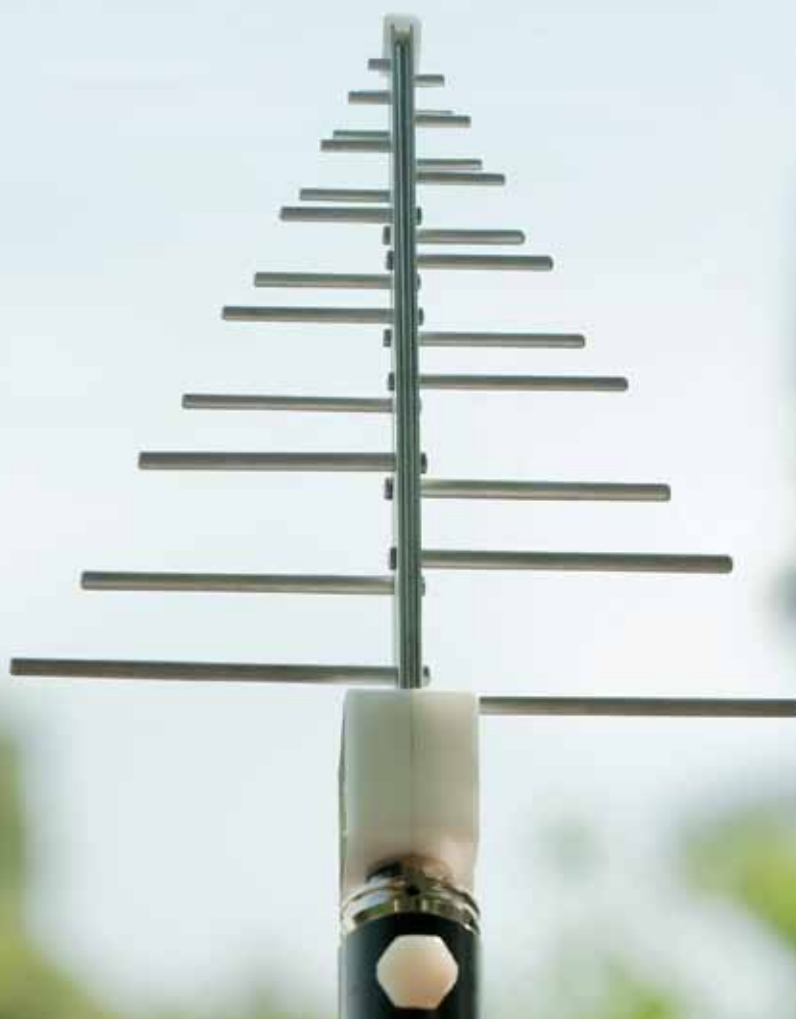


# SICHERHEIT DURCH TRANSPARENZ – LTE AUF DEM PRÜFSTAND



Bundesweite Mobilfunk-Messreihe im Auftrag des  
Informationszentrums Mobilfunk e. V. (IZMF)  
Erstellt vom Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik (IMST GmbH)

Ergebnisse | Auswertung | Diskussion



# INHALT

<b>GRUSSWORT</b>	<b>S. 3</b>
Dr. Birgit Keller, Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU)	
<b>EDITORIAL</b>	<b>S. 4</b>
Dagmar Wiebusch, Geschäftsführerin des Informationszentrums Mobilfunk e. V. (IZMF)	
<b>LTE-Fakten</b>	<b>S. 5 - 6</b>
<b>Mobilfunktechnik für das schnelle Internet</b>	
LTE-Verfügbarkeit	
LTE-Frequenzbereiche	
LTE-Mobilfunknetze	
<b>PROJEKTÜBERBLICK</b>	<b>S. 6 - 7</b>
<b>Im Fokus: Der Nahbereich von Sendeanlagen</b>	
Auswahl der Standorte	
Messkonzept	
Ergebnisse	
<b>LTE AUF DEM PRÜFSTAND</b>	<b>S. 8 - 9</b>
<b>Mess- und Hochrechnungsverfahren der Messreihe</b>	
Mobilfunkspezifische Fokusmessungen	
Maximale Anlagenauslastung	
Grenzwerte	
<b>MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG</b>	<b>S. 10 - 19</b>
<b>Konkrete Messwerte schaffen Transparenz</b>	
Elektrische Feldstärke und Leistungsflussdichte	
Mobilfunkimmissionen	
Gesamtimmissionen im Hochfrequenzbereich 100 kHz – 3 GHz	
<b>AUSWERTUNG</b>	<b>S. 20 - 23</b>
Ausbreitungsverhalten im Nahbereich	
Abstrahlcharakteristik und Höhenabhängigkeit	
Dämpfung von Mobilfunkfeldern	
Feldverteilung und Gesamtimmission der Mobilfunkdienste	
24-Stunden-Langzeitmessung	
<b>DISKUSSION</b>	<b>S. 24 - 27</b>
<b>Einflussfaktoren für elektromagnetische Felder von LTE-Sendeanlagen und Gesamtimmission vor Ort</b>	
Statistische Auswertung der Messwerte	
Immissionsprognose	
<b>Mobilfunk und Gesundheit</b>	
Autor: Prof. Dr. med. Karl Ernst von Mühlendahl, Kinderumwelt gGmbH	
Deutsches Mobilfunk Forschungsprogramm: Grenzwerte bestätigt	
INTERPHONE-Studie: Kein erhöhtes Gehirntumorrisiko für Handynutzer	
Weitere Studien folgen	
Immissionen durch LTE liegen weit unter den Grenzwerten	
<b>ANSPRECHPARTNER UND IMPRESSUM</b>	<b>S. 28</b>

## Liebe Leserinnen und Leser,

die Art, wie wir über Medien miteinander kommunizieren, hat sich in den letzten Jahren stark verändert. Das Gespräch via Handy ersetzt in vielen Fällen die Festnetznutzung und die Popularität des mobilen Internets steigt unaufhaltsam. Die neue Mobilfunkgeneration LTE soll dieser gestiegenen Nachfrage nach Datenvolumen gerecht werden. Der LTE-Standard kann Frequenzen äußerst effizient nutzen und einen schnellen Internetzugang mit einer hohen Datenübertragungsrates gewährleisten. Daher eignet er sich zur Versorgung insbesondere ländlicher Gebiete in Deutschland mit schnellem Breitband-Internet.

Mit dem Ausbau von LTE rückt auch die Diskussion um Risiken des Mobilfunks wieder ins öffentliche Bewusstsein. Insbesondere die Frage nach der Zunahme elektromagnetischer Felder im Wohnumfeld durch Ausweitung der Frequenzbereiche beschäftigt viele Menschen.

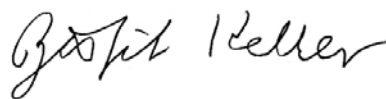
Die Grenzwerte für elektromagnetische Felder des Mobilfunks werden durch die Verordnung über elektromagnetische Felder (26. BImSchV) vorgegeben. Die Grenzwerte gelten unabhängig von der eingesetzten Funktechnik und daher auch für LTE.

Zur Bewertung der gesundheitlichen Wirkung von Funktechnologien sind insbesondere die verwendeten Frequenzen und die Immissionen von Bedeutung. Im Rahmen des 2008 abgeschlossenen Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms (DMF) wurden mögliche gesundheitliche Risiken sowie grundsätzliche biologische Wirkungen und Mechanismen der beim Mobilfunk verwendeten hochfrequenten elektromagnetischen Felder untersucht. Der untersuchte Frequenzbereich wurde bewusst breit gefasst und ging in einigen Studien über die aktuell für den Mobilfunk genutzten Bereiche hinaus. So sollten die Ergebnisse Aussagekraft für das gesamte Frequenzspektrum der Telekommunikation haben und auch die Bewertung

zukünftiger technischer Entwicklungen ermöglichen. Die Ergebnisse des DMF lassen deshalb Schlussfolgerungen zu auf mögliche gesundheitliche Risiken der neuen LTE-Technologie: Da die von LTE genutzten Frequenzbänder eng bei den derzeit für Mobilfunk und andere Funktechnologien genutzten Frequenzbereichen liegen, ist nicht zu erwarten, dass sich ihre biologisch-medizinischen Wirkungen grundsätzlich unterscheiden.

Umfangreiche nationale und internationale Forschungsergebnisse weisen darauf hin, dass vom Mobilfunk keine gesundheitliche Gefährdung ausgeht. Ängste und Misstrauen gegenüber der Mobilfunktechnologie, die sich dennoch in Teilen der Bevölkerung halten, sind häufig auf einen Mangel an fachgemäßer Information über die komplexen Wirkzusammenhänge der funkbasierten Kommunikationstechniken zurückzuführen. Um dem entgegenzuwirken, bedarf es einer beständigen, allgemeinverständlichen und auf wissenschaftlichen Erkenntnissen basierenden Kommunikation und Information über die Wirkungen der Felder.

Ebenso wichtig für eine sachliche Diskussion über mögliche gesundheitliche Belastungen durch elektromagnetische Felder sind Kenntnisse über die tatsächlich auftretenden Felder. Hier bilden die nun vorliegenden Ergebnisse des LTE-Messprogramms, an dem sich alle 16 Umweltministerien der Länder beteiligt haben, eine gute Basis. Sie zeigen, dass auch mit der LTE-Technik die Intensitäten der elektromagnetischen Felder weit unterhalb der geltenden Grenzwerte bleiben.



Dr. Birgit Keller  
Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz  
und Reaktorsicherheit (BMU)



## Bilden Sie sich selbst eine Meinung



Zum Handy als ständigen Begleiter gesellen sich mittlerweile immer häufiger Tablets und Laptops. Sie sind mobiler Arbeitsplatz, Kommunikationsplattform, Kalender, Kamera, Taschenrechner, Navigationsgerät und Geldbörse in einem und steigern rasant den Bedarf an funkbasierten schnellen Internetverbindungen. Aktuellen Hochrechnungen zufolge soll der mobile Datenverkehr in Deutschland bis 2016 um das Fünfzehnfache zunehmen. Dieses schnelle Wachstum sorgt für neue Herausforderungen beim Auf- und Ausbau der Telekommunikationsnetze.

Eine leistungsfähige Mobilfunkinfrastruktur wird von der Bundesregierung als wichtige Voraussetzung für wirtschaftliches Wachstum und steigenden Wohlstand gesehen. Der Ausbau der vierten Mobilfunkgeneration LTE (Long Term Evolution) ist daher zentraler Baustein der Breitbandstrategie des Bundes. Die LTE-Netze machen mobiles Internet künftig überall verfügbar, auch und zuvorderst in bisher mit Breitband unversorgten bzw. unterversorgten Gebieten. Der Netzaufbau in diesen sogenannten „weißen Flecken“ ist mittlerweile abgeschlossen. Inzwischen wird der LTE-Ausbau in den größeren Städten fortgesetzt. Deutschland zählt europaweit zur Spitzengruppe beim LTE-Ausbau.

Wenngleich zu erwarten ist, dass die Gesetzmäßigkeiten der Ausbreitung von LTE grundsätzlich denen bisheriger Mobilfunkgenerationen ähneln, ist über die realen Immissionen durch LTE-Anlagen noch wenig bekannt. Bislang liegen nur wenige Studien vor, die sich mit LTE-Immissionen befassen.

Um diese Lücke zu schließen, hat das Informationszentrum Mobilfunk e.V. (IZMF) die vorliegende erste bundesweite Untersuchung von LTE-Sendeanlagen im Regelbetrieb in Auftrag gegeben. Ziel der Studie ist es, die Öffentlichkeit umfassend und anhand von aktuellen Daten über die Exposition der Bevöl-

kerung durch LTE- und andere Mobilfunkfelder zu informieren. Das IZMF knüpft damit an eine im Sommer 2010 – noch vor Beginn des Netzaufbaus – in Auftrag gegebene Pilotstudie an, in der LTE-Sendeanlagen im Testbetrieb untersucht worden waren. Diese Studie stieß auf großes Interesse und konnte auf verschiedenen internationalen Wissenschaftskongressen präsentiert werden.

