



**Stadt Blaustein  
Alb-Donau-Kreis  
Beratungsvorlage**

**Beratungsgremium: Gemeinderat**

**Sitzung am 26.04.2016**

**Vorlagen Nr. 35/2016**

öffentlich  
 nicht-öffentlich

**Amt: Bauamt**

**Beratungsgegenstand:**

Vodafone Sendemast, Einvernehmen zum neuen Sendemast Ortsteil Herrlingen

**Beschlussantrag:**

Zustimmung zur Überschreitung des Vorsorgewertes an den Prognosepunkten 1 und 4 für eine von Vodafone geplante Sendeanlage auf dem Kalkwerk Herrlingen, Weiherstraße und Erteilung des Einvernehmens zur geplanten Vodafone-Anlage Kalkwerk Herrlingen im Rahmen der Mobilfunkvereinbarung vorbehaltlich der Zusage einer Immissionsmessung nach Inbetriebnahme der Anlage

  
Thomas Kayser  
Bürgermeister

## I. Bisherige Beratungs- und Beschlusslage

Gremium	Datum	Beratungsergebnis/Beschluss
-		
-		
-		
-		

## II. Sachvortrag

Nach dem Gemeinderatsbeschluss und Standortgutachten Mobilfunk im Jahr 2007 soll eine flächendeckende Versorgung mit Mobilfunk ermöglicht werden. Als Vorsorgeziel soll eine Gesamtfeldstärke von 2 V/m bezogen auf die am ungünstigsten gelegene Wohnbebauung zum Standort eingehalten werden. Der gesetzliche Grenzwert beträgt 60 V/m. Im Abstand von 200 m zu sensiblen Bereichen sind Mobilfunkanlagen nur ausnahmsweise zulässig. Erforderlich ist hier eine Einzelfallprüfung unter Berücksichtigung von Standortalternativen, auch bei der Änderung bestehender Anlagen.

Bei Standortanfragen von Mobilfunkbetreibern wird wie folgt vorgegangen: Es wird geprüft, ob der Mindestabstand zur Bebauung von 200 m zu sensiblen Bereichen und das Vorsorgeziel von 2 V/m eingehalten werden. Ggf. wird vom Mobilfunkbetreiber eine Immissionsprognose angefordert, die von einem Gutachter der Stadt Blaustein beurteilt wird. Bei Einhaltung der Abstände bzw. des Vorsorgewertes erfolgt die Zustimmung zur Anlage

Vodafone hat nach Kündigung des Mietvertrags durch den Hauseigentümer (Kreisbau GmbH) die Mobilfunkanlage am Standort Buchbronnenweg 63 abgebaut. Die Suche nach einem geeigneten Ersatzstandort war bisher nicht erfolgreich. Bei der Stadt und über die Presse gingen bereits mehrfach Beschwerden wegen des schlechten oder nicht mehr vorhandenen Handyempfangs ein. Als Interimslösung wurde ab 16.03.2016 ein temporärer Vodafone-Sendemast für das Mobilfunknetz auf dem Grundstück Bühlwiesen 4 in Ehrenstein errichtet. Der Einsatz der mobilen Sendeeinrichtung ist bis 16.06.2016 geplant. Der temporäre Mast soll die Mobilfunkversorgung für Vodafone-Kunden sicherstellen. Ein Funkloch für evtl. Notrufe soll vermeiden werden. Die temporäre Anlage ist für 3 Monate genehmigungsfrei, sollte die Aufstelldauer überschritten werden, wird ein Bauantrag nachgereicht.

Im Rahmen der Stadtortsuche haben inzwischen Gespräche mit der Fa. Märker bezüglich der Errichtung eines Funkmastes auf dem Kalkwerk in Herrlingen stattgefunden. Die Firma Märker würde der Errichtung einer Sendeanlage ausdrücklich nur dann zustimmen, wenn dies Wunsch der Stadt ist. Der Nutzungsvertrag sollte so ausgestaltet werden, dass Änderungen an der Anlage nur mit Zustimmung des Grundstückseigentümers zulässig sind.

Auf Wunsch der Stadt ließ Vodafone vom em-Institut von Prof. Wuschek eine Immissionsprognose zum Vorhaben erstellen. Untersucht wurden folgende 4 Prognosepunkte:

- 1) Weiherstr. 8, Blaustein-Herrlingen
- 2) Blautalstr. 33, Blaustein-Herrlingen
- 3) Heinrich-Otto-Straße 8, Blaustein-Herrlingen
- 4) Ulmer Str. 6/5, Blaustein-Klingenstein

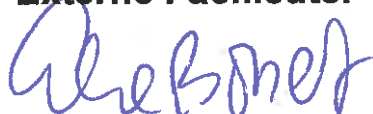
Ergebnis ist, dass bei Verwirklichung des Projektes der kommunale Vorsorgewert von 2 V/m an 2 Prognosepunkten eingehalten, am Prognosepunkt 1 leicht und am Prognosepunkt 4 um ca. 37 % überschritten wird (siehe Immissionsprognose Seiten 9 und 13). Der rechnerisch ermittelte Wert beträgt am Prognosepunkt 4 2,70 V/m. Da es sich um eine Worst-Case-Betrachtung handelt, kann eine Nachmessung einen niedrigeren Wert ergeben. Vodafone sollte nach Inbetriebnahme der geplanten Anlage eine Emissionsmessung zusagen. Nachträgliche Änderungen an der Anlagentechnik stellt Vodafone hingegen nicht in Aussicht.

In Anbetracht der technischen Entwicklung und dem in diesem Zusammenhang veränderten Nutzerverhalten sollte in einer der nächsten Gemeinderatssitzungen eine Grundsatzdiskussion über eine mögliche Anpassung Mobilfunkkonzeptes und des internen Vorsorgewertes der Stadt Blaustein erfolgen. Einige Bereiche von Blaustein hätten zukünftig ansonsten Standortnachteile in Bezug auf Handyempfang.

Beschlussantrag der Verwaltung:

- Zustimmung zur Überschreitung des Vorsorgewertes an den Prognosepunkten 1 und 4 für eine von Vodafone geplante Sendeanlage auf dem Kalkwerk Herrlingen, Weiherstraße.
- Erteilung des Einvernehmens zur geplanten Vodafone-Anlage Kalkwerk Herrlingen im Rahmen der Mobilfunkvereinbarung vorbehaltlich der Zusage einer Immissionsmessung nach Inbetriebnahme der Anlage

**Externe Fachleute: Dipl. Ing. Bernd Müller, Gutachter Mobilfunk**



Elke Bossert

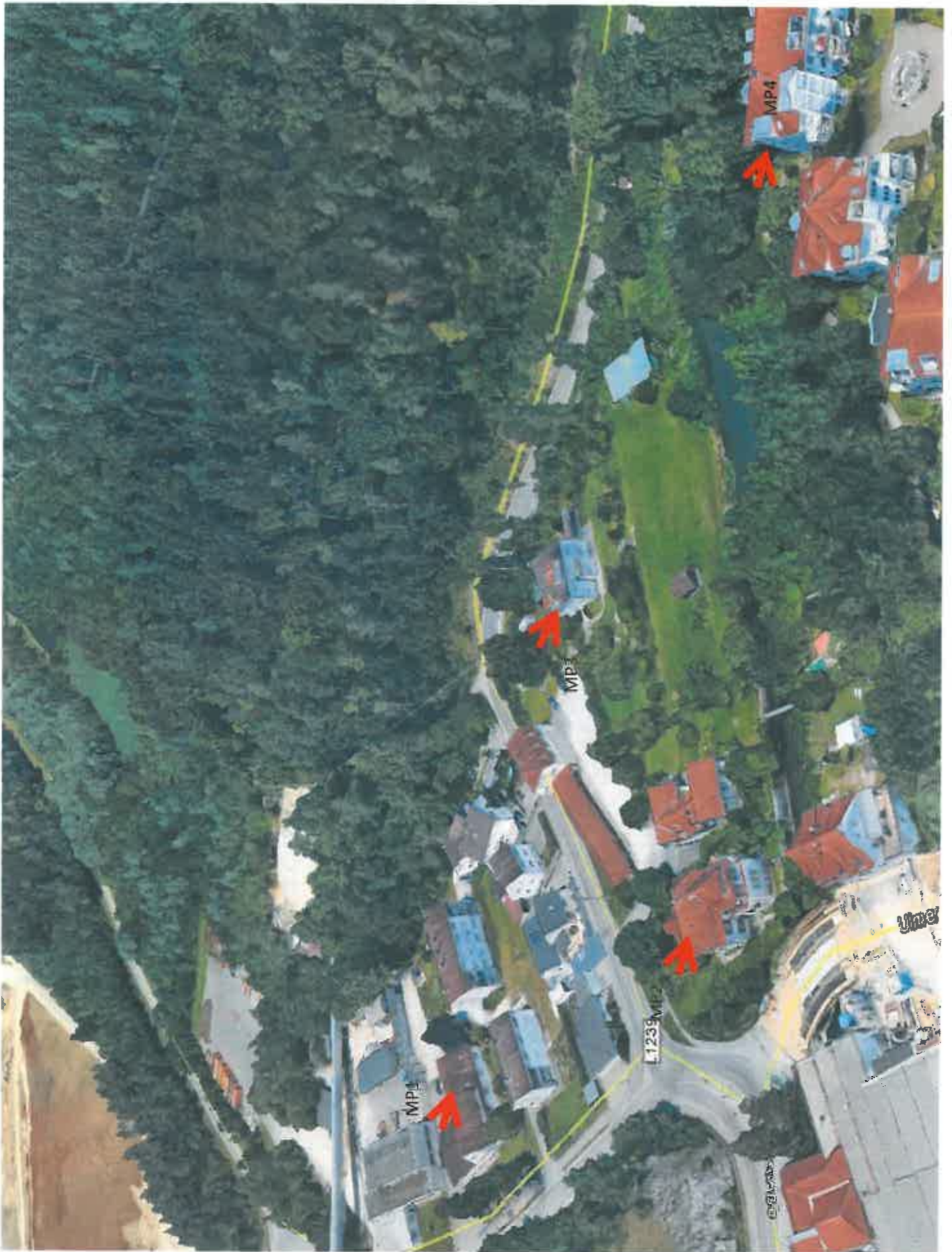
**Beteiligte Ämter:**



Joachim Müller  
Leiter  
Bauamt

Anlagen siehe Intranet:  
Immissionsprognose em-Institut  
Stellungnahme Gutachter Mobilfunk  
Pilotstudie LTE

# Prognosepunkte Immissionsprognose



Ingenieurbüro für Arbeitsschutz und Messtechnik  
Bernd Rainer Müller  
Am Greimberg 17a  
32791 Lage  
Tel. 05232 929045  
Email: messtechnik@t-online.de

22. März 2016

### **Bewertung eines Sendeanlagenstandorts:**

Blaustein Klingenstein Weiherstraße 7b Stand 22.03. 2016

Vorliegende Informationen:

Gutachten em institut vom 21.03.08.2016

Betreiber: Vodafone

Netze

1 System GSM-900	30
1 System GSM-900	120
1 System GSM-900	210
1 System UMTS 2100	30
1 System UMTS 2100	120
1 System UMTS 2100	210
1 System LTE-800	30
1 System LTE-800	120
1 System LTE-800	210
1 System LTE-1800	30
1 System LTE-1800	120
1 System LTE-1800	210

Bewertungsanlass:

Es wurde ein neuer Standort von vodafone beantragt.

Allgemein:

Es wurden vier Prognosepunkte an nahen Wohnhäusern ausgewählt, die eine erhöhte Belastungssituation aufgrund der örtlichen Bedingungen und der messtechnischen Erfahrungen aufweisen können. Sensible Einrichtungen z. B. Kindergärten, Schulen befanden sich nicht in einer kritischen Nähe.

Bei der Auswahl wurde davon ausgegangen, dass weitere relevante Aufenthaltsorte geringere Immissionen aufweisen. Sie wurden durch das Gutachten bestätigt. Eine Abstimmung über den Auswahlmodus erfolgte mit der Gemeindeverwaltung Blaustein.

