der Netzbetreiber.

Tab. 1: In der Umgebung der Messpunkte 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 nicht ionisierenden 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 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 Mobilfunkanlagen an den betrachteten Messpunkten erzeugt werden?**
- **Wie groß sind dazu im Vergleich die Immissionen, verursacht durch regionale UKW-/DAB- und TV-Rundfunksender?**

Die Ergebnisse der Messungen, sowie 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° bis 120° 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.

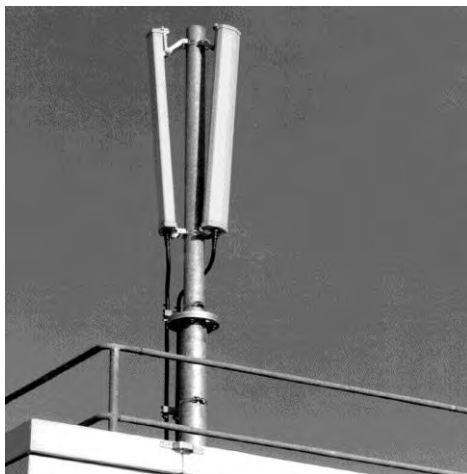


Abb. 3: Zwei Sektorantennen, montiert auf einem Flachdach (hier mit mechanischer Strahlabsenkung, engl. "Downtilt").

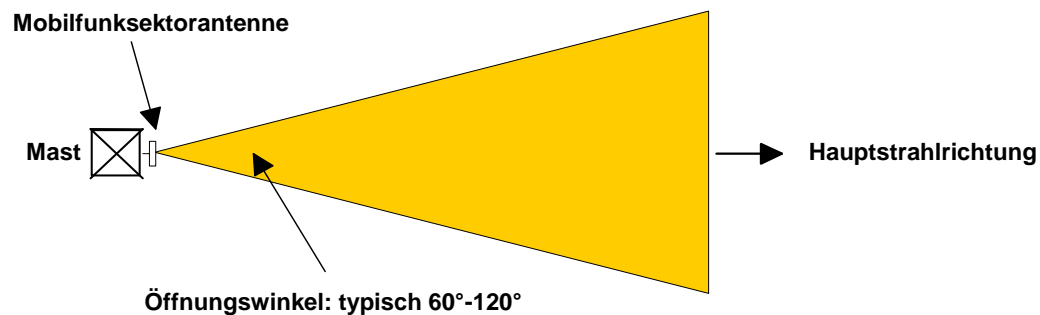


Abb. 4: Horizontales Abstrahlverhalten einer Mobilfunksektorantenne.

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").

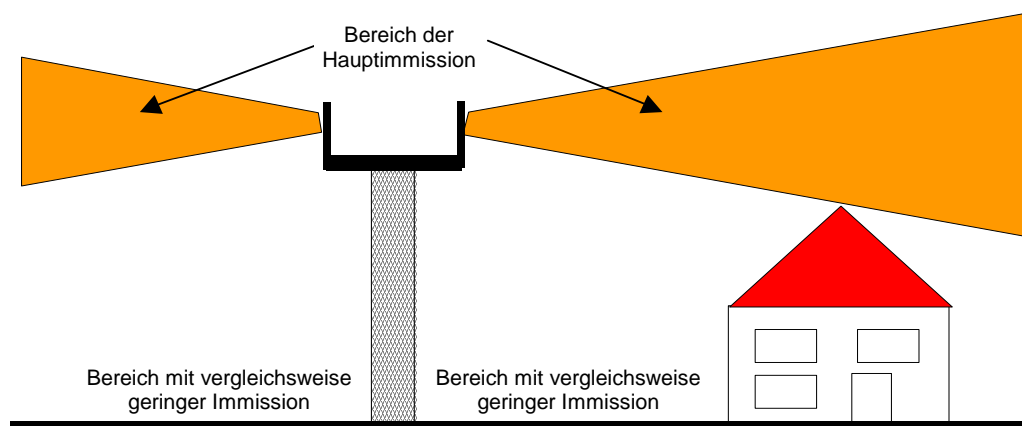


Abb. 5: Vertikales Bündelungsverhalten von Mobilfunkantennen (prinzipielle Darstellung mit übertriebenem großem vertikalem Öffnungswinkel).

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

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 ± 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

Die Mobilfunk-Immissionsmessungen wurden an sechs Punkten in der Umgebung der betrachteten Anlagenstandorte durchgeführt. Die Punkte wurden vom Auftraggeber vorgegeben. Im Detail handelt es sich um folgende Punkte:

Messpunkt Nr.	Bezeichnung	Entfernung zum nächsten Standort*	Sichtverbindung zu den Antennen?*
1	Augsburger Str. 38 (Kinderkrippe, Außenbereich)	ca. 95 m (1)	Ja (1)
2	Augsburger Str. 38 (Kinderkrippe, Gänseblümchengruppe, Fenster offen)	ca. 105 m (1)	Ja (1)
3	Augsburger Str. 38 (Kinderkrippe, Gänseblümchengruppe, Fenster geschlossen)	ca. 105 m (1)	Ja (1)
4	Augsburger Str. 37 (Südlich des Gebäudes)	ca. 20 m (1)	Ja (1)
5	Ludwig-Thoma-Str. (Spielplatz; Rutsche oben)	ca. 65 m (1)	Ja (1)
6	Augsburger Str. 44a (nördlich des Gebäudes)	ca. 85 m (1)	Ja (1)

*: Siehe Nummerierung in Tabelle 1.

Tab. 2: Messpunkte.

Durchgeführt wurden die Mobilfunk-Immissionsmessungen am 29. August 2012 zwischen 14:40 und 15:20 Uhr. Die Rundfunkimmissionen wurden am 11. Oktober 2012 zwischen 18:20 und 18:40 Uhr gemessen (Verantwortlicher vor Ort: Dr.-Ing. M. Wuschek).

Ein Vertreter des Auftraggebers war am 29. August bei einem Teil der 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

In folgender Tabelle sind die an den Messpunkten ermittelten aktuellen 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.

