

Elektromagnetische Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen

Bericht über durchgeführte Feldstärkemessungen



Auftraggeber: Stadt Bayreuth
Amt für Umweltschutz
Luitpoldplatz 13
95410 Bayreuth

Ort: Stadtgebiet von Bayreuth

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: 07/030

Ort und Datum: Regensburg, 17. Dezember 2007

Inhaltsverzeichnis

	Seite	
1	Aufgabenstellung	3
2	Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen	4
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	Ergebnisse der Messungen vom Dezember 2007	11
4.2	Veränderung der Immission durch die Inbetriebnahme der neuen Anlagen	14
5	Schlussfolgerungen	16
6	Literaturverzeichnis	17
7	Anlagen	18
	Anlage 1: Ausführliche Ergebnistabellen	18
	Anlage 2: Grenzwerte und ihre Entstehung	24
	Anlage 3: Lagepläne mit Anlagenstandorten und Messpunkten	27
	Anlage 4: Fotos	28

1 Aufgabenstellung

Aufgrund der Inbetriebnahme neuer Mobilfunkstandorte wurde die EM-Institut GmbH, Regensburg von der Stadt Bayreuth beauftragt, an vier Punkten in der Umgebung der Standorte die dort vorhandenen elektromagnetischen Immissionen, verursacht durch Mobilfunksignale messtechnisch zu erfassen. Die Ergebnisse der Messungen sind zu dokumentieren und mit den derzeit in Deutschland verbindlichen Grenzwerten zu vergleichen.

An zwei der vier Messpunkte wurde bereits vor Inbetriebnahme der Anlagen eine Feldstärkemessung durchgeführt (Juni 2007), so dass für diese Punkte die Größe der Expositionsveränderung dargestellt werden kann.

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

Nr.	Adresse	Betreiberfirma (Mobilfunksystem)
1	Richard-Wagner-Str. 38	Vodafone (UMTS)
2	Colmdorf / Hasenweg	T-Mobile (UMTS)
3	Albrecht-Dürer-Str. 42	O ₂ (GSM 1800 + UMTS)

Quelle: Auskünfte des Auftraggebers und der Netzbetreiber.

Tab. 1: In der unmittelbaren 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 nichtionisierenden Strahlen (ICNIRP), des Europäischen Rates sowie der deutschen Strahlenschutzkommission [2,3,4].

Die Intensität elektromagnetischer Wellenfelder wird durch die **Feldstärke** oder die **Leistungsflussdichte** beschrieben. Welche Feldstärke- bzw. Leistungsflussdichtewerte an bestimmten Orten auftreten, lässt sich im allgemeinen nur näherungsweise berechnen, da neben der Leistung der Sendeanlage verschiedene andere Einflussfaktoren zusätzlich eine Rolle spielen können. Als Beispiel seien hier Antennencharakteristik, Bewuchs (vor allem Bäume), Bebauung und Gebäudeschirmung genannt.

Um zuverlässige Aussagen über die Felder in der Umgebung einer Funkstation 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 Immission durch die Inbetriebnahme der neuen Standorte in der Umgebung verändert?**

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

2 Immissionen durch Mobilfunksendeanlagen

Neben der Sendeleistung ist insbesondere das Bündelungsverhalten der montierten Antennen ein wesentlicher Faktor für die Stärke der Felder in der unmittelbaren Umgebung einer Mobilfunksendeanlage.

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 Mobilfunksendeanlage mit omnidirektionalen Antennen.

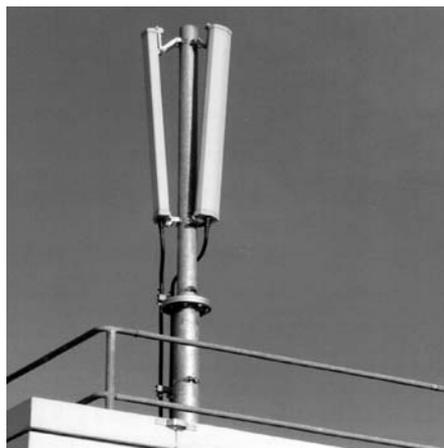


Abb. 2: Zwei Sektorantennen, montiert auf einem Flachdach (hier mit mechanischer Strahlabsenkung, engl. "Downtilt").

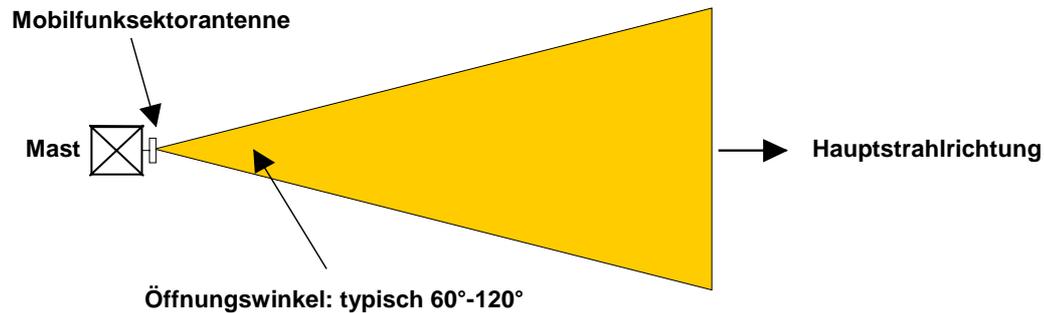


Abb. 3: Horizontales Abstrahlverhalten einer Mobilfunksektorantenne.

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 typischerweise 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 entfernte Funkzellen, die mit der gleichen Trägerfrequenz arbeiten, wird verhindert (Vermeidung sog. "Gleichkanalstörungen").