Ergebnisse:

Die Immissionsprognose aufgrund des Gutachtens vom 21.03.2016 ergab folgende Ergebnisse:



Liegenschaft	Prognosewert
Prognosepunkt 1: Bürogebäude, Weiherstraße 8	2,1 V/m
Prognosepunkt 2: Wohngebäude, Blautalstraße 33	1,2 V/m
Prognosepunkt 3: Wohngebäude, Heinrich-Otto-Straße 8	1,4 V/m
Prognosepunkt 4: Wohngebäude, Ulmer Straße 6/5 W	2,7 V/m

### Bewertungsgrundlagen

Bezug: 26. BImSchV

Grenzwert:	60 V/m für UMTS-2150
Grenzwert:	60 V/m für GSM-1800
Grenzwert:	42 V/m für GSM-900
Grenzwert:	39 V/m für LTE 800
Grenzwert:	27 V/m für BOS
Vorsorgeziel Blaustein:	2 V/m

### Bewertungsergebnis:

Nach der Immissionsprognose wird am Prognosepunkt 1 das Vorsorgeziel Blaustein um ca. 5 % überschritten. Am Prognosepunkt 4 wird das Vorsorgeziel Blaustein um ca. 35 % überschritten. Bei Berücksichtigung der zu erwartenden Belastungen am Prognosepunkt 4 könnte sich auch bei Nachmessungen eine Überschreitung ergeben. Bei den Prognosepunkten 2 und 3 würden bei einer Maximalbetrachtung die Vorgaben für das Vorsorgeziel eingehalten.

### Hinweis zur Zuverlässigkeit der Prognose:

Wegen der komplexen Ausbreitung elektromagnetischer Wellen kann eine Immissionsprognose niemals eine 100-prozentige Zuverlässigkeit erreichen. Der Prognose liegen die technischen Daten zugrunde, die auf Grund der aktuellen Planungen des Betreibers vorgesehen sind. Änderungen dieser technischen Parameter aus betrieblichen Gründen sind innerhalb der geltenden Vorschriften und vertraglichen Regelungen jederzeit möglich und zulässig und können zu einer Änderung der in der Prognose enthaltenen Werte führen.

Der Hinweis – „Änderungen dieser technischen Parameter aus betrieblichen Gründen sind innerhalb der geltenden Vorschriften und vertraglichen Regelungen jederzeit möglich und zulässig und können zu einer Änderung der in der Prognose enthaltenen Werte führen.“ – gilt prinzipiell für alle Netzbetreiber, weil sogenannte Feinjustierungen zur optimalen Einstellung durch einfache technische Änderungen (Drehen und Absenken/Anheben der Antennenanlage) durchgeführt werden können, die zum Teil sogar durch automatische Fernsteuerung von der Leitzentrale erfolgen.

Bei Veränderungen an der Sendeantenne sind an den Prognosepunkten anschließend Auswirkungen auf die Immissionssituation zu erwarten.

Anmerkung zu diesem Hinweis: Aufgrund der topographischen Situation (Tal-Lage der Immissionsorte) sind gravierende Veränderungen bei einer Kontrollmessung nicht zu erwarten.

### Hinweise zur Überprüfung der Prognose:

Grundsätzlich besteht eine Notwendigkeit der Überprüfung eines Schutzziels, wenn eine theoretisch ermittelte Wertvorgabe oberhalb von 70% des angestrebten Zielwerts besteht.

Bei einer Berücksichtigung der unterschiedlichen Modulationsformen und Betriebsweisen auch bei Vollausbau und Vollaustlastung der verschiedenen Sendeanlagen am Standort, würde sich für die errechneten Maximalbelastungen ein Reduzierungsfaktor ergeben. Der Reduzierungsfaktor wird bei der Gesamtbetrachtung durch die Nähe zum Vorsorgeziel als nicht ausreichend angesehen.

### Folgerung:

Die Einhaltung des Vorsorgeziels wäre wegen des angestrebten hohen Schutzniveaus in Blaustein und wegen der bestehenden rechnerischen Einschränkungen bezüglich der realen Immissionssituation hinsichtlich der bestehenden Vorsorgeziele durch eine Messung besonders an dem Prognosepunkt 4 zu prüfen.

### Alternativen:

Grundsätzliche Möglichkeiten zur weiteren Verringerung der Immissionen durch

- Vergrößerung des Abstandes des Standorts zu dem Wohngebiet
- Erhöhung der Lage der Sendeantennen
- Aufteilung der Sendeleistung durch Richtantennen
- Reduzierung der Sendeleistungen
- Drehung und Neigung der Richtantennen, um eine Überlappung der gerichteten Sendestrahlung durch die verschiedenen Sendesysteme an den kritischen Immissionspunkten zu reduzieren

Die Minimierungsmöglichkeiten sind aufgrund der topographischen Lage der betrachteten Immissionsorte teilweise wenig effizient.

# Elektromagnetische Immissionen in der Umgebung von Mobilfunksendeanlagen

## Rechnerische Prognose der zu erwartenden Immissionswerte



**Auftraggeber:** Vodafone GmbH  
Ingersheimer Str. 10  
70499 Stuttgart

**Anlagenstandort:** Werksgebäude  
Weiherstraße 7b  
89134 Blaustein

**Durchführung:** EM-Institut GmbH  
Carlstraße 5  
93049 Regensburg

**Autor:** Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek  
Öffentlich bestellter und beeidigter Sachverständiger für das Fachgebiet  
"Elektromagnetische Umweltverträglichkeit" (EMVU)

**Projektnummer:** 16/014

**Ort und Datum:** Regensburg, 21. März 2016



## **Inhaltsverzeichnis**

	<b>Seite</b>
<b>1 Aufgabenstellung</b>	3
<b>2 Immissionen in der Umgebung eines Mobilfunksenders</b>	4
<b>3 Darstellung der Berechnungsergebnisse</b>	6
3.1 Beschreibungsgrößen für hochfrequente Immissionen	6
3.2 Wichtige Randbedingungen	6
3.3 Prognoseorte, Berechnungsergebnisse	8
<b>4 Schlussfolgerungen</b>	11
<b>5 Detaillierte Dokumentation der Immissionsberechnungen</b>	12
<b>6 Grenzwerte und ihre Entstehung</b>	14
<b>7 Literaturverzeichnis</b>	17

## 1 Aufgabenstellung

Wissenschaftlich gesichert ist, dass elektromagnetische Wellenfelder, wie sie beispielsweise von Rundfunk-, Fernseh-, Radar- und Mobilfunksendern abgestrahlt werden, ab einer bestimmten Intensität negative Auswirkungen auf die Gesundheit haben können.

Der Schutz der Bevölkerung vor diesen Wirkungen elektromagnetischer Felder ist in Deutschland in der *Sechszwanzigsten Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)* [1] verbindlich geregelt. Die in dieser Verordnung festgelegten Immissionsgrenzwerte entsprechen den aktuellen Empfehlungen der Internationalen Kommission für den Schutz vor nicht-ionisierenden Strahlen (ICNIRP) [2], des Europäischen Rates [3] sowie der deutschen Strahlenschutzkommission [4].

Die Intensität elektromagnetischer Wellenfelder wird durch die *Feldstärke* oder die *Leistungsflussdichte* beschrieben. Welche Feldstärke- bzw. Leistungsflussdichtewerte an bestimmten Orten auftreten, lässt sich an bereits in Betrieb genommenen Sendern messtechnisch ermitteln. Bei Anlagen, die sich erst in der Planungs- oder Bauphase befinden, können die zukünftig entstehenden Felder in den meisten Fällen mit ausreichender Genauigkeit berechnet werden.

Ein Vergleich der Rechenergebnisse mit den gesetzlichen Grenzwerten erlaubt eine objektive Einschätzung der Immissionssituation vor Ort.

Im vorliegenden Fall sollen die hochfrequenten Immissionen durch Berechnungen näher quantifiziert werden, die an einigen Punkten in der Umgebung eines geplanten Mobilfunkstandortes (Werksgebäude, Weiherstraße 7b) in 89134 Blaustein zu erwarten sind. Die Firma Vodafone plant, am Standort GSM-, UMTS- und LTE-Mobilfunksysteme in Betrieb zu nehmen.

Mittels der Berechnungsergebnisse soll die folgende Frage beantwortet werden:

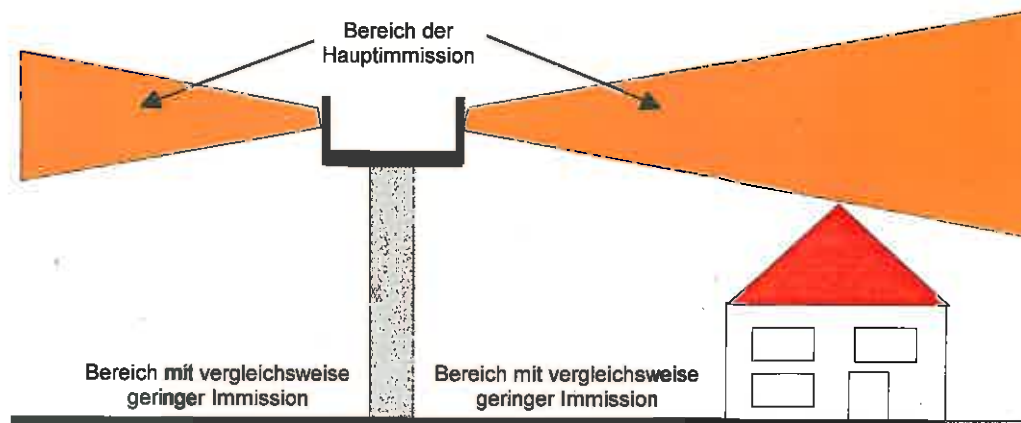
*Welche Immissionswerte sind an den betrachteten Punkten in der Umgebung nach Inbetriebnahme des Anlagenstandortes zu erwarten?*

Die Ergebnisse der durchgeführten Immissionsberechnungen und die sich daraus ergebenden Schlussfolgerungen sind im Folgenden dokumentiert.

## 2 Immissionen in der Umgebung eines Mobilfunksenders

Neben der Sendeleistung sind insbesondere das Bündelungsverhalten und die Ausrichtung der montierten Antennen wesentliche Faktoren für die Größe der Immissionen in der unmittelbaren Umgebung einer Mobilfunksendeanlage. In der horizontalen Ebene sorgen die Antennen meist für eine annähernd omnidirektionale Versorgung mit Mobilfunksignalen des Netzbetreibers, d.h. in alle Richtungen parallel zum Erdboden wird etwa gleich viel elektromagnetische Energie abgegeben.

In der Vertikalen hingegen senden Mobilfunkantennen, ähnlich wie die Scheinwerfer eines Leuchtturmes, meist relativ stark gebündelt. Der Hauptbereich der Energieabgabe ("Öffnungswinkel" der Antenne) beträgt typisch etwa  $5^\circ$  bis  $15^\circ$  mit einer zusätzlichen Neigung ("Downtilt") bezüglich der Horizontalen (d.h. etwas schräg nach unten) von maximal etwa  $15^\circ$ . Damit erreicht man eine gezielte Versorgung der lokalen Funkzelle, eine Leistungsabgabe in unerwünschte Bereiche, wird verhindert.



**Abb. 1:** Vertikales Bündelungsverhalten von Mobilfunkantennen (prinzipielle Darstellung).

Außerhalb dieses schmalen Feldkegels der Antenne (vergleichbar mit der Lichtausbreitung im Kegel eines Scheinwerfers) ist die Energieabgabe deutlich geringer (typisch nur  $1/10$  bis  $1/1.000$  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 Immissionen im Inneren des Gebäudes durch das Bündelungsverhalten der Antenne sowie zusätzlich noch von der Dämpfung des Daches und der vorhandenen Decke bestimmt. Aufgrund der Dämpf-

fung, 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. Das gilt unabhängig vom Typ der verwendeten Antenne.

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

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

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

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

## 3 Darstellung der Berechnungsergebnisse

### 3.1 Beschreibungsgrößen für hochfrequente Immissionen

Für die Beurteilung der elektromagnetischen Immissionen in der Umgebung von Hochfrequenzquellen, werden bei Frequenzen oberhalb 30 Megahertz üblicherweise die folgenden Größen verwendet:

- Der Effektivwert der *elektrischen Feldstärke*  $E$  in Volt pro Meter (V/m).
- Der Effektivwert der *magnetischen Feldstärke*  $H$  in Ampere pro Meter (A/m).
- Die *Leistungsdichte* (häufig auch *Leistungsflussdichte* bezeichnet)  $S$  in Watt pro Quadratmeter ( $W/m^2$ ) oder Milliwatt pro Quadratmeter ( $mW/m^2$ ).