In Spalte 4 sind zusätzlich zum Vergleich die Immissionswerte aufgeführt, die an den Messpunkten durch regionale UKW-, DAB- und TV-Rundfunksender 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 UKW-, DAB-, TV-Rundfunk
1	1,63 %	3,69 %	1,19 %
2	0,71 %	1,67 %	0,37 %
3	0,34 %	0,76 %	0,34 %
4	3,88 %	8,07 %	2,16 %
5	2,09 %	4,49 %	2,76 %
6	2,40 %	5,26 %	1,13 %

Tab. 3: Festgestellte Hochfrequenz-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). Für die Signale der zusätzlich gemessenen Tonrundfunk- und TV-Sender ist - je nach Frequenz - ein Grenzwert zwischen 27,5 und 39 Volt/m anzuwenden

Die folgenden beiden Abbildungen stellen die Ergebnisse der Messungen grafisch dar:

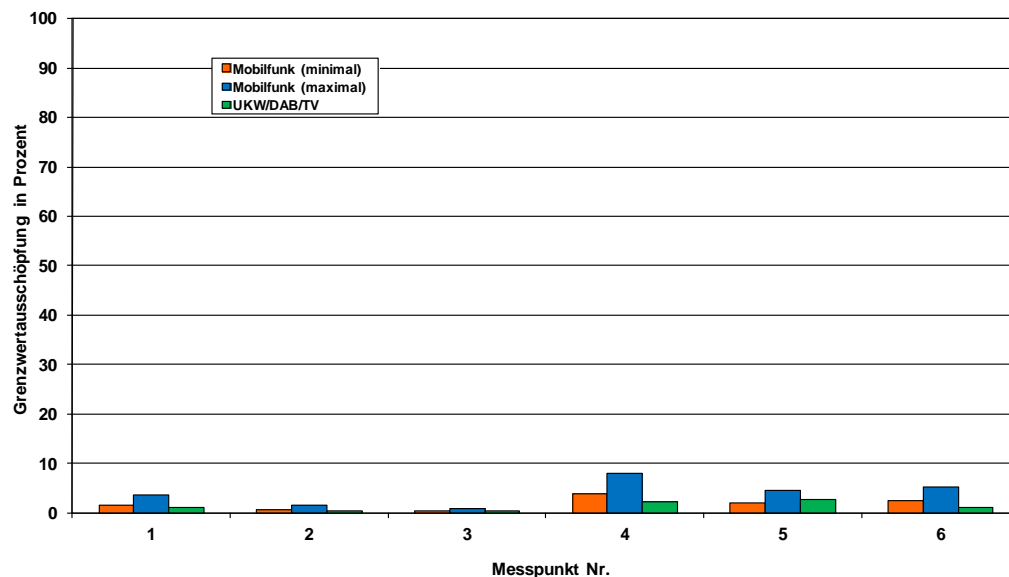


Abb. 6: Grafische Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3 (Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Feldstärkegrenzwerte nach 26. BImSchV).

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

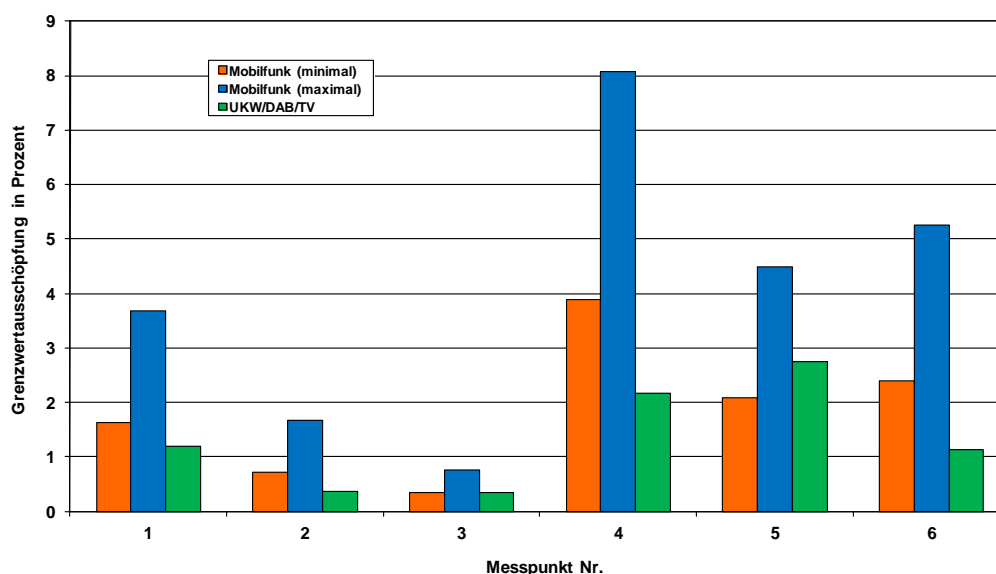


Abb. 7: Detaillierte Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3.

5 Schlussfolgerungen

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

- Wie aus Tabelle 3 sowie den Abbildungen 6 und 7 ersichtlich, wird der Grenzwert nach 26. BImSchV an allen Messpunkten derzeit deutlich unterschritten. Bei den Messungen ergaben sich Mobilfunkimmissionen (bezogen auf die Feldstärke), die bei Volllastung der verursachenden Anlagen etwa zwischen 0,8 und 8,1 Prozent des gesetzlich zulässigen Wertes betragen.
- An allen sechs Messpunkten dominieren die Mobilfunkimmissionen gegenüber den Immissionen, verursacht durch regionale UKW-, DAB- und TV-Sender.
- Um die aktuell an den Messpunkten vorhandenen 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 [12]. Diese Auswertung ergab, dass bei Betrachtung von 1.249 Messpunkten, von denen aus Sicht zu einer Mobilfunksendeanlage bestand, an 50 Prozent der Messpunkte ein Immissionswert von 2,0 Prozent vom Grenzwert (bei Maximalauslastung und Volllastung der verursachenden Sendeanlagen) nicht überschritten wird ("Medianwert"). Bei zwei Messungen ergab sich eine aktuelle Mobilfunkimmission unterhalb dieses Medianwertes. Bei den restlichen vier Messungen lag die Mobilfunkimmission über dem Median.

Regensburg, 15. Oktober 2012

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 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
- [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
- [12] **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

In den folgenden Ergebnistabellen sind die Resultate der Messungen der Hochfrequenzimmissionen als Einzelwerte und als Summe sowie die Hochrechnung auf maximale betriebliche Anlagenauslastung wiedergegeben.

Anmerkung:

Nach ICNIRP [2] bzw. EU-Ratsempfehlung [3] 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.