Die Durchführung der Messreihe erfolgte mit Unterstützung der Landesumweltministerien der Bundesländer sowie des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU). Untersucht wurden LTE-Stationen in allen 16 Bundesländern an 91 Messpunkten. Für Qualität und Neutralität der Ergebnisse bürgt das renommierte Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik (IMST GmbH) in Kamp-Lintfort, das die Messungen durchgeführt hat. Mit der bundesweiten LTE-Messreihe reagiert das IZMF auch auf eine Empfehlung des BMU, das sachliche und auf wissenschaftlichen Erkenntnissen basierende Informationsmaßnahmen zu neuen Funktechnologien wie LTE anräth. Die vorliegende Broschüre bietet allen Interessierten, die sich ein Bild von den sie umgebenden Mobilfunkimmissionen machen wollen, allgemeinverständliche Ausführungen über Messverfahren, Messergebnisse und deren Bewertung sowie eine Fülle von weiterführenden Informationen.

Und wer darüber hinaus Fragen hat, ist herzlich eingeladen, unsere gebührenfreie Hotline 0800 3303133 zu nutzen. Dort stehen wir gern für ein persönliches Gespräch zur Verfügung. Den kompletten Studienbericht finden Sie auch auf unserer Homepage unter [www.izmf.de](http://www.izmf.de).

**Dagmar Wiebusch**

Geschäftsführerin des Informationszentrums Mobilfunk e.V. (IZMF)

## Mobilfunktechnik für das schnelle Internet

Die LTE-Technologie (Long Term Evolution) ist eine Weiterentwicklung des Mobilfunkstandards der 3. Generation (3G), allseits bekannt unter der Bezeichnung UMTS (Universal Mobile Telecommunications System). LTE wird häufig bereits der 4. Mobilfunkgeneration (4G) zugeordnet und Experten erwarten, dass er bald zum meist genutzten Mobilfunkstandard der Zukunft avanciert.

### Die LTE-Technologie bietet überzeugende Vorteile:

- Schnelle Datenübertragungsraten im Down- (100 MBit/s) und Up-Link (50 MBit/s)
- Kurze Latenzzeiten
- Datenpaketbasierte Übertragung nach IP-Protokoll
- Gute Mobilitätseigenschaften auch bei schneller Fortbewegung
- Abwärtskompatibilität
- Leicht aufrüstbare Infrastruktur
- Hohe Mitnutzungsquoten bestehender Standorte

### LTE-Verfügbarkeit

Für den Ausbau ihrer LTE-Netze nutzen die Mobilfunkbetreiber die im Frühjahr 2010 erstiegenen Frequenzen in den Bereichen 800 MHz, 1,8 GHz, 2,0 GHz und 2,6 GHz. Die Bundesnetzagentur hatte den Mobilfunkbetreibern bei der Zuteilung der 800-MHz-Frequenzen eine stufenweise Auf- und Ausbaupflichtung zur Auflage gemacht. Beginnen musste der Netzaufbau in Regionen, die mit Breitband unversorgt oder unterversorgt waren (sog. „weiße Flecken“). Entsprechende Kommunen waren bereits im Vorfeld der Frequenzversteigerung von den Bundesländern benannt worden. Die Verpflichtung lautete, im ersten Ausbauschnitt mindestens 90 Prozent der Bevölkerung in Kommunen unter 5.000 Einwohnern zu versorgen. Die Mobilfunkunternehmen haben die Versorgungsaufgabe im 800-MHz-Bereich seit November 2012 in allen dreizehn mit Breitband

unterversorgten Bundesländer erfüllt. Derzeit erfolgt der zügige Ausbau in größeren Städten und Ballungsräumen.

### LTE-Frequenzbereiche

Die für den Ausbau der LTE-Netze genutzten Frequenzbereiche haben unterschiedliche physikalische Eigenschaften, die auch ihre Nutzungsmöglichkeiten bestimmen. So hat der 800-MHz-Bereich sehr gute Ausbreitungseigenschaften. Mit einer einzigen Basisstation können relativ große Gebiete versorgt werden. Daher eignet sich dieser Frequenzbereich besonders gut zur funkgebundenen Breitbandversorgung im ländlichen Raum. Da die Ausbreitungseigenschaften schlechter werden, je höher ein Frequenzbereich im Spektrum angesiedelt ist, werden die 1,8 GHz-, 2,0 GHz- und 2,6 GHz-Frequenzen vorwiegend in Städten und Ballungsräumen genutzt. Aufgrund der hohen Kapazitätsnachfrage werden die Basisstationen hier ohnehin in geringeren Abständen errichtet.

### LTE-Mobilfunknetze

Wie alle Mobilfunknetze sind auch die LTE-Netze zellular aufgebaut. Grundsätzlich basiert LTE auf einer Luftschnittstelle, die als „Evolved UMTS Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN)“ 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 selbst wird als EPC (Evolved Packet Core) bezeichnet. Der Zellenradius wird im LTE-Netz im Wesentlichen vom Verkehrsaufkommen, der Frequenz und der Anzahl der Mobilfunknutzer im Versorgungsgebiet bestimmt und kann zwischen wenigen Metern (Mikrozelle) bis hin zu mehreren Kilometern (Makrozelle) variieren.

## Im Fokus: Der Nahbereich von Sendeanlagen

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 wesentlich effizienter genutzt werden als mit der bisherigen 3G-Technik.

Mit dem Ziel, Klarheit über die Immissionen im Nahbereich von Mobilfunksendeanlagen des neuen LTE-Standards zu schaffen, hat das Informationszentrum Mobilfunk e. V. (IZMF) 2012 die erste bundesweite Messreihe an LTE-Sendeanlagen im Regelbetrieb in Auftrag gegeben. Mit Unterstützung des Bundesministeriums für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) und in Abstimmung mit den Landesumweltministerien haben Experten des Instituts für Mobil- und Satellitenfunktechnik (IMST GmbH) in allen 16 Bundesländern an 91 Messpunkten die Immissionen in unmittelbarer Nähe von LTE-Sendeanlagen sowie im Wohnbereich ermittelt. Dabei wurden Immissionsmessungen an 16 LTE-Basisstationen (ein Standort je Bundesland) in den Frequenzbereichen 1.800 MHz und 800 MHz (Digitale Dividende) sowie in verschiedenen Besiedlungsstrukturen untersucht. Sofern am Standort der LTE-Anlage auch Mobilfunksendeanlagen des GSM- und/oder UMTS-Standards installiert waren, wurden auch deren Immissionen mitgemessen und die jeweilige Gesamtmission aller Mobilfunkdienste ermittelt.

### Auswahl der Standorte

Die Auswahl der LTE-Standorte erfolgte in Abstimmung mit den Landesumweltministerien. Dabei wurden die entsprechenden Fachabteilungen um Standortvorschläge für ihr Bundesland gebeten. Fast alle Bundesländer haben Messorte vorgeschlagen, die das IMST einer gründlichen Prüfung unterzogen hat, um insbesondere diejenigen Standorte in die Untersuchung aufzunehmen, die aufgrund von Mehrfachnutzung und der räumlichen Nähe zur Bebauung eine Abschätzung maximal auftretender Immissionen erlauben. Für Baden-Württemberg, Rheinland-Pfalz und das Saarland erfolgte die Messortauswahl durch das IMST, da diese Bundesländer selbst keine Vorschläge hatten. Pro Bundesland wählten die Messexperten je einen repräsentativen Standort aus und legten in dessen unmittelbarer Um-





gebung jeweils fünf bis sieben Messpunkte fest, sodass an insgesamt 91 Messpunkten bundesweit gemessen wurde.

### Messkonzept

Mit der LTE-Messreihe „Sicherheit durch Transparenz – LTE auf dem Prüfstand“ schließt das IZMF an eine im Sommer 2010 beauftragte Pilotstudie an, in der LTE-Anlagen im Testbetrieb gemessen wurden. Auch diese Studie wurde vom IMST durchgeführt. Das in beiden Studien verwendete LTE-Messkonzept wurde vom IMST entwickelt und kommt derzeit auch im Rahmen eines Forschungsvorhabens des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) zum Einsatz. Das Messkonzept zielt darauf ab, typische Expositionsszenarien zu untersuchen, um aus den gemessenen Immissionen Abschätzungen für vergleichbare Standorte ableiten zu können. Die Expositionsszenarien werden ergänzt durch eine zusätzliche 24-Stunden-Langzeitmessung, die Aufschluss über den tageszeitlichen Verlauf der Immissionen gibt.

Die gewonnenen Messergebnisse wurden im Rahmen eines Messberichtes dokumentiert und hinsichtlich der Einhaltung der in Deutschland gesetzlich geregelten Grenzwerte der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundes-Immissionsschutzgesetzes (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV) bewertet.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse zeigen, dass die gültigen Grenzwerte in Deutschland an sämtlichen Messpunkten deutlich unterschritten werden. Selbst unter zusätzlicher Berücksichtigung der Immissionen durch GSM- und UMTS-Mobilfunkanlagen am selben Standort und mit Hochrechnung auf eine theoretische Maximalauslastung aller Anlagen werden die Grenzwerte nur zu einem geringen Teil ausgeschöpft.

Zwar zeigt die statistische Auswertung, dass durch die neuen LTE-Netze die Gesamtmission an den untersuchten Standorten ansteigt. Dennoch beträgt die Grenzwertausschöpfung der Gesamtmission an 86 der 91 Messpunkte weniger als 10 Prozent bezogen auf die Feldstärke und weniger als 1 Prozent bezogen auf die Leistungsflussdichte.

Der höchste LTE-Wert der Messreihe wurde in Jena gemessen. An einem Messpunkt in Hauptstrahlrichtung zur LTE-Basisstation im Abstand von 24 Metern wurde eine Ausschöpfung von 13,53 Prozent des Feldstärke-Grenzwertes erreicht. An diesem Messpunkt wurde mit 21,82 Prozent Ausschöpfung des Feldstärke-Grenzwertes auch die höchste Gesamtmission der Messreihe festgestellt. Die geringste Feldstärke wurde an einem Messpunkt in Hanau gemessen und lag bei einer Grenzwertausschöpfung von lediglich 0,01 Prozent.

#### Hinweis:

Die Größen Elektrische Feldstärke (E) und Leistungsflussdichte (S) werden auf S. 10 ausführlich erläutert. In den Einzeltabellen für alle Messorte (ab S. 11) werden jeweils beide Werte aufgeführt.

### Die Messungen geben Aufschluss über

- Die Stärke der elektromagnetischen Felder in der Umgebung von LTE-Mobilfunkanlagen im Bereich 800 MHz und 1.800 MHz
- Das Ausbreitungsverhalten von LTE-Feldern im Nahbereich
- Die Abstrahlcharakteristik von LTE-Sendeanlagen und ihren Einfluss auf das Ausbreitungsverhalten der Felder
- Die Dämpfungseffekte durch Gebäude und topografische Gegebenheiten
- Die Relation der Immissionen verschiedener Mobilfunkdienste und die daraus resultierende Gesamtmission am Standort

## Mess- und Hochrechnungsverfahren der Messreihe

### Mobilfunkspezifische Fokusmessungen

Als Messverfahren wurde an allen Messpunkten die „Schwenkmethode mit Hochrechnung auf den maximalen Betriebszustand der Anlage“ angewendet. Bei diesen Messungen wird eine handgeführte Messantenne durch das Messvolumen geschwenkt, wobei das Messgerät in der Betriebsart „max-hold“ arbeitet und die maximalen Immissionen im Messvolumen aufzeichnet.

### Maximale Anlagenauslastung

Laut 26. BImSchV sind Immissionen von Mobilfunksendeanlagen bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung zu ermitteln. Da aber die von LTE-, GSM- und UMTS-Basisstationen erzeugten elektromagnetischen Felder nicht zeitlich konstant sind, sondern in Abhängigkeit von Verkehrsauslastung und Verbindungsqualität schwanken, müssen die Messdaten auf die maximale Anlagenauslastung hochgerechnet werden. Für die einzelnen Mobilfunkdienste kommen dabei folgende Verfahren zum Einsatz:

### LTE-Anlagen

Bei LTE-Anlagen sind die Referenz-Signale (RS) anlagen- und sektorspezifisch codiert und werden permanent mit konstanter Sendeleistung gesendet. Mit einem codeselektiven Spektrumanalysator werden die RS-Immissionen gemessen. Mit den von den Anlagenbetreibern zur Verfügung gestellten Daten über die aktuell eingestellte Sendeleistung der RS-Signale sowie die bei der Bundesnetzagentur (BNetzA) beantragte und genehmigte maximale Sendeleistung pro Sendeantenne wird daraus die maximale Immission beim maximalen Betriebszustand der Anlage abgeleitet.