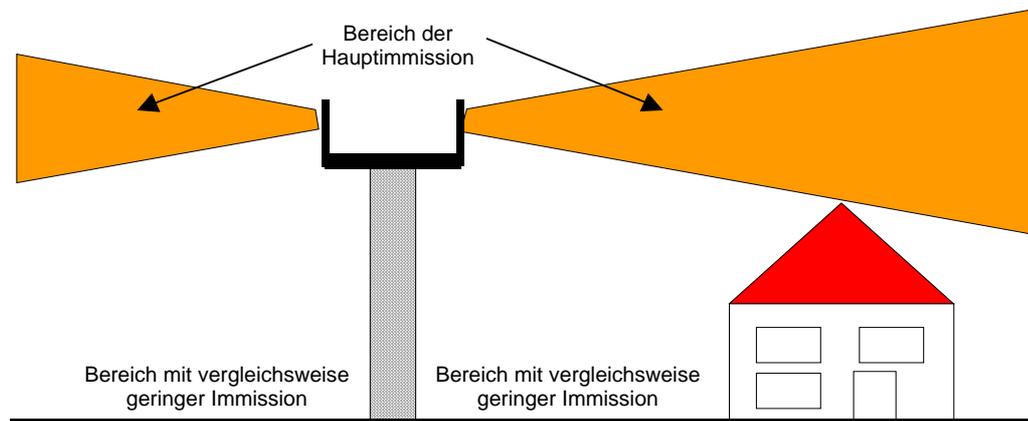


Abb. 4: Vertikales Bündelungsverhalten von Mobilfunkantennen (prinzipielle Darstellung mit übertriebenem großem vertikalem Öffnungswinkel).

Außerhalb dieses schmalen Feldkegels der Antenne (vergleichbar mit der Lichtaussendung im Kegel eines Scheinwerfers) ist die Energieabgabe deutlich geringer (typischerweise nur 1/10 bis 1/1000 der Werte 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 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 www.bayern.de/lfu/laerm/emv/emv2.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. 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 mit einer Auflösebandbreite von 0,2 MHz, UMTS-Signale hingegen mit einer Bandbreite von 5 MHz erfasst. Als Detektor kommt der Peak-Detektor (bei GSM) bzw. der RMS-Detektor (bei UMTS) zum Einsatz.

Bei Vorhandensein mehrerer etwa gleich großer Immissionen wurde entsprechend der Vorgaben der Normen eine Summation durchgeführt, um die wirksame **Summenimmission** zu er-

halten. 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 vier Punkten in der Umgebung der betrachteten Anlagenstandorte durchgeführt. Ein Messpunkt befand sich im Gebäudeinneren, der Rest im Freien. Bei zwei der vier Punkte handelt sich um die gleichen Messpunkte, an denen von uns bereits im Juni 2007 die Mobilfunkimmissionen ermittelt wurden (Messbericht Nr. 07/030 vom 16. Juli 2007). Zur einfacheren Vergleichbarkeit werden in diesem Bericht die gleichen Nummerierungen, wie im Messbericht vom Juli 2007 verwendet:

Messpunkt Nr.	Bezeichnung	Horizontaldistanz zum Standort**	Sichtverbindung zu den Antennen?
8	Frankenstr. 50 (Dachterrasse)	Ca. 160 m (2)	Ja
9	Kindergarten Stuckberg, Brahmstr. 5 (südöstliche Grundstücksecke)	Ca. 150 m (3)	Eingeschränkt (Bäume)
9a*	Mozartstr. 20 (Schlafzimmer, DG)	Ca. 75 m (3)	Ja
11*	Richard-Wagner-Str. 34c (Dachterrasse)	Ca. 50 m (1)	Ja

*: Neue Messpunkte

** : Siehe Nummerierung in Tabelle 1

Tab. 2: Messpunkte (Nummerierung wie im Messbericht vom Juli 2007).

Durchgeführt wurden die Messungen am 10. Dezember 2007 zwischen 14:00 und 15:15 Uhr (Verantwortlicher vor Ort: Dr.-Ing. M. Wuschek). Vertreter des Auftraggebers waren bei den Messungen anwesend. Der genaue Zeitpunkt der Messungen wurde den Anlagenbetreibern im Vorfeld nicht mitgeteilt.

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

4 Festgestellte Immissionswerte

4.1 Ergebnisse der Messungen vom Dezember 2007

In folgender Tabelle sind die an den Messpunkten im Rahmen der Messung vom Dezember 2007 ermittelten Summenimmissionswerte des Mobilfunks dargestellt. Dabei wird in Spalte 2 angegeben, welche Immissionen auftreten, wenn die Anlagen gerade gar keinen Telefon- bzw. Datenverkehr abwickeln (z.B. nachts). Dieser Wert stellt die **Minimalimmission** dar und wird durch die permanent abgegebenen Signalisierungssignale der Stationen erzeugt.

Zusätzlich aufgeführt ist auch der **Maximalimmissionswert** für Vollausbau und Vollausslastung der Stationen (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 Stationen 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.

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.

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	
	(<u>Minimalimmission</u>)	(<u>Maximalimmission</u>)
8	0,50 %	1,26 %
9	1,14 %	2,30 %
9a	5,97 %	12,77 %
11	2,41 %	7,63 %

Tab. 3: Festgestellte Immissionswerte im Rahmen der Messungen vom Dezember 2007 (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).

Bei Betrachtung der Ergebnisse aus Tabelle 3 kann folgendes festgehalten werden:

- Im Rahmen der Messung im Dezember 2007 ergaben sich Mobilfunkimmissionen (bezogen auf die Feldstärke), die bei Vollaustattung der verursachenden Anlagen etwa zwischen 1,2 und 12,8 Prozent des gesetzlich zulässigen Wertes betragen.
- Die deutlich größten Immissionen fanden sich an den beiden neuen Messpunkten 9a und 11. Grund dafür ist die geringe Entfernung zu den Mobilfunkantennen in Verbindung mit der Tatsache, dass sich die Messpunkte nahezu auf der gleichen Höhe befinden, wie die Mobilfunkantennen.