Ausführliche Dokumentation der Ergebnisse der Mobilfunk-Immissionsmessungen:

Messort:	Regensburg-Augsburger Str.	Uhrzeit:	10:20 - 11:10 Uhr
Leitung:	Dr. Wuschek	Wetter:	Sonnig, trocken
Signal:	GSM/UMTS/LTE	Analyzer:	SRM-3006
Datum:	29.08.2012	Antenne:	3AX-27M-3G

Signale, deren Intensität zu schwach waren, um auf die Gesamtimmision 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 [W/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:	1													
941,8	Telekom	41,7	95,2	3,0	1	98,2	0,081	0,195	17,53	4,0	104,2	0,163	0,390	70,10
944,6	Telekom	41,7	74,2	3,0	1	77,2	0,007	0,017	0,14	4,0	83,2	0,014	0,035	0,56
953,2	Telekom	41,7	90,4	3,0	1	93,4	0,047	0,112	5,80	4,0	99,4	0,094	0,224	23,21
1833,0	Telefónica	58,4	94,7	3,0	1	97,7	0,077	0,131	15,62	4,0	103,7	0,153	0,263	62,48
1837,8	Telefónica	58,4	92,5	3,0	1	95,5	0,060	0,102	9,41	4,0	101,5	0,119	0,204	37,65
1840,8	Telefónica	58,4	113,0	3,0	1	116,0	0,631	1,080	1055,99	4,0	122,0	1,262	2,161	4223,95
2157,2/777	Telefónica	61,0	85,3	3,0	2	91,3	0,037	0,060	3,59	20,0	101,3	0,116	0,191	35,87
2157,2/137	Telefónica	61,0	101,4	3,0	2	107,4	0,235	0,385	146,11	20,0	117,4	0,742	1,217	1461,13
2162,4/3	Telekom	61,0	89,7	3,0	2	95,7	0,061	0,100	9,88	16,0	104,7	0,173	0,283	79,03
2162,4/11	Telekom	61,0	103,5	3,0	2	109,5	0,299	0,490	236,97	16,0	118,5	0,845	1,386	1895,74
2162,4/428	Telekom	61,0	84,3	3,0	2	90,3	0,033	0,054	2,85	16,0	99,3	0,093	0,152	22,79
2167,2/3	Telekom	61,0	88,5	3,0	2	94,5	0,053	0,087	7,49	16,0	103,5	0,150	0,246	59,95
2167,2/11	Telekom	61,0	103,9	3,0	2	109,9	0,313	0,513	259,83	16,0	118,9	0,885	1,451	2078,64
2167,2/428	Telekom	61,0	78,1	3,0	2	84,1	0,016	0,026	0,68	16,0	93,1	0,045	0,074	5,47
1815,0/466-0	Telekom LTE	58,4	82,6	3,0	385,2	111,5	0,374	0,640	370,97	1540,8	117,5	0,748	1,281	1483,89
1815,0/466-1	Telekom LTE	58,4	80,9	3,0	385,2	109,8	0,307	0,527	250,81	1540,8	115,8	0,615	1,053	1003,23
1815,0/467-0	Telekom LTE	58,4	65,9	3,0	385,2	94,8	0,055	0,094	7,93	1540,8	100,8	0,109	0,187	31,72
1815,0/467-1	Telekom LTE	58,4	72,2	3,0	385,2	101,1	0,113	0,193	33,83	1540,8	107,1	0,226	0,387	135,33
						minimal:	0,96	1,63	2435,4		maximal:	2,19	3,69	12710,7
Messpunkt:	2													
941,8	Telekom	41,7	87,4	3,0	1	90,4	0,033	0,079	2,91	4,0	96,4	0,066	0,159	11,63
944,6	Telekom	41,7	64,0	3,0	1	67,0	0,002	0,005	0,01	4,0	73,0	0,004	0,011	0,05
953,2	Telekom	41,7	79,2	3,0	1	82,2	0,013	0,031	0,44	4,0	88,2	0,026	0,062	1,76
1833,0	Telefónica	58,4	87,0	3,0	1	90,0	0,032	0,054	2,65	4,0	96,0	0,063	0,108	10,61
1837,8	Telefónica	58,4	83,0	3,0	1	86,0	0,020	0,034	1,06	4,0	92,0	0,040	0,068	4,22
1840,8	Telefónica	58,4	104,5	3,0	1	107,5	0,237	0,406	149,16	4,0	113,5	0,474	0,812	596,65
2157,2/137	Telefónica	61,0	90,7	3,0	2	96,7	0,068	0,112	12,44	20,0	106,7	0,217	0,355	124,36
2162,4/3	Telekom	61,0	69,0	3,0	2	75,0	0,006	0,009	0,08	16,0	84,0	0,016	0,026	0,67
2162,4/11	Telekom	61,0	98,3	3,0	2	104,3	0,164	0,269	71,56	16,0	113,3	0,465	0,762	572,50
2162,4/428	Telekom	61,0	74,3	3,0	2	80,3	0,010	0,017	0,28	16,0	89,3	0,029	0,048	2,28
2167,2/11	Telekom	61,0	99,6	3,0	2	105,6	0,191	0,313	96,54	16,0	114,6	0,540	0,885	772,29
2167,2/428	Telekom	61,0	76,6	3,0	2	82,6	0,014	0,022	0,48	16,0	91,6	0,038	0,063	3,87
1815,0/466-0	Telekom LTE	58,4	75,5	3,0	385,2	104,4	0,165	0,283	72,33	1540,8	110,4	0,330	0,566	289,33
1815,0/466-1	Telekom LTE	58,4	74,4	3,0	385,2	103,3	0,145	0,249	56,15	1540,8	109,3	0,291	0,498	224,60
1815,0/467-0	Telekom LTE	58,4	52,1	3,0	385,2	81,0	0,011	0,019	0,33	1540,8	87,0	0,022	0,038	1,32
1815,0/467-1	Telekom LTE	58,4	57,7	3,0	385,2	86,6	0,021	0,036	1,20	1540,8	92,6	0,043	0,073	4,80
						minimal:	0,42	0,71	467,6		maximal:	0,99	1,67	2621,0

