

SYSTEMATISCHE ERFASSUNG DER HOCHFREQUENZ-EXPOSITION IM ALLTAG



Messtudie im Auftrag des Informationszentrums Mobilfunk e. V.
mit Unterstützung des Referats für Gesundheit und Umwelt
der Landeshauptstadt München

Ergebnisse | Auswertung | Diskussion



INHALT

GRUSSWORT	S. 3
Stephanie Jacobs, Referentin für Gesundheit und Umwelt	
EDITORIAL	S. 4
Dagmar Wiebusch, Geschäftsführerin Informationszentrum Mobilfunk e. V.	
PROJEKTÜBERBLICK	S. 5 - 6
Auswahl typischer Alltagsszenarien Berücksichtigung des eigenen Mobiltelefons Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick	
MESSGRÖSSEN UND GRENZWERTE	S. 7 - 9
SAR-Wert Elektrische Feldstärke und Leistungsflussdichte Grenzwerte für hochfrequente elektromagnetische Felder	
MESSERGESULTISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG	S. 10 - 23
Messungen unter Laborbedingungen SAR-Messungen zur Erfassung des Expositionsbeitrags durch ein Smartphone Messungen zur Erfassung des Expositionsbeitrags durch körpernah genutzte Endgeräte Messungen zur Erfassung des Expositionsbeitrags durch DECT-Telefonanlagen Messungen zur Erfassung des Expositionsbeitrags durch WLAN Zusammenfassung der Ergebnisse	
Messungen in typischen Alltagssituationen Darstellung der Ergebnisse Szenario Wohnung Szenario Schule Szenario Arbeitsplatz Szenario Verkehr Szenario Gastronomie Szenario öffentlicher Bereich Szenario Messe Zusammenfassung der Ergebnisse	
IMMISSIONSPROGNOSE FÜR TYPISCHE ALLTAGSSITUATIONEN	S. 24 - 25
Faktoren zur Bestimmung der HF-Gesamtexposition und Strategien der Minimierung	
DISKUSSION	S. 26 - 27
Handynutzung und Gesundheit Prof. Dr. med. Karl Ernst von Mühlendahl, Kinderumwelt gGmbH	
ANHANG	S. 28 - 39
Übersichtstabellen aller gemessenen Einzelwerte	
ANSPRECHPARTNER UND IMPRESSUM	S. 40

Unsere moderne, hochtechnologisierte Welt bietet eine Fülle an verschiedenen Kommunikations- und Informationsinstrumenten. Smartphones oder Tablets mit mobiler Internetnutzung und deren vielfältige Anwendungen haben längst Einzug in unseren Alltag gehalten. Smartwatches werden immer beliebter, Tickets lassen sich schon längst elektronisch erstehen. Die Einführung der elektronischen Geldbörse steht unmittelbar bevor. Die Entwicklung in diesem Bereich scheint nie stillzustehen.

Gemeinsam ist all diesen Technologien, die von den Nutzerinnen und Nutzern angenommen und nachgefragt werden, dass sie, um funktionieren zu können, in unserer unmittelbaren Umgebung nicht nur hochfrequente elektromagnetische Felder benötigen, sondern diese auch selbst erzeugen. Zum Austausch von Informationen werden neben Mobilfunk-Basisstationen auch Internet-Hot-Spots, Small- oder Home-Cells, WLAN-Router oder Bluetooth-Technologien verwendet. Strahlungsquellen in Wohnungen sind DECT-Telefone und Mikrowellengeräte. Auch die Belastungen durch Rundfunk und Fernsehen sowie Funkdienste von Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben (BOS) müssen berücksichtigt werden.

Angesichts dieser Gegebenheiten sind aus der Bevölkerung kommende Forderungen nach einem vorsorgenden und angepassten Gesundheitsschutz verständlich. Als Voraussetzung hierfür ist jedoch zunächst eine detaillierte Bewertung all dieser auf uns einwirkenden hochfrequenten elektromagnetischen Felder notwendig.

Das Referat für Gesundheit und Umwelt der Landeshauptstadt München hat deshalb gerne der Bitte des Informationszentrums Mobilfunk e.V. (IZMF) entsprochen, sich an der „Studie zur systematischen Erfassung der Hochfrequenz-Exposition im Alltag“ zu beteiligen. Ziel der Studie war es, belastbare Daten zur Abschätzung der persönlichen Exposition beim Gebrauch mobiler Endgeräte bereitzustellen und Informationen zu liefern, welche Hochfrequenz-Quellen in welchem Maße Anteil an der Gesamtexposition haben.

Uns war es dabei wichtig, im Rahmen der Studie möglichst vielgestaltige Szenarien zu berücksichtigen, um den Einfluss verschiedenartiger Emissionsquellen zu erfassen. Beispielsweise wurde an so unterschiedlichen Orten wie dem Marienplatz, der Universitätsbibliothek oder in Privatwohnungen, aber auch bei einer Fahrt in der Münchner U-Bahn gemessen.

Bereits bei Ankündigung der Messung in der Presse zeigten die Reaktionen aus der Bevölkerung, dass nach wie vor Besorgnis herrscht hinsichtlich einer möglichen gesundheitlichen Gefährdung durch elektromagnetische Felder. Die messtechnische Ermittlung der konkret vorhandenen Belastungen an ausgewählten Orten eröffnete somit die Chance, eine aktuelle Datenbasis zu gewinnen.

Erfreulicherweise liegen die nunmehr ermittelten tatsächlichen Belastungen durch elektromagnetische Felder weit unter den verbindlichen gesetzlichen Grenzwerten. Zusätzlich zu dieser Erkenntnis ermöglichen die gewonnenen Daten eine differenzierte und wissenschaftlich fundierte Beurteilung der vorhandenen Belastung.

Als ganz besonders wichtig erachte ich jedoch, dass den Verbraucherinnen und Verbrauchern mit Veröffentlichung der Studie die Möglichkeit eröffnet wird, Rückschlüsse auf ihre individuelle Exposition im Alltag zu ziehen. Gleichzeitig erhalten sie Informationen darüber, wie sie ihre persönliche Exposition durch eine angepasste Bedienung der Mobilgeräte reduzieren können. Sie können aus der Studie einen direkten, ganz persönlichen Nutzen ziehen.



Stephanie Jacobs
Referentin
für Gesundheit und Umwelt, München

Liebe Leserinnen und Leser,



mobile Datendienste haben die mobilen Sprachdienste 2015 erstmals überholt. Rund 50 Prozent der Bevölkerung nutzt das Internet inzwischen vorzugsweise mit einem mobilen Endgerät. Dem Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien e. V. (Bitkom) zufolge stehen Smartphones dabei an erster Stelle, gefolgt von Tablets und Notebooks.

Diese veränderte Nutzung führt dazu, dass wir den Immissionen unserer Endgeräte heute in anderer Form ausgesetzt sind als zu Zeiten der reinen Telefonie. Zum einen sind die Geräte täglich länger in Gebrauch, zum anderen ist nicht mehr ausschließlich der Kopf exponiert. Viele Anwendungen sind zudem ständig aktiv (z. B. Mailfunktion, Messenger, Navigation u. ä.). Deshalb senden und empfangen die Geräte nahezu kontinuierlich.

Vor diesem Hintergrund hat auch die Risikobewertung der Mobilfunktechnologie einen Wandel erfahren. Stand bisher die Exposition durch Sendeanlagen im Zentrum des öffentlichen Interesses, rücken zunehmend die körpernahen Hochfrequenz-Quellen sowie die Gesamtimmission aus allen Quellen in den Fokus der Aufmerksamkeit.

Über die durchschnittliche Gesamtexposition der Bevölkerung liegen bisher erst wenige aussagekräftige Untersuchungsergebnisse vor. Das Informationszentrum Mobilfunk e. V. (IZMF) hat deshalb eine Studie zur „Systematischen Erfassung der Hochfrequenz-Exposition im Alltag“ in Auftrag gegeben. Zur Abschätzung der Gesamtimmissionen im Hochfrequenzbereich (HF) beim Gebrauch mobiler Endgeräte soll die Studie belastbare Daten liefern, insbesondere für typische Alltagssituationen. Darüber hinaus soll sie informieren, in welchem Maße Mobilfunkantennen, Rundfunksender, DECT-Telefone oder WLAN-Router sowie Handys, Laptops oder Tablets Anteil an der Gesamtexposition haben. Mithilfe der Messdaten

können Verbraucher Rückschlüsse auf ihre individuelle Exposition ziehen. Durchgeführt wurden die Messungen von der Technischen Universität (TU) Ilmenau.

Da eine Großstadt die Möglichkeit bietet, vielfältige Versorgungssituationen durch unterschiedliche Funkdienste zu untersuchen, wurden nahezu alle Messungen in München durchgeführt. Die exemplarischen Ergebnisse der Messungen lassen sich aber unabhängig vom konkreten Messort jederzeit auch auf vergleichbare Alltagssituationen übertragen.

Die Auswahl der Messorte erfolgte in Abstimmung mit dem Referat für Gesundheit und Umwelt (RGU) der Landeshauptstadt München, für dessen Unterstützung wir uns herzlich bedanken möchten. Unser Dank gilt auch den Bürgerinnen und Bürgern sowie den Institutionen, die uns den Zugang zu den alltagstypischen Szenarien wie beispielsweise Wohnraum, Arbeitsplatz, Schule, Gastronomie und Verkehrsmittel ermöglicht haben. Ohne ihre Hilfsbereitschaft wäre die Durchführung dieser Messreihe nicht möglich gewesen.

Die vorliegende Broschüre bietet allen Interessierten, die sich ein Bild von ihrer Alltags-Exposition machen möchten, allgemeinverständliche Ausführungen über Messverfahren, Messergebnisse und deren Bewertung. Wer darüber hinaus noch tiefer in die Materie einsteigen will, kann auf den ausführlichen wissenschaftlichen Forschungsbericht zur Studie zurückgreifen (www.tu-ilmenau.de/it_hmt/).

Dagmar Wiebusch
Geschäftsführerin
Informationszentrum Mobilfunk e. V.

Mit dem Ziel, Klarheit über die real auftretende Hochfrequenz-Exposition im Alltag zu schaffen, hat das Informationszentrum Mobilfunk e. V. (IZMF) 2015 eine weitere Mobilfunkstudie in Auftrag gegeben. Mit der neuen Messreihe schließt das IZMF an seine erfolgreichen Aktivitäten der vergangenen Jahre an. Die bisher durchgeführten Immissionsuntersuchungen an GSM- und UMTS-Sendeanlagen (2003 - 2009) sowie an LTE-Sendeanlagen (2010 und 2012) haben bereits einen wirkungsvollen Beitrag zur Aufklärung der Bevölkerung und Versachlichung der Mobilfunkdiskussion geleistet.

Die aktuelle Studie soll belastbare Daten zur Abschätzung der persönlichen Exposition beim Gebrauch mobiler Endgeräte bereitstellen und Informationen liefern, welche Hochfrequenz-Quellen in welchem Maße Anteil an der Gesamtexposition haben. Die Messdaten sollen dem Verbraucher ermöglichen, Rückschlüsse auf seine individuelle Exposition im Alltag zu ziehen. Außerdem sollen sie Aufschluss darüber geben, wie man durch eine angepasste Bedienung der Mobilgeräte die persönliche Exposition reduzieren kann. Mit der Durchführung der Studie beauftragt wurde die Technische Universität Ilmenau (TU Ilmenau). Die Projektleitung lag bei Dr. -Ing. Christian Bornkessel, wissenschaftlicher Mitarbeiter am Fachbereich für Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik (HMT).

Bisherige Studien zur Erfassung der Hochfrequenz (HF)-Gesamtexposition wurden mit am Körper getragenen Messgeräten (Dosimeter) durchgeführt. Aus technischen Gründen verfügen diese Geräte nur über eine begrenzte Empfindlichkeit. Da aber die Alltagsexposition in der Regel sehr gering ist, lag ein hoher Prozentsatz der Messwerte unterhalb der Nachweisgrenze. Die TU Ilmenau hat deshalb ein präziseres Messkonzept entwickelt. Durchgeführt wurden sowohl Labor- als auch Situationsmessungen.