Die folgenden beiden Abbildungen stellen die Ergebnisse der Messungen vom Dezember 2007 (Tabelle 3) grafisch dar:

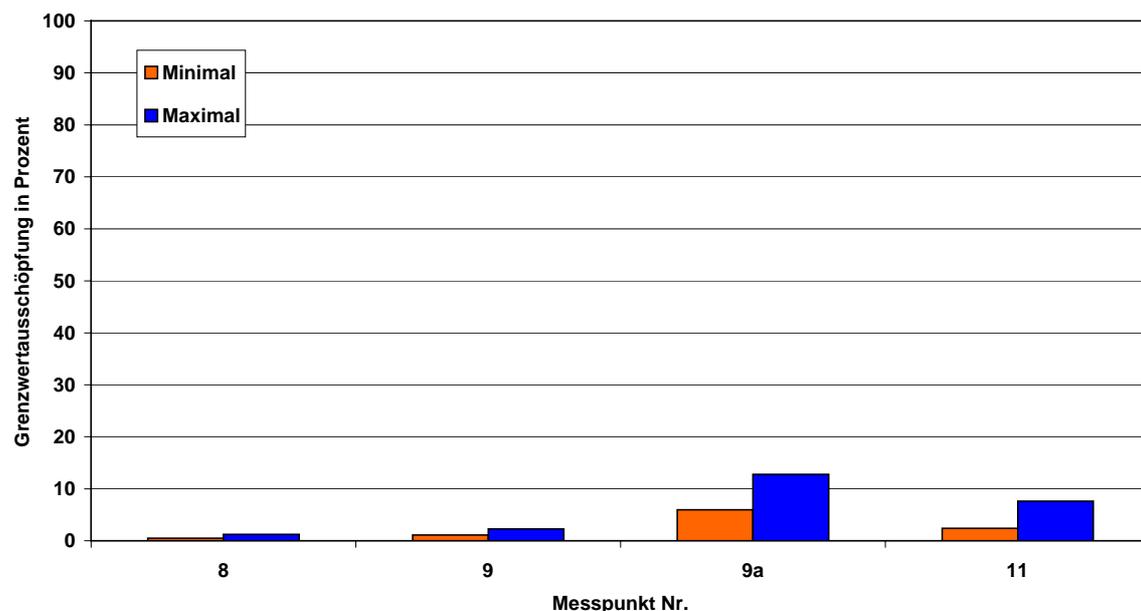


Abb. 5: Grafische Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3 (Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Feldstärkegrenzwerte nach 26. BImSchV).

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.

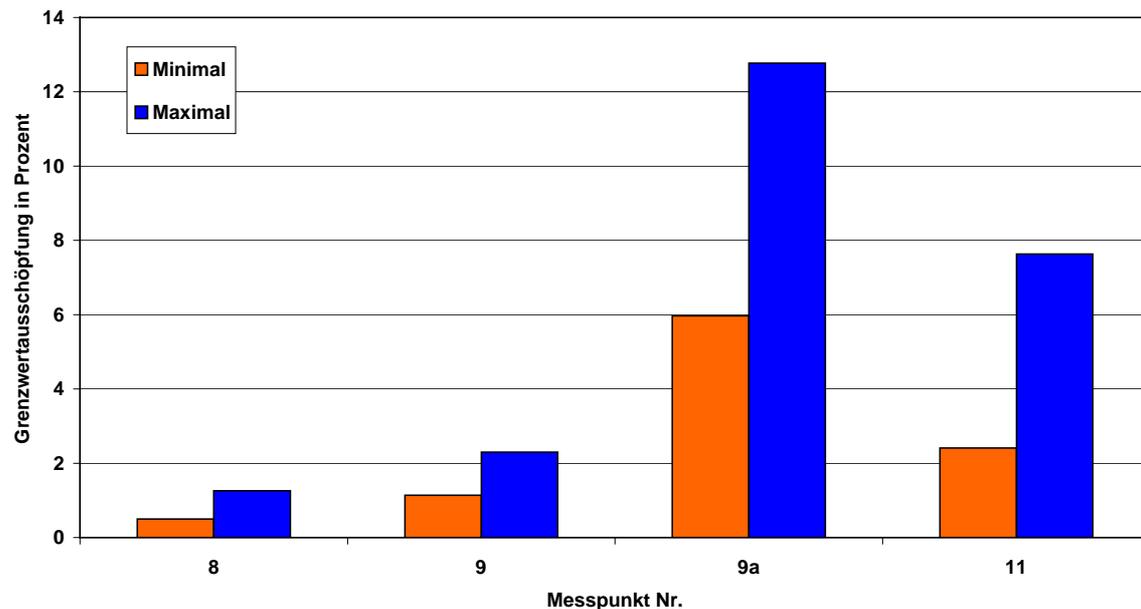


Abb. 6: Detaillierte Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 3.

4.2 Veränderung der Immission durch die Inbetriebnahme der neuen Anlagen

Ein Vergleich der aktuellen Immissionswerte aus den Messungen vom Dezember 2007 mit den Ergebnissen der Messungen vom Juli 2007 soll Aufschluss über die Veränderung der Immissionslage in der Umgebung des Standortes geben. In folgender Tabelle ist die Veränderung der Mobilfunk-Immissionswerte an den vier Messpunkten zahlenmäßig dokumentiert.

Messpunkt Nr.	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk (Juli 2007)	Grenzwertausschöpfung Mobilfunk (Dezember 2007)
8	0,98 %	1,26 %
9	0,66 %	2,30 %
9a	-*	12,77 %
11	-*	7,63 %

*: An diesen Punkten wurde im Juli 2007 nicht gemessen.

Tab. 4: Vergleich der Immissionswerte vor und nach der Standorterweiterung (Grenzwertausschöpfung für Maximalimmission bezogen auf die 26. BImSchV).

Die Messungen vom Juni 2007 sind in unserem Bericht Nr. 07/030 vom 16. Juli 2007 dokumentiert. Dieser liegt der Stadt Bayreuth vor.