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													
941,8	Telekom	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
944,6	Telekom	41,7	62,7	3,0	1	65,7	0,002	0,005	0,01	4,0	71,7	0,004	0,009	0,04
953,2	Telekom	41,7	73,7	3,0	1	76,7	0,007	0,016	0,12	4,0	82,7	0,014	0,033	0,50
1833,0	Telefónica	58,4	83,9	3,0	1	86,9	0,022	0,038	1,30	4,0	92,9	0,044	0,076	5,20
1837,8	Telefónica	58,4	78,7	3,0	1	81,7	0,012	0,021	0,39	4,0	87,7	0,024	0,042	1,57
1840,8	Telefónica	58,4	100,7	3,0	1	103,7	0,153	0,262	62,18	4,0	109,7	0,306	0,524	248,72
2157,2/77	Telefónica	61,0	67,6	3,0	2	73,6	0,005	0,008	0,06	20,0	83,6	0,015	0,025	0,61
2157,2/137	Telekom	61,0	85,1	3,0	2	91,1	0,036	0,059	3,43	20,0	101,1	0,114	0,186	34,25
2162,4/3	Telekom	61,0	66,1	3,0	2	72,1	0,004	0,007	0,04	16,0	81,1	0,011	0,019	0,34
2162,4/11	Telekom	61,0	91,3	3,0	2	97,3	0,073	0,120	14,28	16,0	106,3	0,208	0,340	114,23
2162,4/428	Telekom	61,0	72,1	3,0	2	78,1	0,008	0,013	0,17	16,0	87,1	0,023	0,037	1,37
2167,2/3	Telekom	61,0	67,6	3,0	2	73,6	0,005	0,008	0,06	16,0	82,6	0,014	0,022	0,49
2167,2/11	Telekom	61,0	86,6	3,0	2	92,6	0,043	0,070	4,84	16,0	101,6	0,121	0,198	38,71
2167,2/428	Telekom	61,0	67,0	3,0	2	73,0	0,004	0,007	0,05	16,0	82,0	0,013	0,021	0,42
1815,0/466-0	Telekom LTE	58,4	66,6	3,0	385,2	95,5	0,059	0,101	9,32	1540,8	101,5	0,119	0,203	37,27
1815,0/466-1	Telekom LTE	58,4	67,4	3,0	385,2	96,3	0,065	0,111	11,20	1540,8	102,3	0,130	0,223	44,81
1815,0/467-0	Telekom LTE	58,4	43,6	3,0	385,2	72,5	0,004	0,007	0,05	1540,8	78,5	0,008	0,014	0,19
1815,0/467-1	Telekom LTE	58,4	47,4	3,0	385,2	76,3	0,006	0,011	0,11	1540,8	82,3	0,013	0,022	0,45
						minimal:	0,20	0,34	108,2		maximal:	0,45	0,76	531,3
Messpunkt:	4													
941,8	Telekom	41,7	97,0	3,0	1	100,0	0,100	0,240	26,53	4,0	106,0	0,200	0,480	106,10
944,6	Telekom	41,7	76,1	3,0	1	79,1	0,009	0,022	0,22	4,0	85,1	0,018	0,043	0,86
953,2	Telekom	41,7	96,4	3,0	1	99,4	0,093	0,224	23,10	4,0	105,4	0,187	0,448	92,41
1833,0	Telefónica	58,4	105,9	3,0	1	108,9	0,279	0,477	205,90	4,0	114,9	0,557	0,954	823,60
1837,8	Telefónica	58,4	105,1	3,0	1	108,1	0,254	0,435	171,26	4,0	114,1	0,508	0,870	685,04
1840,8	Telefónica	58,4	119,3	3,0	1	122,3	1,303	2,231	4504,63	4,0	128,3	2,606	4,463	18018,50
2157,2/77	Telefónica	61,0	97,6	3,0	2	103,6	0,152	0,248	60,91	20,0	113,6	0,479	0,786	609,10
2157,2/137	Telefónica	61,0	105,8	3,0	2	111,8	0,390	0,639	402,43	20,0	121,8	1,232	2,019	4024,28
2157,2/141	Telefónica	61,0	97,0	3,0	2	103,0	0,141	0,232	53,05	20,0	113,0	0,447	0,733	530,50
2162,4/3	Telekom	61,0	88,0	3,0	2	94,0	0,050	0,082	6,68	16,0	103,0	0,142	0,233	53,43
2162,4/11	Telekom	61,0	102,6	3,0	2	108,6	0,269	0,442	192,61	16,0	117,6	0,762	1,249	1540,91
2162,4/428	Telekom	61,0	95,4	3,0	2	101,4	0,118	0,193	36,70	16,0	110,4	0,333	0,545	293,62
2167,2/3	Telekom	61,0	86,5	3,0	2	92,5	0,042	0,069	4,73	16,0	101,5	0,119	0,196	37,82
2167,2/11	Telekom	61,0	101,9	3,0	2	107,9	0,249	0,408	163,94	16,0	116,9	0,703	1,153	1311,53
2167,2/428	Telekom	61,0	95,1	3,0	2	101,1	0,114	0,186	34,25	16,0	110,1	0,321	0,527	274,02
1815,0/465-0	Telekom LTE	58,4	78,7	3,0	385,2	107,6	0,239	0,409	151,13	1540,8	113,6	0,477	0,817	604,51
1815,0/465-1	Telekom LTE	58,4	84,6	3,0	385,2	113,5	0,471	0,806	587,95	1540,8	119,5	0,942	1,612	2351,80
1815,0/466-0	Telekom LTE	58,4	94,5	3,0	385,2	123,4	1,472	2,520	5745,67	1540,8	129,4	2,944	5,040	22982,69
1815,0/466-1	Telekom LTE	58,4	88,0	3,0	385,2	116,9	0,696	1,192	1286,30	1540,8	122,9	1,393	2,385	5145,18
						minimal:	2,27	3,88	13658,0		maximal:	4,74	8,07	59485,9
Messpunkt:	5													
941,8	Telekom	41,7	99,0	3,0	1	102,0	0,126	0,302	42,04	4,0	108,0	0,252	0,604	168,16
944,6	Telekom	41,7	81,5	3,0	1	84,5	0,017	0,040	0,75	4,0	90,5	0,034	0,081	2,99
953,2	Telekom	41,7	103,3	3,0	1	106,3	0,207	0,495	113,15	4,0	112,3	0,413	0,991	452,60
1833,0	Telefónica	58,4	107,0	3,0	1	110,0	0,316	0,541	265,25	4,0	116,0	0,632	1,083	1061,01
1837,8	Telefónica	58,4	116,3	3,0	1	119,3	0,923	1,580	2257,66	4,0	125,3	1,845	3,159	9030,64
1840,8	Telefónica	58,4	94,2	3,0	1	97,2	0,072	0,124	13,92	4,0	103,2	0,145	0,248	55,68
2157,2/77	Telefónica	61,0	95,6	3,0	2	101,6	0,120	0,197	38,43	20,0	111,6	0,381	0,624	384,32
2157,2/141	Telefónica	61,0	101,1	3,0	2	107,1	0,227	0,372	136,36	20,0	117,1	0,717	1,175	1363,61
2162,4/3	Telekom	61,0	87,2	3,0	2	93,2	0,046	0,075	5,56	16,0	102,2	0,129	0,212	44,44
2162,4/11	Telekom	61,0	87,7	3,0	2	93,7	0,048	0,079	6,23	16,0	102,7	0,137	0,225	49,86
2162,4/428	Telekom	61,0	101,4	3,0	2	107,4	0,235	0,385	146,11	16,0	116,4	0,664	1,088	1168,90
2167,2/3	Telekom	61,0	87,3	3,0	2	93,3	0,046	0,076	5,68	16,0	102,3	0,131	0,215	45,48
2167,2/11	Telekom	61,0	85,2	3,0	2	91,2	0,036	0,060	3,51	16,0	100,2	0,103	0,169	28,04
2167,2/428	Telekom	61,0	103,8	3,0	2	109,8	0,309	0,507	253,92	16,0	118,8	0,875	1,435	2031,32
1815,0/465-0	Telekom LTE	58,4	81,6	3,0	385,2	110,5	0,333	0,571	294,67	1540,8	116,5	0,667	1,141	1178,69
1815,0/465-1	Telekom LTE	58,4	80,4	3,0	385,2	109,3	0,290	0,497	223,53	1540,8	115,3	0,581	0,994	894,13
1815,0/466-0	Telekom LTE	58,4	68,7	3,0	385,2	97,6	0,075	0,129	15,11	1540,8	103,6	0,151	0,258	60,45
1815,0/466-1	Telekom LTE	58,4	66,2	3,0	385,2	95,1	0,057	0,097	8,50	1540,8	101,1	0,113	0,194	33,99
1815,0/467-0	Telekom LTE	58,4	62,0	3,0	385,2	90,9	0,035	0,060	3,23	1540,8	96,9	0,070	0,120	12,92
1815,0/467-1	Telekom LTE	58,4	64,5	3,0	385,2	93,4	0,047	0,080	5,75	1540,8	99,4	0,093	0,159	22,98
						minimal:	1,20	2,09	3839,4		maximal:	2,61	4,49	18090,2