Auswahl typischer Alltagsszenarien

Aus der Fülle möglicher Alltagssituationen wurden exemplarisch sieben Szenarien ausgewählt, die den Alltag nahezu eines jeden bestimmen und daher aus Sicht besorgter Bürgerinnen und Bürger von besonderem Interesse sind. Neben Wohnung, Schule und Arbeitsplatz zählen dazu öffentliche Verkehrsmittel, Gastronomie sowie öffentliche Aufenthaltsbereiche. Zur Abschätzung der Immissionssituation bei Veranstaltungen mit besonders hohem Publikumsverkehr und kapazitätsangepasster Mobilfunkversorgung wurde die Hannover Messe untersucht. Da alle Alltagssituationen bis auf die Messe in München

untersucht wurden, erfolgte die Auswahl der Szenarien und Messorte in enger Abstimmung mit dem *Referat für Gesundheit und Umwelt (RGU) der Bayerischen Landeshauptstadt*.

Die Auswahl der Messorte orientierte sich daran, möglichst vielfältige Versorgungssituationen mit unterschiedlichen Funkdiensten zu erfassen. Unter den Messorten befinden sich Wohnungen in direkter Nähe zum Olympiaturm, von dem u. a. UKW-, DAB- und DVB-T-Programme ausgestrahlt werden, Klassenräume mit WLAN-Versorgung, Büros mit Betriebsfunkversorgung wie beispielsweise BOS (Behörden und Organisationen mit Sicherheitsaufgaben), Verkehrsmittel mit zusätzlicher Mobilfunkversorgung (Repeater) sowie öffentliche Räume mit Mobilfunkmikrozellen-Versorgung (Small-Cells).

Berücksichtigung des eigenen Mobiltelefons

Die Exposition durch den Gebrauch des eigenen Mobiltelefons ist von vielen Faktoren abhängig. Sie veränderte sich in Abhängigkeit u. a. vom SAR-Wert des benutzten Handymodells, vom gewählten Funkdienst (GSM, UMTS, LTE u. a.) sowie von der jeweiligen Empfangsqualität und ist messtechnisch nur sehr schwer erfassbar.

Um bei der Bestimmung der Gesamtexposition im Alltag trotzdem den Einfluss eines selbst genutzten Mobiltelefons am Kopf zu berücksichtigen, wurde in dieser Studie ein Durchschnittswert herangezogen. Dieser orientiert sich an einer Auswertung im Rahmen der INTERPHONE-Studie, und wurde mit einer durchschnittlichen *SAR-Grenzwertausschöpfung von 8,50 Prozent* (bezogen auf die Leistungsflussdichte) für die eigene Handy-Nutzung festgelegt. Dieser Durchschnittswert wird in den untersuchten Szenarien zu den jeweils *gemessenen* Immissionen *hinzugerechnet*. Mit diesem Verfahren kann man in allen Alltagssituationen sichtbar machen, wie sich die Gesamtmission bei Benutzung eines eigenen Mobilfunkgerätes im Schnitt verändert.

Die Messungen wurden im Zeitraum April bis August 2015 an verschiedenen Standorten in Deutschland durchgeführt. Die Labormessungen fanden am Institut für Mobil- und Satellitenfunktechnik (IMST GmbH) in Kamp Lintfort und an der TU Ilmenau statt. Die ermittelten Ergebnisse sowohl der Szenarien- als auch der Labormessungen lassen sich auf vergleichbare Rahmenbedingungen übertragen und ermöglichen es den Bürgerinnen und Bürgern – unabhängig vom konkreten Messort – Rückschlüsse auf ihre persönliche Exposition zu ziehen.

Die wichtigsten Ergebnisse im Überblick

- Die Ergebnisse zeigen, dass die gültigen Grenzwerte in Deutschland an allen Messpunkten sehr deutlich unterschritten werden. Die im Mittel (Median) erreichte HF-Gesamtexposition der Bevölkerung schöpft ohne Berücksichtigung des eigenen Mobiltelefons lediglich 0,003 Prozent des Leistungsflussdichtegrenzwertes (entsprechend 0,58 Prozent vom Feldstärkegrenzwert) aus.
- Bei den untersuchten typischen Alltagsszenarien wurden in Abhängigkeit von der jeweils vorhandenen Funkdienstversorgung sowie der Nutzeraktivität sehr unterschiedliche Messwerte ermittelt.
- Die höchste Immission innerhalb der Messreihe wurde in einem Café am Marienplatz gemessen. Der Messpunkt lag in ca. 10 Meter Entfernung zu einer Mikrozellen-Mobilfunkantenne. Die Ausschöpfung des Leistungsflussdichtegrenzwertes betrug 0,46 Prozent (entsprechend 6,8 Prozent vom Feldstärkegrenzwert).
- Die niedrigste Immission wurde in einem Studentenapartment im Olympiadorf in rund 700 Meter Entfernung vom Olympiaturm ermittelt. An diesem Messpunkt betrug die Ausschöpfung des Leistungsflussdichtegrenzwertes lediglich 0,0005 Prozent (entsprechend 0,22 Prozent vom Feldstärkegrenzwert).
- An rund der Hälfte der Messpunkte lagen die durch Sendeanlagen erzeugten Immissionen höher als die der Endgeräte. An diesen Orten herrschte in der Regel eine gute Empfangsqualität, sodass die Endgeräte ihre Sendeleistung deutlich herunterregeln konnten.
- Wo die Empfangsqualität eingeschränkt war, beispielsweise durch Dämpfungseffekte innerhalb von Gebäuden oder durch die umgebende Bebauung, überwogen die Endgeräteimmissionen.
- Bei Berücksichtigung der Immissionen durch ein eigenes Endgerät am Kopf ändert sich die Immissionsgesamtbilanz in allen Szenarien grundlegend. An allen Messpunkten dominieren dann stets die Immissionen durch das eigene Mobiltelefon. Der Maximalwert bleibt aber auch hier mit einer Ausschöpfung des Leistungsflussdichtegrenzwertes von 8,96 Prozent deutlich unterhalb der Grenzwerte.
- DECT-Immissionen liefern nur im Wohn- und Büroumfeld einen nennenswerten Beitrag. In allen anderen untersuchten Szenarien lagen sie unterhalb der Nachweisgrenze. WLAN findet sich zwar an vielen Messpunkten, trägt aber nur minimal zur Gesamtmission bei.
- Eine Langzeitmessung über 24 Stunden in einer Büroumgebung zeigt, dass sich die Immissionen der umliegenden Mobilfunkbasisstationen in etwa der gleichen Größenordnung bewegen, wie sie durch die DECT-Telefonanlage erzeugt werden. Die im Mittel (Median) gemessene HF-Gesamtexposition während der üblichen Arbeitszeit zwischen 8.00 Uhr und 18.00 Uhr schöpfte 0,0009 Prozent des Leistungsflussdichtegrenzwertes aus (entsprechend Feldstärke 0,30 Prozent vom Grenzwert) aus.
- Die unter Laborbedingungen durchgeführten Abstandsmessungen an Mobilfunkendgeräten, DECT und WLAN zeigen, dass selbst beim geringsten Messabstand (0,5 Meter) die Leistungsflussdichtegrenzwerte zu weniger als 1 Prozent ausgeschöpft werden (entsprechend weniger als 10 Prozent vom Feldstärkegrenzwert). Dabei ist zu berücksichtigen, dass bei allen Geräten von einer theoretischen Maximalauslastung ausgegangen wurde, die in der Praxis nur sehr selten auftritt.

STUDIENDESIGN

Labormessungen

- Messungen der SAR an einem Smartphone im Abstandsbereich 0 cm bis 5 cm zum Kopf
- Messungen der Immissionen körpernah genutzter Mobilfunkendgeräte im Abstandsbereich von 0,5 m bis 5 m
- Messungen der Immissionen an einer DECT-Telefonanlage, einem WLAN-Access-Point und einem WLAN-Endgerät im Abstandsbereich von 0,5 m bis 5 m
- Untersuchungen zur Leistungsregelung an einem GSM-Mobiltelefon in Abhängigkeit von der Verbindungsqualität zur Basisstation

Situationsmessungen in typischen Alltagsszenarien

- Messungen der zeitlich gemittelten HF-Gesamtimmission von Sendeanlagen und Endgeräten in sieben verschiedenen alltagstypischen Szenarien an 30 Messpunkten
- Langzeitmessungen über 24 Stunden in einer Büroumgebung

Berücksichtigung des eigenen Mobiltelefons

- Für die eigene Handy-Nutzung wurde eine durchschnittliche SAR-Grenzwertausschöpfung von 8,50 Prozent angesetzt. Dieser Durchschnittswert wurde zu den jeweils gemessenen Immissionen hinzugerechnet, wenn die Exposition durch das eigene Mobiltelefon im Kopfbetrieb erfasst werden sollte.

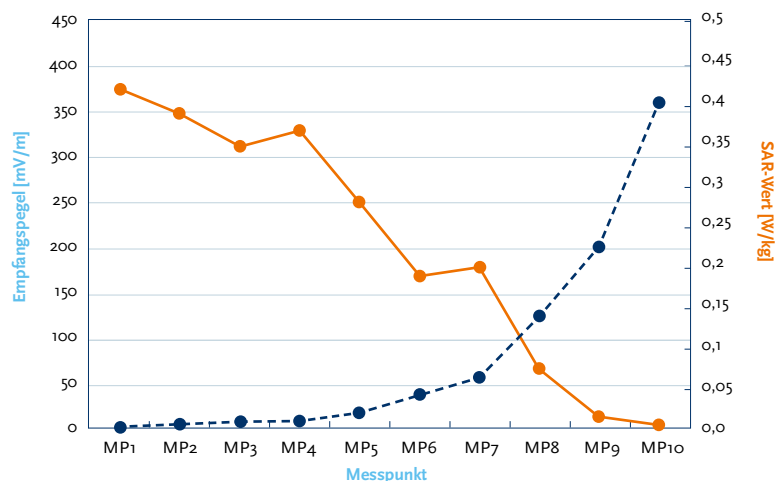
Alle in Europa verkauften Mobiltelefone haben einen SAR-Wert, der unterhalb des Grenzwertes liegt. Die Messung der SAR, kann nur experimentell mithilfe von Kopf- oder Körperphantomen ermittelt werden. Sie erfolgt stets bei maximaler Sendeleistung. Das Messverfahren ist europaweit standardisiert, sodass SAR-Werte miteinander vergleichbar sind. Die SAR-Werte aktueller Mobiltelefone sind im Internet, zum Beispiel beim Bundesamt für Strahlenschutz (www.bfs.de), nachlesbar.

Aufgrund der Leistungsregelung von Mobilfunkbasisstationen und Handys tritt beim Telefonieren im Alltag zumeist jedoch eine wesentlich geringere SAR auf. Unter guten Empfangsbedingungen, beispielsweise in unmittelbarer Nähe zu einer Basisstation, reduziert das Mobiltelefon die Sendeleistung auf das für eine Verbindung gerade noch notwendige Maß. Bei eingeschränkten Empfangsbedingungen und in weiter Entfernung zu einer Basisstation muss das Handy dagegen seine Sendeleistung entsprechend hochregeln.

Wie diese automatische Sendeleistungsregelung in der Praxis funktioniert, wurde im Umfeld einer realen Basisstation im Mobilfunkstandard GSM untersucht. Die Messungen wurden bei fixer Telefonposition an einem SAR-Messkopf für unterschiedliche Empfangsbedingungen durchgeführt.

Die Ergebnisse zeigen deutlich, dass das Mobiltelefon mit steigendem Empfangspegel seine Sendeleistung kontinuierlich herunterregelt. Ein hoher Versorgungspegel seitens der Basisstation erweist sich daher als wirksames Mittel zur Reduzierung der persönlichen Exposition.