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

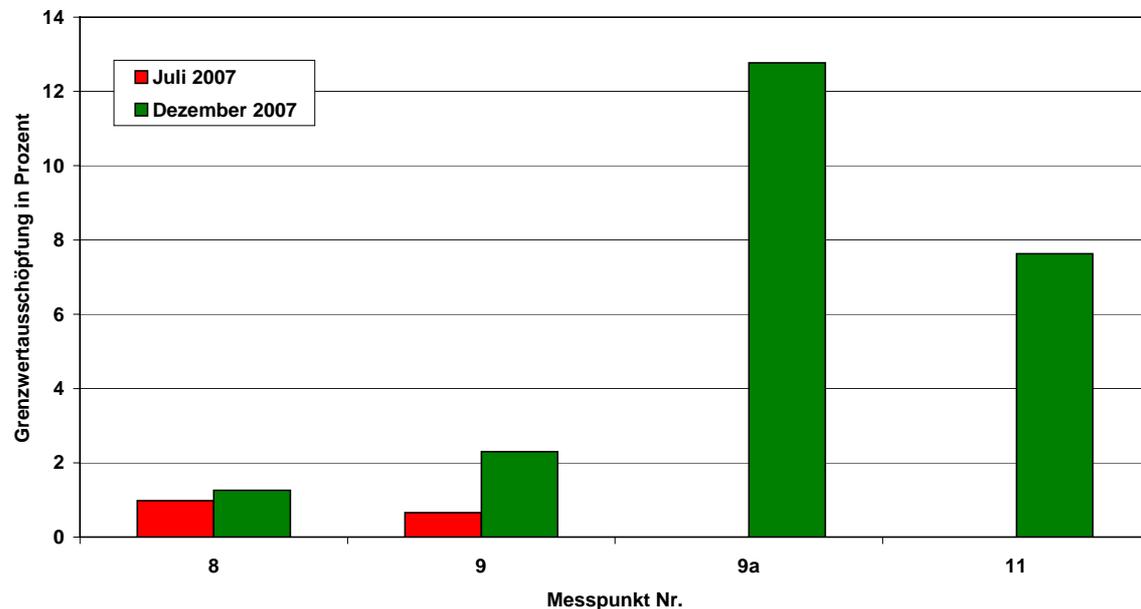


Abb. 7: Grafische Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 4 (Mobilfunk-Grenzwertausschöpfung Dezember 2007 im Vergleich zum Juli 2007 für Maximalimmission bezogen auf die 26. BImSchV).

Im Vergleich zu den Ergebnissen der Messungen vom Juni 2007 kann also am Punkt 8 eine leichte Erhöhung der Immission festgestellt werden, während an Punkt 9 die Zunahme der Exposition deutlicher ausfällt. Die absolute Größe der Immission bleibt jedoch an beiden Punkten unter drei Prozent vom Grenzwert.

Für die anderen beiden Punkte (Punkte 9a und 11) ist kein Messwertevergleich möglich, da dort im Juli 2007 nicht gemessen wurde. Allerdings zeigen die aktuellen Messergebnisse, dass an beiden Messorten die Immissionen, verursacht durch die neuen Anlagen deutlich gegenüber den Feldern, verursacht durch weiter entfernte Stationen dominieren, so dass für diese Punkte ebenfalls festgehalten werden kann, dass mit der Inbetriebnahme der neuen Anlagen eine signifikante Erhöhung der Immission verbunden ist.

5 Schlussfolgerungen

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

- An allen vier Messpunkten ist eine signifikante Zunahme der Mobilfunk-Immissionen feststellbar, die durch die Inbetriebnahme der neuen Standorte bedingt ist. Jedoch wird der Grenzwert nach 26. BImSchV auch nach Inbetriebnahme der neuen Anlagen an allen Messpunkten weiterhin (teilweise deutlich) unterschritten. Bei der Messung im September 2007 ergaben sich Immissionen (bezogen auf die Feldstärke), die bei Vollauslastung der verursachenden Anlagen **etwa zwischen 1,2 und 12,8 Prozent des gesetzlich zulässigen Wertes** betragen.
- Um die aktuell gefundenen Immissionswerte besser einordnen zu können, sei hier folgender Vergleich genannt: Im Rahmen einer Studie für das Bayerische Landesamt für Umwelt wurden im Jahr 2004 insgesamt mehr als 1.200 Messpunkte ausgewertet, die im Rahmen von ähnlichen Messkampagnen, wie in Bayreuth durchgeführt, vermessen wurden [11]. Diese Auswertung ergab, dass bei Betrachtung von 850 Messpunkten, von denen aus Sicht zu einer Mobilfunksendeanlage bestand, sich ein mittlerer Immissionswert von 4,54 Prozent vom Grenzwert (bei Maximalauslastung und Vollausbau der verursachenden Sendeanlagen) ergab. An den Punkten 8 und 9 bleiben die aktuell in Bayreuth festgestellten Mobilfunkimmissionen unter, an den anderen beiden Messpunkten liegen sie über diesem Durchschnittswert.

Regensburg, 17. Dezember 2007



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] **M. Wuschek et al.**
"Möglichkeiten und Grenzen der Minimierung von Mobilfunkimmissionen: Auf Messdaten und Simulationen basierende Optionen und Beispiele"
Studie im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umwelt
Regensburg 2004, www.bayern.de/lfu/laerm/emv/emv2.htm

7 Anlagen

Anlage 1: Ausführliche Ergebnistabellen

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

Anmerkung:

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

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

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

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

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

Messergebnisse Mobilfunk (Maximalauslastung):

Messort: Bayreuth
Leitung: Dr. Wuschek
Signal: GSM/UMTS
Datum: 10.12.2007

Uhrzeit: 14:00-15:15 Uhr
Wetter: bedeckt, zeitweise leichter Nieselregen
Analyzer: SRM-3000
Antenne: 3AX75M-3G