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/m ²]	Faktor max. Imm. (BNetzA)	E _{max} beantr. [dBµV/m]	E _{max} beantr. [V/m]	E _{max} beantr. [% vom GW]	S _{max} beantr. [µW/m ²]
Messpunkt:	6													
941,8	Telekom	41,7	94,0	3,0	1	97,0	0,071	0,170	13,29	4,0	103,0	0,142	0,340	53,18
944,6	Telekom	41,7	79,4	3,0	1	82,4	0,013	0,032	0,46	4,0	88,4	0,026	0,063	1,84
953,2	Telekom	41,7	97,9	3,0	1	100,9	0,111	0,266	32,63	4,0	106,9	0,222	0,532	130,53
1833,0	Telefónica	58,4	118,1	3,0	1	121,1	1,135	1,944	3417,11	4,0	127,1	2,270	3,887	13668,43
1837,8	Telefónica	58,4	95,4	3,0	1	98,4	0,083	0,142	18,35	4,0	104,4	0,166	0,285	73,40
1840,8	Telefónica	58,4	99,6	3,0	1	102,6	0,135	0,231	48,27	4,0	108,6	0,270	0,462	193,07
2157,2/77	Telefónica	61,0	106,6	3,0	2	112,6	0,427	0,700	483,83	20,0	122,6	1,351	2,214	4838,25
2157,2/137	Telefónica	61,0	90,1	3,0	2	96,1	0,064	0,105	10,83	20,0	106,1	0,202	0,331	108,32
2157,2/141	Telefónica	61,0	76,1	3,0	2	82,1	0,013	0,021	0,43	20,0	92,1	0,040	0,066	4,31
2162,4/3	Telekom	61,0	102,5	3,0	2	108,5	0,266	0,437	188,23	16,0	117,5	0,753	1,235	1505,84
2162,4/11	Telekom	61,0	89,5	3,0	2	95,5	0,060	0,098	9,43	16,0	104,5	0,169	0,277	75,47
2162,4/428	Telekom	61,0	94,5	3,0	2	100,5	0,106	0,174	29,83	16,0	109,5	0,300	0,492	238,66
2167,2/3	Telekom	61,0	101,4	3,0	2	107,4	0,235	0,385	146,11	16,0	116,4	0,664	1,088	1168,90
2167,2/11	Telekom	61,0	87,7	3,0	2	93,7	0,048	0,079	6,23	16,0	102,7	0,137	0,225	49,86
2167,2/428	Telekom	61,0	92,2	3,0	2	98,2	0,081	0,133	17,57	16,0	107,2	0,230	0,377	140,53
1815,0/465-0	Telekom LTE	58,4	72,8	3,0	385,2	101,7	0,121	0,207	38,85	1540,8	107,7	0,242	0,414	155,38
1815,0/465-1	Telekom LTE	58,4	71,5	3,0	385,2	100,4	0,104	0,178	28,80	1540,8	106,4	0,208	0,357	115,19
1815,0/466-0	Telekom LTE	58,4	75,4	3,0	385,2	104,3	0,163	0,280	70,69	1540,8	110,3	0,326	0,559	282,75
1815,0/466-1	Telekom LTE	58,4	74,0	3,0	385,2	102,9	0,139	0,238	51,21	1540,8	108,9	0,278	0,476	204,83
1815,0/467-0	Telekom LTE	58,4	82,5	3,0	385,2	111,4	0,370	0,633	362,53	1540,8	117,4	0,739	1,266	1450,11
1815,0/467-1	Telekom LTE	58,4	81,0	3,0	385,2	109,9	0,311	0,533	256,65	1540,8	115,9	0,622	1,065	1026,60
						minimal:	1,40	2,40	5231,3		maximal:	3,10	5,26	25485,5

Legende zu obiger Tabelle:

- 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), des CPICH (UMTS) bzw. der RS-Symbole (LTE) in dBµV/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.
- Spalte 5** Messunsicherheitsaufschlag 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). 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.
- Spalte 7** Minimale Immission (inkl. Messunsicherheitsaufschlag) in dBµV/m:
 $\langle \text{Spalte 7} \rangle = \langle \text{Spalte 4} \rangle + \langle \text{Spalte 5} \rangle + 10 \cdot \log \langle \text{Spalte 6} \rangle$
- Spalte 8** Wert aus Spalte 7 als elektrische Feldstärke in V/m
- Spalte 9** Prozentuale Grenzwertausschöpfung: $\langle \text{Spalte 9} \rangle = 100 \% \cdot \langle \text{Spalte 8} \rangle / \langle \text{Spalte 3} \rangle$
- Spalte 10** Wert aus Spalte 7 als Leistungsflussdichte in µW/m²
- 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)
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.

-
- Spalte 12** Maximale Immission (inkl. Messunsicherheitsaufschlag) in dB μ V/m:
<Spalte 12> = <Spalte 4> + <Spalte 5> + 10·log <Spalte 11>
- Spalte 13** Wert aus Spalte 12 als elektrische Feldstärke in V/m
- Spalte 14** Prozentuale Grenzwertausschöpfung: <Spalte 14> = 100 %·<Spalte 13> / <Spalte 3>
- Spalte 15** Wert aus Spalte 12 als Leistungsflussdichte in μ W/m²

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).