### GSM-Anlagen

Mehrkanalige GSM-Anlagen senden ab Kanal 2 meist mit einer Leistungsregelung, wohingegen der Signalisierungskanal (Broadcast Control Channel, BCCH) permanent mit maximaler Sendeleistung arbeitet. Um aus den gemessenen Werten auf die maximale Anlagenauslastung zu schließen, wird je Sektor die durch den Signalisierungskanal erzeugte Immission





gemessen und mit der maximalen Anzahl der Kanäle verknüpft. Dabei wird der bei der BNetzA beantragte bzw. genehmigte maximale Betriebszustand der Anlage zugrunde gelegt. Die Zahl der bei der BNetzA beantragten bzw. genehmigten Kanäle sowie deren Kanalnummern wurden von den Netzbetreibern zur Verfügung gestellt.

### UMTS-Anlagen

Bei UMTS-Anlagen existiert ein Signalisierungssignal (Common Pilot Channel, CPICH), das mit definierter, konstanter Leistung abgegeben wird. Die Feldstärke jedes vorhandenen CPICH wird mittels einer codeselektiven Messung bestimmt. Die Maximalimmission ergibt sich durch Multiplikation der gemessenen CPICH-Immission mit einem Faktor, der sich aus der aktuell eingestellten Leistung des CPICH und der maximal beantragten

Sendeleistung des Frequenzkanals ergibt. Dieser Faktor (in der Regel 10 bezüglich der Leistung) wurde bei den Netzbetreibern abgefragt. Die auf Basis dieser Angaben ermittelte Immission wurde dann auf die Zahl der maximal beantragten bzw. genehmigten Frequenzkanäle hochgerechnet.

### Messgeräte und Messgenauigkeit

Die Messungen wurden mit kalibrierten Spektrumanalysatoren und Messantennen durchgeführt. Die Messunsicherheit wurde dabei mit maximal  $\pm 3$  Dezibel ermittelt. Hierbei sind sowohl Unsicherheitsbeiträge für die Kalibrierung von Messantenne, Messkabel und Spektrumanalysator als auch der Probennahme berücksichtigt. Die Messunsicherheit wurde nicht zu den Messergebnissen addiert.

## Grenzwerte

In Deutschland gelten für ortsfeste Sendeanlagen ab einer bestimmten Mindestsendeleistung Grenzwerte. Sie sind in der 26. Verordnung zur Durchführung des Bundesimmissionsschutzgesetzes (26. BImSchV) festgelegt und beruhen auf den Empfehlungen der Internationalen Strahlenschutzkommission für nicht ionisierende Strahlung (ICNIRP). Die geltenden Grenzwerte bieten der Bevölkerung einen zuverlässigen Schutz vor wissenschaftlich nachgewiesenen gesundheitlichen Beeinträchtigungen von elektromagnetischen Feldern des Mobilfunks. Das ist das Fazit, das die Bundesregierung aus dem 2008 abgeschlossenen Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm (DMF) sowie der übrigen weltweiten Mobilfunkforschung zieht. „Insgesamt gibt es in Anbetracht der Ergebnisse des DMF sowie der aktuellen internationalen Forschung keinen Anlass, die Schutzwirkung der bestehenden Grenzwerte zu bezweifeln“, stellt dazu ebenfalls das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) fest und betont, dass dies auch für die Frequenzbereiche des neuen Mobilfunkstandards LTE gilt. Für die Einhaltung der Grenzwerte ist in Deutschland die Bundesnetzagentur verantwortlich. Zur Überprüfung führt sie bundesweit regelmäßig Kontrollmessungen durch.

Standard	Frequenz	Elektrische Feldstärke (E)	Leistungsflussdichte (S)
GSM 900	900 MHz	41,7 V/m	4,6 W/m <sup>2</sup>
GSM 1.800	1.800 MHz	58,4 V/m	9,0 W/m <sup>2</sup>
UMTS	2.100 MHz	61,0 V/m	10,0 W/m <sup>2</sup>
LTE 800	800 MHz	38,6 V/m	4,0 W/m <sup>2</sup>
LTE 1.800	1.800 MHz	58,4 V/m	9,0 W/m <sup>2</sup>

## Konkrete Messwerte schaffen Transparenz

### Elektrische Feldstärke und Leistungsflussdichte

Um die Stärke von elektromagnetischen Feldern in der Umgebung von Hochfrequenzquellen anzugeben, werden üblicherweise die elektrische Feldstärke  $E$  (V/m) oder die Leistungsflussdichte  $S$  (W/m<sup>2</sup>) 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?

Die in Volt pro Meter angegebene elektrische Feldstärke ( $E$ ) ist 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 verwendet, wie etwa zur Beschreibung des Ausbreitungsverhaltens von Hochfrequenzfeldern. So nimmt die elektrische Feldstärke unter Idealbedingungen bei kugelförmiger Abstrahlung von der Antenne linear mit dem Abstand zum Sender ab.

Bei der Untersuchung möglicher biologischer Wirkungen hochfrequenter Felder wird meist die Leistungsflussdichte ( $S$ ) als Maßeinheit benutzt. Sie gibt die durch eine Fläche pro Zeiteinheit fließende Energie an, die durch ein elektromagnetisches Wellenfeld transportiert wird. Sie ist ein Maß für die Intensität der Strahlung und damit eine wichtige Größe für die Beurteilung biologischer Effekte, beispielsweise zur Bestimmung der Erwärmung von Gewebe.

In der öffentlichen Diskussion um Grenzwerte stiften die Einheiten elektrische Feldstärke und Leistungsflussdichte – 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. Dies liegt in der Umrechnungsformel begründet und hat keine biologische Bedeutung.


### Mobilfunkimmissionen

In den Tabellen auf den Seiten 11 bis 18 sind die 16 LTE-Standorte mit allen 91 Messpunkten (fünf bis sieben pro Standort) genau beschrieben. Für alle ermittelten Messwerte werden sowohl die elektrische Feldstärke als auch die Leistungsflussdichte und der jeweilige Grad ihrer Grenzwertausschöpfung angegeben. Da an allen Standorten auch GSM- und/oder UMTS-Sendeanlagen installiert waren, wurden deren Immissionen ebenfalls erhoben und in den Tabellen aufgeführt.

Angegeben ist immer die Maximalimmission für Vollausbau und Vollaustastung der Station. Diese tritt auf, wenn die Anlagen gemäß der BNetzA-Standortbescheinigung voll ausgebaut sind und gerade den maximal möglichen Telefon- bzw. Datenverkehr mit größtmöglicher Sendeleistung abwickeln. Zur Beurteilung der gemessenen Immissionen bezüglich der Grenzwerte der 26. BImSchV wird diese Maximalimmission herangezogen. In der Praxis sind die Immissionen je nach momentaner Auslastung und Ausbau der Stationen geringer als die angegebenen Maximalimmissionen.

### Gesamtimmissionen im Hochfrequenzbereich 100 kHz – 3 GHz


Um auch die Immissionen von anderen Hochfrequenzquellen wie Rundfunk oder BOS-Funk zu erfassen, wurde an jedem LTE-Standort an je einem Messpunkt eine Außenmessung im Frequenzbereich 100 kHz bis 3 GHz durchgeführt. Erfasst wurden dabei sämtliche Immissionen aller Hochfrequenzquellen. Die Messwerte und der jeweilige Grad ihrer Grenzwertausschöpfung sind auf S. 19 dargestellt.

	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m²	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m²	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m²	Grenzwert-ausschöpfung

**Messort 01: Gemarkung Büschfeld, Flur 6, Flurstück 120/2, 66687 Wadern, Saarland**

LTE-System 800 MHz

<b>MP 1.1</b> Innenmessung mit Sichtverbindung, Kita Pffikus Schulstraße 27/EG, Abstand: 610 m	0,83	2,15 %	1,83	0,046 %	1,15	2,29 %	3,50	0,052 %	1,42	3,14 %	5,33	0,099 %
<b>MP 1.2</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Kita Pffikus Schulstraße 27, Abstand: 660 m	0,50	1,30 %	0,67	0,017 %	0,60	1,13 %	0,94	0,013 %	0,78	1,72 %	1,61	0,030 %
<b>MP 1.3</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Am Scheifberg 48, Abstand: 225 m	0,64	1,66 %	1,10	0,028 %	0,53	1,17 %	0,75	0,014 %	0,83	2,03 %	1,84	0,041 %
<b>MP 1.4</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Am Rödchen 2, Abstand: 370 m	0,35	0,91 %	0,33	0,008 %	0,44	1,01 %	0,52	0,010 %	0,57	1,37 %	0,85	0,019 %
<b>MP 1.5</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Am Rödchen/Am Scheifberg, Abstand: 455 m	0,61	1,57 %	0,98	0,025 %	0,81	1,66 %	1,75	0,028 %	1,01	2,29 %	2,73	0,052 %
<b>MP 1.6</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Am Scheifberg 4, Abstand: 525 m	0,84	2,17 %	1,85	0,047 %	0,94	1,88 %	2,36	0,035 %	1,26	2,87 %	4,21	0,082 %


	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m²	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m²	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m²	Grenzwert-ausschöpfung


**Messort 02: Spelzenhofstraße 46, 67678 Mehlingen, Rheinland-Pfalz**


LTE-System 800 MHz

<b>MP 2.1</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Spelzenhofstraße 41, Abstand: 110 m	4,16	10,77 %	45,82	1,159 %	3,11	7,40 %	25,65	0,547 %	5,19	13,06 %	71,47	1,706 %
<b>MP 2.2</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Spelzenhof-/Kirchenstraße, Abstand: 390 m	0,95	2,47 %	2,42	0,061 %	1,15	2,30 %	3,51	0,053 %	1,49	3,38 %	5,92	0,114 %
<b>MP 2.3</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Spelzenhofstraße 27, Abstand: 280 m	2,62	6,78 %	18,18	0,460 %	2,69	5,55 %	19,15	0,309 %	3,75	8,77 %	31,33	0,769 %
<b>MP 2.4</b> Außenmessung mit Sichtverbindung Spelzenhof-/Lindenhofstraße, Abstand: 190 m	3,85	9,98 %	39,35	0,996 %	3,39	7,09 %	30,57	0,502 %	5,13	12,24 %	69,92	1,498 %
<b>MP 2.5</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Spelzenhofstraße 46, Abstand: 40 m	1,57	4,06 %	6,52	0,165 %	1,43	3,22 %	5,45	0,104 %	2,12	5,18 %	11,98	0,269 %


# MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG

	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung
<b>Messort 03: Königstraße 27, 70173 Stuttgart, Baden-Württemberg</b>												
LTE-System 1.800 MHz												
<b>MP 3.1</b> Innenmessung mit Sichtverbindung, Wissenschaftsministerium Königstraße 46/9. OG, Abstand: 32 m	3,00	5,13 %	23,85	0,264 %	8,38	15,80 %	186,41	2,495 %	8,90	16,61 %	210,26	2,759 %
<b>MP 3.2</b> Innenmessung mit Sichtverbindung, Wissenschaftsministerium Königstraße 46/7. OG, Abstand: 34 m	1,98	3,39 %	10,38	0,115 %	5,42	9,59 %	78,06	0,921 %	5,77	10,18 %	88,44	1,035 %
<b>MP 3.3</b> Innenmessung mit Sichtverbindung, Wissenschaftsministerium Königstraße 46/5. OG, Abstand: 36 m, Höhe: 5. OG, Lage: Innen-Messpunkt	0,95	1,63 %	2,41	0,027 %	1,62	2,86 %	6,95	0,082 %	1,88	3,30 %	9,35	0,109 %
<b>MP 3.4</b> Innenmessung mit Sichtverbindung, Wissenschaftsministerium Königstraße 46/2. OG, Abstand: 38 m	1,07	1,83 %	3,04	0,034 %	1,32	2,62 %	4,63	0,069 %	1,70	3,20 %	7,67	0,102 %
<b>MP 3.5</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Wissenschaftsministerium Königstraße 46, Abstand: 40 m	0,88	1,51 %	2,05	0,023 %	1,51	3,28 %	6,07	0,108 %	1,75	3,61 %	8,12	0,130 %
<b>MP 3.6</b> Außenmessung ohne Sichtverbindung, Karstadt Königstraße 27-29, Abstand: 34 m	0,28	0,49 %	0,21	0,002 %	0,68	1,31 %	1,24	0,017 %	0,74	1,40 %	1,45	0,020 %