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dBµV/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dBµV/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in µW/m²
8	927,6		E-Plus	89,8	4	3,0	98,8	0,087	41,88	0,208	20,22
	938,4		T-Mobile	96,2	4	3,0	105,2	0,182	42,12	0,433	88,25
	942,0		T-Mobile	95,1	4	3,0	104,1	0,161	42,20	0,381	68,50
	1839,4		O ₂	97,2	4	3,0	106,2	0,205	58,97	0,347	111,10
	1861,8		E-Plus	95,1	4	3,0	104,1	0,161	59,33	0,271	68,50
	1874,6		E-Plus	94,1	4	3,0	103,1	0,143	59,53	0,241	54,42
	2112,8	64	Vodafone	83,4	2	13,0	99,4	0,093	61,00	0,153	23,16
	2132,6	223	E-Plus	81,1	2	13,0	97,1	0,072	61,00	0,118	13,64
	2132,6	219	E-Plus	80,6	2	13,0	96,6	0,068	61,00	0,111	12,15
	2167,2	424	T-Mobile	94,0	2	13,0	110,0	0,317	61,00	0,519	265,88
	2167,2	449	T-Mobile	74,4	2	13,0	90,4	0,033	61,00	0,054	2,92
	2167,2	465	T-Mobile	95,4	2	13,0	111,4	0,372	61,00	0,610	367,02
	2167,2	492	T-Mobile	88,7	2	13,0	104,7	0,172	61,00	0,282	78,47
	2167,2	145	T-Mobile	89,3	2	13,0	105,3	0,184	61,00	0,302	90,09
	2167,2	0	T-Mobile	88,0	2	13,0	104,0	0,159	61,00	0,260	66,79
	2167,2	64	T-Mobile	82,0	2	13,0	98,0	0,080	61,00	0,130	16,78
Summen								0,71		1,26	1347,9
9	1832,0		O ₂	110,7	4	3,0	119,7	0,968	58,85	1,645	2487,25
	1837,4		O ₂	110,2	4	3,0	119,2	0,914	58,94	1,551	2216,76
	1841,0		O ₂	90,2	4	3,0	99,2	0,091	59,00	0,155	22,17
	2157,2	172	O ₂	86,3	2	17,8	107,1	0,227	61,00	0,372	136,36
Summen								1,35		2,30	4862,5
9a	1832,0		O ₂	126,8	4	3,0	135,8	6,181	58,85	10,502	101325,47
	1837,4		O ₂	121,0	4	3,0	130,0	3,170	58,94	5,378	26651,31
	1841,0		O ₂	101,0	4	3,0	110,0	0,317	59,00	0,537	266,51
	2157,2	172	O ₂	108,6	2	17,8	129,4	2,955	61,00	4,844	23157,34
Summen								7,56		12,77	151400,6
11	2112,8	213	Vodafone	105,7	2	13,0	121,7	1,218	61,00	1,996	3932,68
	2112,8	303	Vodafone	117,0	2	13,0	133,0	4,472	61,00	7,331	53050,40
	2112,8	413	Vodafone	96,8	2	13,0	112,8	0,437	61,00	0,716	506,63
Summen								4,66		7,63	57489,7

Messergebnisse Mobilfunk (Minimalauslastung):

Messort: Bayreuth
Leitung: Dr. Wuschek
Signal: GSM/UMTS
Datum: 10.12.2007

Uhrzeit: 14:00-15:15 Uhr
Wetter: bedeckt, zeitweise leichter Nieselregen
Analyzer: SRM-3000
Antenne: 3AX75M-3G

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Messpunkt Nr.	Freq. in MHz	SC Nr. (nur UMTS)	Betreiber	E (gem.) in dB μ V/m	Kanalzahl	Aufschlag in dB	E (korr.) in dB μ V/m	E in V/m	ges. GW in V/m	Prozent vom GW	S in μ W/m ²
8	927,6		E-Plus	89,8	1	3,0	92,8	0,044	41,88	0,104	5,05
	938,4		T-Mobile	96,2	1	3,0	99,2	0,091	42,12	0,217	22,06
	942,0		T-Mobile	95,1	1	3,0	98,1	0,080	42,20	0,190	17,13
	1839,4		O ₂	97,2	1	3,0	100,2	0,102	58,97	0,174	27,78
	1861,8		E-Plus	95,1	1	3,0	98,1	0,080	59,33	0,135	17,13
	1874,6		E-Plus	94,1	1	3,0	97,1	0,072	59,53	0,120	13,60
	2112,8	64	Vodafone	83,4	1	6,0	89,4	0,030	61,00	0,048	2,31
	2132,6	223	E-Plus	81,1	1	6,0	87,1	0,023	61,00	0,037	1,36
	2132,6	219	E-Plus	80,6	1	6,0	86,6	0,021	61,00	0,035	1,21
	2167,2	424	T-Mobile	94,0	1	6,0	100,0	0,100	61,00	0,164	26,53
	2167,2	449	T-Mobile	74,4	1	6,0	80,4	0,010	61,00	0,017	0,29
	2167,2	465	T-Mobile	95,4	1	6,0	101,4	0,117	61,00	0,193	36,61
	2167,2	492	T-Mobile	88,7	1	6,0	94,7	0,054	61,00	0,089	7,83
	2167,2	145	T-Mobile	89,3	1	6,0	95,3	0,058	61,00	0,095	8,99
	2167,2	0	T-Mobile	88,0	1	6,0	94,0	0,050	61,00	0,082	6,66
	2167,2	64	T-Mobile	82,0	1	6,0	88,0	0,025	61,00	0,041	1,67
Summen								0,27		0,50	196,2
9	1832,0		O ₂	110,7	1	3,0	113,7	0,484	58,85	0,823	621,81
	1837,4		O ₂	110,2	1	3,0	113,2	0,457	58,94	0,776	554,19
	1841,0		O ₂	90,2	1	3,0	93,2	0,046	59,00	0,077	5,54
	2157,2	172	O ₂	86,3	1	6,0	92,3	0,041	61,00	0,068	4,50
Summen								0,67		1,14	1186,0
9a	1832,0		O ₂	126,8	1	3,0	129,8	3,090	58,85	5,251	25331,37
	1837,4		O ₂	121,0	1	3,0	124,0	1,585	58,94	2,689	6662,83
	1841,0		O ₂	101,0	1	3,0	104,0	0,158	59,00	0,269	66,63
	2157,2	172	O ₂	108,6	1	6,0	114,6	0,537	61,00	0,880	765,00
Summen								3,52		5,97	32825,8
11	2112,8	213	Vodafone	105,7	1	6,0	111,7	0,385	61,00	0,630	392,34
	2112,8	303	Vodafone	117,0	1	6,0	123,0	1,413	61,00	2,316	5292,47
	2112,8	413	Vodafone	96,8	1	6,0	102,8	0,138	61,00	0,226	50,54
Summen								1,47		2,41	5735,4