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 bzw. magnetische Feldstärke in einem festen Verhältnis zueinander. Alle drei Größen sind im Fernfeld äquivalent, ähnlich wie Stromaufnahme und Leistungsverbrauch bei Elektrogeräten. Bei den hier durchgeführten Untersuchungen kann von Fernfeldbedingungen ausgegangen werden, da die Berechnungspunkte ausreichend weit von der Antenne entfernt sind. Für die Beschreibung der Immission genügt also die Angabe einer der drei Größen.

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

### 3.2 Wichtige Randbedingungen

Bei der Berechnung elektromagnetischer Felder in der Umgebung einer Funksendeanlage zum Zwecke des Personenschutzes ist es sehr wichtig, die an einem Punkt maximal auftretenden Felder zu ermitteln, um für den Grenzwertvergleich auf jeden Fall die an den betrachteten Punkten herrschende *Maximalimmission* zu erhalten. Auf diese Weise wird in der Abschätzung versucht, möglichst "ungünstige" Bedingungen und somit möglichst "hohe" Felder an den Berechnungspunkten bzw. in der betrachteten Umgebung zu gewährleisten. Daher wurden für die Feldstärkeberechnung folgende Randbedingungen festgelegt:

- Es werden die Felder berechnet, die bei *maximaler Sendeleistung* der Anlagen als Summenwert in der Umgebung entstehen. Die Größe der maximal an den Antenneneingängen anstehenden Sendeleistungen wurden uns vom jeweiligen Betreiber mitgeteilt. Auch die anderen notwendigen technischen Daten (Typ, Montagehöhe, Downtilt und Ausrichtung der Antennen) wurden uns ebenfalls schriftlich übermittelt (siehe Tabellen in Kapitel 5). Die angegebenen Werte sind nach unserer Erfahrung typisch für derartige Mobilfunksendeanlagen.
- Entfernungen, Azimutwinkel und topografische Höhenunterschiede zwischen dem Antennenstandort und den betrachteten Immissionspunkten wurden geeigneten topografischen

Karten sowie "Google-Earth" entnommen und bei den Immissionsberechnungen berücksichtigt.

- Die berechneten Immissionswerte beziehen sich auf Punkte im Freien, von denen aus direkte Sichtverbindung zu den Antennen besteht. Wird in der Realität die Sichtverbindung zum Installationsort der Antennen durch Gebäude oder Bewuchs (Bäume) versperrt, sind dort deutlich niedrigere Immissionswerte zu erwarten, als in der Prognose errechnet. Auch im Gebäudeinneren kann aufgrund der Gebäudedämpfung von geringeren Immissionswerten ausgegangen werden.
- Bei den betrachteten Punkten wurde nicht nur der Immissionswert für einen einzigen Ort berechnet, sondern es wurde durch die verwendete Software automatisch jeweils der höchste Immissionswert innerhalb eines Volumens von etwa  $1 \text{ m}^3$  gesucht und als Immissionswert im Gutachten verwendet.
- Das für die Feldstärkebestimmung angewendete Berechnungsmodell (ungestörte Freiraumausbreitung) führt ebenfalls eher zu einer Über- als zu einer Unterschätzung der Immissionswerte [5].
- Trotz der insgesamt sehr konservativen Feldstärkeberechnung, wird der Einfluss von lokalen Feldstärkeüberhöhungen, die durch Reflexionen entstehen können, nicht vernachlässigt, sondern mit einem Aufschlag von 40 % (d.h. 3 dB) berücksichtigt.
- Für die Antennen wird vom Betreiber bezüglich der elektrischen Strahlabsenkung ("Downtilt") oft nicht nur ein bestimmter Vertikalwinkel (z.B.  $4^\circ$ ) sondern meist gleich ein größerer Winkelbereich (z.B. 0 bis  $8^\circ$ ) bei der Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen (BNetzA) beantragt. Ist dies bei den hier betrachteten Antennen der Fall, wird in der Simulation auch mit entsprechenden Antennendaten gerechnet, die diesen gesamten Winkelbereich mit einschließen, um alle im realen Betrieb möglichen "Downtilt-Einstellungen" auf einmal zu erfassen. Dadurch wird allerdings - im Gegensatz zur Wirklichkeit - der Hauptbereich der Energieabgabe ("Hauptstrahl") deutlich vergrößert, was ebenfalls zu einer Überbewertung der Immission führen kann.
- Zusätzlich wurden, gegenüber dem theoretischen Abstrahlverhalten der Mobilfunkantennen, die Einzüge im vertikalen Antennendiagramm auf maximal 20 dB begrenzt, wodurch verhindert wird, dass im Nahbereich lokale Immissionsminima prognostiziert werden, die im realen Umfeld erfahrungsgemäß so nicht auftreten.

Wegen der komplexen Ausbreitung elektromagnetischer Wellen kann eine Immissionsprognose niemals eine hundertprozentige Zuverlässigkeit erreichen. Des Weiteren ist klarzustellen, dass der Prognose die technischen Daten zugrunde liegen, die auf Grund der aktuellen Planungen des Betreibers vorgesehen sind. Änderungen dieser technischen Parameter sind jederzeit möglich und können zu einer Veränderung der in der Prognose enthaltenen Immissionswerte führen.



### 3.3 Prognoseorte, Berechnungsergebnisse

Die Immissionsberechnungen wurden für vier Punkte in der Umgebung des Standortes durchgeführt. An diesen Punkten wurden die Immissionen jeweils für eine Höhe von zehn Meter über Grund ermittelt.

Im Detail handelt es sich um folgende Punkte:

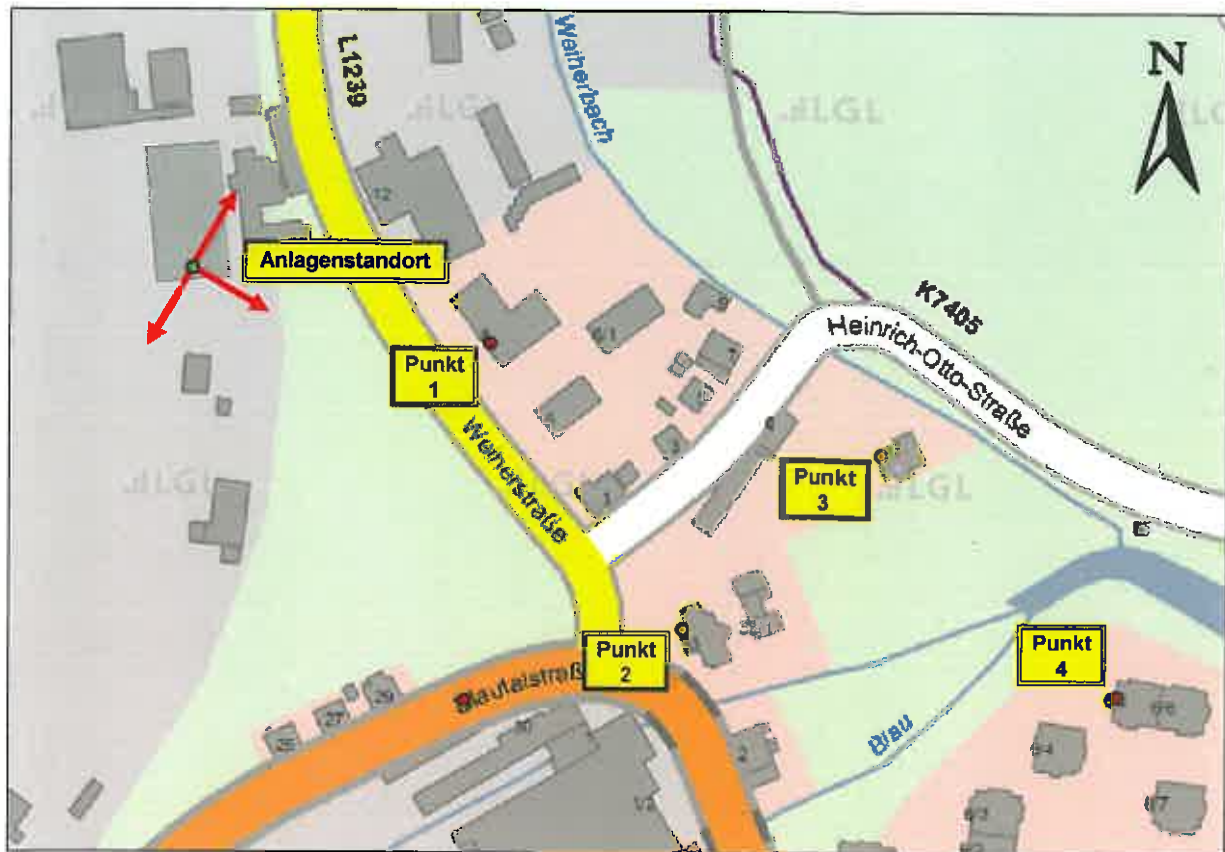
Punkt Nr.	Bezeichnung (Adresse)
1	Bürogebäude, Weiherstraße 8
2	Wohngebäude, Blautalstraße 33
3	Wohngebäude, Heinrich-Otto-Straße 8
4	Wohngebäude, Ulmer Straße 6/5

**Tab. 1:** Betrachtete Punkte in der Umgebung des Antennenstandortes.

Die untersuchten Punkte sowie der Antennenstandort sind in einem Planausschnitt (Abbildung 2) dokumentiert. Die geplanten horizontalen Antennenausrichtungen sind ebenfalls eingezeichnet.

Die den Immissionsberechnungen zu Grunde liegenden Anlagenparameter wurden vom Betreiber vorgegeben und sind in Kapitel 5 detailliert dokumentiert.

Der im Folgenden durchgeführte Grenzwertvergleich erfolgt mit den in Deutschland rechtsverbindlichen Vorgaben der 26. BImSchV [1]. Diese gibt für Sendeanlagen des GSM-900-Mobilfunks einen Grenzwert für die elektrische Feldstärke von etwa 42 Volt/m vor, was einer Leistungsflussdichte von zirka 4,6 Watt/m<sup>2</sup> entspricht. Für GSM-1800- und auch LTE-1800-Sendeanlagen gilt ein Grenzwert von etwa 59 Volt/m bzw. zirka 9,2 Watt/m<sup>2</sup>. Bei LTE-800 beträgt der Grenzwert etwa 39 Volt/m (4,0 Watt/m<sup>2</sup>), bei UMTS- und LTE-2600-Sendeanlagen 61 Volt/m (10 Watt/m<sup>2</sup>).