Abbildung 1: Leistungsregelung eines Handys in Abhängigkeit zur Versorgungsqualität



SAR-Wert

SAR steht für die „Spezifische Absorptionsrate“. Sie beschreibt die Energierate, mit der hochfrequente elektromagnetische Felder von biologischem Gewebe aufgenommen („absorbiert“) werden. Daher wird sie in der Einheit Watt pro Kilogramm gemessen. Die Aufnahme elektromagnetischer Feldenergie im Körper führt stets zu dessen Erwärmung. Je niedriger der SAR-Wert, desto geringer ist die Energieaufnahme und die damit verbundene Erwärmung des Gewebes. Um gesundheitliche Wirkungen für Mobiltelefone auszuschließen, gilt in der gesamten EU ein Grenzwert von 2,0 Watt pro Kilogramm.

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/m²) 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?

Das Kraftfeld, mit dem sich ein elektrisch geladener Körper umgibt, nennt man elektrisches Feld. Das Maß für die Stärke des elektrischen Feldes ist die Feldstärke (E), die in Volt pro Meter (V/m) angegeben wird. Diese Maßeinheit wird für die Beschreibung physikalischer Gesetzmäßigkeiten verwendet, wie etwa zur Beschreibung des Ausbreitungsverhaltens von Hochfrequenzfeldern. Die elektrische Feldstärke nimmt unter Idealbedingungen bei kugelförmiger Abstrahlung von der Antenne umgekehrt proportional mit dem Abstand zum Sender ab.

Bei der Untersuchung möglicher biologischer Wirkungen hochfrequenter Felder wird meist die Leistungsflussdichte (S) als Maßeinheit benutzt. Sie wird in Watt pro Quadratmeter (W/m²) angegeben und bezeichnet die durch eine Fläche pro Zeiteinheit fließende Energie eines elektromagnetischen Wellenfelds. Die Leistungsflussdichte 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 Ausschöpfung des Feldstärkegrenzwertes von 10 Prozent einer Grenzwertausschöpfung von 1 Prozent bezogen auf die Leistungsflussdichte.

Grenzwerttabelle Sendeanlagen

Funkdienst	Elektrische Feldstärke [V/m]	Leistungsflussdichte [W/m ²]
UKW	28	2,0
DAB	28	2,0
TETRA	28	2,0
DVB-T	29	2,3
LTE-800	38	3,9
GSM-R	41	4,5
GSM-900	41	4,6
GSM-1800	58	9,0
LTE-1800	58	9,0
UMTS	61	10,0
LTE-2600	61	10,0

TU Ilmenau 2015

Grenzwerte für hochfrequente elektromagnetische Felder

Grenzwerttabelle Endgeräte

Funkdienst	Elektrische Feldstärke [V/m]	Leistungsflussdichte [W/m ²]
TETRA	28	2,0
LTE-800	39	4,1
GSM-R	40	4,3
GSM-900	40	4,4
GSM-1800	56	8,5
LTE-1800	56	8,5
DECT	59	9,4
UMTS	60	9,6
WLAN 2,45 GHz	61	10,0
LTE-2600	61	10,0
ISM 434 MHz	28	2,1
ISM 868 MHz	40	4,3

TU Ilmenau 2015

Zum Schutz der Gesundheit vor hochfrequenten elektromagnetischen Feldern gelten in Deutschland gesetzlich vorgeschriebene Grenzwerte. Diese basieren auf einer Begrenzung der Erwärmung des Körpergewebes. Da die Energieaufnahme der Hochfrequenzfelder und damit auch die Erwärmung des Körpergewebes von der Frequenz abhängen, ergeben sich für die verschiedenen Frequenzbereiche unterschiedliche Grenzwertangaben. Sie sind in den nebenstehenden Übersichtstabellen für alle untersuchten Sendeanlagen und Endgeräte dokumentiert.

Die in Deutschland gültigen Grenzwerte für Sendeanlagen sind in der 26. Verordnung zum Bundes-Immissionsschutzgesetz (Verordnung über elektromagnetische Felder – 26. BImSchV 1997, novelliert im August 2013) gesetzlich festgeschrieben. Der Gesetzgeber ist dabei den wissenschaftlichen Empfehlungen von unabhängigen nationalen und internationalen Expertengremien gefolgt. Er beruft sich vor allem auf die Einschätzung der Strahlenschutzkommission des Bundes (SSK). Die SSK ihrerseits hat die Grenzwertempfehlungen der Internationalen Kommission zum Schutz vor nicht ionisierender Strahlung (ICNIRP) übernommen. Deren Empfehlungen haben sich auch die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und der Rat der Gesundheitsminister der Europäischen Union (EU) angeschlossen.

Die wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder (EMF) auf Mensch und Umwelt werden von WHO, ICNIRP, dem wissenschaftlichen Ausschuss „Neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken“ der Europäischen Kommission (SCENIHR), dem Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) und anderen internationalen Expertengremien regelmäßig gesichtet und neu bewertet. In ihren aktuellen Stellungnahmen kommen sie übereinstimmend zu dem Schluss, dass es nach derzeitigem Stand der Forschung keine Hinweise auf eine gesundheits-schädigende Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder unterhalb der Grenzwerte gibt.

Messungen unter Laborbedingungen

Smartphone, Tablet und Notebook gehören ebenso selbstverständlich zum Alltag wie DECT-Telefonanlagen oder WLAN. Welchen Beitrag diese Geräte zur persönlichen HF-Gesamtexposition im Alltag liefern, wurde in einer speziell abgeschirmten Absorberkammer untersucht.

Die SAR-Messungen erfolgten bei maximaler Sendeleistung mit einem Messkopf Maschek ESM-120 im Mobilfunkstandard UMTS (Kanal 9750). Die Messungen wurden im Abstandsbereich 0 bis 5 Zentimeter durchgeführt.

Die Abstandsmessungen von Mobilfunk-Endgeräten (Smartphone, Touchpad, Notebook) erfolgten bei maximaler Sendeleistung im Mobilfunkstandard LTE-800. Sämtliche Abstandsmessungen auch für DECT und WLAN wurden mit einem Messgerät Narda SRM-3006 im Abstandsbereich von 0,5 bis 5 Meter durchgeführt.

Eine tabellarische Übersicht der gemessenen Laborwerte findet sich auf den Seiten 29 - 30. Für die SAR-Messungen sind die Werte im Abstandsbereich 0 bis 5 Zentimeter aufgeführt. Die ermittelten Messergebnisse für die Abstandsmessungen im Bereich von 0,5 bis 5 Meter sind sowohl als elektrische Feldstärke in Volt pro Meter (V/m) und Prozent des Grenzwertes, als auch als elektrische Leistungsflussdichte in Milliwatt pro Quadratmeter (mW/m²) und Prozent des Grenzwertes angegeben.

Messunsicherheit

Die Messunsicherheit für die Immissionsmessungen beträgt ± 3 dB. Hierbei sind sowohl die Unsicherheitsbeiträge für die Kalibrierung von Messantenne, Messkabel und Spektrumanalysator als auch die Unsicherheit der Probenahme berücksichtigt. Die Messunsicherheit wurde nicht zu den Messergebnissen addiert.

SAR-Messungen zur Erfassung des Expositionsbeitrags durch ein Smartphone

Die Analyse der Ergebnisse zeigt eine stetige Abnahme der Immissionen im Abstandverlauf. Der höchste SAR-Wert wurde im direkten Kopfkontakt mit dem Smartphone (Motorola Moto A953) gemessen und betrug 0,61 W/Kg. Doch bereits in einem Abstand des Handys von nur einem Zentimeter zum Kopf nahm die SAR um zwei Drittel des Wertes ab. Ermittelt wurden lediglich 0,20 W/kg.

Abbildung 2: SAR-Messungen an einem Smartphone

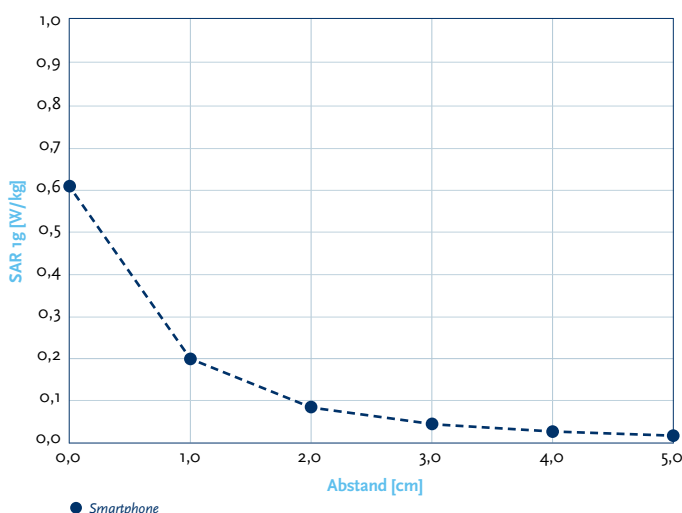


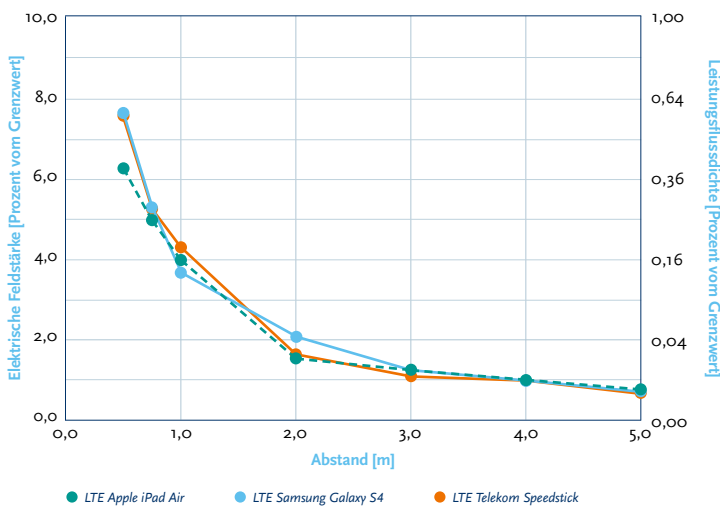
Bild 1: Messaufbau der SAR-Nahfeldmessung; oben: Smartphone mit Kopfkontakt; unten: Smartphone im Abstand von 3 cm

Messungen zur Erfassung des Expositionsbeitrags durch körpernah genutzte Endgeräte

In welcher Größenordnung Immissionen bei der körpernahen Nutzung von Mobilfunk-Endgeräten auftreten, wurde an einem Smartphone (Samsung Galaxy S4), einem Touchpad (Apple iPad Air) und einem Notebook (Dell Notebook/Telekom Speedstick) untersucht. Die Messungen zeigen, dass die Größenordnung ihrer Immissionen nahezu identisch ist. Im Abstand von 0,5 Meter haben beispielsweise Smartphone und Notebook fast gleiche Immissionen. Das Smartphone erreicht eine Ausschöpfung des Feldstärkegrenzwertes von 7,61

Rahmen der von 2011 bis 2012 durchgeführten Untersuchung „Bestimmung der Exposition der allgemeinen Bevölkerung durch neue Mobilfunk-techniken“ an 102 systematischen und 75 zufällig ausgewählten Messpunkten an Mobilfunkbasisstationen lag die Ausschöpfung des Feldstärkegrenzwertes im Mittel bei 2,0 Prozent (entsprechend Leistungsflussdichte 0,04 Prozent vom Grenzwert) (www.emf-forschungsprogramm.de/akt_emf_forschung.html/dosi_HF_004.html).

Abbildung 3: Abstandsmessung körpernah genutzte Endgeräte



Prozent (entsprechend Leistungsflussdichte 0,58 Prozent vom Grenzwert), das Notebook schöpft einen Feldstärkegrenzwert von 7,54 Prozent aus (entsprechend Leistungsflussdichte 0,57 Prozent vom Grenzwert). Bereits im Abstand von einem Meter zum Körper sinken die Immissionen aller drei Geräte um rund die Hälfte ab.