Legende zu obigen Tabellen:

Spalte 1:	Nummerierung der Messpunkte.
Spalte 2:	Bei GSM-Signalen: Frequenz des für jede Senderichtung vorhandenen Signalisierungskanals (BCCH) in MHz. Bei UMTS-Signalen (Trägerfrequenzen zwischen 2110 und 2170 MHz): Mittenfrequenz des gemessenen Kanals in MHz.
Spalte 3:	Scramblingcodenummer des gemessenen Signalisierungskanals (nur bei UMTS-Signalen).
Spalte 4:	Betreiberzuordnung.
Spalte 5:	Vor Ort gemessene Feldstärke in dB μ V/m.
Spalte 6:	Summe der von der Bundesnetzagentur genehmigten Kanäle.
Spalte 7:	Aufschlagfaktor für die Gesamtmessunsicherheit des Verfahrens (3 dB; K = 2). Aufgrund der technischen Angaben der Betreiber wird bei UMTS-Messungen an dieser Stelle zusätzlich der Hochrechnungsfaktor auf maximale Anlagenauslastung eingebracht (10 dB bei Vodafone, T-Mobile und E-Plus bzw. 14,8 dB bei O ₂), daher ergibt sich in den UMTS-Zeilen ein Aufschlagfaktor von insgesamt 13 bzw. 17,8 dB.
Spalte 8:	Hochgerechnete Feldstärke für Maximalauslastung inkl. Messunsicherheitszuschlag <Spalte 8> = <Spalte 5> + 10·log (<Spalte 6>) + <Spalte 7>.
Spalte 9:	Umrechnung des Wertes aus Spalte 8 von dB μ V/m in V/m.
Spalte 10:	Für die gemessene Frequenz gültiger Grenzwert nach 26. BImSchV (10 MHz - 300 GHz) bzw. nach EU-Ratsempfehlung (für Frequenzen unter 10 MHz).
Spalte 11:	Quotient aus Spalte 9 und Spalte 10 in Prozent.
Spalte 12:	Umrechnung des Wertes aus Spalte 9 von V/m in Mikrowatt/m ² .

Die minimale Immission ergibt sich, wenn man die Kanalzahl (Spalte 6) in allen Zeilen auf "1" setzt und zusätzlich in den UMTS-Zeilen den Aufschlagfaktor (Spalte 7) auf 6 dB erniedrigt.

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

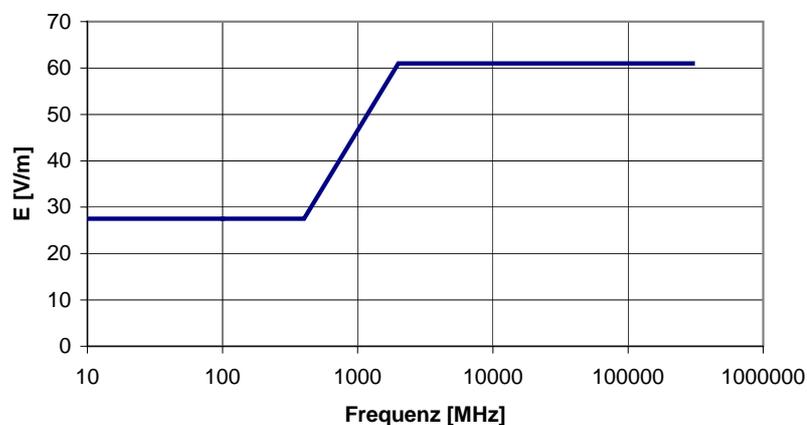


Bild 1: Grafische Darstellung der Grenzwerte (elektrische Feldstärke) nach 26. BImSchV für Hochfrequenzanlagen

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 zur Zeit aktuellen Empfehlungen der ICNIRP stammen aus dem Jahr 1998 [2].

An dieser Stelle kann angemerkt werden, dass die deutsche *Strahlenschutzkommission* in ihrer letzten Stellungnahme vom 14. September 2001 [4] festgestellt hat, dass derzeit keine wissenschaftliche Begründung existiert, die eine Verschärfung der gesetzlichen Grenzwerte rechtfertigen würde: *"Die SSK kommt zu dem Schluss, dass auch nach Bewertung der neueren wissenschaftlichen Literatur keine neuen wissenschaftlichen Erkenntnisse im Hinblick auf nachgewiesene Gesundheitsbeeinträchtigungen vorliegen, die Zweifel an der wissenschaftlichen Bewertung aufkommen lassen, die den Schutzkonzepten der ICNIRP bzw. der EU-Ratsempfehlung zugrunde liegt."*

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 graphisch dargestellt.