	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung
<b>Messort 04: Leimenstraße 20, 63450 Hanau, Hessen</b>												
LTE-System 800 MHz												
<b>MP 4.1</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Klinikum Hanau Leimenstraße 20/11. OG, Abstand: 10 m	0,01	0,04 %	0,00	0,000 %	0,03	0,06 %	0,00	0,000 %	0,03	0,07 %	0,00	0,000 %
<b>MP 4.2</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Klinikum Hanau Leimenstraße 20/9. OG, Abstand: 17 m	0,01	0,02 %	0,00	0,000 %	0,01	0,03 %	0,00	0,000 %	0,01	0,03 %	0,00	0,000 %
<b>MP 4.3</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Klinikum Hanau Leimenstraße 20/7. OG, Abstand: 24 m	0,01	0,01 %	0,00	0,000 %	0,01	0,03 %	0,00	0,000 %	0,01	0,03 %	0,00	0,000 %
<b>MP 4.4</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Klinikum Hanau Leimenstraße 20/5. OG, Abstand: 31 m Höhe: 5. OG, Lage: Innen-Messpunkt	0,00	0,01 %	0,00	0,000 %	0,01	0,02 %	0,00	0,000 %	0,01	0,02 %	0,00	0,000 %
<b>MP 4.5</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Klinikum Hanau Leimenstraße 20/3. OG, Abstand: 38 m	0,00	0,01 %	0,00	0,000 %	0,01	0,02 %	0,00	0,000 %	0,01	0,02 %	0,00	0,000 %
<b>MP 4.6</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Klinikum Hanau Leimenstraße 20/2. OG, Abstand: 42 m	0,00	0,01 %	0,00	0,000 %	0,01	0,01 %	0,00	0,000 %	0,01	0,01 %	0,00	0,000 %
<b>MP 4.7</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Leimenstraße 2, Abstand: 199 m	0,53	1,38 %	0,76	0,019 %	0,79	1,90 %	1,66	0,036 %	0,95	2,35 %	2,42	0,055 %





	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung
<b>Messort 05: Körner Hellweg 76, 44143 Dortmund, Nordrhein-Westfalen</b>												
LTE-System 1.800 MHz												
MP 5.1 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Uhlandschule Heilbronner Straße 4/EG, Abstand: 165 m	0,52	0,89 %	0,71	0,008 %	2,26	4,76 %	13,50	0,226 %	2,31	4,84 %	14,21	0,234 %
MP 5.2 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Uhlandschule Heilbronner Straße 4/1. OG, Abstand: 165 m	0,56	0,96 %	0,84	0,009 %	2,13	4,27 %	12,00	0,182 %	2,20	4,38 %	12,84	0,192 %
MP 5.3 Außenmessung in Richtung zur Anlage, Schulhof Uhlandschule Heilbronner Straße 4, Abstand: 155 m	0,30	0,52 %	0,24	0,003 %	2,83	5,79 %	21,28	0,335 %	2,85	5,81 %	21,52	0,338 %
MP 5.4 Innenmessung unter der Anlage, ohne Sichtverbindung, Körner Hellweg 76/5. OG, Abstand: 7 m	0,50	0,85 %	0,66	0,007 %	2,40	4,51 %	15,30	0,203 %	2,45	4,59 %	15,96	0,211 %
MP 5.5 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Körner Hellweg 76/3. OG, Abstand: 13 m	0,05	0,09 %	0,01	0,000 %	0,35	0,70 %	0,32	0,005 %	0,35	0,71 %	0,33	0,005 %
MP 5.6 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Körner Hellweg 76/1. OG, Abstand: 19 m	0,02	0,03 %	0,00	0,000 %	0,10	0,23 %	0,03	0,001 %	0,10	0,23 %	0,03	0,001 %




	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung
<b>Messort 06: Hardenbergstraße 16, 28201 Bremen, Land Bremen</b>												
LTE-System 1.800 MHz												
MP 6.1 Außenmessung mit Sichtverbindung, Kornstraße/ Nettelbeckstraße, Abstand: 180 m	0,19	0,33 %	0,10	0,001 %	2,87	6,43 %	21,81	0,413 %	2,87	6,44 %	21,91	0,414 %
MP 6.2 Außenmessung mit Sichtverbindung, Spielplatz Kita Hardenbergstraße 18, Abstand: 46 m	0,07	0,13 %	0,01	0,000 %	0,28	0,63 %	0,21	0,004 %	0,29	0,64 %	0,22	0,004 %
MP 6.3 Innenmessung mit Sichtverbindung, Buntentorsteinweg 120/4. OG, Abstand: 166 m	2,15	3,69 %	12,29	0,136 %	3,33	6,81 %	29,40	0,464 %	3,96	7,75 %	41,69	0,600 %
MP 6.4 Innenmessung mit Sichtverbindung, Möckernstraße 39/2. OG, Abstand: 112 m	0,32	0,54 %	0,27	0,003 %	3,29	7,75 %	28,69	0,601 %	3,30	7,77 %	28,95	0,604 %
MP 6.5 Innenmessung mit Sichtverbindung, Kita Hardenbergstraße 18/1. OG, Abstand: 60 m	0,23	0,39 %	0,14	0,001 %	1,39	2,69 %	5,12	0,072 %	1,41	2,72 %	5,25	0,074 %


# MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG

	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung
<b>Messort 07: Monetastraße 3, 20146 Hamburg, Land Hamburg</b>												
LTE-System 1.800 MHz												
<b>MP 7.1</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, DRK Altenwohnanlage Monetastraße 3/8. OG, Abstand: 5 m	0,10	0,17 %	0,03	0,000 %	0,07	0,12 %	0,01	0,000 %	0,12	0,21 %	0,04	0,000 %
<b>MP 7.2</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, DRK Altenwohnanlage Monetastraße 3/6. OG, Abstand: 12 m	0,03	0,05 %	0,00	0,000 %	0,04	0,06 %	0,00	0,000 %	0,05	0,08 %	0,01	0,000 %
<b>MP 7.3</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, DRK Altenwohnanlage Monetastraße 3/4. OG, Abstand: 19 m	0,03	0,05 %	0,00	0,000 %	0,04	0,07 %	0,00	0,000 %	0,05	0,08 %	0,01	0,000 %
<b>MP 7.4</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, DRK Altenwohnanlage Monetastraße 3/2. OG, Abstand: 26 m	0,01	0,02 %	0,00	0,000 %	0,02	0,02 %	0,00	0,000 %	0,02	0,04 %	0,00	0,000 %
<b>MP 7.5</b> Innenmessung mit Sichtverbindung, Kita Monetastraße 2/2. OG, Abstand: 59 m	0,53	0,91 %	0,76	0,008 %	0,34	0,56 %	0,31	0,003 %	0,63	1,07 %	1,06	0,011 %
<b>MP 7.6</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Born-/Rappstraße, Abstand: 270 m	0,66	1,13 %	1,15	0,013 %	0,92	1,51 %	2,24	0,023 %	1,13	1,88 %	3,39	0,035 %


	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung
<b>Messort 08: Knickweg 5, 23569 Lübeck, Schleswig-Holstein</b>												
LTE-System 1.800 MHz												
<b>MP 8.1</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Kita Kunterbunt Haferkoppel 11/1. OG, Abstand: 305 m	0,12	0,20 %	0,04	0,000 %	0,11	0,22 %	0,03	0,000 %	0,16	0,30 %	0,07	0,001 %
<b>MP 8.2</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Knickweg 5, Abstand: 22 m	1,13	1,94 %	3,41	0,038 %	1,38	2,54 %	5,07	0,065 %	1,79	3,20 %	8,48	0,102 %
<b>MP 8.3</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Knickweg 3, Abstand: 48 m	0,48	0,83 %	0,62	0,007 %	0,81	1,58 %	1,74	0,025 %	0,94	1,78 %	2,36	0,032 %
<b>MP 8.4</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Dummersdorfer Straße 9, Abstand: 74 m	0,62	1,06 %	1,02	0,011 %	1,48	3,47 %	5,84	0,121 %	1,61	3,63 %	6,86	0,132 %
<b>MP 8.5</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Vorderste Fichteln 2, Abstand: 120 m	0,87	1,50 %	2,02	0,022 %	1,52	3,48 %	6,16	0,121 %	1,76	3,79 %	8,19	0,143 %



	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung
<b>Messort 09: August-Bebel-Straße 13, 18273 Güstrow, Mecklenburg-Vorpommern</b>												
LTE-System 800 MHz												
MP 9.1 Innenmessung mit Sichtverbindung, Anne-Frank-Schule August-Bebel-Straße 30/EG, Abstand: 238 m	0,48	1,23 %	0,60	0,015 %	0,89	1,92 %	2,09	0,037 %	1,01	2,28 %	2,68	0,052 %
MP 9.2 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Anne-Frank-Schule August-Bebel-Straße 30/EG, Abstand: 256 m	0,15	0,39 %	0,06	0,002 %	0,19	0,43 %	0,09	0,002 %	0,24	0,58 %	0,15	0,003 %
MP 9.3 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Anne-Frank-Schule August-Bebel-Straße 30/EG, Abstand: 305 m	0,03	0,08 %	0,00	0,000 %	0,06	0,15 %	0,01	0,000 %	0,07	0,17 %	0,01	0,000 %
MP 9.4 Außenmessung mit Sichtverbindung, Anne-Frank-Schule August-Bebel-Straße 30, Abstand: 265 m	0,32	0,82 %	0,27	0,007 %	0,61	1,32 %	1,00	0,017 %	0,69	1,55 %	1,27	0,024 %
MP 9.5 Außenmessung mit Sichtverbindung, Anne-Frank-Schule August-Bebel-Straße 30, Abstand: 213 m	0,54	1,40 %	0,77	0,020 %	0,77	1,67 %	1,57	0,028 %	0,94	2,18 %	2,34	0,048 %

	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung
<b>Messort 10: Rosenthaler Straße 19, 10119 Berlin, Land Berlin</b>												
LTE-System 1.800 MHz												
MP 10.1 Außenmessung ohne Sichtverbindung, Rosenthaler Straße 19, Abstand: 29 m	0,82	1,40 %	1,77	0,020 %	0,81	1,75 %	1,73	0,030 %	1,15	2,24 %	3,50	0,050 %
MP 10.2 Außenmessung mit Sichtverbindung, Weinmeister-/Gormannstraße, Abstand: 86 m	0,37	0,63 %	0,36	0,004 %	0,70	1,60 %	1,31	0,026 %	0,79	1,72 %	1,67	0,030 %
MP 10.3 Außenmessung mit Sichtverbindung, Weinmeisterstraße 2, Abstand: 141 m	0,64	1,10 %	1,10	0,012 %	2,60	6,16 %	17,91	0,380 %	2,68	6,26 %	19,01	0,392 %
MP 10.4 Außenmessung mit Sichtverbindung, Weinmeisterstraße 4, Abstand: 175 m	1,00	1,71 %	2,66	0,029 %	2,33	5,39 %	14,38	0,290 %	2,53	5,65 %	17,04	0,319 %
MP 10.5 Außenmessung mit Sichtverbindung, Weinmeisterstraße 8, Abstand: 243 m	0,89	1,53 %	2,12	0,023 %	1,89	4,21 %	9,51	0,177 %	2,09	4,48 %	11,62	0,201 %
MP 10.6 Außenmessung mit Sichtverbindung, Weinmeisterstraße/Neue Schönhauser Straße, Abstand: 269 m	0,71	1,22 %	1,34	0,015 %	0,89	1,86 %	2,12	0,035 %	1,14	2,23 %	3,46	0,050 %


# MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG

	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung

## Messort 11: Gemarkung Gröden, Flur 17, Flurstück 15/0, 04932 Gröden, Brandenburg

### LTE-System 800 MHz


<b>MP 11.1</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Großenhainer Straße neben Nr. 17, Abstand: 272 m	0,85	2,21 %	1,93	0,049 %	0,08	0,19 %	0,02	0,000 %	0,86	2,22 %	1,95	0,049 %
<b>MP 11.2</b> Außenmessung ohne Sichtverbindung, Großenhainer Straße direkt vor Nr. 17, Abstand: 272 m	0,44	1,15 %	0,52	0,013 %	0,02	0,05 %	0,00	0,000 %	0,44	1,15 %	0,52	0,013 %
<b>MP 11.3</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Grundschule Gröden Gartenstraße, Abstand: 610 m	0,59	1,52 %	0,92	0,023 %	0,26	0,63 %	0,18	0,004 %	0,64	1,65 %	1,10	0,027 %
<b>MP 11.4</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Großenhainer Straße/Alter Schachtweg, Abstand: 190 m	0,77	1,99 %	1,57	0,040 %	0,17	0,41 %	0,08	0,002 %	0,79	2,03 %	1,64	0,041 %
<b>MP 11.5</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Landhaus Gröden, Alter Schachtweg, Abstand: 45 m	0,28	0,72 %	0,20	0,005 %	0,64	1,53 %	1,08	0,023 %	0,70	1,69 %	1,28	0,029 %

	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung

## Messort 12: Döberkitzer Straße 8, 02633 Göda, Sachsen

### LTE-System 800 MHz

<b>MP 12.1</b> Innenmessung mit Sichtverbindung, Grundschule Döberkitzer Straße 8/2. OG, Abstand: 25 m	0,95	2,46 %	2,39	0,060 %	1,39	3,34 %	5,16	0,112 %	1,69	4,15 %	7,55	0,172 %
<b>MP 12.2</b> Innenmessung mit Sichtverbindung, Grundschule Döberkitzer Straße 8/1. OG, Abstand: 27 m	1,21	3,14 %	3,89	0,098 %	1,77	4,24 %	8,31	0,180 %	2,14	5,28 %	12,20	0,279 %
<b>MP 12.3</b> Innenmessung mit Sichtverbindung, Döberkitzer Straße 8/EG, Abstand: 29 m	1,60	4,14 %	6,77	0,171 %	1,85	4,43 %	9,03	0,196 %	2,44	6,06 %	15,81	0,367 %
<b>MP 12.4</b> Außenmessung ohne Sichtverbindung, Spielplatz Grundschule Döberkitzer Straße 8, Abstand: 70 m	0,09	0,22 %	0,02	0,001 %	0,13	0,31 %	0,04	0,001 %	0,16	0,38 %	0,06	0,001 %
<b>MP 12.5</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Grundschule Döberkitzer Straße 8, Abstand: 19 m	0,46	1,19 %	0,56	0,014 %	0,56	1,33 %	0,82	0,018 %	0,72	1,79 %	1,38	0,032 %
<b>MP 12.6</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Döberkitzer Straße, Abstand: 167 m	0,57	1,47 %	0,86	0,022 %	1,86	4,46 %	9,17	0,199 %	1,94	4,70 %	10,03	0,220 %

	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung

### Messort 13: Gemarkung Weißenstadt, Flurstück 1621/3, 95163 Weißenstadt, Bayern

#### LTE-System 800 MHz

<b>MP 13.1</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Grund- und Teilhauptschule Schulstraße 33/EG, Abstand: 250 m	0,21	0,55 %	0,12	0,003 %	0,55	1,29 %	0,80	0,017 %	0,59	1,40 %	0,92	0,020 %
<b>MP 13.2</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Grund- und Teilhauptschule Schulstraße 33/1. OG, Abstand: 260 m	0,08	0,22 %	0,02	0,000 %	0,16	0,38 %	0,07	0,001 %	0,18	0,44 %	0,09	0,002 %
<b>MP 13.3</b> Außenmessung ohne Sichtverbindung, Grund- und Teilhauptschule Schulstraße 33, Abstand: 263 m	0,26	0,68 %	0,18	0,005 %	0,76	1,72 %	1,52	0,030 %	0,80	1,85 %	1,70	0,034 %
<b>MP 13.4</b> Innenmessung mit Sichtverbindung, Kindergarten Löhestraße 5/EG, Abstand: 162 m	0,41	1,06 %	0,45	0,011 %	0,81	1,88 %	1,76	0,035 %	0,91	2,16 %	2,20	0,047 %
<b>MP 13.5</b> Außenmessung mit Sichtverbindung, Kindergarten Löhestraße 5, Abstand: 208 m	0,19	0,48 %	0,09	0,002 %	0,35	0,78 %	0,32	0,006 %	0,40	0,92 %	0,42	0,008 %


	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung


### Messort 14: Lutherstraße 46, 07743 Jena, Thüringen

#### LTE-System 1.800 MHz

<b>MP 14.1</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Altenwohnheim Luisenhaus Semmelweisstraße 14 - 16/3. OG, Abstand: 225 m	0,04	0,07 %	0,00	0,000 %	0,04	0,06 %	0,00	0,000 %	0,05	0,09 %	0,01	0,000 %
<b>MP 14.2</b> Innenmessung mit Sichtverbindung, Lutherstraße 61/4. OG, Abstand: 24 m	7,90	13,53 %	165,63	1,831 %	10,44	17,11 %	289,11	2,929 %	13,09	21,82 %	454,74	4,760 %
<b>MP 14.3</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Westschule August-Bebel-Straße 23/2. OG Klassenraum, Abstand: 280 m	0,05	0,09 %	0,01	0,000 %	0,05	0,09 %	0,01	0,000 %	0,08	0,13 %	0,01	0,000 %
<b>MP 14.4</b> Innenmessung ohne Sichtverbindung, Universitätsklinik Gebäude 3281, Abstand: 235 m	0,22	0,37 %	0,12	0,001 %	0,10	0,16 %	0,03	0,000 %	0,24	0,40 %	0,15	0,002 %
<b>MP 14.5</b> Außenmessung ohne Sichtverbindung, Forstweg, Abstand: 295 m	0,29	0,49 %	0,22	0,002 %	0,13	0,22 %	0,05	0,000 %	0,32	0,54 %	0,27	0,003 %

# MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG

	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung
<b>Messort 15: Neue Straße 10, 39326 Hermsdorf, Sachsen-Anhalt</b>												
LTE-System 800 MHz												
MP 15.1 Innenmessung mit Sichtverbindung, Kindergarten Kirchstraße 3a/1. OG, Abstand: 114 m	1,07	2,78 %	3,06	0,078 %	0,98	2,30 %	2,57	0,053 %	1,46	3,61 %	5,63	0,130 %
MP 15.2 Außenmessung mit Sichtverbindung, Kindergarten Kirchstraße 3a, Abstand: 85 m	0,38	0,98 %	0,38	0,010 %	0,54	1,15 %	0,77	0,013 %	0,66	1,51 %	1,15	0,023 %
MP 15.3 Außenmessung mit Sichtverbindung, Kindergarten Kirchstraße 3a, Abstand: 113 m	0,68	1,75 %	1,21	0,031 %	1,09	2,59 %	3,17	0,067 %	1,28	3,13 %	4,38	0,098 %
MP 15.4 Außenmessung mit Sichtverbindung, Kirchstraße 4, Abstand: 194 m	0,33	0,85 %	0,29	0,007 %	0,41	0,78 %	0,44	0,006 %	0,52	1,15 %	0,73	0,013 %
MP 15.5 Außenmessung mit Sichtverbindung, Kindergarten Hintereingang, Abstand: 150 m	1,44	3,72 %	5,48	0,139 %	0,85	2,00 %	1,90	0,040 %	1,67	4,23 %	7,38	0,179 %
MP 15.6 Außenmessung mit Sichtverbindung, Neue Straße 10, Abstand: 28 m	0,47	1,23 %	0,60	0,015 %	0,49	0,88 %	0,63	0,008 %	0,68	1,51 %	1,23	0,023 %

	Immissionen durch LTE				Immissionen durch GSM und UMTS am Standort				Gesamtmission Mobilfunk am Standort			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung
<b>Messort 16: Hamburger Allee 12 - 16, 30161 Hannover, Niedersachsen</b>												
LTE-System 800 MHz												
MP 16.1 Außenmessung mit Sichtverbindung, Hamburger Allee 25, Abstand: 165 m	0,54	1,40 %	0,77	0,020 %	1,50	3,36 %	5,98	0,113 %	1,60	3,64 %	6,75	0,132 %
MP 16.2 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Hamburger Allee 12 - 16, unter der Anlage, 5. OG, Abstand: 8 m	0,09	0,23 %	0,02	0,001 %	0,15	0,34 %	0,06	0,001 %	0,17	0,41 %	0,08	0,002 %
MP 16.3 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Hamburger Allee 12 - 16/ 4. OG, Abstand: 12 m	0,05	0,14 %	0,01	0,000 %	0,14	0,31 %	0,05	0,001 %	0,15	0,34 %	0,06	0,001 %
MP 16.4 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Hamburger Allee 12 - 16/ 3. OG, Abstand: 16 m	0,05	0,13 %	0,01	0,000 %	0,10	0,22 %	0,03	0,000 %	0,11	0,26 %	0,03	0,001 %
MP 16.5 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Hamburger Allee 12 - 16/ 2. OG, Abstand: 20 m	0,05	0,13 %	0,01	0,000 %	0,16	0,37 %	0,07	0,001 %	0,17	0,39 %	0,08	0,002 %
MP 16.6 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Hamburger Allee 12 - 16/ 1. OG, Abstand: 24 m	0,05	0,12 %	0,01	0,000 %	0,08	0,18 %	0,02	0,000 %	0,09	0,21 %	0,02	0,000 %
MP 16.7 Innenmessung ohne Sichtverbindung, Hamburger Allee 12 - 16/ EG, Abstand: 28 m	0,02	0,06 %	0,00	0,000 %	0,04	0,10 %	0,00	0,000 %	0,05	0,12 %	0,01	0,000 %

## Messergebnisse der gesamten HF-Immissionen (100 kHz – 3 GHz)

Messpunkte (MP)	Mobilfunk am Standort (GSM, UMTS, LTE)				umliegende Quellen				HF gesamt (Standort und umliegende Quellen)			
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m <sup>2</sup>	Grenzwert-ausschöpfung
Wadern OT Büschfeld 1.5	1,01	2,29 %	2,73	0,052 %	0,24	0,46 %	0,15	0,002 %	1,04	2,33 %	2,88	0,054 %
Mehlingen 2.5	2,12	5,18 %	11,98	0,269 %	0,18	0,36 %	0,08	0,001 %	2,13	5,20 %	12,06	0,270 %
Stuttgart 3.6	0,74	1,40 %	1,45	0,020 %	1,64	3,31 %	7,13	0,109 %	1,80	3,59 %	8,58	0,129 %
Hanau 4.7	0,95	2,35 %	2,42	0,055 %	0,33	0,73 %	0,30	0,005 %	1,01	2,46 %	2,71	0,061 %
Dortmund 5.3	2,85	5,81 %	21,52	0,338 %	0,14	0,35 %	0,05	0,001 %	2,85	5,82 %	21,57	0,339 %
Bremen 6.2	0,29	0,64 %	0,22	0,004 %	0,12	0,43 %	0,04	0,002 %	0,31	0,77 %	0,26	0,006 %
Hamburg 7.6	1,13	1,88 %	3,39	0,035 %	0,19	0,51 %	0,10	0,003 %	1,15	1,95 %	3,49	0,038 %
Lübeck 8.2	1,79	3,20 %	8,48	0,102 %	0,11	0,19 %	0,03	0,000 %	1,79	3,20 %	8,51	0,103 %
Güstrow 9.5	0,94	2,18 %	2,34	0,048 %	0,11	0,21 %	0,03	0,000 %	0,95	2,19 %	2,37	0,048 %
Berlin 10.5	2,09	4,48 %	11,62	0,201 %	0,71	2,31 %	1,32	0,053 %	2,21	5,04 %	12,95	0,254 %
Gröden 11.5	0,70	1,69 %	1,28	0,029 %	0,04	0,07 %	0,00	0,000 %	0,70	1,69 %	1,29	0,029 %
Göda 12.6	1,94	4,70 %	10,03	0,220 %	0,04	0,08 %	0,01	0,000 %	1,94	4,70 %	10,03	0,221 %
Weißensstadt 13.3	0,80	1,85 %	1,70	0,034 %	0,12	0,40 %	0,04	0,002 %	0,81	1,89 %	1,74	0,036 %
Jena 14.5	0,32	0,54 %	0,27	0,003 %	0,44	0,99 %	0,51	0,010 %	0,54	1,12 %	0,77	0,013 %
Hermisdorf 15.4	0,52	1,15 %	0,73	0,013 %	0,24	0,49 %	0,16	0,002 %	0,58	1,25 %	0,89	0,016 %
Hannover 16.1	1,60	3,64 %	6,75	0,132 %	0,59	1,07 %	0,92	0,011 %	1,70	3,79 %	7,67	0,144 %

Mobilfunk liefert nur einen Anteil im Mix der Hochfrequenzfelder, die uns umgeben. Auch Rundfunksender oder der Rettungsfunk (BOS) tragen zur Gesamtimmision bei. Welchen Beitrag andere Hochfrequenzquellen im Bereich 100 kHz bis 3 GHz an den untersuchten Messorten liefern, hat das IMST an jeweils einem Außenmesspunkt ermittelt. Die Immissionen wurden denen aller am Standort betriebenen Mobilfunkdienste gegenübergestellt. Die Ergebnisse zeigen, dass auch unter Berücksichtigung aller Hochfrequenzquellen die geltenden Grenzwerte an allen Messpunkten deutlich unterschritten wurden.