Die gemessenen Immissionswerte geben auch Auskunft darüber, welchen Einfluss die Endgeräte benachbarter Nutzer (Passivexposition) auf die persönliche Exposition haben. In einem Abstand von ca. 2 Meter beträgt die Ausschöpfung des Feldstärkegrenzwertes beispielsweise beim Smartphone 2,09 Prozent (entsprechend Leistungsflussdichte 0,04 Prozent vom Grenzwert).

Dieser Wert liegt in etwa auf dem Niveau, wie es üblicherweise in der Umgebung von Basisstationen erreicht wird, wie eine aktuelle Studie des Bundesamtes für Strahlenschutz (BfS) zeigt. Im

Messungen zur Erfassung des Expositionsbeitrags durch DECT-Telefonanlagen

DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunication) bezeichnet einen internationalen Standard für ein digitales schnurloses Telefonsystem. DECT-Telefonanlagen senden im Frequenzbereich von 1.880 bis 1.900 MHz. Die Basisstation sendet im Stand-by-Betrieb ca. 100 mal pro Sekunde Systeminformationen an das Mobilteil. Seit geraumer Zeit gibt es auch sogenannte ECO-DECT-Telefonanlagen, die die Sendeleistung der Basisstation im Ruhebetrieb auf ein Minimum reduzieren, sobald das Mobilteil in der Station liegt, oder die Sendeleistung der Basis völlig abschalten.

Wie sich die Immissionen einer DECT-Telefonanlage im Verhältnis zum Abstand verhalten, wurde an einem mit ECO-Mode ausgestatteten Siemens Gigaset A400 untersucht. Um die maximale Sendeleistung

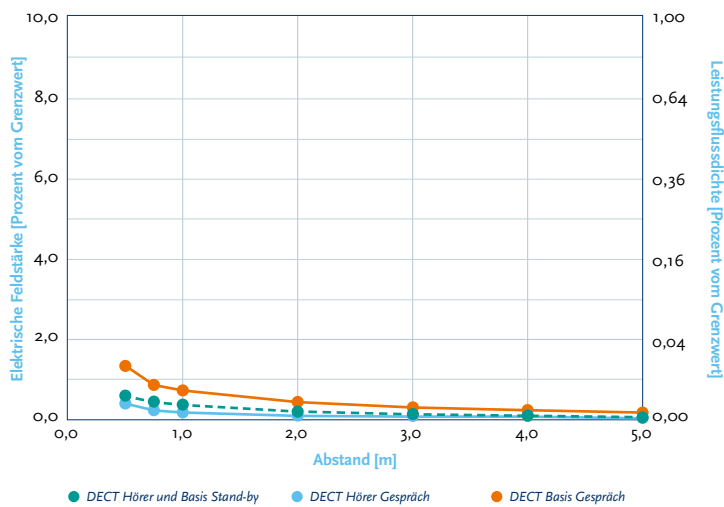
MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG

der Anlage zu ermitteln und eine Vergleichbarkeit mit Anlagen ohne ECO-Mode zu gewährleisten, war der ECO-Mode während der Messungen aber deaktiviert. Betrachtet wurden drei Betriebsarten:

- Stand-by-Betrieb
- aktive Gesprächsverbindung, nur Hörer
- aktive Gesprächsverbindung, nur Basis.

Die Analyse der Messdaten zeigt, dass die Immissionen, die während einer aktiven Gesprächsverbindung vom Mobilteil ausgehen, unter den Immissionen der Basis im Stand-by-Betrieb liegen. Insgesamt liefern DECT-Telefonanlagen nur einen minimalen Beitrag zur persönlichen Gesamtexposition. In einer Entfernung von 5 Meter zur Basis werden selbst bei einer aktiven Gesprächsverbindung lediglich noch 0,15 Prozent des Feldstärkegrenzwertes (entsprechend Leistungsflussdichte 0,0002 Prozent vom Grenzwert) ausgeschöpft.

Abbildung 4: Abstandmessung DECT-Telefonanlage



Messungen zur Erfassung des Expositionsbeitrags durch WLAN

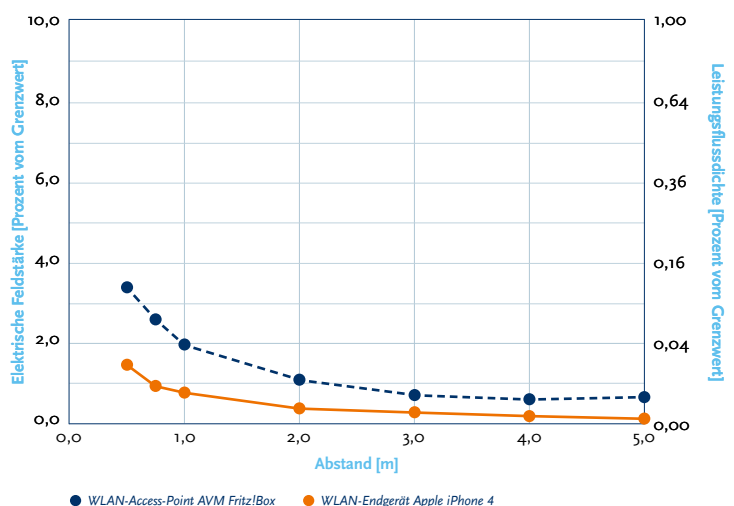
WLAN steht für Wireless Local Area Network, ist also ein kabelloses lokales Netzwerk. Über WLAN können Geräte wie Computer und Drucker kabellos verbunden werden. Es ermöglicht innerhalb eines Hauses auch den Internetzugang aus jedem Raum. Für den kabellosen Internetzugang finden Infrastruktur-Netzwerke Anwendung. Dabei bildet ein entsprechender WLAN-Router mit DSL-Modem den sogenannten Access-Point. An dieser Basisstation melden sich dann die jeweiligen Endgeräte an.

Wie sich die Immissionen eines WLAN-Access-Points und eines WLAN-Endgerätes in Abhängigkeit zum Abstand verhalten, wurde an einer AVM Fritz!Box und einem Apple iPhone 4 untersucht. Dazu wurden beide Geräte in einen WLAN-Sende-betrieb versetzt und die ermittelten Messwerte auf eine maximale Anlagenauslastung hochgerechnet.

Die Analyse der Messwerte zeigt, dass die Immissionen eines WLAN-Access-Points unterhalb der Werte der drei untersuchten Mobilfunk-Endgeräte liegen. Selbst in einem Abstand von 0,5 Meter zum Router wurden bei maximaler Anlagenauslastung nur 3,43 Prozent des Feldstärkegrenzwertes (entsprechend Leistungsflussdichte 0,12 Prozent zum Grenzwert) ausgeschöpft.

Die Abstandsabhängigkeit verläuft bei Endgerät und Access-Point identisch, allerdings beim Endgerät auf deutlich niedrigerem Niveau. Im Abstand von 0,5 Meter zum Router wurden bei aktiver Datenübertragung lediglich 1,5 Prozent des Feldstärkegrenzwertes (entsprechend Leistungsflussdichte 0,02 Prozent zum Grenzwert) ausgeschöpft.

Abbildung 5: Abstandmessung WLAN



Zusammenfassung der Ergebnisse

- Die SAR-Messwerte eines Smartphones am Kopf und Messungen zur Abstandsabhängigkeit von körpernah genutzten Mobilfunk-Endgeräten sowie DECT-Telefonanlagen und WLAN zeigen einen qualitativ sehr ähnlichen Verlauf: Bei steigendem Abstand vom Gerät nehmen die Immissionen deutlich ab.
- Die Analyse der mit maximaler Sendeleistung im Labor ermittelten SAR-Werte eines Smartphones zeigt, dass die Immissionen in einem Abstand von nur einem Zentimeter zum Messkopf bereits zwei Drittel unter dem Wert liegen, der bei direktem Kopfkontakt gemessen wird. Ergänzende experimentelle Untersuchungen zur Leistungsregelung von Mobiltelefonen zeigen außerdem, dass das Handy seine Sendeleistung bei guter Empfangsqualität stark herunterregelt (vgl. S. 7). Unter Praxisbedingungen treten in der Regel daher deutlich geringere SAR-Werte auf, als sie unter Laborbedingungen gemessen wurden.
- Den höchsten Immissionsbeitrag liefern körpernah genutzte Mobilfunk-Endgeräte. Doch bereits in einem Abstand von nur einem Meter zum Körper nehmen die Immissionen um rund die Hälfte ab. Der Beitrag von Mobilfunk-Endgeräten zur Passivexposition ist nur gering. In einem Abstand von 2 Meter liegen die Immissionen in etwa auf einem Niveau wie es üblicherweise in der direkten Umgebung von Mobilfunkbasisstationen erreicht wird.
- Bei allen gemessenen Immissionen ist festzustellen, dass auch beim niedrigsten Messabstand von 0,5 Meter die Feldstärkegrenzwerte nur zu weniger als 10 Prozent ausgeschöpft wurden (entsprechend Leistungsflussdichte weniger als 1 Prozent vom Grenzwert). In vielen Fällen wurden wesentlich niedrigere Immissionen festgestellt. Dabei ist auch zu berücksichtigen, dass bei allen Geräten von einer theoretischen Maximalauslastung ausgegangen wurde, die bei mobilen Endgeräten und beim WLAN-Endgerät nur selten auftritt.

Messungen in typischen Alltagssituationen

Im Alltag tragen zahlreiche Hochfrequenzquellen zur HF-Exposition bei. Welchen Beitrag sie liefern und in welcher Größenordnung sie liegen, hat die TU Ilmenau am Beispiel von sieben typischen Alltagssituationen an insgesamt 30 Messpunkten exemplarisch untersucht.

Szenario	Aufenthaltsbereich
Wohnung	Schlafzimmer und Wohnzimmer
Schule	Klassenzimmer mit und ohne Datenverkehr
Arbeitsplatz	Einzelbüro, Großraumbüro
Verkehr	Bundesbahn, ÖPNV, Bahnhof
Gastronomie	drinnen und draußen
öffentlicher Bereich	städtischer Platz, Bibliothek
Hotspot/Messe	drinnen und draußen

Für die Szenarienmessungen wurde das Messgerät Narda SRM-3006 in der Betriebsart „Safety Evaluation“ verwendet. Die Messungen erfolgten im Frequenzbereich von 75 MHz bis 3 GHz. Pro Messpunkt wurden die Immissionen frequenzselektiv über einen Zeitraum von 6 Minuten erfasst (Mittlungszeit entsprechend den ICNIRP-Richtlinien). Dabei erfolgten jeweils getrennte Messungen für Sendeanlagen und Endgeräte. Das Messgerät kam dabei sowohl stationär als auch bewegt zum Einsatz, um neben der zeitlichen auch eine örtliche Mittelung zu erfassen. Für Funkdienste, die nur einen geringen Immissionsbeitrag unterhalb der Nachweisschwelle des Messgerätes liefern, wurden in der Auswertung als Immissionswert die jeweiligen Nachweisschwellen eingesetzt.

Darstellung der Ergebnisse

Auf den nachfolgenden Seiten werden die pro Szenario untersuchten Messpunkte kurz beschrieben. Angegeben wird der Messwert für die erfassten Sendeanlagen sowie der Messwert für die Endgeräte, jeweils ausgewiesen als *prozentuale Ausschöpfung des Grenzwertes bezogen auf die Leistungsflussdichte* (im Folgenden oft auch leistungsbezogener Grenzwert genannt). Angegeben wird auch die Gesamtsumme aus beiden Quellen. Da die Grenzwerte von der Frequenz abhängen, wurde für jeden einzelnen Funkdienst die spezifische Grenzwertausschöpfung berechnet und leistungsbezogen aufsummiert. Dabei wurde für

jeden Frequenzbereich stets der jeweils niedrigste Grenzwert angesetzt.