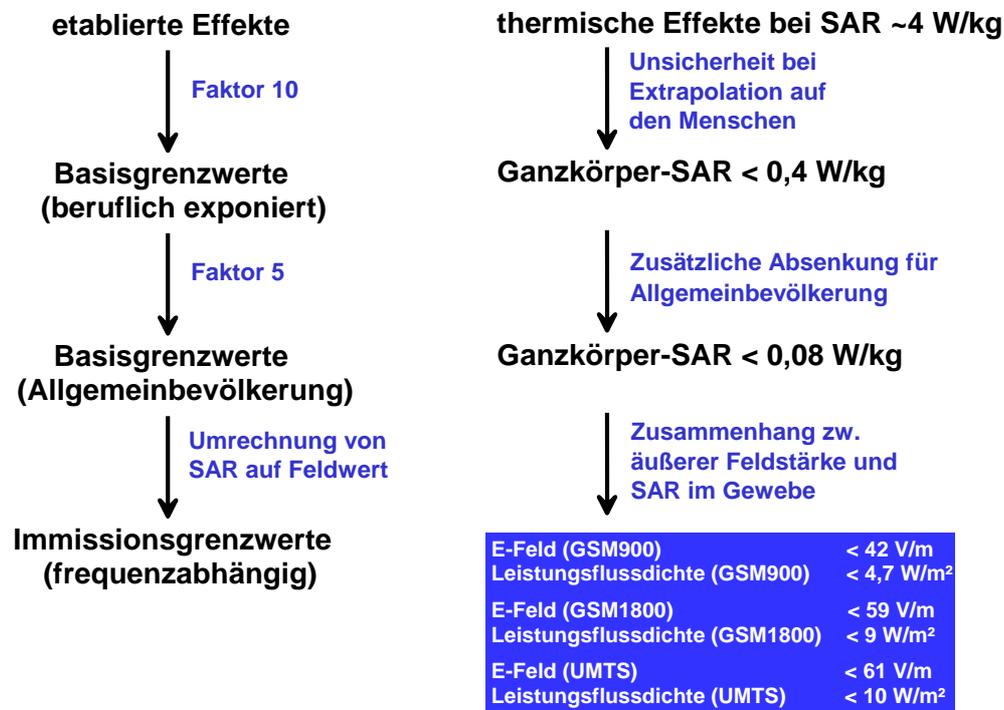
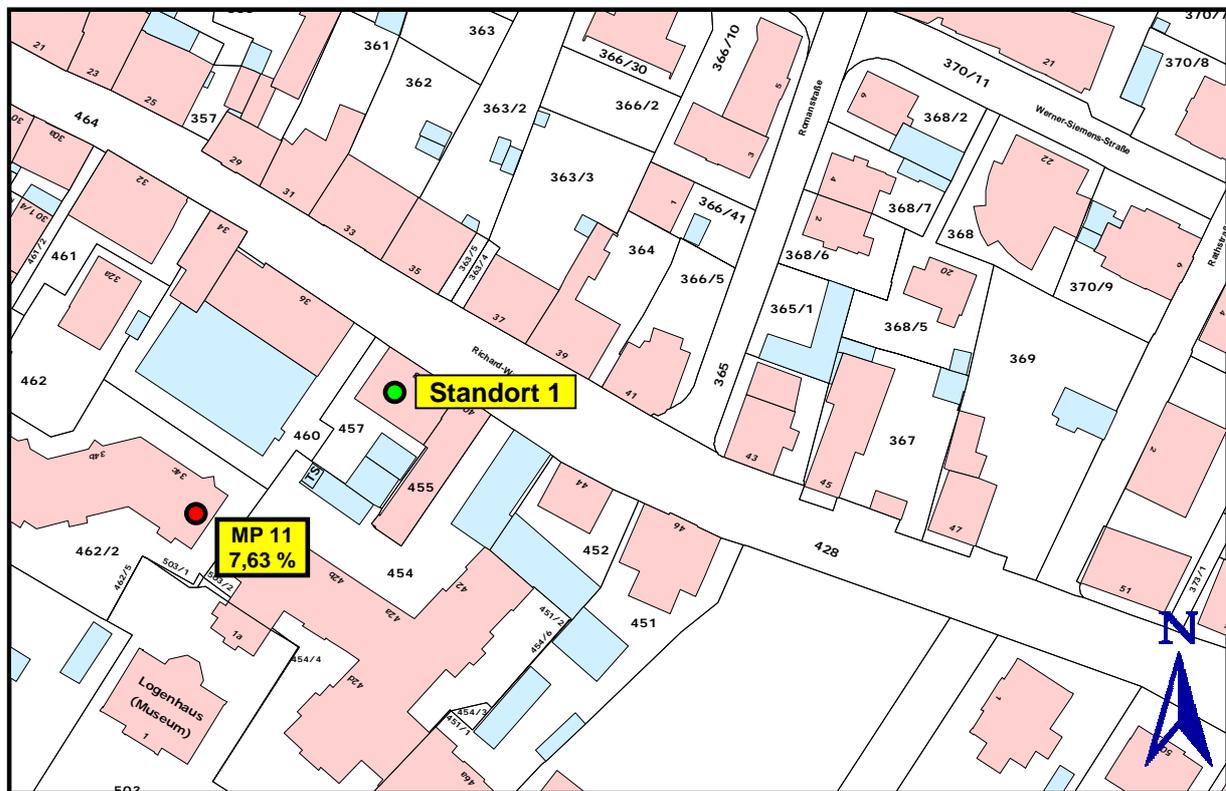