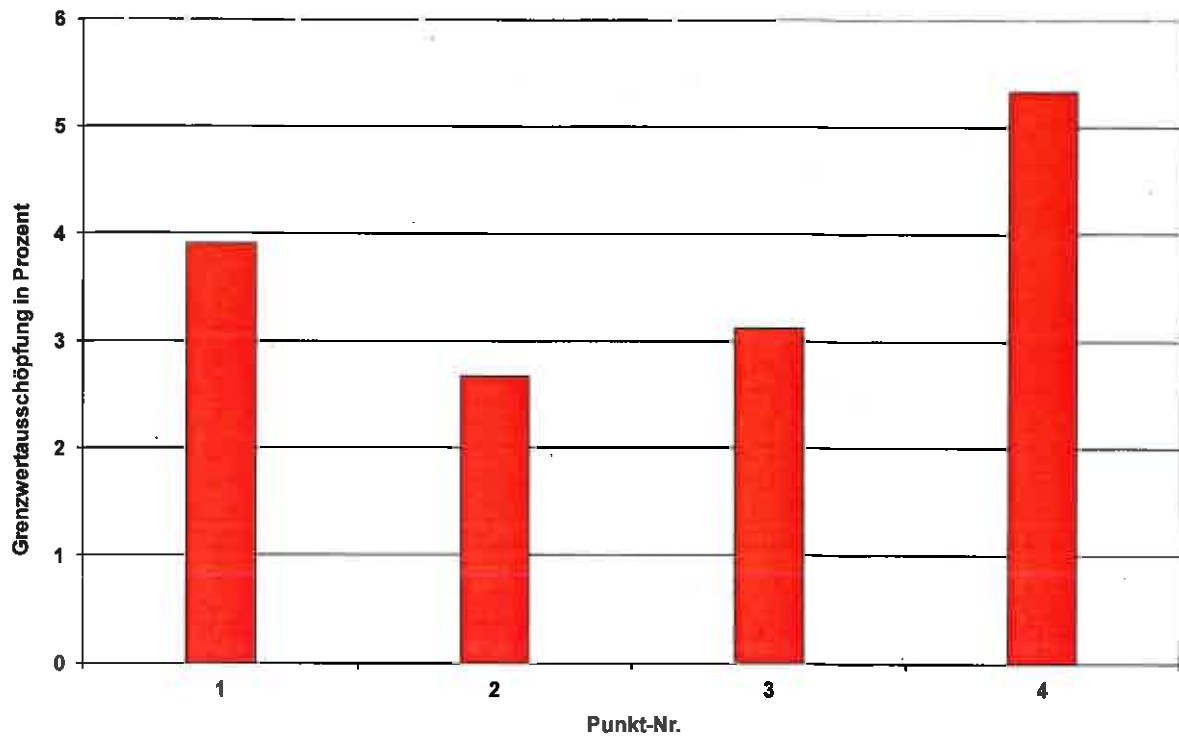
**Abb. 2:** Umgebung des Standortes und Lage der betrachteten Punkte.

In Tabelle 2 sind die Ergebnisse der Immissionsberechnungen für die betrachteten Punkte dargestellt. Dabei ist angegeben, wie viel Prozent der Grenzwerte nach 26. BImSchV in der Summe von der elektrischen Feldstärke an den einzelnen betrachteten Punkten maximal erreicht werden ("Grenzwertausschöpfung").

Punkt Nr.	Betrachtete Höhe über Grund	Berechnete Grenzwertausschöpfung in Prozent
1	10 m	3,9 %
2	10 m	2,7 %
3	10 m	3,1 %
4	10 m	5,3 %

**Tab. 2:** Für die betrachteten Punkte berechnete Immissionen (Grenzwertausschöpfung bezüglich der elektrischen Feldstärke in Prozent für Maximalleistung).

Abbildung 3 stellt die Ergebnisse aus Tabelle 2 grafisch dar:



**Abb. 3** Darstellung der Ergebnisse aus Tabelle 2 (Grenzwertausschöpfung bezüglich der elektrischen Feldstärke in Prozent für Maximalleistung).

## 4 Schlussfolgerungen

Für einen geplanten Mobilfunkstandort in Blaustein (Werksgebäude, Weiherstraße 7b) sollte durch Berechnungen die an einigen Punkten in der Umgebung des Standortes zu erwartende Hochfrequenzimmission ermittelt werden.

Aus den in Kapitel 3 dargestellten Ergebnissen der durchgeführten Untersuchungen lassen sich die folgenden Schlüsse ziehen:

- Wie aus Tabelle 2 bzw. Abbildung 3 ersichtlich, unterschreiten die für Maximalleistung an den betrachteten Punkten berechneten Immissionen mit Grenzwertausschöpfungen von etwa *3 bis 5 Prozent* des gesetzlich zulässigen Wertes die Vorgaben der 26. BImSchV deutlich.
- Wie in Kapitel 3.2 bereits näher erläutert, können Immissionsberechnungen niemals mit hundertprozentiger Genauigkeit durchgeführt werden. Beispielsweise ist es unmöglich, den dämpfenden Einfluss von Abschattungen durch Gebäudemauern und Bäume vollumfänglich zu berücksichtigen. Die ermittelten Immissionen sind nur dann zu erwarten, wenn vom Berechnungspunkt aus auch eine direkte Sichtverbindung zum Antennenstandort besteht.

Regensburg, 21. März 2016



Prof. Dr.-Ing. Matthias Wuschek



## 5 Detaillierte Dokumentation der Immissionsberechnungen

Den Immissionsberechnungen wurden folgende technische Anlagendaten zu Grunde gelegt:

Betreiber Vodafone	Weiherstraße 7b, 89134 Blaustein					
System	A	B	C	D	E	F
Funksystem	GSM-900	GSM-900	GSM-900	UMTS	UMTS	UMTS
Relevante Betriebsfrequenz in MHz	935,1	935,1	935,1	2110,0	2110,0	2110,0
Grenzwert in V/m	42,0	42,0	42,0	61,0	61,0	61,0
Montagehöhe der Senderantennenunterkante über Grund in Meter	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0
Hauptstrahlrichtung in Grad	30	120	210	30	120	210
Mechanische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung in Grad	-3	0	0	-3	0	0
Elektrische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung in Grad	3	2	3	3	3	4
Antenne (Hersteller und Typ)	Kathrein 80010867	Kathrein 80010308V02	Kathrein 80010668	Kathrein 80010867	Kathrein 742351	Kathrein 80010727
Spitzenleistung pro Kanal am Senderausgang in Watt	108,0	108,0	108,0	66,2	66,2	66,2
Anzahl der Kanäle	1	1	1	1	1	1
Verluste zwischen Senderausgang und Antenneneingang in dB	0	0	0	0	0	0

Betreiber Vodafone	Weiherstraße 7b, 89134 Blaustein					
System	G	H	I	J	K	L
Funksystem	LTE-800	LTE-800	LTE-800	LTE-1800	LTE-1800	LTE-1800
Relevante Betriebsfrequenz in MHz	801,0	801,0	801,0	1855,0	1855,0	1855,0
Grenzwert in V/m	38,9	38,9	38,9	59,2	59,2	59,2
Montagehöhe der Senderantennenunterkante über Grund in Meter	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0	44,0
Hauptstrahlrichtung in Grad	30	120	210	30	120	210
Mechanische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung in Grad	-3	0	0	-3	0	0
Elektrische vertikale Absenkung der Hauptstrahlrichtung in Grad	3	3	4	3	3	4
Antenne (Hersteller und Typ)	Kathrein 80010867	Kathrein 80010456V02	Kathrein 80010668	Kathrein 80010867	Kathrein 742351	Kathrein 80010727
Spitzenleistung pro Kanal am Senderausgang in Watt	44,1	44,1	44,1	86,0	86,0	86,0
Anzahl der Kanäle	1	1	1	1	1	1
Verluste zwischen Senderausgang und Antenneneingang in dB	0	0	0	0	0	0

Topografische Höhe des Antennenstandortes (Bodenniveau über N.N.): 503 m

Die Immissionsberechnungen wurden für folgende Punkte durchgeführt:

Punkt Nr.	Horizontaldistanz zum Antennenstandort	Azimut, vom Standort aus gesehen (N über O)	Höhe der Punktes über Grund	Topografische Höhe (Bodenniveau) über N.N.
1	102 m	114°	10,0 m	500 m
2	204 m	131°	10,0 m	498 m
3	231 m	109°	10,0 m	497 m
4	336 m	118°	10,0 m	498 m

Als Berechnungssoftware wurde "FieldView", Version 6.1.0 (eine Eigenentwicklung der EM-Institut GmbH) eingesetzt.

Detaillierte Dokumentation der Ergebnisse der Immissionsberechnungen:

Punkt Nr.	Elektrische Feldstärke in Volt/m	Grenzwertausschöpfung (bzgl. der elektrischen Feldstärke)	Leistungsflussdichte in Milliwatt/m <sup>2</sup>
1	2,1 V/m	3,9 %	11,9 mW/m <sup>2</sup>
2	1,2 V/m	2,7 %	3,8 mW/m
3	1,4 V/m	3,1 %	5,6 mW/m
4	2,7 V/m	5,3 %	19,6 mW/m



## 6 Grenzwerte und ihre Entstehung

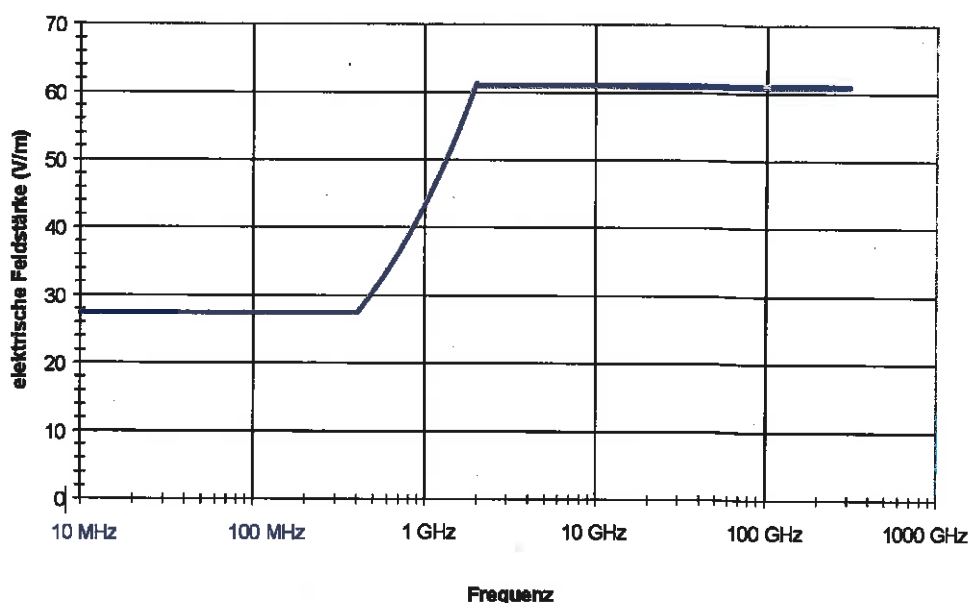
Die Bewertung elektromagnetischer Felder ist in Deutschland seit Januar 1997 in der "26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes" (26. BImSchV) [1] verbindlich geregelt. Die in dieser Verordnung festgelegten Immissionsgrenzwerte entsprechen den aktuellen Empfehlungen der *Internationalen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

Die festgelegten Grenzwerte für die hier relevanten Hochfrequenzimmissionen ab 10 MHz sind in folgender Tabelle aufgelistet und in Bild 1 grafisch dargestellt.

Signalfrequenz [MHz]	Effektivwert der elektrischen und magnetischen Feldstärke	
	elektrische Feldstärke [V/m]	magnetische Feldstärke [A/m]
10 - 400	28	0,073
400 - 2.000	$1,375 \cdot \sqrt{f}$	$0,0037 \cdot \sqrt{f}$
2.000 - 300.000	61	0,16

$f$ : Signalfrequenz in MHz

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



**Bild 1:** Grafische Darstellung der Grenzwerte (elektrische Feldstärke) aus Tabelle 1 (nach 26. BImSchV) für Hochfrequenzanlagen ab 10 MHz

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 für den Hochfrequenzbereich 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.