Ausführliche Dokumentation der Ergebnisse der Tonrundfunk-/TV-Immissionsmessungen:

Messort:	Regensburg-Augsburger Str.	Uhrzeit:	18:20 - 18:40 Uhr
Leitung:	Dr. Wuschek	Wetter:	Sonnig, trocken
Signal:	UKW / DAB / TV	Analyzer:	SRM-3006
Datum:	11.10.2012	Antenne:	3AX-27M-3G

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

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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]
Messpunkt:	1							
89,7	Gong FM	27,50	89,8	3,0	92,8	0,044	0,159	5,05
91,1	Klassik Radio	27,50	85,5	3,0	88,5	0,027	0,097	1,88
93,0	Bayern 2	27,50	84,9	3,0	87,9	0,025	0,090	1,64
95,0	Bayern 1	27,50	93,9	3,0	96,9	0,070	0,254	12,99
95,5	DLF	27,50	92,1	3,0	95,1	0,057	0,207	8,58
97,0	BR-Klassik	27,50	81,7	3,0	84,7	0,017	0,062	0,78
98,2	Charivari	27,50	92,3	3,0	95,3	0,058	0,212	8,99
99,6	Bayern 3	27,50	84,9	3,0	87,9	0,025	0,090	1,64
103,0	Antenne Bayern	27,50	106,4	3,0	109,4	0,295	1,073	231,02
105,0	B5-Aktuell	27,50	86,4	3,0	89,4	0,030	0,107	2,31
107,5	Ego FM	27,50	88,2	3,0	91,2	0,036	0,132	3,50
178,352	DAB (5C)	27,50	84,0	3,0	87,0	0,022	0,081	1,33
222,064	DAB (11D)	27,50	77,9	3,0	80,9	0,011	0,040	0,33
229,072	DAB (12D)	27,50	80,2	3,0	83,2	0,014	0,053	0,55
530,0	DVB-T (K 28)	31,65	87,2	3,0	90,2	0,032	0,102	2,78
642,0	DVB-T (K 42)	34,84	84,4	3,0	87,4	0,023	0,067	1,46
730,0	DVB-T (K 53)	37,15	82,8	3,0	85,8	0,019	0,052	1,01
					Summen:	0,33	1,19	285,8
Messpunkt:	2							
89,7	Gong FM	27,50	79,2	3,0	82,2	0,013	0,047	0,44
91,1	Klassik Radio	27,50	78,1	3,0	81,1	0,011	0,041	0,34
93,0	Bayern 2	27,50	76,1	3,0	79,1	0,009	0,033	0,22
95,0	Bayern 1	27,50	77,1	3,0	80,1	0,010	0,037	0,27
95,5	DLF	27,50	83,6	3,0	86,6	0,021	0,078	1,21
97,0	BR-Klassik	27,50	72,7	3,0	75,7	0,006	0,022	0,10
98,2	Charivari	27,50	81,7	3,0	84,7	0,017	0,062	0,78
99,6	Bayern 3	27,50	75,4	3,0	78,4	0,008	0,030	0,18
103,0	Antenne Bayern	27,50	96,1	3,0	99,1	0,090	0,328	21,56
105,0	B5-Aktuell	27,50	78,1	3,0	81,1	0,011	0,041	0,34
107,5	Ego FM	27,50	79,6	3,0	82,6	0,013	0,049	0,48
178,352	DAB (5C)	27,50	78,0	3,0	81,0	0,011	0,041	0,33
222,064	DAB (11D)	27,50	72,4	3,0	75,4	0,006	0,021	0,09
229,072	DAB (12D)	27,50	72,3	3,0	75,3	0,006	0,021	0,09
530,0	DVB-T (K 28)	31,65	76,6	3,0	79,6	0,010	0,030	0,24
642,0	DVB-T (K 42)	34,84	73,5	3,0	76,5	0,007	0,019	0,12
730,0	DVB-T (K 53)	37,15	72,2	3,0	75,2	0,006	0,015	0,09
					Summen:	0,10	0,37	26,9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
f [MHz]	Funkdienst Programm	Grenzwert [V/m]	E (gemessen) [dBµV/m]	Aufschl. M U [dB]	E [dBµV/m]	E [V/m]	E [% vom GW]	S [µW/m²]
89,7	Gong FM	27,50	79,0	3,0	82,0	0,013	0,046	0,42
91,1	Klassik Radio	27,50	77,9	3,0	80,9	0,011	0,040	0,33
93,0	Bayern 2	27,50	75,4	3,0	78,4	0,008	0,030	0,18
95,0	Bayern 1	27,50	77,1	3,0	80,1	0,010	0,037	0,27
95,5	DLF	27,50	82,6	3,0	85,6	0,019	0,069	0,96
97,0	BR-Klassik	27,50	74,2	3,0	77,2	0,007	0,026	0,14
98,2	Charivari	27,50	80,3	3,0	83,3	0,015	0,053	0,57
99,6	Bayern 3	27,50	76,1	3,0	79,1	0,009	0,033	0,22
103,0	Antenne Bayern	27,50	95,5	3,0	98,5	0,084	0,306	18,78
105,0	B5-Aktuell	27,50	77,8	3,0	80,8	0,011	0,040	0,32
107,5	Ego FM	27,50	81,8	3,0	84,8	0,017	0,063	0,80
178,352	DAB (5C)	27,50	78,1	3,0	81,1	0,011	0,041	0,34
222,064	DAB (11D)	27,50	71,5	3,0	74,5	0,005	0,019	0,07
229,072	DAB (12D)	27,50	71,2	3,0	74,2	0,005	0,019	0,07
530,0	DVB-T (K 28)	31,65	74,3	3,0	77,3	0,007	0,023	0,14
642,0	DVB-T (K 42)	34,84	72,3	3,0	75,3	0,006	0,017	0,09
730,0	DVB-T (K 53)	37,15	71,5	3,0	74,5	0,005	0,014	0,07
					Summen:	0,09	0,34	23,8
Messpunkt:	4							
89,7	Gong FM	27,50	91,2	3,0	94,2	0,051	0,186	6,98
91,1	Klassik Radio	27,50	87,0	3,0	90,0	0,032	0,115	2,65
93,0	Bayern 2	27,50	84,1	3,0	87,1	0,023	0,082	1,36
95,0	Bayern 1	27,50	83,5	3,0	86,5	0,021	0,077	1,18
95,5	DLF	27,50	95,4	3,0	98,4	0,083	0,302	18,35
97,0	BR-Klassik	27,50	77,5	3,0	80,5	0,011	0,039	0,30
98,2	Charivari	27,50	93,8	3,0	96,8	0,069	0,252	12,70
99,6	Bayern 3	27,50	86,6	3,0	89,6	0,030	0,110	2,42
103,0	Antenne Bayern	27,50	112,1	3,0	115,1	0,569	2,069	858,34
105,0	B5-Aktuell	27,50	87,1	3,0	90,1	0,032	0,116	2,71
107,5	Ego FM	27,50	93,9	3,0	96,9	0,070	0,254	12,99
178,352	DAB (5C)	27,50	88,5	3,0	91,5	0,038	0,137	3,75
222,064	DAB (11D)	27,50	81,2	3,0	84,2	0,016	0,059	0,70
229,072	DAB (12D)	27,50	79,8	3,0	82,8	0,014	0,050	0,51
530,0	DVB-T (K 28)	31,65	90,0	3,0	93,0	0,045	0,141	5,29
642,0	DVB-T (K 42)	34,84	87,4	3,0	90,4	0,033	0,095	2,91
730,0	DVB-T (K 53)	37,15	85,6	3,0	88,6	0,027	0,072	1,92
					Summen:	0,59	2,16	935,1