Bild 2: Darstellung der Entstehung internationaler Grenzwertempfehlungen

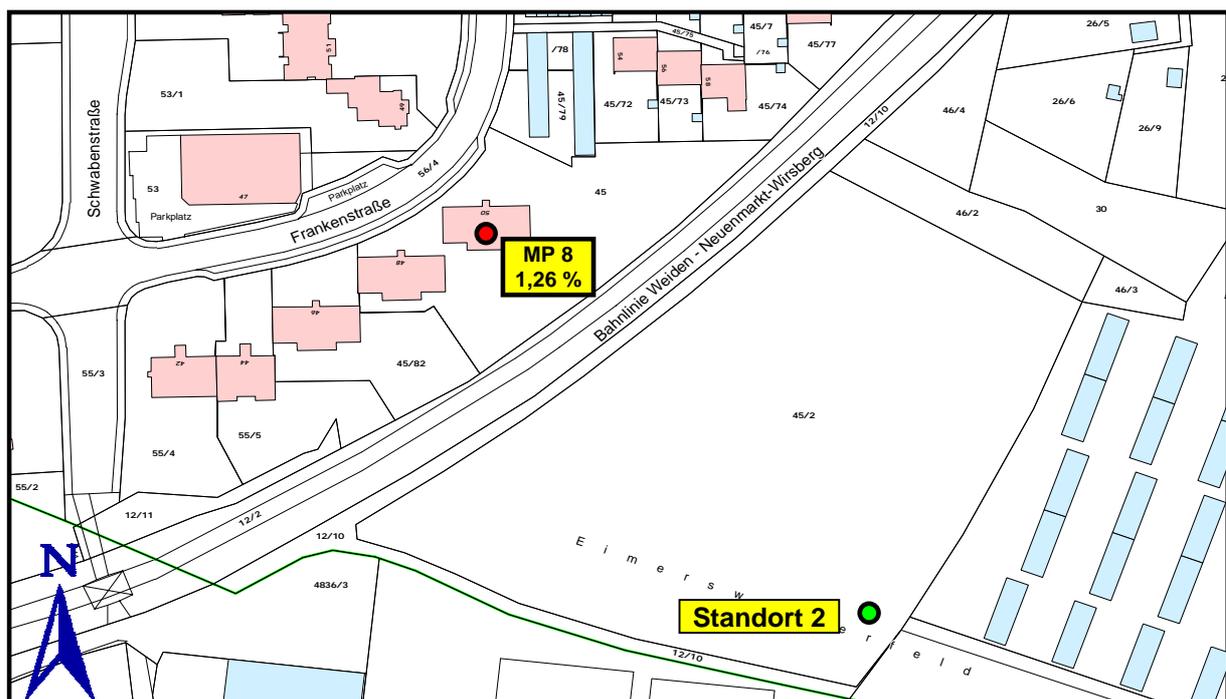
Um zu berücksichtigen, dass in manchen Situationen die einzelnen Körperteile sehr unterschiedlich den elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sein können (beispielsweise wirken bei Benutzung von Mobiltelefonen die hochfrequenten elektromagnetischen Felder hauptsächlich auf den Kopf ein) bzw. dass bestimmte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

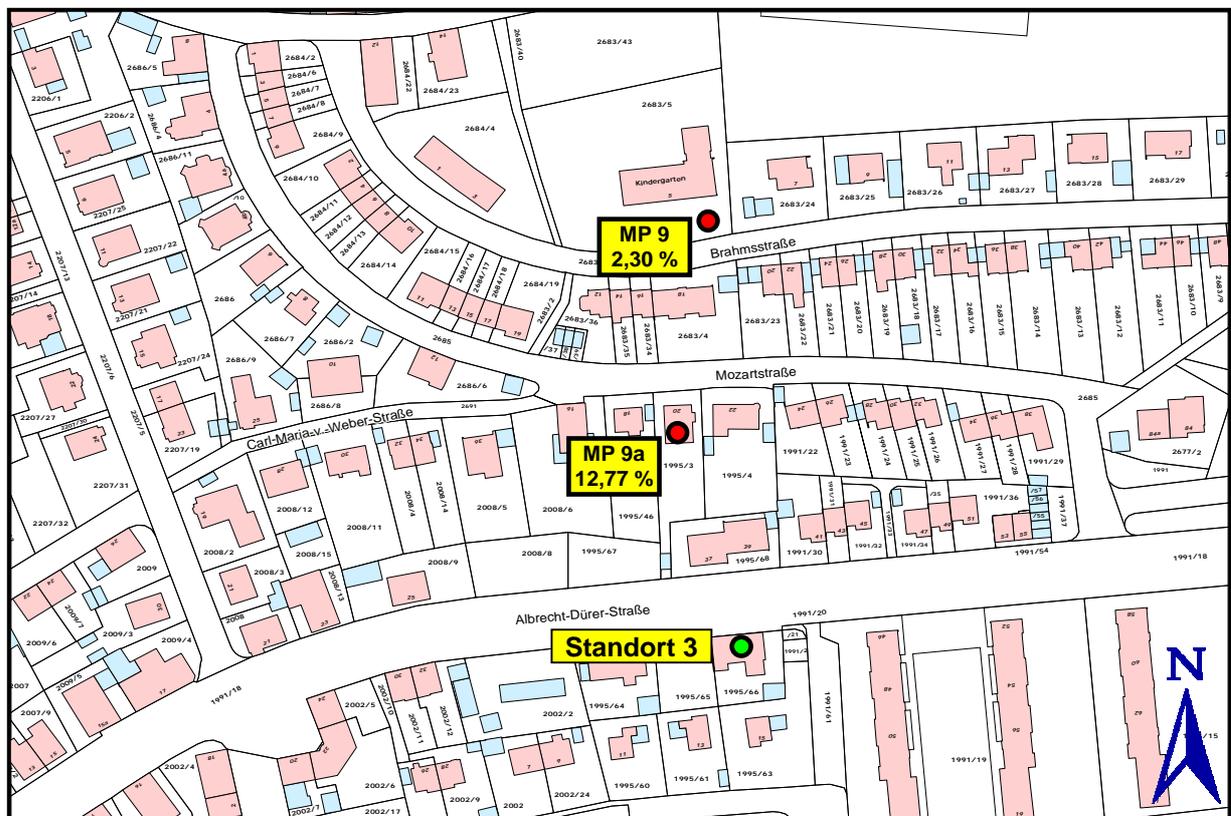
Anlage 3: Lagepläne mit Antennenstandorten und den Messpunkten

Messpunkt in der Umgebung des Standortes "Richard-Wagner-Str. 38":



Messpunkt in der Umgebung des Standortes "Colmdorf / Hasenweg":



Messpunkt in der Umgebung des Standortes "Albrecht-Dürer-Str. 42":

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

Anlage 4: Fotos



Bild 1: Messpunkt 8 mit Standort 2 im Hintergrund



Bild 2: Messpunkt 9



Bild 3: Standort 2, von Messpunkt 9a ausgesehen



Bild 4: Messpunkt 11 mit Standort 1 im Hintergrund