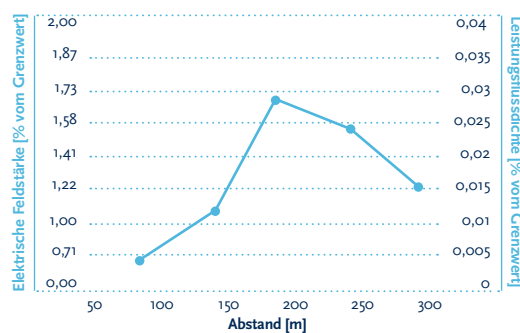
## Ausbreitungsverhalten im Nahbereich

Geringer Abstand hat nicht zwangsläufig hohe Immissionen zur Folge

**Der Abstand zu einer Mobilfunkanlage ist kein zuverlässiges Kriterium für die Abschätzung der Immissionen. Diese können selbst in unmittelbarer Nähe sehr klein sein. Aufgrund der Abstrahlcharakteristik der Antennen und der topografischen Gegebenheiten vor Ort treten im Nahbereich oft geringere Feldstärken auf als in größerer Entfernung zur Sendeanlage.**

Eine am Standort Rosenthaler Straße 19 in Berlin durchgeführte Linienmessung zu einer in rund 30 Metern Höhe installierten LTE-Sendeanlage demonstriert, wie sich die an den Messpunkten gewonnenen Immissionswerte zum jeweiligen Antennenabstand verhalten. Abbildung 1 zeigt die Ergebnisse von fünf ebenen Messungen im Abstand von 86 bis 269 Metern und mit direkter Sichtverbindung zur Anlage. Dabei ermittelte das IMST am Messpunkt mit dem kürzesten Abstand zur Antenne eine Grenzwertausschöpfung der Feldstärke von 0,63 Prozent und damit den niedrigsten Wert der Linienmessung.

Abbildung 1: Ausbreitungsverhalten im Nahbereich



Beispiel Berlin, Rosenthaler Straße 19 (Messort 10, S. 15). Dargestellt sind die Ergebnisse einer Linienmessung im Abstand von 86 bis 269 Metern

Dagegen ergab eine Messung in 175 Metern Entfernung mit 1,71 Prozent einen deutlich höheren Wert. Diese Ergebnisse belegen, dass der Abstand zu einer LTE-Sendeanlage – ebenso wie für andere Mobilfunkanlagen – kein brauchbares Kriterium zur Abschätzung der Immissionen darstellt. Abbildung 1 zeigt, dass die im Nahbereich zur Antenne ermittelten Messwerte bei

freier Sicht auf die Antenne deutlich unter den Werten liegen, die bei größerer Entfernung beobachtet werden.

Wie ist dieses Phänomen zu erklären, das scheinbar nicht den Gesetzen der Physik entspricht? Theoretisch sollte die Feldstärke mit der Entfernung abnehmen. In der Praxis wird die an einem Messpunkt auftretende Feldstärke von vielen technischen, topografischen und baulichen Faktoren beeinflusst. So senden Mobilfunkantennen nicht in alle Richtungen gleich stark. Es gibt eine Haupt- und einige Nebensenderrichtungen. Das Resultat: Erst dort, wo die Hauptsenderichtung den Erdboden erreicht, tritt die zu erwartende stetige Abnahme der Feldstärke bei zunehmender Entfernung ein. Dieser Punkt kann je nach Antennenhöhe bis zu mehrere hundert Meter von der Antenne entfernt liegen.

## Abstrahlcharakteristik und Höhenabhängigkeit

Entscheidend sind Höhenunterschied und Ausrichtung der Anlage

**Die Immission an einem Standort im Nahbereich der Antenne ist nicht primär von der Entfernung, sondern auch von der Abstrahlcharakteristik und der Montagehöhe der Antenne abhängig. An Orten, die sich in gleicher Entfernung, aber in unterschiedlicher Höhe zur Sendeanlage befinden, können die Immissionen stark variieren.**

Ursache hierfür ist die Abstrahlcharakteristik von Mobilfunkantennen. Diese ist stets etwas schräg nach unten geneigt (Downtilt). Betrachtet man das Abstrahlverhalten von der Seite, so ähnelt die Form dem Lichtkegel eines Leuchtturms. Neben der Hauptsenderichtung treten aus technischen Gründen auch Nebensenderrichtungen auf, in denen jedoch deutlich weniger Energie als in der Hauptsenderichtung transportiert wird. Die jeweilige Immissionsstärke ist vor allem davon abhängig, ob sich der Messpunkt innerhalb oder außerhalb der Hauptsenderichtung befindet.

Wie sich die relative Lage der Messpunkte zu einer LTE-Sendeanlage auswirkt, lässt sich



am Beispiel Stuttgart, Königstraße 27 (vgl. Abbildung 2) sehr gut verdeutlichen. Ermittelt wurden dort die Immissionen über die verschiedenen Stockwerke in einem rund 30 Meter entfernten Gebäude mit Sicht zur Anlage sowie an zwei Außenmesspunkten am Boden.

Das Ergebnis: Der höchste Wert wurde im neunten Obergeschoss gemessen. Hier erreicht die Immission 5,13 Prozent des Grenzwertes bezogen auf die Feldstärke. Dieser Messpunkt liegt in etwa gleicher Höhe zur Sendeanlage und damit in der vertikalen Hauptsenderichtung. Bereits im siebten Obergeschoss wurden dagegen nur noch 3,39 Prozent ermittelt. Der Messpunkt liegt offensichtlich, wie die darunterliegenden Messpunkte auch, nicht mehr in der Hauptsenderichtung. Die geringste Immission trat am Boden direkt unter der Sendeanlage auf. Dort wurden lediglich 0,49 Prozent des Grenzwertes bezogen auf die Feldstärke gemessen. Grundsätzlich zeigt sich, dass selbst in unmittelbarer Nähe und in Hauptstrahlrichtung einer LTE-Sendeanlage die Messwerte erheblich unter den geltenden Grenzwerten liegen.

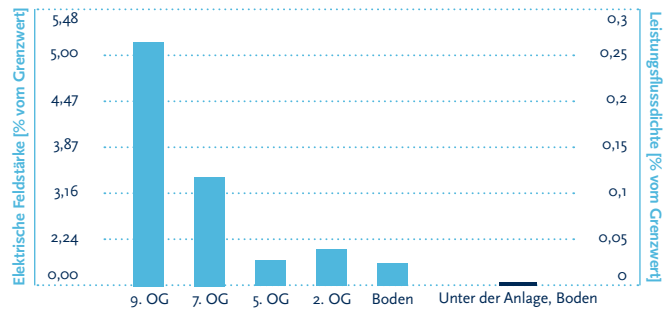
## Dämpfung von Mobilfunkfeldern

**Baumaterialien und Topografie schwächen die Energie von Mobilfunkfeldern**

**Bei gleichem Abstand und Ausrichtung zur Anlage sind die Mobilfunkfelder innerhalb von Gebäuden schwächer als im Freien. Der Grund: Baumaterialien schwächen die Mobilfunkfelder ab. Doch auch im Freien kann es durch die umgebende Bebauung oder Bäume zu Dämpfungseffekten kommen. Wie stark die Dämpfung ist, hängt von der Frequenz des Mobilfunks ab. Generell gilt: Je höher die Frequenz, desto stärker ist der Dämpfungseffekt.**

Wie sich der Dämpfungseffekt von LTE-Feldern innerhalb von Gebäuden auswirkt, demonstriert die Messung im Klinikum Hanau (vgl. Abbildung 3). Auf dem Dach des Gebäudes befindet sich eine LTE-Sendeanlage im Frequenzbereich 800 MHz. Gemessen wurde im Anlagengebäude in einem Treppenhaus in unterschiedlichen Stockwerken sowie an einem Außenmesspunkt in rund 200 Metern Entfernung zur Antenne.

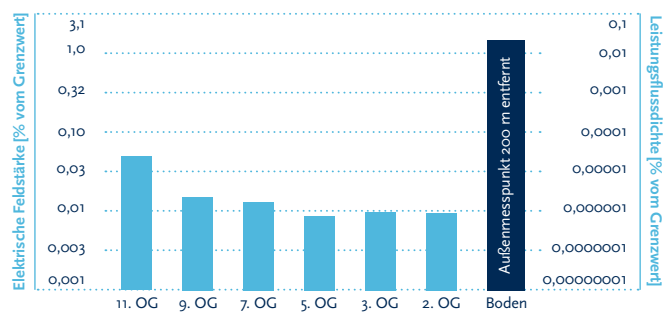
**Abbildung 2: Abstrahlcharakteristik und Höhenabhängigkeit**



Beispiel Stuttgart, Königstraße 27 (Messort 3, S. 12): Immissionen in verschiedenen Etagen eines Nachbargebäudes und an zwei Außenmesspunkten am Boden

Innerhalb des Gebäudes nehmen die Immissionen dieser Anlage über die Stockwerke deutlich ab. Während die Grenzwertausschöpfung der Feldstärke im elften Obergeschoss noch bei 0,04 Prozent liegt, sinkt sie bis zum zweiten Obergeschoss auf nur noch 0,01 Prozent ab. An einem Außenmesspunkt in direkter Hauptstrahlrichtung zur Sendeanlage ermittelte das IMST in 200 Metern Entfernung eine Grenzwertausschöpfung der Feldstärke von 1,38 Prozent. Doch auch dieser Messwert liegt deutlich unter den vorgeschriebenen Grenzwerten.

**Abbildung 3: Dämpfung von Mobilfunkfeldern**



Beispiel Hanau: Klinikum Hanau, Leimenstraße 20 (Messort 4, S. 12). Dargestellt ist die Immissionsabnahme im Anlagengebäude sowie die auftretende Immission an einem Außenmesspunkt

## Feldverteilung und Gesamtimmission der Mobilfunkdienste

**Vergleichbares Verhalten von LTE-, UMTS- und GSM-Feldern**

**Aufgrund ihrer Frequenznähe ist die Wellenausbreitung von LTE-, UMTS- und GSM-Antennen vergleichbar. An einzelnen Standorten trägt – abhängig von der örtlichen Situation – jeweils die eine oder andere Technologie mehr zur Gesamtimmission bei.**

# AUSWERTUNG

Um einen direkten Vergleich ziehen zu können, hat das IMST an allen LTE-Standorten die Immissionen der GSM- und/oder UMTS-Sendeanlagen, die am jeweiligen Standort in Betrieb waren, mitgemessen und auf die maximale Anlagenleistung hochgerechnet.

Für die Auswertung wurden die Immissionen dieser bisherigen Mobilfunkdienste mit den neu hinzugekommenen LTE-Immissionen verglichen. Abbildung 4 gibt einen Überblick über die Verteilung der Immissionen, die von den einzelnen Mobilfunkdiensten ausgehen, sowie über die Mobilfunk-Gesamtimmission. Die Ergebnisse belegen, dass abhängig von der örtlichen Situation die Immission des einen oder anderen Mobilfunkdienstes dominiert. Hierbei spielen insbesondere die Anzahl der installierten Mobilfunksysteme, die Frequenz, die Sendeleistung und die Abstrahlrichtungen der Systeme eine Rolle.