1	2	3	4	5	6	7	8	9
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]
89,7	Gong FM	27,50	97,7	3,0	100,7	0,108	0,394	31,16
91,1	Klassik Radio	27,50	94,7	3,0	97,7	0,077	0,279	15,62
93,0	Bayern 2	27,50	94,4	3,0	97,4	0,074	0,270	14,58
95,0	Bayern 1	27,50	93,6	3,0	96,6	0,068	0,246	12,12
95,5	DLF	27,50	100,3	3,0	103,3	0,146	0,532	56,71
97,0	BR-Klassik	27,50	88,4	3,0	91,4	0,037	0,135	3,66
98,2	Charivari	27,50	98,8	3,0	101,8	0,123	0,447	40,15
99,6	Bayern 3	27,50	92,9	3,0	95,9	0,062	0,227	10,32
103,0	Antenne Bayern	27,50	113,8	3,0	116,8	0,692	2,516	1269,58
105,0	B5-Aktuell	27,50	93,7	3,0	96,7	0,068	0,249	12,41
107,5	Ego FM	27,50	96,9	3,0	99,9	0,099	0,359	25,92
178,352	DAB (5C)	27,50	94,3	3,0	97,3	0,073	0,266	14,24
222,064	DAB (11D)	27,50	89,5	3,0	92,5	0,042	0,153	4,72
229,072	DAB (12D)	27,50	84,6	3,0	87,6	0,024	0,087	1,53
530,0	DVB-T (K 28)	31,65	92,6	3,0	95,6	0,060	0,190	9,63
642,0	DVB-T (K 42)	34,84	91,6	3,0	94,6	0,054	0,154	7,65
730,0	DVB-T (K 53)	37,15	89,0	3,0	92,0	0,040	0,107	4,20
					Summen:	0,76	2,76	1534,2
Messpunkt:	6							
89,7	Gong FM	27,50	93,8	3,0	96,8	0,069	0,252	12,70
91,1	Klassik Radio	27,50	90,3	3,0	93,3	0,046	0,168	5,67
93,0	Bayern 2	27,50	88,6	3,0	91,6	0,038	0,138	3,83
95,0	Bayern 1	27,50	90,3	3,0	93,3	0,046	0,168	5,67
95,5	DLF	27,50	94,7	3,0	97,7	0,077	0,279	15,62
97,0	BR-Klassik	27,50	86,4	3,0	89,4	0,030	0,107	2,31
98,2	Charivari	27,50	93,3	3,0	96,3	0,065	0,238	11,32
99,6	Bayern 3	27,50	90,0	3,0	93,0	0,045	0,162	5,29
103,0	Antenne Bayern	27,50	104,9	3,0	107,9	0,248	0,903	163,55
105,0	B5-Aktuell	27,50	90,4	3,0	93,4	0,047	0,170	5,80
107,5	Ego FM	27,50	90,0	3,0	93,0	0,045	0,162	5,29
178,352	DAB (5C)	27,50	91,2	3,0	94,2	0,051	0,186	6,98
222,064	DAB (11D)	27,50	86,3	3,0	89,3	0,029	0,106	2,26
229,072	DAB (12D)	27,50	85,9	3,0	88,9	0,028	0,101	2,06
530,0	DVB-T (K 28)	31,65	90,3	3,0	93,3	0,046	0,146	5,67
642,0	DVB-T (K 42)	34,84	90,4	3,0	93,4	0,047	0,134	5,80
730,0	DVB-T (K 53)	37,15	86,3	3,0	89,3	0,029	0,079	2,26
					Summen:	0,31	1,13	262,1

Legende zu obiger Tabelle:

- Spalte 1** Frequenz des gemessenen Funksignals
- Spalte 2** Messpunktnummer; Programmzuordnung
- Spalte 3** Grenzwert nach 26. BImSchV bzw. EU-Ratsempfehlung in V/m
- Spalte 4** Gemessene Feldstärke des Funksignals in dBµV/m
- Spalte 5** Messunsicherheit in dB
- Spalte 6** Immission (inkl. Messunsicherheitsaufschlag) in dBµV/m: <Spalte 6> = <Spalte 4> + <Spalte 5>
- Spalte 7** Wert aus Spalte 6 als elektrische Feldstärke in V/m
- Spalte 8** Prozentuale Grenzwertausschöpfung: <Spalte 8> = 100 %·<Spalte 7> / <Spalte 3>
- Spalte 9** Wert aus Spalte 6 als Leistungsflussdichte in µW/m²

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 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

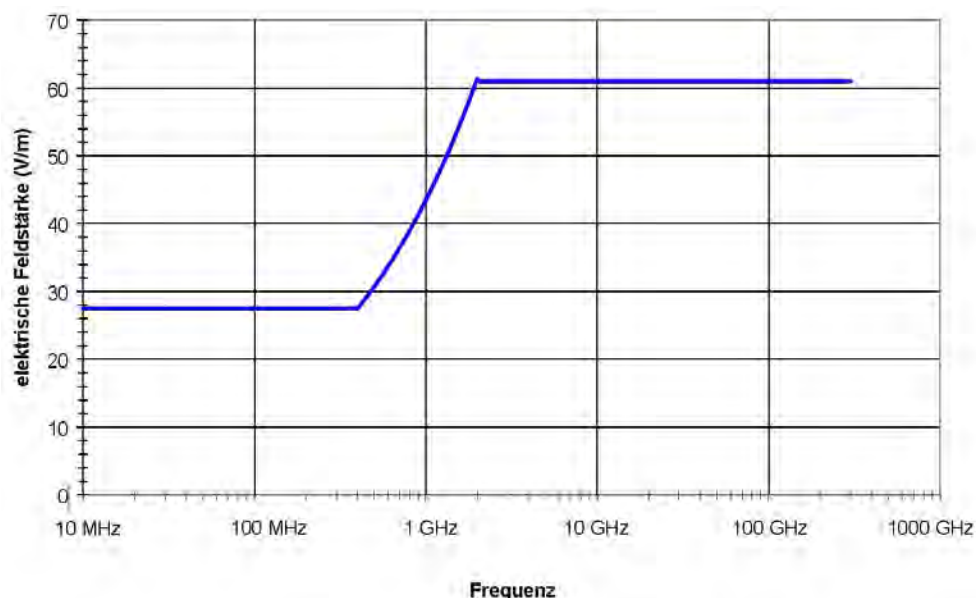


Bild 1: Grafische Darstellung der Grenzwerte (elektrische Feldstärke) nach 26. BImSchV für Hochfrequenzanlagen

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.