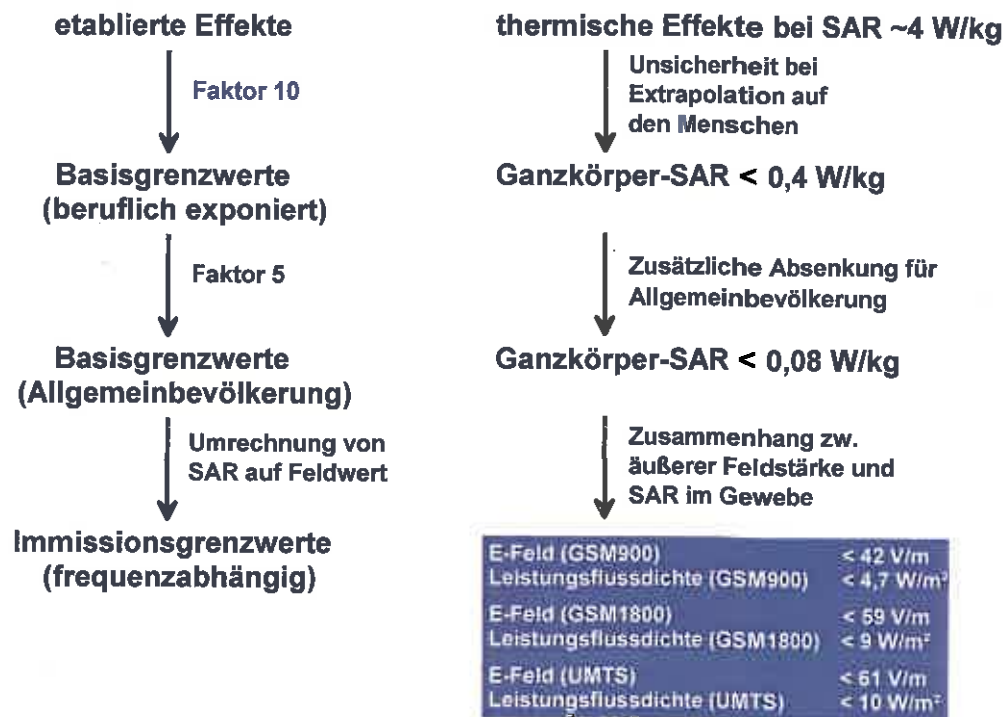
Um diese Sicherheit zu gewährleisten, ist der *Basisgrenzwert* so gewählt, dass er um den Faktor 10 niedriger liegt, als die spezifische Absorptionsrate, ab der Wirkungen auf den Menschen wissenschaftlich gesichert nachgewiesen werden können. Bei Personen, die im Rahmen ihrer *beruflichen Tätigkeit* 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.

## 7 Literaturverzeichnis

- [1] **Bundesrepublik Deutschland**  
"Sechszwanzigste Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder - 26. BImSchV)"  
Bundesgesetzblatt Jg. 2013, Teil I, Nr.50, Bonn 21.08.2013.
- [2] **International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP)**  
"Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz)", Health Physics, Vol. 74, Nr. 4, April 1998, S. 494-522.
- [3] **Der Rat der Europäischen Union**  
"Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz - 300 GHz)"  
Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L199, 30.07.1999, S. 59 – 70.
- [4] **Strahlenschutzkommission (SSK)**  
"Grenzwerte und Vorsorgemaßnahmen zum Schutz der Bevölkerung vor elektromagnetischen Feldern; Empfehlungen der Strahlenschutzkommission", Bonn, 14.09.2001 ([www.ssk.de](http://www.ssk.de)).
- [5] **Chr. Bornkessel; M. Schubert**  
"Entwicklung von Mess- und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Mobilfunk Basisstationen" Abschlussbericht, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz, Kamp-Lintfort, 2005 ([www.emf-forschungsprogramm.de](http://www.emf-forschungsprogramm.de)).



# ABSCHÄTZUNG DER EXPOSITION DER BEVÖLKERUNG DURCH LTE-SENDEANLAGEN



Pilotstudie im Auftrag des Informationszentrums Mobilfunk e.V.  
Erstellt vom Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik (IMST)

Ergebnisse | Bewertung | Diskussion



# INHALT

## **Vorwort** S. 3

Dagmar Wiebusch, Geschäftsführerin Informationszentrum Mobilfunk e. V.

## **Grußwort** S. 4 - 5

Dr. Christoph Revermann, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (TAB)

## **Die Pilotstudie** S. 6 - 7

**Abschätzung der Exposition der Bevölkerung durch LTE-Sendeanlagen**  
Projektüberblick

## **LTE – Neue Mobilfunktechnik für das schnelle Internet** S. 8 - 11

Welche Vorteile bietet LTE dem Nutzer?  
Welche technischen Innovationen nutzt LTE?  
Mess- und Hochrechnungsverfahren für LTE-Basisstationen

## **Messergebnisse und Immissionsauswertung** S. 12 - 19

Tabellarische Übersicht

## **Bewertung** S. 20 - 23

**Ausbreitungsverhalten im Nahbereich** S. 20  
Geringer Abstand hat nicht zwangsläufig hohe Immissionen zur Folge

**Abstrahlcharakteristik und Höhenabhängigkeit** S. 21  
Entscheidend sind Höhenunterschied und Ausrichtung der Anlage

**Dämpfung von Mobilfunkfeldern** S. 22  
Baumaterialien und Topografie schwächen die Energie von Mobilfunkfeldern

**Feldverteilung verschiedener Mobilfunkdienste** S. 23  
Vergleichbares Verhalten von LTE-, UMTS- und GSM-Feldern

## **Diskussion** S. 24 - 27

**Einflussfaktoren für elektromagnetische Felder  
von LTE-Sendeanlagen und die Gesamtimmission vor Ort** S. 24 - 25

**Mobilfunk und Gesundheit**

**Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm: Grenzwerte bestätigt** S. 26 - 27  
Prof. Dr. med. Karl Ernst von Mühlendahl, Geschäftsführer der gemeinnützigen  
Kinderumwelt GmbH, Kinderarzt, Umweltmediziner und Sprecher der  
Umweltkommission der Kinderärzte



## Liebe Leserinnen und Leser,

das Internet hat unseren Lebensstil enorm verändert. Es bietet Zugang zu den global verfügbaren Wissensressourcen, ermöglicht soziale Kontakte und stellt Dienstleistungen jeglicher Art zur Verfügung. Inzwischen ist die Nutzung nicht mehr nur via PC am Arbeitsplatz oder zu Hause möglich. Längst kann man auch unterwegs mobil auf das Internet zugreifen und praktische Services nutzen: E-Mails senden und empfangen, Auskunft über Fahrpläne einholen oder die Wetteraussichten abrufen.

Immer mehr Informationen werden über mobile Online-Netzwerke ausgetauscht und stehen praktisch überall und jederzeit zur Verfügung.

Als Folge dieser Entwicklung wuchs das Datenvolumen in den deutschen Mobilfunknetzen nach Angaben der Bundesnetzagentur von 3,5 Millionen Gigabyte im Jahr 2007 auf 33,5 Millionen Gigabyte im Jahr 2009. Es wird erwartet, dass der Bedarf an mobilen Internetdiensten noch weiter steigt. Dieser wachsende Datenverkehr stellt eine Herausforderung für die Mobilfunktechnologie dar: Die bestehenden Netze stoßen an ihre Kapazitätsgrenzen. Bereits 2007 wurde daher mit der Entwicklung eines neuen Mobilfunkstandards, „Long Term Evolution (LTE)“, begonnen, der Daten mit einer Geschwindigkeit von bis zu 100 MBit/s übertragen kann. LTE ist damit der derzeit effektivste Mobilfunkübertragungsstandard.

Die für LTE notwendigen zusätzlichen Funkfrequenzen wurden im Mai 2010 von der Bundesnetzagentur versteigert. Der Netzaufbau hat

im Sommer 2010 begonnen. Die Frequenzvergabeverträge beinhalten die Auflage, zunächst ländliche Wohngebiete mit einem schnellen Breitbandanschluss zu versorgen. Dadurch sollen die neuen Netze nicht nur längst mobilen Städten eine noch bessere Anbindung verschaffen, sondern auch dazu beitragen, bisher schlecht oder gar nicht versorgte Gemeinden in Deutschland mit Breitbandanschlüssen auszustatten.

Der Ausbau der Mobilfunkinfrastruktur durch LTE-Sender wird begleitet von einer zum Teil kontrovers geführten Debatte zur Gesundheitsverträglichkeit der neuen Sendetechnik LTE sowie des Mobilfunks im Allgemeinen. Auch stellt sich die Frage, ob die zusätzlichen Sendeanlagen zugleich eine erhöhte Immissionsbelastung für die Bevölkerung darstellen. Solche Diskussionen sind richtig und wichtig, um die Potenziale wissenschaftlich-technischer Entwicklungen zu analysieren und die damit verbundenen gesellschaftlichen, wirtschaftlichen und ökologischen Chancen und Risiken angemessen auszuloten. Sie können aber nur fruchtbar sein, wenn sie faktenbasiert und sachlich geführt werden.

Zur Gesundheitsverträglichkeit weist das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) darauf hin, dass die von LTE genutzten Frequenzbänder eng bei den derzeit für den Mobilfunk und für andere Funktechnologien genutzten Frequenzbereichen liegen und daher nicht zu erwarten ist, dass sich ihre biologisch-medizinischen

## Abschätzung der Exposition der Bevölkerung durch LTE-Sendeanlagen

Mit dem Vormarsch der Smartphones gehören E-Mails und Surfen im Internet inzwischen zu den Standardanwendungen. Längst beschränken sich Mobilfunknutzer nicht mehr auf Sprach- und Textmitteilungen. Im Dezember 2009 erreichte mobiles Internet weltweit erstmals ein höheres Datenvolumen als das der Sprachverbindungen. Experten rechnen damit, dass der mobile Datenverkehr bis 2014 auf 1,6 Milliarden Gigabit (GBit) pro Monat wachsen wird. Bei diesem Wachstumsszenario stoßen selbst die leistungsfähigsten UMTS-/HSPA-Mobilfunknetze an ihre Grenzen. Mit der Einführung der LTE (Long Term Evolution)-Mobilfunktechnologie wird es möglich, den steigenden Ansprüchen der Kunden an die mobile Welt und dem exponentiell steigenden Datenverkehr gerecht zu werden. Die LTE-Technologie ist technisch gesehen der Nachfolger der High Speed Packet Access Technologie (HSPA). LTE ermöglicht eine signifikante Steigerung der Datenübertragungsrate auf bis zu 100 Megabit (MBit) pro Sekunde in Verbindung mit sehr kurzen Antwortzeiten.

Wie schon bei der Einführung von UMTS werden auch für LTE neue Frequenzen benötigt. Aktuell werden hierfür vorrangig zwei Frequenzbereiche genutzt: Der durch die Digitalisierung des Rundfunks frei gewordene Bereich um 800 MHz (790 - 862 MHz), der auch als „Digitale Dividende“ bezeichnet wird, sowie der Bereich um 2600 MHz (2500 - 2690 MHz). Ihre Versteigerung durch die Bundesnetzagentur ging am 20. Mai 2010 zu Ende. Jeder der vier in Deutschland aktiven Mobilfunknetzbetreiber hat Frequenzblöcke ersteigert und beginnt derzeit mit dem Aufbau der LTE-Netze.

Die beiden Frequenzbereiche haben unterschiedliche physikalische Eigenschaften, die auch ihre Nutzungsmöglichkeiten bestimmen. So hat beispielsweise der 800 MHz-Bereich

sehr gute Ausbreitungseigenschaften. Mit einer Basisstation können hiermit relativ große Gebiete versorgt werden, z. B. für den funkgebundenen Breitbandausbau in ländlichen Bereichen. Je höher ein Frequenzbereich im Spektrum angeziedelt ist, desto beschränkter sind die Ausbreitungseigenschaften. Deshalb soll der 2600 MHz-Bereich vorwiegend in Ballungsräumen genutzt werden, wo die Basisstationen aufgrund der hohen Kapazitätsnachfrage ohnehin in geringen Abständen errichtet werden müssen.

Für LTE-Basisstationen gelten, wie für alle Mobilfunksendeanlagen, die gesetzlichen Grenzwerte der 26. Verordnung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (BImSchV). Genehmigungsverfahren und Kontrollmessungen der Bundesnetzagentur stellen die Einhaltung der Grenzwerte sicher. In der Praxis werden diese sogar weit unterschritten.

Über die konkret auftretenden Immissionen durch LTE-Basisstationen ist derzeit allerdings noch wenig bekannt. Die Bundesnetzagentur geht anhand verfügbarer Informationen sowie spezieller Rechenverfahren davon aus, dass die durch LTE-Sendeanlagen erzeugten Immissionen mit denen der GSM- und UMTS-Basisstationen vergleichbar sind.

Mit dem Ziel, die Öffentlichkeit anhand von aktuellen Messdaten umfassend über die Immissionen des Mobilfunks zu informieren, gibt das Informationszentrum Mobilfunk e. V. (IZMF) seit 2003 regelmäßig Messreihen in Auftrag. Für die im Nahbereich von GSM- und UMTS-Anlagen auftretenden Immissionen wurden bis heute bereits mehrere Tausend Messdaten ausgewertet. Sie zeigen, dass der Mobilfunk trotz der permanenten Verdichtung der Netze die geltenden Grenzwerte bisher nur zu einem Bruchteil ausschöpft.