Welchen Beitrag die untersuchten Hochfrequenz-Quellen zur persönlichen Gesamtexposition leisten, ist in einem *Tortendiagramm* dargestellt. Es gibt Auskunft darüber, welche Quellen in den untersuchten Alltagssituationen dominieren. In welcher Größenordnung die jeweils erreichte Grenzwertausschöpfung durch die einzelnen HF-Quellen liegt, ist in den ausführlichen Ergebnistabellen im Anhang dokumentiert.

Für die eigene Handy-Nutzung wurde eine durchschnittliche *SAR-Grenzwertausschöpfung von 8,50 Prozent* angesetzt. Dieser Durchschnittswert orientiert sich an den Forschungsdaten der INTERPHONE-Studie und wird in den untersuchten Szenarien zu den jeweils *gemessenen* Immissionen *hinzugerechnet*. Für den geschätzten Anstieg der persönlichen Exposition durch die Benutzung eines eigenen Handys ist die leistungsbasierte Grenzwertausschöpfung separat ausgewiesen.

Übersichtstabellen aller gemessenen Einzelwerte für die nachfolgend vorgestellten Szenarien finden sich auf den Seiten 31 - 39. Die ausgewiesenen Immissionen sind in die Kategorien Sendeanlagen und Endgeräte aufgeteilt. Dabei umfasst die Rubrik „Mobilfunk-BS“ alle gemessenen Werte der Mobilfunk-sendeanlagen (GSM, UMTS, LTE sowie Tetra und Betriebsfunk). UKW, DAB und DAB-T sind in der Rubrik „Rundfunk“ zusammengefasst. In der Kategorie Endgeräte werden die ermittelten Immissionen für Mobilfunkendgeräte, DECT und WLAN aufgeführt. Die Messergebnisse sind dabei sowohl als elektrische Feldstärke in Volt pro Meter (V/m) und Prozent des Grenzwertes, als auch als elektrische Leistungsflussdichte in Milliwatt pro Quadratmeter (mW/m²) und Prozent des Grenzwertes angegeben.

Szenario Wohnung

In welcher Größenordnung HF-Immissionen typischerweise im Wohnumfeld auftreten, wurde in drei Privatwohnungen exemplarisch untersucht. Sie unterscheiden sich hinsichtlich der Stockwerkhöhe, ihrer Nähe zu umliegenden Sendeanlagen sowie topografischen Gegebenheiten.

Die Analyse der Messdaten zeigt, dass die HF-Gesamtexposition an drei der vier ausgewählten Messpunkte von Rundfunksendeanlagen dominiert wird (WOH₂, WOH₃, WOH₄). Ursächlich hierfür ist die Nähe der in der Fürstenberg- und in der Connollystraße (Olympiadorf) untersuchten Räume zum ca. 700 Meter entfernten Olympiaturm.

Obwohl die Wohnungen in der Fürstenbergstraße und im Olympiadorf in etwa den gleichen Abstand zum Olympiaturm haben, wurden deutlich unterschiedliche Immissionen ermittelt. Die im dritten Stock gelegene Wohnung in der Fürstenbergstraße hat direkte Sicht auf den Olympiaturm. Der höchste Immissionswert wurde im Schlafzimmer bei geöffnetem Fenster gemessen. An diesem Messpunkt (WOH₂) lag die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes bei 0,1025 Prozent. Der ebenerdige Studentenbungalow im Olympiadorf hat dagegen keine direkte Sicht auf den Olympiaturm, sondern es befinden sich Gebäude und Vegetation im Ausbreitungsweg, die die Rundfunkimmissio-

nen deutlich abschwächen. An diesem Messpunkt (WOH₄) betrug die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes lediglich 0,0005 Prozent. Die Ergebnisse zeigen, dass der Abstand zu einer Sendeanlage kein zuverlässiges Kriterium zur Abschätzung der Immissionen ist. Entscheidend sind vielmehr die Stockwerkhöhe und Ausrichtung des Wohnraums zur Sendeanlage.

Ein völlig anderes Bild ergibt sich in der Bavariastraße. Die in einer Grünanlage im Erdgeschoss gelegene Wohnung ist durch die umgebende Bebauung und Bepflanzung stark gegen die Immissionen der umliegenden Sendeanlagen abgeschirmt. In dieser Wohnung entfielen rund 80 Prozent der ermittelten Immissionen auf die DECT-Telefonanlage. Insgesamt wurde am Messpunkt (WOH₁) eine Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes von 0,0025 Prozent ermittelt.

Die Gesamtexposition in allen Szenarien ändert sich grundlegend, wenn man die eigene Handy-Nutzung hinzurechnet. Dann ergibt sich an allen Messpunkten eine leistungs-basierte Grenzwertausschöpfung von mindestens 8,5 Prozent, wovon nur ein verschwindend geringer Expositionsanteil von den umliegenden Sendeanlagen und sonstigen Endgeräten ausgeht.

Tabelle 1: Szenario Wohnung

Messpunkt	Quelle	Leistungsflussdichte (S) Grenzwertausschöpfung in %		Beitrag der HF-Quellen zur Gesamtexposition (ohne eigenes Handy)	Geschätzter Anstieg Grenzwertausschöpfung eigene Handy-Nutzung
WOH ₁ Bavariastraße EG	Sendeanlagen	0,0002 %	Summe 0,0025 %		von 0,0025 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0023 %			
WOH ₂ Fürstenbergstraße 3. OG. Schlafzimmer	Sendeanlagen	0,1024 %	Summe 0,1025 %		von 0,1025 % auf 8,60 %
	Endgeräte	0,0001 %			
WOH ₃ Fürstenbergstraße 3. OG Wohnzimmer	Sendeanlagen	0,0712 %	Summe 0,0716 %		von 0,0716 % auf 8,57 %
	Endgeräte	0,0004 %			
WOH ₄ Connollystraße EG (Olympiadorf)	Sendeanlagen	0,0004 %	Summe 0,0005 %		von 0,0005 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0001 %			

● Mobilfunk-Endgeräte ● DECT ● WLAN ● Mobilfunk-Basisstationen ● Rundfunk

MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG

Szenario Schule

In welcher Größenordnung HF-Immissionen typischerweise in einer mit WLAN versorgten Schule auftreten, wurde exemplarisch im ebenerdig gelegenen Foyer sowie in zwei Klassenzimmern in unterschiedlichen Stockwerken an der Städtischen Berufsschule für Informationstechnik in München untersucht. Die Klassenzimmer unterscheiden sich hinsichtlich ihrer Ausrichtung zum nahe gelegenen Olympiaturm.

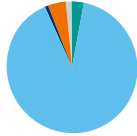
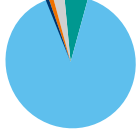


Die Analyse der Messdaten zeigt, dass die HF-Gesamtexposition an allen Messpunkten von den Endgeräten dominiert wird. Ursächlich hierfür sind vor allem die starken Dämpfungseffekte, die sich aus der Stahlbetonbauweise und der Verglasung des Schulgebäudes ergeben.

WLAN trug sowohl im Foyer als auch in den Klassenzimmern nur in geringem Umfang zur HF-Gesamtexposition bei. Dies ist vor allem darauf zurückzuführen, dass sich der WLAN-Access-Point in einem speziellen Technikraum befindet. Der Anteil der gemessenen Immissionen von Sendeanlagen ist an allen Messpunkten klein, variiert aber, abhängig von der Lage und der Ausrichtung der Klassenzimmer zum nahe gelegenen Olympiaturm, auf dem starke Rundfunksender installiert sind.

Wie sich die Immissionsbilanz durch Nutzung vieler Endgeräte verändert, wird im „Klassenzimmer A“ deutlich. Dort wurde während des Unterrichts, bei dem die Schüler ihre Smartphones nicht benutzten, sowohl für die Sendeanlagen als auch für die Endgeräte nur eine geringe Exposition gemessen (SCH₂). Für die HF-Gesamtexposition betrug die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes 0,0034 Prozent. Die Exposition nahm jedoch deutlich zu, als viele Schüler (ca. 20) ihr Handy gleichzeitig einschalteten (SCH₃). Bei dieser speziell für den Zeitraum der Messungen angeordneten intensiven Endgeräte-Nutzung stiegen die Immissionen durch die Endgeräte an. Für die Gesamtexposition wurde eine Grenzwertausschöpfung von 0,0132 Prozent ermittelt.

Die Gesamtexposition in allen Szenarien ändert sich grundlegend, wenn man die eigene Handy-Nutzung hinzurechnet. Dann ergibt sich an allen Messpunkten eine leistungs-basierte Grenzwertausschöpfung von mindestens 8,5 Prozent, wovon nur ein verschwindend geringer Expositionsanteil von den umliegenden Sendeanlagen und sonstigen Endgeräten ausgeht.

Tabelle 2: Szenario Schule

Messpunkt	Quelle	Leistungsflussdichte (S) Grenzwertausschöpfung in %		Beitrag der HF-Quellen zur Gesamtexposition (ohne eigenes Handy)	Geschätzter Anstieg Grenzwertausschöpfung eigene Handy-Nutzung
SCH ₁ Foyer	Sendeanlagen	0,0003 %	Summe 0,0066 %		von 0,0066 % auf 8,51 %
	Endgeräte	0,0063 %			
SCH ₂ Klassenzimmer A	Sendeanlagen	0,0003 %	Summe 0,0034 %		von 0,0034 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0031 %			
SCH ₃ Klassenzimmer A aktiver Datenverkehr	Sendeanlagen	0,0003 %	Summe 0,0132 %		von 0,0132 % auf 8,51 %
	Endgeräte	0,0129 %			
SCH ₄ Klassenzimmer B	Sendeanlagen	0,0004 %	Summe 0,0010 %		von 0,0010 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0006 %			

● Mobilfunk-Endgeräte ● DECT ● WLAN ● Mobilfunk-Basisstationen ● Rundfunk

Szenario Arbeitsplatz

In welcher Größenordnung HF-Immissionen typischerweise am Arbeitsplatz auftreten, wurde exemplarisch in verschiedenen Großraumbüros, Einzelbüros sowie in einem Lesesaal der Universität untersucht. Die Arbeitsplätze unterscheiden sich hinsichtlich der genutzten Funkdienste, der Endgerätenutzung am Arbeitsplatz sowie durch die Bauweise der untersuchten Gebäude.

Die Analyse der Messdaten zeigt, dass an zwei von fünf Messpunkten die Immissionen der Sendeanlagen deutlich dominieren (ARB1 und ARB4). Im Bürgerbüro (ARB1) trägt die dichte Mobilfunkversorgung am Marienplatz zu rund 75 Prozent zur Gesamtmission bei. Die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes lag dort bei 0,0015 Prozent. Noch etwas größer ist der Anteil der Sendeanlagen an der Gesamtmission in der Leitzentrale der Feuerwache (ARB4). Ursächlich hierfür ist neben dem Mobilfunk insbesondere auch der BOS-Betriebsfunk (Funkanwendungen der Behörden und Organisation mit Sicherheitsaufgaben). Am Messpunkt ARB4 lag die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes bei 0,0026 Prozent. Das war der höchste gemessene Immissionswert im Szenario Arbeitsplatz.



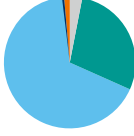
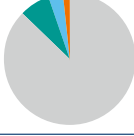
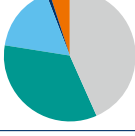
In einem Einzelbüro im Gasteig (ARB2) lagen die Immissionen der Mobilfunksendeanlagen und der DECT-Telefonanlage während eines aktiven Gesprächs in etwa der gleichen Größenordnung. Es wurde eine Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes von 0,0013 Prozent ermittelt.

Im Lesesaal der Universität in der alten Mensa im Olympiadorf (ARB3) dominieren eindeutig die Immissionen der von ca. 25 Studenten genutzten Endgeräte. Die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes lag bei 0,0024 Prozent.

WLAN war an allen Arbeitsplätzen vorhanden, lieferte aber nur einen äußerst minimalen Beitrag zur Gesamtexposition.