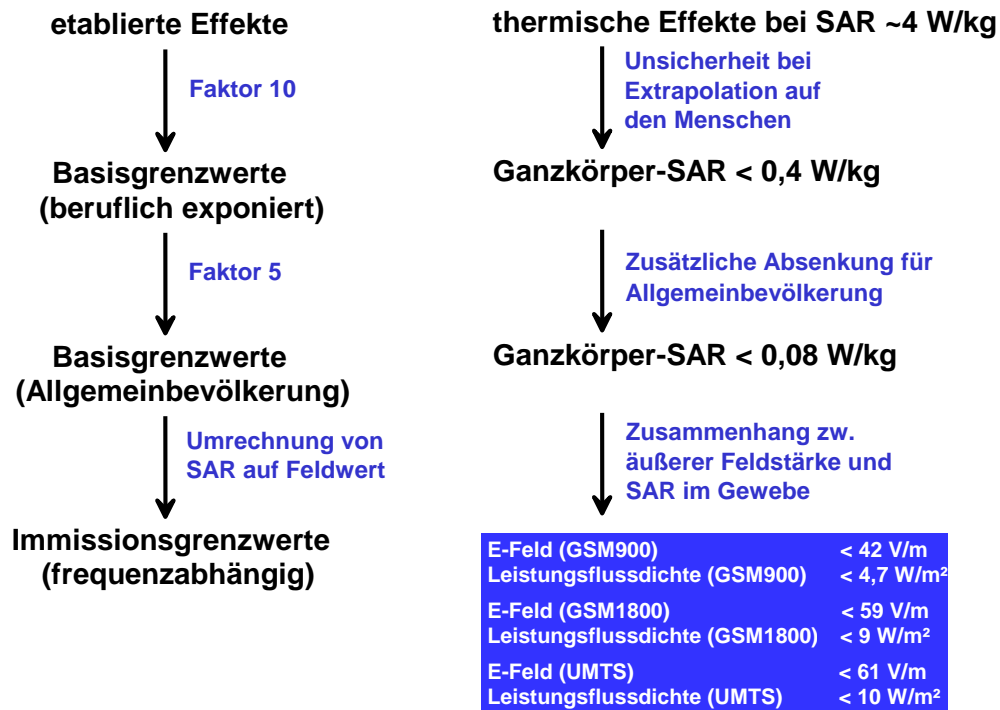
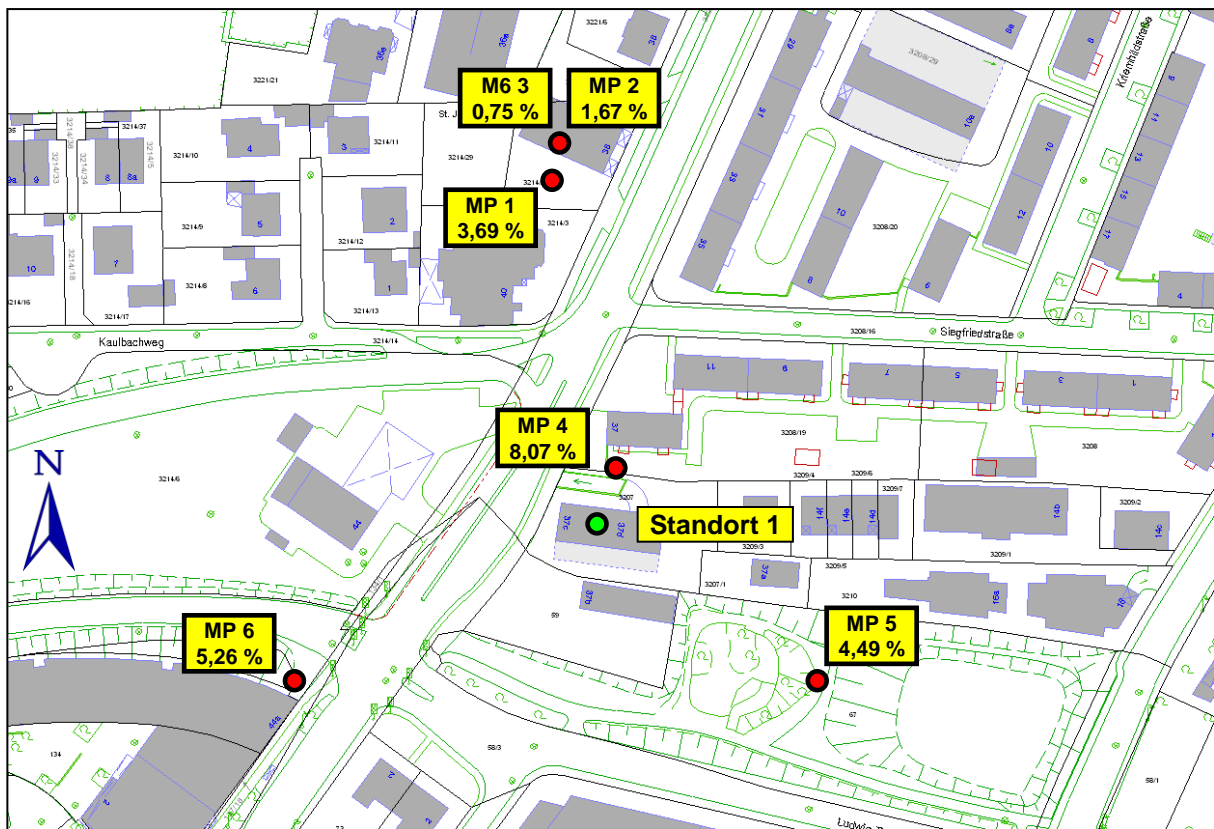


Bild 2: Darstellung der Entstehung internationaler Grenzwertempfehlungen

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: Lageplan mit Anlagenstandort und den Messpunkten



An jedem Messpunkt ist der aktuell festgestellte Mobilfunk-Immissionswert (für Maximalauslastung und Vollausbau der derzeit vorhandenen Anlagen) in Prozent vom Grenzwert nach 26. BImSchV (bezüglich der elektrischen Feldstärke) angegeben.

Anlage 4: Fotos



Bild 1: Messpunkt 1 mit Standort 1 im Hintergrund.



Bild 2: Messpunkt 4.



Bild 3: Standort 1 von Messpunkt 4 aus gesehen.



Bild 4: Messpunkt 5 mit Standort 1 im Hintergrund.



Bild 5: Messpunkt 6



Bild 6: Anlagenstandort von Messpunkt 6 aus gesehen.