## Welche Vorteile bietet LTE dem Nutzer?

Die LTE-Technologie (Long Term Evolution) ist eine durch internationale Standardisierungsgremien spezifizierte Weiterentwicklung des Mobilfunkstandards der 3. Generation (3G), allseits bekannt unter der Bezeichnung UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), sowie dessen Weiterentwicklung HSPA (High Speed Packet Access). Man spricht bei LTE auch von einem „Next Generation Mobile Network“ – also einem „Mobilfunknetz der nächsten Generation“. LTE wird häufig bereits der 4. Mobilfunkgeneration (4G) zugeordnet. Die LTE-Technologie, der unter Experten der Ruf vorausgeht, schon bald zum meist genutzten Mobilfunkstandard der Zukunft zu avancieren, bietet überzeugende Vorteile:

### Schnelle Datenübertragungsraten im Up- und Downlink

Ein hervorstechendes Merkmal der LTE-Technologie ist die höhere Geschwindigkeit von Internetverbindungen.

In den ersten Ausbaustufen des LTE-Netzes sollen bis zu 100 MBit/s für die maximale Download-Datenrate und ca. 50 MBit/s für die maximale Uploadgeschwindigkeit erreicht werden.

### Kurze Latenzzeiten

LTE zeichnet sich durch kurze Latenzzeiten aus. Welchen Vorteil bringt das? Beim Nutzer entsteht so der Eindruck einer unterbrechungsfreien Verbindung, wie beispielsweise beim kabelgebundenen Internetzugang über DSL.

### Datenpaketbasierte Übertragung nach IP-Protokoll

Basierten GSM und UMTS noch auf einer Vielzahl von Netzelementen, Protokoll- und Signalumwandlungen, nutzt LTE durchgängig das Internetprotokoll (IP). Die Datenübertragung erfolgt also – wie im Internet allgemein üblich – datenpaketorientiert. Damit kommt das System ohne komplizierte Zwischenschritte aus. Diese Neuerung gewährt ein hohes Maß an Sicherheit und Qualität des LTE-Netzwerkes. Auch Telefonate, die gegenüber den Datendiensten quantitativ zwar eher im Hintergrund stehen, werden im LTE-Netz über Internet-Telefonie (Voice over IP) geführt.

### Gute Mobilitätseigenschaften

Auch in puncto „Mobilität“ bietet LTE Vorteile. Warum? Ein Funknetz besteht aus vielen Zellen. Bewegt sich ein Nutzer, so muss z. B. an den Grenzen der Zellen ein sogenanntes „handover“, also eine Übergabe, stattfinden. Diverse Optimierungen beim „handover“ ermöglichen einen fließenden Übergang von einer Funkzelle zur nächsten. So verringert sich die Gefahr von



## Welche technischen Innovationen nutzt LTE?

Zur Steigerung seiner Leistungsfähigkeit setzt LTE auf eine Vielzahl technischer Innovationen.

### Neue Verfahren im Down- und Uplink

Als Übertragungsverfahren beim Downlink wird bei LTE ein modernes Verfahren eingesetzt OFDMA. Die Abkürzung OFDMA steht für „Orthogonal Frequency Division Multiple Access“. Dieses Verfahren ermöglicht es, den Datenstrom parallel auf eine Vielzahl schmaler Frequenzbänder (Unterträger) zu modulieren. Diese können je nach Kapazitätsbedarf geschaltet werden. Kommt es zu Störungen, sind damit nur einzelne Unterbänder betroffen, die sich gezielt deaktivieren lassen. Damit zeigt sich OFDMA wesentlich störungsresistenter als beispielsweise die GSM-Übertragungstechnik. Das Verfahren wird bereits bei der digitalen Rundfunk- und Fernsehübertragung (Digital Audio Broadcasting und Digital Video Broadcasting Terrestrial) verwendet.

Im Uplink, d. h. auf Seiten des Nutzers, wird als Übertragungsverfahren „Single Carrier Frequency Division Multiple Access“ (SC-FDMA) benutzt. Einer der wesentlichen Vorteile dieses Verfahrens liegt in der besonders effizienten Technik zur Reduzierung des Energieverbrauchs. Diese macht sich u. a. in einer längeren Batterielaufzeit der Endgeräte positiv bemerkbar.

### Neuartige Antennentechnik

Eine weitere Optimierung ist die verwendete Mehrantennentechnik „Multiple Input Multiple Output (MIMO)“. Über Doppel- oder Vierfachantennen nimmt hier das Signal unterschiedliche Wege zum Empfänger. Dieses Verfahren verbessert die Qualität und die Datenrate einer

drahtlosen Verbindung. Durch die Kombination der neuen Antennentechnik in Zusammenhang mit innovativen Übertragungsverfahren und modernen Modulationstechniken kann das zur Verfügung stehende Frequenzspektrum effizienter genutzt werden als mit der bisherigen 3G-Technik.

### Intelligente Netzstruktur

Wie alle Mobilfunknetze sind auch die LTE-Netze zellular aufgebaut. Grundsätzlich basiert LTE auf einer Luftschnittstelle, die als „Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network (EUTRAN)“ bezeichnet wird. Hier werden die Daten zwischen der Basisstation und den Endgeräten übertragen. Verschiedene innovative Verfahren tragen dazu bei, dass zwischen dem Endgerät und der Basisstation, die als „eNodeB“ bezeichnet wird, sehr hohe Datenraten möglich sind. Die Basisstationen haben sowohl eine Verbindung zur benachbarten Basisstation als auch eine Anbindung an das „Kernnetz“ (Core Network). Das Kernnetz selber wird als EPC (Evolved Packet Core) bezeichnet. Der Zellenradius wird im LTE-Netz im Wesentlichen vom Verkehrsaufkommen, der Frequenz und der Anzahl der Mobilfunkanwender im Versorgungsgebiet bestimmt und kann zwischen wenigen Metern (Mikrozelle) bis hin zu größeren Abständen (Makrozelle) variieren. Darüber hinaus bietet LTE Möglichkeiten für eine Selbstorganisation des Netzwerks. Wird eine neue Basisstation in Betrieb genommen oder fällt eine Station aufgrund technischer Probleme aus, konfigurieren sich die umliegenden Stationen automatisch neu und passen sich der Situation an. Bei den bisherigen Netzen müssen solche Systemanpassungen noch händisch durch einen Funknetzplaner durchgeführt werden.



## LTE-Systeme und Messgrößen

### Konkrete Messwerte schaffen Transparenz

Auf den folgenden Seiten finden Sie die Messergebnisse und die Immissionsauswertungen bezogen auf die Grenzwertausschöpfung der elektrischen Feldstärke sowie der Leistungsflussdichte für alle untersuchten LTE-Sendeanlagen. Angegeben ist auch die jeweils genutzte Kanalbandbreite. LTE arbeitet mit skalierbaren Bandbreiten zwischen 1,4 und 20 MHz. Je höher die Bandbreite, desto höher ist die erzielbare Datenrate. Die untersuchten Test- und Pilotanlagen arbeiteten mit Bandbreiten von 10 MHz bzw. 20 MHz.

Gemessen wurde an fünf Testanlagen im Frequenzbereich 800 MHz und 2600 MHz in Baden-Württemberg und Nordrhein-Westfalen. Im Pilotbetrieb hat das IMST Messungen an einer Sendeanlage im Frequenzbereich 800 MHz in Brandenburg sowie an einer Sendeanlage im Frequenzbereich 2600 MHz in Bayern durchgeführt. Worin liegt der Unterschied zwischen Test- und Pilotbetrieb? Um eine erfolgreiche Einführung des neuen Mobilfunkstandards zu garantieren, sind natürlich zahlreiche technische Anpassungen notwendig. Die Technik muss so optimiert werden, dass die angestrebten Übertragungsgeschwindigkeiten im geplanten Versorgungsbereich erreicht werden. Auch müssen Zuverlässigkeit und Qualität der LTE-Netze gewährleistet werden. Vor diesem Hintergrund haben zahlreiche Netzbetreiber bereits seit 2009 in vielen Ländern Teststationen in Betrieb genommen. Diese Testsender werden in der Regel nach einigen Wochen wieder abgebaut. Die daraus gewonnenen Erkenntnisse fließen in den künftigen LTE-Netzausbau ein, der in Deutschland vor Kurzem mit dem Aufbau erster Pilotanlagen begonnen hat. Diese sollen schon bald den Regelbetrieb aufnehmen. Hierfür sind natürlich auch die entsprechenden Endgeräte notwendig, die voraussichtlich im nächsten Jahr auf den Markt kommen werden.

### Elektrische Feldstärke und Leistungsflussdichte

Für die Beurteilung der Stärke von elektromagnetischen Feldern in der Umgebung von Hochfrequenzquellen werden üblicherweise die Größen elektrische Feldstärke (V/m) oder Leistungsflussdichte ( $W/m^2$  bzw.  $mW/m^2$ ). Ein  $W/m^2$  entspricht  $1.000 mW/m^2$  verwendet. Sie stehen in einem festen Verhältnis zueinander und lassen sich ineinander umrechnen. Doch was sagen die beiden Maße aus und welches wird vorzugsweise verwendet? Bei der Untersuchung möglicher biologischer Wirkungen hochfrequenter Felder wird meist die Leistungsflussdichte als Maßeinheit benutzt. Sie gibt die durch eine Fläche pro Zeiteinheit fließende Energie an, die durch ein elektromagnetisches Wellenfeld transportiert wird. Sie ist somit ein Maß für die Intensität der Strahlung und damit eine wichtige Größe für die Beurteilung biologischer Effekte, z. B. zur Bestimmung der Erwärmung von Gewebe. Die in Volt pro Meter angegebene Feldstärke ist primär ein technisches Maß. Eine Feldstärke von 1 V/m bedeutet, dass sie eine Spannung von einem Volt in einer Antenne von einem Meter Länge erzeugt. Diese Maßeinheit wird für die Beschreibung physikalischer Gesetzmäßigkeiten bevorzugt.

In der Diskussion um Grenzwerte stiften die beiden Größeneinheiten „elektrische Feldstärke“ (E) und „Leistungsflussdichte“ (S) – auch wenn sie mathematisch denselben Wert beschreiben – oft Verwirrung. Wegen des quadratischen Zusammenhangs zwischen Leistungsflussdichte und elektrischer Feldstärke ergeben sich für ein und denselben Messwert unterschiedliche Werte der Grenzwertausschöpfung. So entspricht beispielsweise eine Grenzwertausschöpfung von 10 Prozent, bezogen auf die Feldstärke, einer Grenzwertausschöpfung von 1 Prozent, bezogen auf die Leistungsflussdichte. Der Unterschied liegt in der Umrechnungsformel begründet und hat keine physiologische Bedeutung.

# MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG



## Stuttgart, Lorenzstraße 10, Alcatel-Lucent Firmengelände, Antennenstandort auf Haus 1 LTE-System 800 MHz, Kanalbreite 10 MHz (Testbetrieb)

	Immissionswert bei 10% Überschreitung				Immissionswert bei 0,1% Überschreitung aus Station			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsfluzdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsfluzdichte (S)	
	mV/m	µW/m²	mV/m	µW/m²	mV/m	µW/m²	mV/m	µW/m²
MP 2.1 Linienmessung Straße entlang Westsektor der Anlage, mit Sichtverbindung Entfernung: 66 m	0,12	0,31	0,04	0,001	0,11	0,22	0,03	0,005
MP 2.2 Linienmessung Straße entlang Westsektor der Anlage, mit Sichtverbindung Entfernung: 25 m	0,22	0,42	0,14	0,001	0,63	1,29	1,05	0,017
MP 1.3 Linienmessung Straße entlang Westsektor der Anlage, mit Sichtverbindung Entfernung: 140 m	0,15	0,42	0,07	0,002	0,35	0,34	0,41	0,007
MP 2.4 Linienmessung Straße entlang Westsektor der Anlage, mit Sichtverbindung Entfernung: 125 m	0,11	0,29	0,10	0,001	0,42	1,05	0,61	0,011
MP 2.5 Linienmessung Straße entlang Westsektor der Anlage, mit Sichtverbindung Entfernung: 264 m	0,42	1,23	0,60	0,015	0,43	0,35	0,51	0,009



# MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG

Messhöhe über Gelände		Messhöhe über Straßenebene					
Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
in V/m	Grenzwertausschöpfung in % bezgl. E	in mW/m²	Grenzwertausschöpfung in % bezgl. S	in V/m	Grenzwertausschöpfung in % bezgl. E	in mW/m²	Grenzwertausschöpfung in % bezgl. S

## Düsseldorf, Berliner Allee 52, Gebäude Galeria Kaufhof LTE-System 2600 MHz, Kanalbandbreite 20 MHz (Testbetrieb)

MP 4.1 Galeria Kaufhof Parkhaus Deck 5 unter der Anlage, keine Sichtverbindung Entfernung: 2 m	0,07	0,11	0,01	0,0001	0,21	0,25	1,34	0,016
MP 4.2 Galeria Kaufhof Parkhaus Deck 5 vor der Anlage, mit Sichtverbindung Entfernung: 6 m	1,26	2,25	2,17	0,202	3,67	6,50	352,5	0,476
MP 4.3 Galeria Kaufhof Parkhaus Deck 5 vor der Anlage, mit Sichtverbindung Entfernung: 9 m	7,49	12,27	140,63	1,07	10,39	21,80	286,24	4,253
MP 4.4 Galeria Kaufhof Parkhaus Deck 4 unter der Anlage, keine Sichtverbindung Entfernung: 7 m	0,16	0,10	0,11	0,0001	0,21	0,39	0,12	0,002
MP 4.5 Galeria Kaufhof Parkhaus Deck 3,5 unter der Anlage, keine Sichtverbindung Entfernung: 10 m	0,02	0,04	0,001	0,00001	0,05	0,17	0,02	0,0003
MP 4.6 Galeria Kaufhof Parkhaus Deck 2,5 unter der Anlage, keine Sichtverbindung Entfernung: 15 m	0,01	0,01	0,0005	0,000005	0,06	0,14	0,01	0,0002
MP 4.7 Galeria Kaufhof Parkhaus Deck 1,5 unter der Anlage, keine Sichtverbindung Entfernung: 20 m	0,01	0,01	0,0001	0,000001	0,06	0,12	0,01	0,00016
MP 4.8 Galeria Kaufhof Parkhaus Deck 0,5 unter der Anlage, keine Sichtverbindung Entfernung: 25 m	0,002	0,004	0,00002	0,0000002	0,04	0,08	0,004	0,0001
MP 4.9 Hotel Rheingold Ortstraße 166 7. OG am geöffneten Fenster, mit Sichtverbindung Entfernung: 3 m	1,66	2,22	7,28	0,135	3,22	5,94	27,28	0,353
MP 4.10 Hotel Rheingold Ortstraße 166 4. OG am geöffneten Fenster, mit Sichtverbindung Entfernung: 35 m	0,32	0,52	0,27	0,005	1,84	3,47	3,95	0,120
MP 4.11 Hotel Rheingold Ortstraße 166 vor dem Hotel auf der Straße, mit Sichtverbindung Entfernung: 45 m	0,19	0,31	0,09	0,001	1,29	2,51	4,46	0,065

# MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG



## Kyritz, Hagenstraße 9 a LTE-System 800 MHz, Kanalbreite 10 MHz (Pilotbetrieb)

Messpunkt	Immissionsniveau bei 25 LTE		Immissionsniveau durch GStB mit UMS mit Spannung		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsleistung (S)	
	m V/m	Grenzwert- auschöpfung in % bezgl. E	m mV/m	Grenzwert- auschöpfung in % bezgl. S	m V/m	Grenzwert- auschöpfung in % bezgl. E	m mV/m	Grenzwert- auschöpfung in % bezgl. S
MP 6.1 Linienmessung Ecke Hagenstraße 19/Poststraße, mit Sichtverbindung Entfernung: 192 m	0,09	0,18	0,01	0,0001	0,43	0,24	0,59	0,19
MP 6.2 Linienmessung Poststraße 15, mit Sichtverbindung Entfernung: 226 m	0,12	0,24	0,04	0,001	0,50	0,27	0,39	0,06
MP 6.3 Linienmessung Poststraße neben Haus 11, mit Sichtverbindung, Entfernung: 275 m	0,24	0,48	0,15	0,004	0,78	1,54	1,51	0,024
MP 6.4 Linienmessung Poststraße 5, mit Sichtverbindung Entfernung: 391 m	0,07	0,14	0,01	0,0004	0,38	0,00	2,53	0,040
MP 6.5 Linienmessung Poststraße 4, mit Sichtverbindung Entfernung: 435 m	0,09	0,18	0,01	0,001	1,54	2,59	6,39	0,053
MP 6.6 Linienmessung Ecke Poststraße/Am Bahnhof, mit Sichtverbindung, Entfernung: 499 m	0,10	0,20	0,03	0,001	1,20	2,49	4,31	0,062
MP 6.7 Linienmessung Ecke Am Bahnhof/Goethestraße, mit Sichtverbindung, Entfernung: 624 m	0,19	0,38	0,10	0,003	1,13	2,22	3,71	0,049
MP 6.8 Linienmessung Am Bahnhof, Haus Nr. 18, mit Sichtverbindung, Entfernung: 828 m	0,20	0,40	0,11	0,003	1,11	2,26	4,71	0,065
MP 6.9 Linienmessung Am Bahnhof vor „Fortuna Automaten“, mit Sichtverbindung Entfernung: 953 m	0,28	0,56	0,11	0,004	0,63	1,00	1,04	0,012
MP 6.10 Linienmessung Wilshäder Straße am Bahnübergang, mit Sichtverbindung Entfernung: 1.100 m	0,24	0,48	0,05	0,001	0,86	1,63	1,97	0,027
MP 6.11 Straße der Jugend, Star-Funkstelle, mit Sichtverbindung Entfernung: 354 m	0,03	0,07	0,002	0,0004	0,54	1,03	0,29	0,013
MP 6.12 Holzhausener Straße 25, Goethe-Schule, Schulhof, mit Sichtverbindung Entfernung: 282 m	0,13	0,26	0,04	0,001	0,39	0,86	0,41	0,007
MP 6.13 Holzhausener Straße 29, Goethe-Schule, 1. OG, mit Sichtverbindung Entfernung: 261 m	0,11	0,22	0,03	0,001	0,46	0,97	0,55	0,009
MP 6.14 Holzhausener Straße 23, Goethe-Schule, 1. OG, eingeschrankte Sichtverbindung Entfernung: 259 m	0,10	0,20	0,03	0,001	0,31	0,66	0,25	0,004
MP 6.15 Hagenstraße 1 - 5, Heilig Geist Kirche, MfM-Gebäude, keine Sichtverbindung Entfernung: 166 m	0,01	0,02	0,0001	0,000003	0,06	0,10	0,01	0,0001

## Ausbreitungsverhalten im Nahbereich

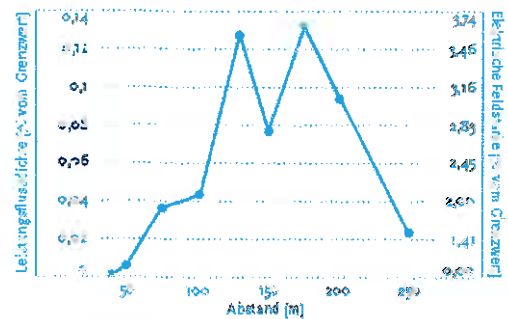
### Geringer Abstand hat nicht zwangsläufig hohe Immissionen zu Folge

Häufig betrachten Bürgerinnen und Bürger Mobilfunkantennen in ihrer Nachbarschaft mit Skepsis. Sie befürchten, dass die Immissionen umso höher sind, je geringer die Distanz zu den Antennen einer Basisstation ist. Die Ingenieure des IMST haben deshalb speziell das Ausbreitungsverhalten von Mobilfunkfeldern der LTE-Sendeanlagen im Nahbereich unter die Lupe genommen. Ihr Fazit: Die Vorbehalte sind unbegründet.

Im Rahmen der Pilotstudie untersuchten die Mitarbeiter des IMST an allen LTE-Sendeanlagen das Ausbreitungsverhalten der Mobilfunkfelder. An einem Teststandort in Mönchengladbach führten sie beispielsweise eine Liniennessung zu einer in 30 Meter Höhe montierten LTE-Sendeanlage im Frequenzbereich 800 MHz durch. Ermittelt wurden die Werte an neun ebenerdigen Messpunkten im Abstand von 27 bis 226 Meter. Das nachstehende Diagramm demonstriert anschaulich, wie sich die an den Messpunkten gewonnenen Immissionswerte zum jeweiligen Antennenabstand verhalten. So fanden die Ingenieure am Messpunkt mit dem kürzesten Abstand zur Antenne mit 0,001 Prozent des Leistungsflussdichtegrenzwertes den niedrigsten Wert. Dagegen ermittelten sie an einem Messpunkt in 173 Meter Entfernung mit 0,130 Prozent einen deutlich höheren Wert. Auch die Auswertung der weiteren Liniennessungen zeigt vergleichbare Immissionskurven. Diese Ergebnisse belegen, dass der Abstand zu einer LTE-Sendeanlage – ebenso wie für andere Mobilfunkanlagen – kein brauchbares Kriterium zur Abschätzung der Immissionen darstellt. Die Grafik zeigt, dass die im Nahbereich zur Antenne ermittelten Messwerte bei freier Sicht auf die Antenne unter den Werten liegen, die bei größerer Entfernung beobachtet werden.

**Fazit:** Der Abstand zu einer Mobilfunkanlage ist kein zuverlässiges Kriterium für die Abschätzung der Immissionen. Aufgrund der Abstrahlcharakteristik der Antennen und der topografischen Gegebenheiten vor Ort treten im Nahbereich oft geringere Feldstärken auf als in größerer Entfernung. Grundsätzlich ist festzuhalten, dass die in unterschiedlichen Entfernungen ermittelten Leistungsflussdichten alle nur einen Bruchteil der gesetzlich geltenden Grenzwerte ausschöpfen.

26 BImSchV LTE-System 800 MHz



Ausbreitungsverhalten hochfrequenter elektromagnetischer Felder im Nahbereich am LTE-Teststandort Mönchengladbach

## Dämpfung von Mobilfunkfeldern

### Baumaterialien und Topografie schwächen die Energie von Mobilfunkfeldern

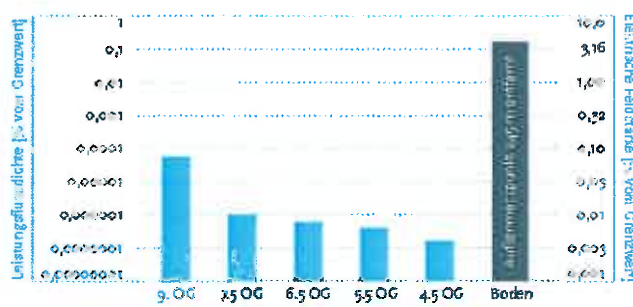
In geschlossenen Räumen sind die elektromagnetischen Felder des Mobilfunks in der Regel schwächer als an Außenmesspunkten. Der Grund: Baumaterialien wie Ziegel, Beton und Stahl haben einen starken Dämpfungseffekt. Wer schon einmal mit seinem Handy in einem Altbau oder in einem modernen Stahlbetongebäude telefoniert hat, kann diesen Effekt selbst bestätigen. Der Empfang in solchen Gebäuden ist wesentlich schlechter als im Freien. Denn ein dickes Mauerwerk oder eine Stahlarmierung absorbieren einen großen Teil der Energie von Mobilfunkfeldern.

Wie hoch die Dämpfung ist, hängt unter anderem von der Frequenz des Mobilfunks ab. Generell gilt: Je höher die Frequenz, desto stärker ist der Dämpfungseffekt. Aber auch die verwendeten Baumaterialien spielen eine Rolle. Ein thermobeschichtetes Fenster schwächt die Felder weitaus stärker ab, als normales Fensterglas. Auch im Freien kann es zu Absorptionseffekten kommen: Speziell im Sommer beeinflusst das Blätterwerk von Bäumen und Sträuchern das Ausbreitungsverhalten von Mobilfunkfeldern. Und natürlich spielt auch die umgebende Bebauung eine wichtige Rolle.