Die Gesamtexposition in allen Szenarien ändert sich grundlegend, wenn man die eigene Handy-Nutzung hinzurechnet. Dann ergibt sich an allen Messpunkten eine leistungs-basierte Grenzwertausschöpfung von 8,5 Prozent, wovon nur ein verschwindend geringer Expositionsanteil von den umliegenden Sendeanlagen und sonstigen Endgeräten ausgeht.

Tabelle 3: Szenario Arbeitsplatz

Messpunkt	Quelle	Leistungsflussdichte (S) Grenzwertausschöpfung in %		Beitrag der HF-Quellen zur Gesamtexposition (ohne eigenes Handy)	Geschätzter Anstieg Grenzwertausschöpfung eigene Handy-Nutzung
ARB1 Bürgerinformation Marienplatz Großraumbüro	Sendeanlagen	0,0013 %	Summe 0,0015 %		von 0,0015 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0002 %			
ARB2 Gasteig Einzelbüro	Sendeanlagen	0,0007 %	Summe 0,0013 %		von 0,0013 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0006 %			
ARB3 Olympiadorf Lesesaal Universität	Sendeanlagen	0,0008 %	Summe 0,0024 %		von 0,0024 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0016 %			
ARB4 Feuerwehrwache 6 Großraumbüro	Sendeanlagen	0,0025 %	Summe 0,0026 %		von 0,0026 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0001 %			
ARB5 Feuerwehrwache 6 Großraumbüro	Sendeanlagen	0,0006 %	Summe 0,0008 %		von 0,0008 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0002 %			

● Mobilfunk-Endgeräte ● DECT ● WLAN ● Mobilfunk-Basisstationen ● Rundfunk

MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG

Szenario Verkehr

In welcher Größenordnung HF-Immissionen typischerweise im Verkehr auftreten, wurde exemplarisch in verschiedenen Verkehrsmitteln und Wartebereichen untersucht. Durchgeführt wurden die Messungen während einer Fahrt im Handy-Abteil eines ICE, im Regionalexpress (RE) und in der U-Bahn sowie auf dem Bahnhofsplatz und auf einem U-Bahnsteig.

Während der Fahrten in ICE, RE und U-Bahn zeigten sich deutliche Unterschiede in der Immissionsbilanz. Der höchste Immissionswert wurde in einem ICE-Abteil gemessen (VER1). Ursächlich hierfür sind die Beiträge der Repeater-Versorgung sowie die intensive Endgeräte-Nutzung in diesem eigens dafür ausgewiesenen Abteil. Insgesamt wurde an diesem Messpunkt eine Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes von 0,0099 Prozent ermittelt. Die Abteile des Regionalexpress und der U-Bahn sind nicht mit einem Repeater versorgt. Es dominieren dort die Immissionen der Endgeräte. Im RE wurde eine Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes von 0,0040 Prozent gemessen. In der U-Bahn betrug die Grenzwertausschöpfung sogar nur 0,0034 Prozent.

Der höchste Immissionswert in diesem Szenario wurde am Bahnhofsplatz gemessen, der zugleich auch ein wichtiger Verkehrsknoten für das Straßennetz ist. An diesem Messpunkt (VER3) betrug die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes 0,0513 Prozent. Die persönliche Exposition wird hier nahezu gänzlich von den Immissionen der umliegenden Mobilfunkbasisstationen bestimmt.

Auch am Messpunkt U-Bahnsteig (VER5) dominieren die Immissionen der Mobilfunkversorgung. Sie liegen aber auf einem wesentlich geringeren Niveau als auf dem oberirdisch gelegenen Bahnhofsplatz. Die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes betrug lediglich 0,0040 Prozent.

Die Gesamtexposition in allen Szenarien ändert sich grundlegend, wenn man die eigene Handy-Nutzung hinzurechnet. Dann ergibt sich an allen Messpunkten mindestens eine leistungs-basierte Grenzwertausschöpfung von 8,5 Prozent, wovon nur ein verschwindend geringer Expositionsanteil von den umliegenden Sendeanlagen und sonstigen Endgeräten ausgeht.

Tabelle 4: Szenario Verkehr

Messpunkt	Quelle	Leistungsflussdichte (S) Grenzwertausschöpfung in %		Beitrag der HF-Quellen zur Gesamtexposition (ohne eigenes Handy)	Geschätzter Anstieg Grenzwertausschöpfung eigene Handy-Nutzung
			Summe		
VER1 Bundesbahn ICE	Sendeanlagen	0,0052 %	0,0099 %		von 0,0099 % auf 8,51 %
	Endgeräte	0,0047 %			
VER2 Bundesbahn Regionalexpress (RE)	Sendeanlagen	0,0013 %	0,0040 %		von 0,0040 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0027 %			
VER3 Bahnhofsplatz München	Sendeanlagen	0,0512 %	0,0513 %		von 0,0513 % auf 8,55 %
	Endgeräte	0,0001 %			
VER4 MVV München U-Bahn-Fahrt	Sendeanlagen	0,0005 %	0,0034 %		von 0,0034 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0029 %			
VER5 MVV München Bahnsteig	Sendeanlagen	0,0030 %	0,0040 %		von 0,0040 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0010 %			

● Mobilfunk-Endgeräte ● DECT ● WLAN ● Mobilfunk-Basisstationen ● Rundfunk

Szenario Gastronomie

In welcher Größenordnung HF-Immissionen typischerweise im Gastronomiebereich auftreten, wurde exemplarisch an drei Standorten untersucht. Ausgewählt wurde die Außenterrasse eines Cafés am Marienplatz in direkter Nähe zu einer Mobilfunk-Mikrozellenversorgung, eine Restaurantterrasse im Olympiadorf mit Sicht auf den Olympiaturm sowie die mit WLAN versorgte Mensa in der Leopoldstraße.

Die Analyse der Messdaten zeigt, dass die HF-Gesamtexposition an den Außenmesspunkten (Marienplatz, Olympiadorf) vom jeweils dominanten Funkdienst (Mobilfunk, Rundfunk) bestimmt wird. In der mit WLAN versorgten Mensa überwiegen dagegen die Immissionen der Endgeräte.

Der höchste Immissionswert dieses Szenarios, aber auch der gesamten Messreihe, wurde im Café am Marienplatz gemessen (GAS1). Der Messpunkt liegt in ca. 10 Meter Entfernung zu einer in ca. 3 Meter Höhe montierten Mobilfunk-Mikrozelle (Small Cell). Die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes betrug 0,4580 Prozent.

Auf der Restaurantterrasse im Olympiadorf (GAS3) bestimmen die Rundfunkimmissionen des nahe gelegenen Olympiaturms die HF-Exposition. An diesem Messpunkt lag die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes bei 0,2397 Prozent. Die Immissionen der Mobilfunksendeanlagen trugen relativ gesehen nur minimal zur Exposition bei.

Ein gänzlich anderes Bild ergibt sich in der Mensa an der Leopoldstraße im geschlossenen Raum (GAS2). Das moderne Stahlbetongebäude schirmt die Immissionen der Mobil- und Rundfunksender deutlich ab. Die Exposition wird hier durch die Endgerätenutzung der Studierenden bestimmt. Die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes lag an diesem Messpunkt bei 0,0105 Prozent.

Die Gesamtexposition in allen Szenarien ändert sich grundlegend, wenn man die eigene Handy-Nutzung hinzurechnet. Dann ergibt sich an allen Messpunkten eine leistungs-basierte Grenzwertausschöpfung von über 8,5 Prozent, wovon nur ein verschwindend geringer Expositionsanteil von den umliegenden Sendeanlagen und sonstigen Endgeräten ausgeht.

Tabelle 5: Szenario Gastronomie

Messpunkt	Quelle	Leistungsflussdichte (S) Grenzwertausschöpfung in %		Beitrag der HF-Quellen zur Gesamtexposition (ohne eigenes Handy)	Geschätzter Anstieg Grenzwertausschöpfung eigene Handy-Nutzung
GAS1 Marienplatz Café Außenterrasse	Sendeanlagen	0,4539 %	Summe 0,4580 %		von 0,4580 % auf 8,96 %
	Endgeräte	0,0041 %			
MP GAS2 Leopoldstraße Mensa Innenraum	Sendeanlagen	0,0002 %	Summe 0,0105 %		von 0,0105 % auf 8,51 %
	Endgeräte	0,0103 %			
MP GAS3 Olympiadorf Außenterrasse	Sendeanlagen	0,2381 %	Summe 0,2397 %		von 0,2397 % auf 8,74 %
	Endgeräte	0,0016 %			

● Mobilfunk-Endgeräte ● DECT ● WLAN ● Mobilfunk-Basisstationen ● Rundfunk

MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG

Szenario öffentlicher Bereich

In welcher Größenordnung HF-Immissionen typischerweise im öffentlichen Bereich auftreten, wurde exemplarisch an fünf Standorten untersucht. Ausgewählt wurden der Marienplatz sowie das erste Untergeschoss unter dem Platz, der Viktualienmarkt, der Chinesische Turm im Englischen Garten und die Bibliothek im Gasteig.

Als touristische Attraktion zählt der Marienplatz zu den meist besuchten Plätzen in München. Das erste Untergeschoss bildet den Zugang zum Hauptverkehrsknotenpunkt des Münchner Nahverkehrsnetzes. Der Kapazitätsbedarf an mobiler Kommunikation ist an beiden Plätzen enorm. Entsprechend dicht sind die Mobilfunknetze ausgebaut. Das zeigt auch die Analyse der Messdaten (ÖBE1 und ÖBE5): Die HF-Gesamtexposition am Marienplatz sowie im ersten Untergeschoss wird nahezu gänzlich vom Mobilfunk dominiert. An beiden Messpunkten wurden auch die höchsten Immissionen in diesem Szenario gemessen. Die Ausschöpfung des leistungsbasierten Grenzwertes betrug im Untergeschoss 0,0266 Prozent und auf

dem Marienplatz selbst 0,0197 Prozent. Auf dem rund 500 Meter entfernt liegenden Viktualienmarkt (ÖBE2) lag die Ausschöpfung des leistungsbasierten Grenzwertes dagegen nur bei 0,0012 Prozent.

Welchen Einfluss aktive Nutzer auf die Immissionsbilanz haben, wird am Messpunkt im Englischen Garten deutlich (ÖBE3). Hier wurden die Messungen in direkter Nähe zu einem Notebook- und einem Handnutzer durchgeführt. Das Diagramm zeigt, dass an diesem Messpunkt die Endgeräteimmissionen dominieren. Die Ausschöpfung des leistungsbasierten Grenzwertes lag bei 0,0019 Prozent.

Die Gesamtexposition in allen Szenarien ändert sich grundlegend, wenn man die eigene Handy-Nutzung hinzurechnet. Dann ergibt sich an allen Messpunkten eine leistungsbasierte Grenzwertausschöpfung von mindestens 8,5 Prozent, wovon nur ein verschwindend geringer Expositionsanteil von den umliegenden Sendeanlagen und sonstigen Endgeräten ausgeht.

Tabelle 6: Szenario öffentlicher Bereich

Messpunkt	Quelle	Leistungsflussdichte (S) Grenzwertausschöpfung in %		Beitrag der HF-Quellen zur Gesamtexposition (ohne eigenes Handy)	Geschätzter Anstieg Grenzwertausschöpfung eigene Handy-Nutzung
			Summe		
ÖBE1 Marienplatz	Sendeanlagen	0,0194 %	Summe 0,0197%		von 0,0197 % auf 8,52 %
	Endgeräte	0,0003 %			
ÖBE2 Viktualienmarkt	Sendeanlagen	0,0010 %	Summe 0,0012 %		von 0,0012 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0002 %			
ÖBE3 Englischer Garten Chinesischer Turm	Sendeanlagen	0,0007 %	Summe 0,0019 %		von 0,0019 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0012 %			
ÖBE4 Gasteig Bibliothek	Sendeanlagen	0,0018%	Summe 0,0021 %		von 0,0021 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0003 %			
ÖBE5 Marienplatz 1. Untergeschoss	Sendeanlagen	0,0262 %	Summe 0,0266 %		von 0,0266 % auf 8,53 %
	Endgeräte	0,0004 %			

● Mobilfunk-Endgeräte ● DECT ● WLAN ● Mobilfunk-Basisstationen ● Rundfunk

Szenario Messe

In welcher Größenordnung HF-Immissionen typischerweise bei Veranstaltungen mit hohem Publikumsverkehr auftreten, wurde exemplarisch auf einem Messestand, in einer Messehalle und im Außenbereich der Hannover Messe untersucht.