Die statistische Auswertung für alle 91 Messpunkte in Abbildung 4 zeigt, dass die Gesamtimmission durch den Regelbetrieb der LTE-Netze leistungsbezogen im Mittel (Median) angestiegen ist – der Zuwachs beläuft sich auf etwa 40 Prozent. Wie die Ergebnisse der Studie verdeutlichen, findet dieser prozentuale Anstieg allerdings auf einem niedrigen Ausgangsniveau statt. So wurden an der überwiegenden Zahl der Messpunkte – selbst mit Hochrechnung auf eine theoretische Maximalauslastung der Anlage – trotzdem nur wenige Prozent der gültigen Grenzwerte, bezogen auf die Feldstärke (bzw. Hundertstel Leistungsflussdichte-Prozent) ausgeschöpft.

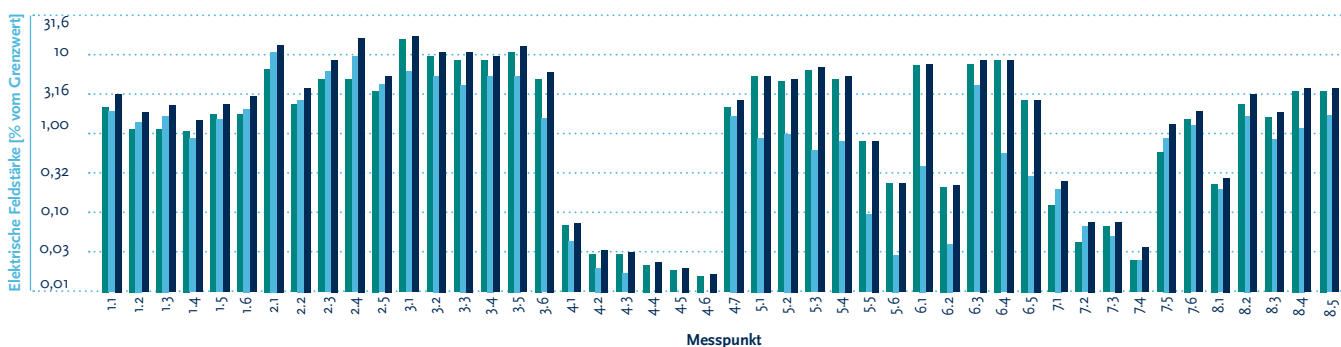
## Bildung der Gesamtimmission aus den Einzelbeiträgen von LTE und GSM/UMTS

Die an einem Messpunkt erfasste Gesamtimmission wird üblicherweise als Leistungsflussdichte (S) oder elektrische Feldstärke (E) angegeben. In beiden Fällen erfolgt eine leistungsbezogene Summation aller am Standort gemessenen Immissionen. Wegen des quadratischen Zusammenhangs zwischen Leistungsflussdichte und elektrischer Feldstärke werden die Summen auf unterschiedlichen Rechenwegen ermittelt. Zum besseren Verständnis soll das Vorgehen hier am Beispiel des Messpunktes 1.2 (Wadern, S. 11) dargestellt werden:

**Leistungsflussdichte:** Erfolgt die Bewertung der Gesamtimmission anhand der Leistungsflussdichte, sind die Einzelbeiträge der Mobilfunkdienste einfach linear zu addieren: So ergibt sich als lineare Summe von 0,67 mW/m<sup>2</sup> (LTE) und 0,94 mW/m<sup>2</sup> (GSM/UMTS) ein Gesamtbetrag von 1,61 mW/m<sup>2</sup> bzw. für die Grenzwertausschöpfung als Summe von 0,017% (LTE) und 0,013% (GSM/UMTS) ein Gesamtbetrag von 0,030%.

**Feldstärke:** Erfolgt die Bewertung der Gesamtimmission anhand der elektrischen Feldstärke, müssen die Einzelbeiträge der Mobilfunkdienste vor der Summation quadriert und aus dem Ergebnis die Quadratwurzel gezogen werden (geometrische Addition). So ergibt sich als Quadratesumme aus 0,50 V/m (LTE) und 0,60 V/m (GSM/UMTS) ein Betrag von 0,61 V<sup>2</sup>/m<sup>2</sup>; die Quadratwurzel hieraus ist 0,78 V/m. Für die Grenzwertausschöpfung ergibt sich als Quadratesumme aus 1,30% (LTE) und 1,13% (GSM/UMTS) ein Betrag von 2,9669%<sup>2</sup>; die Quadratwurzel hieraus ist 1,72%.

Abbildung 4: Feldverteilung und Gesamtimmission der Mobilfunkdienste



Relation der Immissionen an 91 Messpunkten, an denen neben LTE auch GSM- und/oder UMTS-Sendeanlagen in Betrieb waren, sowie deren Gesamtimmissionen

## 24-Stunden-Langzeitmessung

In den Nachtstunden sinken die Immissionen auf ein Minimum

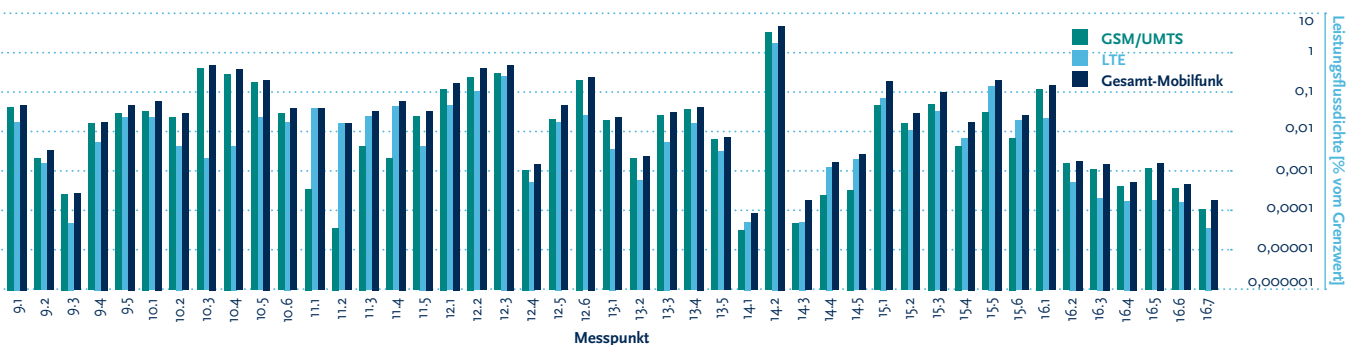
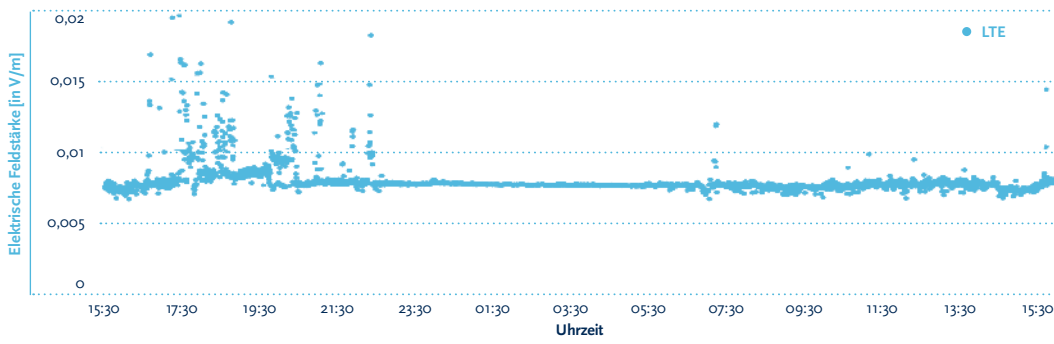
Wie sich das Verkehrsaufkommen auf die LTE-Immissionen auswirkt, zeigt beispielhaft eine 24-Stunden-Langzeitmessung, die im zweiten Obergeschoss des IMST-Gebäudes in Kamp-Lintfort durchgeführt wurde (vgl. Abbildung 5). Untersucht wurde eine LTE-Sendeanlage in 380 Metern Entfernung. Die Messung fand bei freier Sicht zur Anlage von Montag, den 15. Oktober 2012 auf Dienstag, den 16. Oktober 2012 statt.

Um die verkehrsabhängigen Schwankungen der LTE-Immissionen darzustellen, wurden die Ergebnisse nicht auf eine Vollauslastung der Anlage hochgerechnet. Die Messergebnisse spiegeln damit das zum Zeitpunkt der Messdurchführung reale Nutzerverhalten wider. Die Messergebnisse zeigen, dass die Immissionen tageszeitlichen Schwankungen unterliegen.

Im Tagesverlauf ist von 16:30 Uhr bis 22:30 Uhr eine rege Nutzeraktivität zu beobachten. In den Nachtstunden bis zum frühen Morgen findet dagegen praktisch so gut wie kein Verkehrsaufkommen statt, wie in der Abbildung an der „glatten“, dünneren Immissionslinie zu erkennen ist. Sie entspricht dem Zustand der Sendeanlage, wenn nur die Signalisierungskanäle aktiv sind. Erst ab 06:30 Uhr morgens nimmt die Nutzeraktivität wieder zu und der zeitliche Immissionsverlauf beginnt zu schwanken.

Aber selbst in Spitzenverkehrszeiten werden die gültigen Grenzwerte, bezogen auf die elektrische Feldstärke, nur zu etwa 0,05 Prozent ausgeschöpft. In den Nachtstunden zwischen 22:30 Uhr und 06:30 Uhr morgens sinken die Immissionen auf ein Minimum von 0,007 V/m ab. Erst mit Beginn des Arbeitslebens steigen auch die Immissionen wieder an.

Abbildung 5: 24-Stunden-Langzeitmessung an einer LTE-Sendeanlage in Kamp-Lintfort



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

### Statistische Auswertung der Messwerte

Die Auswertung der LTE-Messungen zeigt, dass die Immissionen durch LTE-Sendeanlagen an allen 91 Messpunkten die geltenden Grenzwerte unterschreiten. Selbst unter zusätzlicher Berücksichtigung der Immissionen durch GSM- und UMTS-Mobilfunkanlagen am selben Standort und mit Hochrechnung auf eine theoretische Maximalauslastung aller Anlagen werden die Grenzwerte nur zu einem geringen Teil ausgeschöpft.

Wie die Grenzwerte prozentual an den einzelnen Messpunkten ausgeschöpft werden, verdeutlicht Abbildung 6. Sie zeigt, dass LTE und GSM/UMTS an jeweils 89 von 91 Messpunkten (98 Prozent) und der gesamte Mobilfunk an 86 von 91 Messpunkten (95 Prozent) nur 10 Prozent oder weniger des Feldstärke-Grenzwertes ausschöpfen (bzw. 1 Prozent oder weniger des Leistungsflussdichte-Grenzwertes).

Der höchste LTE-Wert der Messreihe wurde in Jena erhoben (Messpunkt 14.2, S. 17). Dort wurde in Hauptsenderichtung zu einer nur 24 Me-

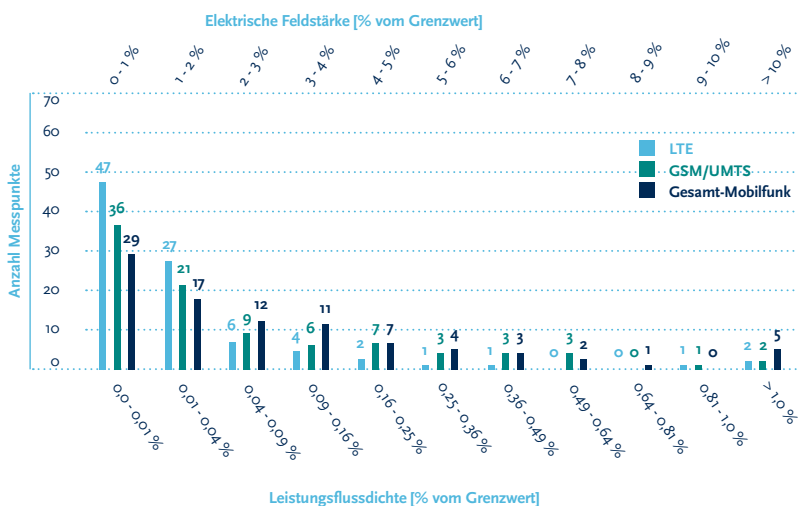
ter entfernten LTE-Sendeanlage bei geöffnetem Fenster ein LTE-Messwert ermittelt, der hochgerechnet eine Grenzwertausschöpfung von 13,53 Prozent bezogen auf die elektrische Feldstärke (bzw. 1,83 Leistungsflussdichte-Prozent) ausmacht. An diesem Messpunkt wurde mit 21,82 Prozent Ausschöpfung des Feldstärke-Grenzwertes (bzw. 4,76 Leistungsflussdichte-Prozent) auch die höchste Mobilfunk-Gesamtimmission der Messreihe festgestellt.