Wie sich der Dämpfungseffekt von LTE-Feldern innerhalb von Gebäuden auswirkt, hat das IMST in München an einem Standort am Georg-Brauchle-Ring untersucht. Auf dem Dach des Gebäudes befindet sich eine LTE-Sendeanlage im Frequenzbereich 2600 MHz. Die Ingenieure stellten fest, dass die Immissionen dieser Anlage innerhalb des Gebäudes von Stockwerk zu Stockwerk abnehmen. So erreicht die Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Leistungsflussdichte im 9. Obergeschoss 0,00005 Prozent. Über die Stockwerke nimmt sie kontinuierlich ab und sinkt bis zum 4. OG auf nur 0,000002 Prozent. An einem Außenmesspunkt in direkter Hauptstrahlrichtung zur Sendeanlage ermittelte das IMST in 245 Meter Entfernung eine Grenzwertausschöpfung der Leistungsflussdichte von 0,177 Prozent. Doch auch dieser Messwert liegt deutlich unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.

**Fazit:** Innerhalb von Gebäuden sind Mobilfunkfelder schwächer als an Außenmesspunkten. Sie nehmen in der Regel kontinuierlich über die Stockwerke ab. Der Grund: Baumaterialien wie Stahlbeton, thermobeschichtetes Glas oder Holz schwächen die Mobilfunkfelder ab. Doch auch im Freien kann es durch die umgebende Bebauung oder Bäume zu Dämpfungseffekten kommen.

26 BImSchV LTE-System 2600 MHz



Beispiel München: Georg-Brauchle-Ring 23 - 25, LTE-System 2600 MHz. Dargestellt ist die Immissionsaufnahme im Gebäude sowie die auftretenden Immissionen an einem Außenmesspunkt.



## Einflussfaktoren für elektromagnetische Felder von LTE-Sendeanlagen und die Gesamtimmission vor Ort

### Statistische Auswertung der Messwerte

Die Auswertung der LTE-Messungen zeigt, dass die Immissionen durch LTE-Sendeanlagen an allen 77 Messpunkten die geltenden Grenzwerte erheblich unterschreiten. Selbst mit Hochrechnung auf eine theoretische Maximalauslastung der Anlagen liegt die Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Leistungsflussdichte an 99 Prozent der Messpunkte unter einem halben Prozent.

Wie sich die Grenzwertausschöpfung prozentual zu den einzelnen Messpunkten verhält, verdeutlicht das nachstehende Diagramm.

Der höchste Wert wurde an einem Messpunkt in Düsseldorf ermittelt. Dort wurde in Hauptstrahlrichtung zu einer 31 m entfernten Anlage auf dem Dach einer Parkgarage mit Sicht auf die Anlage ein hochgerechneter Wert von 1,19 Prozent Grenzwertausschöpfung bezogen auf die Leistungsflussdichte bzw. 12,27 Prozent Grenzwertausschöpfung bezogen auf die elektrische Feldstärke ermittelt. Den Minimalwert der Pilotstudie erhoben die Ingenieure im Räh-

men einer Inhouse-Messung in Stuttgart. Dort ermittelten sie eine Grenzwertausschöpfung von 0,00000003 Prozent bezüglich der Leistungsflussdichte bzw. 0,002 Prozent bezüglich der elektrischen Feldstärke.

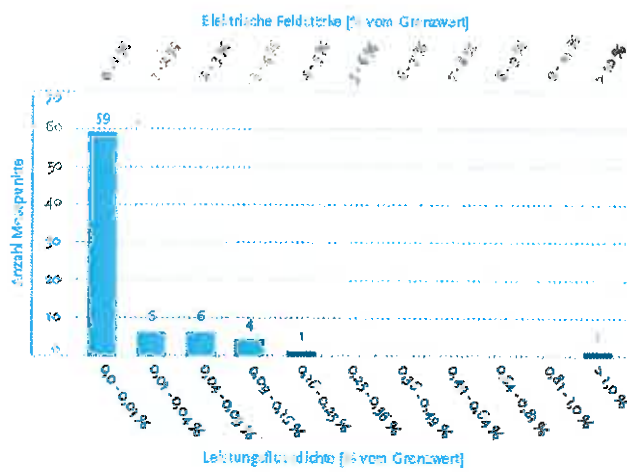
Damit bestätigen die Ergebnisse der LTE-Pilotstudie, dass die zu erwartenden Expositionen der Bevölkerung durch den Ausbau der LTE-Netze voraussichtlich nur Bruchteile des gesetzlichen Grenzwertes ausschöpfen werden.

### Immissionsprognose

Aufgrund ihrer Frequenznähe und der verwendeten Antennen und Sendeleistungen gelten für LTE-Netze in Bezug auf das Ausbreitungsverhalten elektromagnetischer Felder im Nahbereich, die Abstrahlcharakteristik und auf Effekte der Gebäudedämpfung vergleichbare Gesetzmäßigkeiten wie für UMTS- und GSM-Netze. Damit reißen sich die Ergebnisse der LTE-Pilotstudie in die vom IZMF schon früher für GSM- und UMTS-Sendeanlagen initiierten landesweiten Messreihen und Immissionsauswertungen in Nordrhein-Westfalen (2003), Hessen (2004), Niedersachsen (2005), Thüringen (2006), Sachsen (2007), Sachsen-Anhalt (2008) und Bayern (2009) ein.

Insgesamt zeigt die statistische Auswertung der Messergebnisse, dass bei einer Prognose der an einem Messpunkt vorliegenden Immissionssituation stets verschiedene Einflussfaktoren berücksichtigt werden müssen. Es ist notwendig, die verschiedenen Phänomene zu kennen und ihre Wirkung miteinander zu verzahnen.

26. BImSchV prozentuale Verteilung der LTE-Messpunkte



## Mobilfunk und Gesundheit

Die meisten Kinder, Jugendlichen und Erwachsenen in Deutschland besitzen ein Handy. Weltweit – angefangen von entwickelten Industriestaaten bis hin zu den ärmsten Regionen der Welt – sind Mobilfunknetze verfügbar, die Netzabdeckung liegt bei 90 Prozent.

Es ist verständlich, dass diese enorme Verbreitung der Mobilfunktechnologie neben ihrem Nutzen auch Befürchtungen über gesundheitliche Auswirkungen bei den Menschen hervorbringt.

### Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm: Grenzwerte bestätigt

Natürliche und technisch erzeugte elektromagnetische Felder sind ein untrennbarer Bestandteil unserer Umwelt. Ihre potenziellen biologischen Wirkungen sind seit Jahrzehnten Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchungen, auf denen letztlich auch die Sicherheitsbestimmungen für den Mobilfunk basieren. Sie werden regelmäßig von nationalen und internationalen Fachgremien überprüft und haben sich bisher als effizienter Schutz für die Bevölkerung erwiesen. Allerdings gibt es nach wie vor einige offene Fragen zum Thema „Mobilfunk und Gesundheit“. Auch fehlt zu manchen abgeschlossenen Studien noch die Bestätigung der Ergebnisse durch vergleichbare Projekte anderer Forschergruppen. Seit einigen Jahren sind besonders starke Anstrengungen zu beobachten, diese Wissenslücken zu schließen.

So initiierte im Jahre 2002 das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit das „Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm“ (DMF). Rund 50 Forschungsvorhaben in den Disziplinen Biologie, Medizin, Dosimetrie, Epidermiologie und Risikokommunikation untersuchten elektromagnetische Hochfrequenzfelder auf potenziell gesundheitsrelevante Effekte. Auch wurde überprüft, ob es Personen gibt, die über eine besondere „Elektrosensibilität“ verfügen, also schwache Mobilfunkfelder wahrnehmen können. Die Ergebnisse wurden 2003 im Rahmen der internationalen DMF-Abschlusskonferenz vorgestellt. Aus der Gesamtschau dieser Ergebnisse heraus konnten keine Verdachtsmomente

im Zusammenhang mit Krebserkrankungen oder unspezifischen Gesundheitsproblemen wie Kopfschmerzen und Schlafstörungen bestätigt werden. Auch die vermeintliche „Elektrosensibilität“ ließ sich in Doppelblindversuchen nicht nachweisen.

### Interphone-Studie: Kein erhöhtes Gehirntumorrisiko für Handynutzer

Auf internationaler Ebene wurden jüngst die Ergebnisse der im Jahre 2000 gestarteten WHO-Studie INTERPHONE präsentiert, die rund 5.000 Patienten mit Hirntumoren analysiert hat. Nach derzeitigem Kenntnisstand ist ein erhöhtes Risiko für die Bildung von Hirntumoren im Zusammenhang mit Mobilfunkfeldern nicht zu befürchten. Allerdings waren die Nutzungszeiten auf einen Zeitraum bis zu 12 Jahren beschränkt. Um auch längere Expositionszeiträume abzusichern, wurde im Frühjahr 2010 von britischen Wissenschaftlern das Projekt COSMOS (Cohort Study on Mobile Communications) gestartet. Es ist geplant, über einen Zeitraum von 20 - 30 Jahren rund 250.000 Handynutzer in Europa auf gesundheitliche Abweichungen verschiedenster Art zu beobachten. Hierzu gehören neben Hirntumoren auch Schlafstörungen, Depressionen, Kopfschmerzen und Tinnitus.

### Weitere Studien folgen

Ein Thema, das uns an der Deutschen Akademie für Kinder- und Jugendmedizin (DAKJ) bzw. der Kinderumwelt – kinderärztliche Beratungsstelle – besonders am Herzen liegt, ist die Frage, ob Kinder empfindlicher auf Mo-



# ANSPRECHPARTNER

## **Informationszentrum Mobilfunk e. V. (IZMF)**

Hegeplatz 1 | 10117 Berlin  
Kostenfreie Hotline: 0800-330 31 33  
E-Mail: [info@izmf.de](mailto:info@izmf.de)  
Internet: [www.izmf.de](http://www.izmf.de)

## **Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik (IMST GmbH)**

Dr. Christian Bornkessel  
Carl-Friedrich-Gauß-Straße 2-4 | 47475 Kamp-Lintfort  
Tel.: +49 (0)2842-981-100  
Fax: +49 (0)2842-981-199  
Internet: [www.imst.de](http://www.imst.de)

## **Bundesnetzagentur für Elektrizität, Gas, Telekommunikation, Post und Eisenbahnen**

Tulpenfeld 4, 53113 Bonn | Postfach 20 01, 53105 Bonn  
Tel.: +49 (0)228-14-0  
Fax: +49 (0)228-14-8872  
E-Mail: [info@bnetza.de](mailto:info@bnetza.de)  
Internet: [www.bundesnetzagentur.de](http://www.bundesnetzagentur.de)

## **Bundesamt für Strahlenschutz**

Postfach 10 01 49 | 38201 Salzgitter  
Tel.: +49 (0)30-18333-0  
Fax: +49 (0)30-18333-1885  
E-Mail: [info@bfs.de](mailto:info@bfs.de)  
Internet: [www.bfs.de](http://www.bfs.de)

## **Internationale Kommission zum Schutz vor nichtionisierender Strahlung ICNIRP**

c/o Bundesamt für Strahlenschutz  
Ingolstädter Landstraße 1 | 85764 Oberschleißheim  
Tel.: +49 (0)30-18333-2156  
Fax: +49 (0)30-18333-2155  
E-Mail: [info@icnirp.org](mailto:info@icnirp.org)  
Internet: [www.icnirp.de](http://www.icnirp.de)

## **Kinderumwelt gemeinnützige GmbH**

Prof. Dr. med. Karl Ernst von Mühlendahl  
Westerbreite 7 | 49084 Osnabrück  
Tel.: +49 (0)541-9778-900  
Fax: +49 (0)541-9778-905  
E-Mail: [kontakt@kinderumwelt.de](mailto:kontakt@kinderumwelt.de)  
Internet: [www.kinderumwelt.de](http://www.kinderumwelt.de)

### IMPRESSUM

Herausgeber: Informationszentrum Mobilfunk e. V.  
Verantwortlich für den Inhalt: Dr. Christian Bornkessel, Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik (IMST)  
Gestaltung: Anja Tillmann  
Stand: November 2010