Die Analyse der Messdaten zeigt, dass die HF-Gesamtexposition an drei von vier Messpunkten von den Immissionen der Mobilfunk-Sendeanlagen dominiert wird. Ursächlich hierfür sind die dicht ausgebauten Mobilfunknetze mit zusätzlicher Mikrozellen-Versorgung, um dem großen Kapazitätsbedarf an mobiler Kommunikation gerecht zu werden. Auch WLAN liefert hier – anders als in den meisten anderen Szenarien – an drei Messpunkten einen nennenswerten Beitrag zur Gesamtexposition. Der höchste Messwert wurde während eines Rundgangs auf dem Messegelände ermittelt (MES4). Er schöpft 0,0752 Prozent des leistungs-basierten Grenzwertes aus. Grund hierfür ist die unmittelbare Nähe zu einer Mobilfunk-Fassadenantenne an einer Messehalle.

Die ermittelten Messwerte zeigen auch, dass die Immissionsbilanz am jeweiligen Messpunkt wesentlich von der Aktivität und der räumlichen Nähe zu den umgebenden Nutzern abhängt. Während eines Rundgangs auf einem Messestand (MES1) wurde nur eine sehr geringe HF-Gesamtexposition ermittelt. Die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes betrug 0,0015 Prozent. Die Exposition am Messestand nahm jedoch im Abstand von ca. zwei Meter zu zwei Endgerätenutzern deutlich zu (MES2). Bei aktivem Datenverkehr betrug die Ausschöpfung des leistungs-basierten Grenzwertes 0,0029 Prozent.

Die Gesamtexposition in allen Szenarien ändert sich grundlegend, wenn man die eigene Handy-Nutzung hinzurechnet. Dann ergibt sich an allen Messpunkten eine leistungs-basierte Grenzwertausschöpfung von mindestens 8,5 Prozent, wovon nur ein verschwindend geringer Expositionsanteil von den umliegenden Sendeanlagen und sonstigen Endgeräten ausgeht.

Tabelle 7: Szenario Messe

Messpunkt	Quelle	Leistungsflussdichte (S) Grenzwertausschöpfung in %		Beitrag der HF-Quellen zur Gesamtexposition (ohne eigenes Handy)	Geschätzter Anstieg Grenzwertausschöpfung eigene Handy-Nutzung
MES1 Hannover Messe Messestand	Sendeanlagen	0,0010 %	Summe 0,0015 %		von 0,0015 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0005 %			
MES2 Hannover Messe Messestand aktiver Datenverkehr	Sendeanlagen	0,0010 %	Summe 0,0029 %		von 0,0029 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0019 %			
MES3 Hannover Messe Rundgang Halle 8	Sendeanlagen	0,0020 %	Summe 0,0031 %		von 0,031 % auf 8,50 %
	Endgeräte	0,0011 %			
MES4 Hannover Messe Rundgang Außengelände	Sendeanlagen	0,0748 %	Summe 0,0752 %		von 0,0752 % auf 8,58 %
	Endgeräte	0,0004 %			

● Mobilfunk-Endgeräte ● DECT ● WLAN ● Sonstige ● Mobilfunk-Basisstationen ● Rundfunk

MESSERGEBNISSE UND IMMISSIONSAUSWERTUNG

24-Stunden-Langzeitmessung

Welches Immissionsprofil typischerweise über den Arbeitstag gemittelt in einem Einzelbüro-Arbeitsplatz auftritt, wurde exemplarisch im Helmholtzgebäude der TU Ilmenau untersucht.

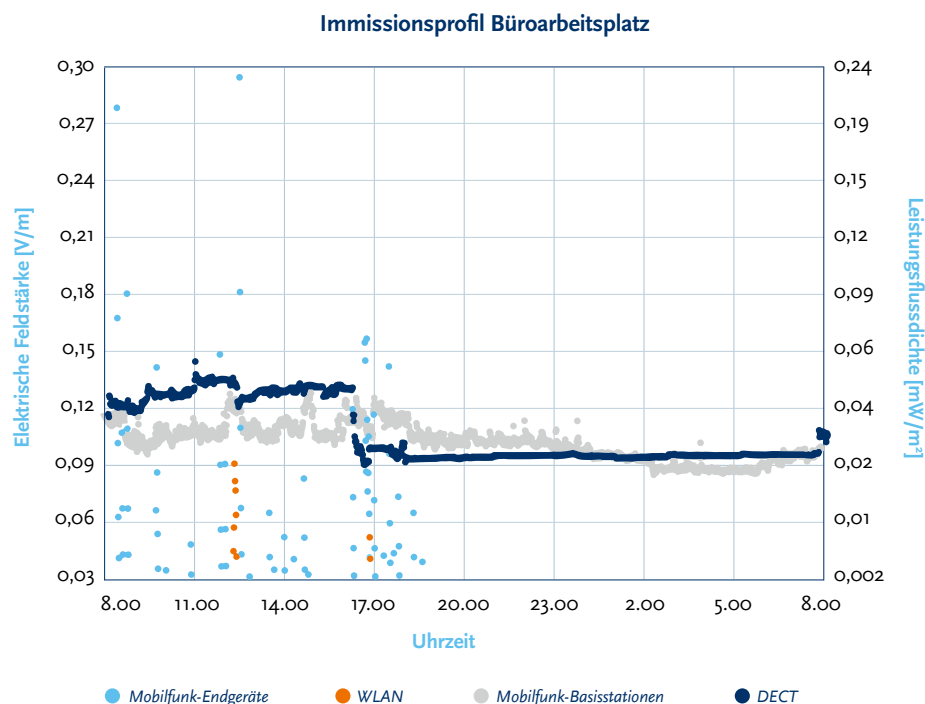
In unmittelbarer Nähe dieses Bürogebäudes befinden sich zwei Mobilfunkbasisstationen im Abstand von etwa 35 und 100 Meter. Als weitere Immissionsquellen waren Mobilfunkendgeräte, DECT und WLAN vorhanden.

Die Analyse der Messergebnisse zeigt, dass die Immissionen der Mobilfunkbasisstationen in etwa der gleichen Größenordnung liegen wie diejenigen, die durch DECT erzeugt werden. Die höchsten Immissionswerte wurden durch die mobile Endgerätenutzung ermittelt. Diese sind zeitlich jedoch nicht konstant, sondern schwanken stark im Tagesverlauf. Ihr Immissionsbeitrag resultiert nicht alleine durch die Nutzung im Büroraum, sondern auch durch mobile Anwendungen in den Nachbarräumen.

Der während der Bürozeit ermittelte Maximalwert der Gesamtimmission lag bei knapp unter $0,30 \text{ mW/m}^2$, was einer leistungs-basierten Grenzwertausschöpfung von $0,006$ Prozent entspricht. Die im Mittel (Median) erreichte HF-Gesamtexposition während der üblichen Arbeitszeiten von 8.00 bis 18.00 Uhr schöpfte $0,0009$ Prozent des leistungs-basierten Grenzwertes aus.

Gegen Ende der Bürozeit ab 18.00 Uhr nehmen die Immissionen deutlich ab. Ab 23.00 Uhr nehmen auch die Immissionen der umliegenden Mobilfunkbasisstationen kontinuierlich ab und bewegen sich zwischen 2.00 Uhr nachts und 8.00 Uhr morgens mit rund $0,02 \text{ mW/m}^2$ auf einem sehr niedrigen Niveau. Erst wenn das Arbeitsleben wieder beginnt, steigen auch die Immissionen wieder an.

Abbildung 6: 24-Stunden-Langzeitmessung an einem Arbeitsplatz



Zusammenfassung der Ergebnisse

- An den untersuchten 30 Messpunkten wurden sehr unterschiedliche Immissionen gemessen. Der leistungsbezogene Unterschied zwischen dem Messpunkt mit der höchsten gemessenen Immission (GAS1) und dem Messpunkt mit der niedrigsten gemessenen Immission (WOH4) entspricht etwa einem Faktor von 1.000 (30 dB).
- Bezüglich Sendeanlagen wurden im Mittel (Median) höhere Immissionen durch Mobilfunk-Basisstationen als durch Rundfunkanlagen gemessen. Hinsichtlich der Endgeräte dominiert ebenfalls Mobilfunk.
- Am Beispiel der Messpunkte GAS2, ÖBE3, ARB3 und SCH1 - 3 zeigt sich, dass die Endgeräte-Immission immer dann überwiegt, wenn die Mobilfunkversorgung (z. B. durch die Lage des Messpunktes zur nächsten Basisstation oder bauliche Gegebenheiten) eingeschränkt ist.
- Relevante Rundfunkimmissionen sind vor allem an den Messpunkten in der Umgebung des Olympiaturms, von dem UKW, DAB und DVB-T-Programme ausgestrahlt werden, gemessen worden. An den betreffenden Messpunkten WOH2, WOH3 und GAS3 sind sie wesentlich größer als diejenigen der Mobilfunk-Basisstationen und dominieren die Immissionsgesamtbilanz.
- DECT ist nur im Wohn- und Büroumfeld, z. B. WOH1 und ARB2, nennenswert vorhanden. WLAN findet sich an vielen Messpunkten, spielt aber oftmals nur eine untergeordnete Rolle.
- Die Gesamtimmission durch Endgeräte ist am Messpunkt (SCH3) in der Städtischen Berufsschule für Informationstechnik am höchsten. Das liegt aber nicht daran, dass in einem Schulszenario per se mit großen Endgeräteimmissionen zu rechnen ist, sondern daran, dass die Schüler auf Aufforderung gezielt maximalen Datenverkehr auf ihren Smartphones erzeugt haben. Im Vergleich zur Messung im selben Klassenzimmer während des normalen Unterrichts wurde durch diesen „provozierten“ Mobiltelefonbetrieb die Immission durch Endgeräte leistungsbezogen mehr als vervierfacht.
- Wird die zusätzliche Immission durch das eigene Mobiltelefon (Kopfbetrieb) in die Betrachtung mit einbezogen, ändert sich die Immissionsgesamtbilanz, bestehend aus Sendeanlagen, Endgeräten und dem eigenen Mobiltelefon, grundlegend. An allen Messpunkten dominiert dann die Immission durch das eigene Mobiltelefon. Der Maximalwert bleibt aber auch hier mit 8,96 % (GAS1) der leistungsbezogenen Grenzwertausschöpfung deutlich unterhalb der Grenzwerte.
- Alle ermittelten Ergebnisse zeigen, dass die in Deutschland gültigen Grenzwerte sehr deutlich unterschritten werden. Die im Mittel (Median) erreichte HF-Gesamtexposition der Bevölkerung schöpft ohne Berücksichtigung des eigenen Mobiltelefons lediglich 0,003 Prozent des Leistungsflussdichtegrenzwertes (entsprechend 0,58 Prozent vom Feldstärkegrenzwert) aus.

IMMISSIONSPROGNOSE FÜR TYPISCHE ALLTAGSSITUATIONEN

Faktoren zur Bestimmung der HF-Gesamtexposition und Strategien der Minimierung

Aus der Analyse der Messergebnisse lassen sich eine Reihe von Gesetzmäßigkeiten ableiten, die die HF-Gesamtexposition der Bürgerinnen und Bürger – unabhängig vom Ort der Messdurchführung – in typischen Alltagssituationen bestimmen. Sie geben auch Hinweise darauf, wie sich die persönliche Exposition verringern lässt.