Den Minimalwert der Messreihe erhob das IMST in Hanau (Messpunkt 4.6, S. 12). Dort wurde im zweiten Obergeschoss des Anlagengebäudes eine Grenzwertausschöpfung durch die LTE-Sendeanlage von 0,01 Feldstärke-Prozent (bzw. 0,000004 Leistungsflussdichte-Prozent) ermittelt. Die auftretende Gesamtimmission für alle Mobilfunkdienste betrug an diesem Messpunkt ebenfalls 0,01 Feldstärke-Prozent (0,000002 Leistungsflussdichte-Prozent).

Wie die Ergebnisse der 24-Stunden-Langzeitmessung zeigen, unterliegen die Mobilfunkimmissionen starken Schwankungen. Kommunizieren viele Teilnehmer mit der Basisstation, steigen die Immissionen. Besonders in den Nachmittags- und Abendstunden (16:30 Uhr bis 22:30 Uhr) ist eine rege Nutzeraktivität zu beobachten. In der Nacht, wenn nur wenige Teilnehmer im Netz sind, sinken die Immissionen auf ein Minimum ab. Erst wenn das Arbeitsleben beginnt (ab 06:30 Uhr), steigen die Immissionen erneut an.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse der Messreihe, dass die durch LTE erzeugten Immissionen in der gleichen Größenordnung wie die Immissionen von GSM- oder UMTS-Sendeanlagen liegen. Für die Expositionen der Bevölkerung ergibt sich damit durch den Regelbetrieb der LTE-Netze eine Erhöhung der Gesamtimmission. Sie liegt leistungsbezogen im Mittel bei

Abbildung 6: Prozentuale Verteilung der Messpunkte



etwa 40 Prozent. Dieser prozentuale Anstieg findet aber an der überwiegenden Zahl der Messpunkte auf niedrigem Ausgangsniveau statt. Die Hälfte der Messpunkte (46) schöpft – selbst mit Hochrechnung auf eine theoretische Maximalauslastung aller Anlagen am Standort – nur 2 oder weniger Prozent der gültigen Feldstärke-Grenzwerte (bzw. vier Hundertstel oder weniger Prozent der Leistungsflussdichte-Grenzwerte) aus. Nur an 5 Messpunkten werden die Feldstärke-Grenzwerte zu mehr als 10 Prozent ausgeschöpft (bzw. mehr als 1 Leistungsflussdichte-Prozent).

### Immissionsprognose

Aufgrund ihrer Frequenznähe und der verwendeten Antennen und Sendeleistungen gelten für LTE-Netze in Bezug auf das Ausbreitungsverhalten elektromagnetischer Felder im Nah-

bereich, auf die Abstrahlcharakteristik und auf Effekte der Gebäudedämpfung vergleichbare Gesetzmäßigkeiten wie für UMTS- und GSM-Netze. Damit reihen sich die Ergebnisse der LTE-Messreihe in die vom IZMF schon früher für GSM- und UMTS-Sendanlagen 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.

#### Folgende Parameter haben Einfluss auf die Immission an einem bestimmten Ort

#### Daraus ergeben sich folgende Konsequenzen für die tatsächliche Immissionssituation vor Ort

Entfernung von der Mobilfunksendeanlage	Ein geringer Abstand hat nicht zwangsläufig höhere Immissionen zur Folge. Der Abstand zu einer Mobilfunkanlage ist deshalb kein zuverlässiges Kriterium für die Abschätzung der Immissionen.
Höhenunterschied und Ausrichtung der Antenne	Die Immission an einem Messpunkt ist speziell im Nahbereich weniger von der Entfernung, sondern eher von der Abstrahlcharakteristik der Antenne und der Höhe des Messpunktes abhängig.
Dämpfung von Mobilfunkfeldern	Innerhalb von Gebäuden sind Mobilfunkfelder schwächer als an Außenmesspunkten in vergleichbarer Entfernung und Höhe.
Vergleichbares Verhalten von LTE-, UMTS- und GSM-Feldern	Aufgrund ihrer „Frequenznähe“ ist die Wellenausbreitung von LTE-, UMTS- und GSM-Antennen vergleichbar. Die Gesetzmäßigkeiten zum Ausbreitungsverhalten der elektromagnetischen Felder gelten daher für diese Technologien gleichermaßen.
Tageszeitliche Schwankungen	Die Immissionen schwanken im Tagesverlauf. Das liegt an der Leistungsregelung der Mobilfunktechnologie, die dafür sorgt, dass die Antennen immer nur die gerade für das aktuelle Verkehrsaufkommen notwendige Leistung abstrahlen. In der Nacht sinken die Immissionen auf ein Minimum ab.

## Mobilfunk und Gesundheit

Vor rund 20 Jahren fiel der Startschuss für die digitale Mobilfunktechnik in Deutschland. Seitdem wurde das digitale Mobilfunknetz kontinuierlich weiterentwickelt und ausgebaut: Vom GSM-Standard über die dritte Mobilfunkgeneration UMTS bis hin zur neuen LTE-Technologie. Es ist verständlich, dass die komplexe Technik, die dem Mobilfunk zugrunde liegt, neben ihrem Nutzen auch Befürchtungen über mögliche gesundheitliche Folgen hervorruft.

### 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 offene Fragen zum Thema Mobilfunk und Gesundheit. Auch fehlt zu manchen abgeschlossenen Studien noch die Bestätigung der Ergebnisse durch vergleichbare Projekte anderer Forschergruppen. In den letzten Jahren wurden zahlreiche Studien und Bewertungen publiziert, um diese Wissenslücken zu schließen.

So initiierte das Bundesministerium für Umwelt, Naturschutz und Reaktorsicherheit (BMU) im Jahr 2002 das „Deutsche Mobilfunk Forschungsprogramm“ (DMF). Rund 50 Forschungsvorhaben in den Disziplinen Biologie, Medizin, Dosimetrie, Epidemiologie und Risikokommunikation untersuchten elektromagnetische Hochfrequenzfelder auf potenziell gesundheitsrelevante Effekte. Darüber hinaus wurde überprüft, ob es Personen gibt, die über eine besondere „Elektrosensibilität“ verfügen, also schwache Mobilfunkfelder

wahrnehmen können. Die Ergebnisse wurden 2008 öffentlich vorgestellt. Insgesamt 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 2010 die Ergebnisse der von der Weltgesundheitsorganisation (WHO) koordinierten INTERPHONE-Studie 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 zwölf Jahren beschränkt. Um auch längere Expositionszeiträume abzusichern, wurde im Frühjahr 2010 von britischen Wissenschaftlern das Projekt COSMOS (Cohort Study on Mobile Communications) initiiert. Es ist geplant, über einen Zeitraum von 20 bis 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.

Eine ähnlich wie INTERPHONE angelegte Studie an Kindern und Jugendlichen aus drei skandinavischen Ländern und der Schweiz ist die 2011 veröffentlichte CEFALO-Studie (Mobile Phone Use and Brain Tumors in Children and Adolescents: A Multicenter Case-Control Study). Ihr Ergebnis: Fünf Jahre nach Beginn der Mobiltelefonnutzung ist das Hirntumorrisiko nicht erhöht.

Auf der Basis von begrenzten Hinweisen in wenigen epidemiologischen Studien hat die Inter-



nationale Agentur für Krebsforschung (IARC) im Mai 2011 hochfrequente elektromagnetische Felder, wie sie auch der Mobilfunk nutzt, als „möglicherweise für Menschen krebserregend“ (Gruppe 2B) eingestuft. Das bedeutet, dass die IARC begrenzte Hinweise für Effekte bei Menschen sieht, diese werden jedoch durch die Ergebnisse aus Tierversuchen nicht gestützt. Institutionen wie die Internationale Kommission zum Schutz vor nicht ionisierender Strahlung (ICNIRP) haben auf diese Bewertung reagiert. Die ICNIRP sieht aktuell keinen Bedarf, ihre Grenzwertempfehlungen zu ändern.

### Weitere Studien folgen

Ein Thema, das uns an der Deutschen Akademie für Kinder- und Jugendmedizin (DAKJ) bzw. der Kinderumwelt gGmbH besonders wichtig erscheint, ist die Frage, ob Kinder empfindlicher auf Mobilfunkfelder reagieren. Auch der wissenschaftliche Ausschuss „Neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken“ (SCENIHR) der EU-Kommission sieht hier noch weiteren Forschungsbedarf. Die EU stellt deshalb Mittel zur Finanzierung einer Multi-Center-Studie namens MOBI-KIDS zur Verfügung. Diese untersucht seit 2009, ob neue Kommunikationstechnologien wie das Mobiltelefon die Entwicklung von Hirntumoren bei Jugendlichen beeinflussen können. Erste Ergebnisse sollen bis 2015 vorliegen. Bis zur abschließenden Veröffentlichung belastbarer Studienergebnisse haben der Dachverband der deutschen Kinderärzte und das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) vorsorgliche Empfehlungen ausgesprochen und raten Kindern zu einem umsichtigen, maßvollen Umgang mit Handys.

### Immissionen durch LTE liegen weit unter den Grenzwerten

Die ständig wachsenden Anforderungen der Menschen an den mobilen Datenverkehr haben zur Entwicklung des neuen Mobilfunkstandards LTE (Long Term Evolution) geführt.

Er erfordert zusätzlich zur Nutzung der bisherigen Basisstationen den Betrieb weiterer Sendeanlagen. Zur Frage der Gesundheitsverträglichkeit von LTE weist das Bundesamt für Strahlenschutz darauf hin, dass die nach dem neuen Standard eingesetzten Frequenzen sehr nah bei den bisher für Mobilfunk genutzten Frequenzbändern liegen. Es ist daher davon auszugehen, dass sich ihre biologischen und medizinischen Wirkungen nicht grundsätzlich unterscheiden. Das BfS rechnet zwar mit einem Anstieg der Immissionen, geht aber davon aus, dass diese auch nach dem flächendeckenden Ausbau der LTE-Netze weiterhin deutlich unter den gesetzlichen Grenzwerten liegen. Die Ergebnisse der Messungen im Rahmen der vorliegenden bundesweiten Studie „Sicherheit durch Transparenz – LTE auf dem Prüfstand“ bestätigen diese Erwartung. Der Schutz vor gesundheitlichen Beeinträchtigungen durch Mobilfunkfelder ist bei der Einhaltung der gesetzlichen Grenzwerte bereits heute mit großer Sicherheit gewährleistet. Dies gilt sowohl für die seit Jahren genutzten Übertragungsverfahren GSM und UMTS als auch für den neuen Standard LTE.

Für eine besondere Sensibilität von Kindern gibt es derzeit keine gesicherten Hinweise. Vorsorglich wird bis zum Vorliegen weiterer belastbarer Studienergebnisse Kindern ein maßvoller Umgang mit dem Handy empfohlen.



#### **Prof. Dr. med. Karl Ernst von Mühlendahl**

Kinderarzt mit Schwerpunkt Endokrinologie und Umweltmedizin

Von 1979 bis 2001 war Prof. Dr. med. Karl Ernst von Mühlendahl Leiter des Kinderhospitals Osnabrück. Seit 1991 ist er Sprecher der Umweltkommission der Deutschen Akademie für Kinder- und Jugendmedizin (DAKJ), des Dachverbandes der Deutschen Kinderärztlichen Gesellschaften und Leiter der Dokumentations- und Informationsstelle für Umweltfragen der DAKJ (seit 2001 gemeinnützige Kinderumwelt GmbH).

# ANSPRECHPARTNER

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

Hegelplatz 1 | 10117 Berlin  
Gebührenfreie Hotline: 0800 3303133  
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 80 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 nicht ionisierender 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 GmbH)  
Bildnachweise: Informationszentrum Mobilfunk e.V.  
Gestaltung: Anja Teßmann, Art Direction & Design  
Lektorat: Beate Fischer, mediumText  
Stand: November 2012