Exposition durch das eigene Mobiltelefon

Nutzt man ein eigenes Mobiltelefon (am Kopf), dann dominiert dieses die persönliche Gesamtexposition – egal in welchem Szenario man sich bewegt. Wie hoch der jeweilige Beitrag des Mobiltelefons ist, hängt dabei in erster Linie von der Mobilfunkversorgung und den Empfangsbedingungen ab. Die Laboruntersuchungen am SAR-Messkopf zeigen, dass die persönliche Exposition zusätzlich noch durch die Haltung des Gerätes verkleinert werden kann: Bereits in einem Abstand von nur einem Zentimeter vom Kopf liegt der Expositionsbeitrag zwei Drittel unter dem Wert, der bei direktem Kopfkontakt auftritt. Selbst wenige Millimeter Abstand zwischen Kopf und Handy reduzieren die persönliche Exposition erkennbar.

Exposition durch körpernah genutzte Endgeräte

Von den untersuchten Endgeräten (Mobilfunk, DECT, WLAN) liefern körpernah genutzte Mobilfunk-Endgeräte den höchsten Immissionsbeitrag. Dabei unterscheiden sich Smartphone, iPad oder Notebook nicht wesentlich. Ihre Immissionen werden ebenfalls durch die Empfangsqualität und die Bedienung des Gerätes beeinflusst. Mit zunehmendem Abstand zum Körper nehmen die Immissionen deutlich ab. Bereits in einem Abstand von einem Meter zum Körper liegen sie um rund 50 Prozent unter dem Wert, der im Abstand von 0,5 Meter ermittelt wurde.

Passivexposition durch umgebende Endgerätenutzer

Immissionen, die von aktiv genutzten Endgeräten in der persönlichen Umgebung abgegeben werden (Passivexposition), haben einen offensichtlichen Einfluss auf die HF-Gesamtexposition. In direkter

Nähe (< 2 Meter) zu einem Endgerätenutzer steigt die Exposition deutlich an. Die Laboruntersuchungen zeigen jedoch auch, dass ihr Immissionsbeitrag bereits in einem Abstand von ca. drei Meter in etwa auf einem Niveau liegt, wie es üblicherweise in der direkten Umgebung von Mobilfunkbasisstationen beobachtet wird.

Exposition im Wohnbereich

DECT-Telefonanlagen können im Wohnumfeld einen nennenswerten Immissionsbeitrag liefern. Zur Minimierung der HF-Gesamtexposition ist es daher sinnvoll, eine moderne Full-ECO-DECT-Telefonanlage zu nutzen. Im Stand-by-Betrieb wird die Sendeleistung der Basis hier völlig abgeschaltet.

Exposition in der Schule

Die Analyse der Messergebnisse zeigt, dass WLAN an allen untersuchten 30 Messpunkten nur in sehr geringem Umfang zur HF-Gesamtexposition beiträgt. Dies gilt auch für die mit WLAN versorgte Städtische Berufsschule für Informationstechnik. Dabei ist anzumerken, dass sich der WLAN-Access-Point außerhalb des Klassenzimmers befand. Auch hier bestätigen sich die Ergebnisse der WLAN-Laboruntersuchungen: Mit zunehmendem Abstand zum Access-Point lässt sich die persönliche Exposition deutlich minimieren.

Exposition am Arbeitsplatz

Die Analyse der Messergebnisse zeigt, dass im Büro die Immissionen der umliegenden Mobilfunkbasisstationen oftmals in etwa der gleichen Größenordnung liegen wie diejenigen, die durch DECT erzeugt werden. Das bestätigt auch die 24-Stunden-Langzeitmessung. Wie schon im privaten Wohnumfeld kann die HF-Gesamtexposition auch am Arbeitsplatz durch eine moderne Full-ECO-DECT-Telefonanlage deutlich minimiert werden.

Exposition im Verkehr

Die Immissionsbilanz während der Fahrten in ICE, RE und U-Bahn zeigt signifikante Unterschiede. Der höchste Wert wurde in einem Repeater-Abteil im ICE gemessen. Im Regionalexpress und in der

U-Bahn, die nicht durch Repeater Zusatzversorgt werden, treten wesentlich niedrigere Immissionswerte auf als im ICE.

Exposition in der Gastronomie

Für den Gastronomiebereich lassen sich keine eindeutigen Kriterien zur Abschätzung der persönlichen Exposition ableiten. Dazu ist die Gastronomielandschaft zu vielfältig. Die exemplarischen Messungen in München weisen jedoch darauf hin, dass die Gesamtmissionen in geschlossenen Räumen in der Regel niedriger liegen als im Außenbereich.

Exposition auf öffentlichen Plätzen

Die persönliche HF-Exposition auf öffentlichen Plätzen hängt stark vom Publikumsverkehr und der jeweiligen mobilfunktechnischen Kapazitätsversorgung vor Ort ab. In direkter Nähe zu einer Mikrozone liegen die Immissionen in der Regel höher, als sie durch ein dicht ausgebautes Mobilfunknetz erzeugt werden. Allerdings ist dabei zu berücksichtigen, dass die Aufenthaltsdauer in der Umgebung dieser Anlagen in der Regel als eher gering einzuschätzen ist.

Exposition auf der Messe (Hotspot)

Die HF-Gesamtexposition auf Großveranstaltungen wird gerne überschätzt. Tatsächlich aber führt die funktechnisch gute Versorgung an diesen Orten zu sehr guten Empfangsbedingungen und damit sehr niedrigen Sendeleistungen der Endgeräte. Exemplarische Messungen auf der Hannover Messe ergaben, dass sich die ermittelten Werte in etwa auf einem Niveau befinden, wie sie auch auf öffentlichen Plätzen auftreten. Der höchste gemessene Wert auf dem Messegelände schöpfte 0,0752 Prozent des Leistungsflussdichtegrenzwertes aus und liegt damit sogar noch deutlich unter dem im Rahmen der Messreihe ermittelten Maximalwert auf dem Marienplatz (0,4539 Prozent).

Handynutzung und Gesundheit

Prof. Dr. med. Karl Ernst von Mühlendahl

Kinderumwelt gemeinnützige GmbH

Karl Ernst von Mühlendahl ist Professor für Kinder- und Jugendmedizin, Toxikologe und Umweltmediziner. Von 1979 bis 2001 führte Prof. von Mühlendahl das Kinderhospital in Osnabrück und ist seit 1991 ärztlicher Leiter der gemeinnützigen Kinderumwelt GmbH. Er ist Autor des Standardwerks „Vergiftungen im Kindesalter“ und Mitherausgeber der Zeitschrift „Umweltmedizin in Forschung und Praxis“. Der Schlichtungsstelle der Ärztekammer Niedersachsen steht er als Sachverständiger zur Verfügung. Zudem ist Prof. von Mühlendahl Mitglied mehrerer Fachkommissionen. Viele Jahre lang war er Sprecher der (damaligen) Kommission für Umweltfragen der Deutschen Akademie für Kinder- und Jugendmedizin e. V. (DAKJ).

Ob klassische Handys oder moderne Smartphones gesundheitsschädlich sind, diese Frage hat die Mobilfunk-Technologie von Anfang an begleitet. Im Mittelpunkt der diskutierten Gesundheitsrisiken steht vor allem die Frage, ob die Nutzung von Mobilfunktelefonen das Risiko an Krebs zu erkranken erhöhen kann.

Mobilfunk und Krebs

Die biologischen Wirkungen hochfrequenter elektromagnetischer Felder (HF-EMF), wie sie von Mobilfunksendern und -Endgeräten ausgehen, sind seit Jahrzehnten Gegenstand der wissenschaftlichen Forschung. Bisher fanden Wissenschaftler aber keine eindeutigen Hinweise auf potenzielle Gesundheitsgefahren durch Mobilfunkfelder. Ein kausaler Wirkungszusammenhang, wie die Mobilfunkfelder von Handys oder Sendeanlagen Krebs auslösen könnten, ist nicht bekannt. Trotz intensiver Forschung auf diesem Gebiet konnten bisher keine biologischen Wirkungsmechanismen gefunden werden.

Tumoren im Kopfbereich

Seit Mitte der 90er Jahre befasst sich die Weltgesundheitsorganisation (WHO) und die ihr zugehörige Internationale Krebsforschungsagentur (International Agency for Research on Cancer, IARC) mit Fragestellungen zur Krebsentstehung (Kanzergenese) durch Mobiltelefone. Um mögliche Risiken der Krebsentstehung zu ermitteln, hat die IARC im Jahr 2000 die INTERPHONE-Studie ins Leben gerufen. Im Rahmen der Studie befragten die Forscher rund 5.100 Patienten mit Hirntumoren zu ihrem Telefonieverhalten und verglichen die Angaben mit denen von 7.700 gesunden Menschen mit ähnlicher Lebensführung. An der Untersuchung nahmen weltweit 13 Länder teil.

Die Ergebnisse wurden von der IARC im Oktober 2011 veröffentlicht. Für Nutzungszeiten von weniger als 10 Jahren konnten die Wissenschaftler keine Risikoerhöhung für Gliome (Tumoren am Zentralnervensystem) oder Meningeome (meist gutartige Tumoren der Hirnhaut) beobachten. In der Untergruppe der Wenigtelefonierer wurde sogar ein statistisch signifikant erniedrigtes Risiko gefunden, das von den Studienautoren als Zufallsbefund eingestuft wurde. Nur ein kleines Teilergebnis erregte Verdacht: Unter den zehn Prozent der Studienteilnehmer mit der intensivsten Handy-Nutzung (mehr als 1.640 Stunden über zehn Jahre hinweg) zeigten sich Hinweise auf ein möglicherweise erhöhtes Risiko, an einem Gliom oder Meningeom zu erkranken. Diese Hinweise sind nach Auffassung der Forscher jedoch zurückhaltend zu interpretieren. So wird in der Studie angemerkt, dass Personen mit einem Hirntumor ihren zurückliegenden Mobiltelefongebrauch deutlich überschätzten.

In ihrer Monografie zur Einstufung hochfrequenter elektromagnetischer Felder aus dem Jahr 2011 hat die IARC diese als „möglicherweise krebserregend“ (Gruppe 2B) für den Menschen eingestuft. In ihrer Bewertung kommt die IARC zu dem Schluss, dass es keinen Nachweis für ein erhöhtes Tumorrisiko durch Mobilfunkbasisstationen gibt. Allerdings konnte die IARC nach Prüfung der wenigen epidemiologischen Studien eine Verbindung zwischen Handynutzung und Krebsentwicklung nicht ausschließen. Die Einstufung in die Grup-

pe 2B bedeutet, dass es begrenzte Hinweise, aber keinen Nachweis für eine krebsereizende Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf den Menschen gibt. In der Kategorie 2B sind momentan insgesamt 287 Stoffe (u. a. Kaffeesäure und eingelegtes Gemüse) aufgeführt.

Anders als die IARC kommt die deutsche Strahlenschutzkommission (SSK) nach Sichtung der Studienergebnisse zu einer anderen Bewertung. Nach ihrer Einschätzung deutet die derzeitige Studienlage nicht auf einen Zusammenhang zwischen Mobilfunkexposition und krebsauslösenden oder -fördernden Wirkungen hin. Auch das Bundesamt für Strahlenschutz (BfS) sieht durch die INTERPHONE-Studie kein erhöhtes Risiko für Hirntumoren oder Tumoren des Hörnervs durch Handynutzung bestätigt.

Risikoeinschätzung internationaler Expertengremien

Internationale Expertengremien wie die Weltgesundheitsorganisation (WHO), die Internationale Strahlenschutzkommission (ICNIRP), der wissenschaftliche Ausschuss „Neu auftretende und neu identifizierte Gesundheitsrisiken“ der Europäischen Kommission (SCENIHR) und weitere nationale, mit dem Strahlenschutz befasste Organisationen sichten und bewerten regelmäßig die vorliegenden wissenschaftlichen Erkenntnisse zur Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder (EMF) auf Mensch und Umwelt.

Die Strahlenschutzkommission hat im Jahr 2011 eine Gesamtbewertung der Ergebnisse des Deutschen Mobilfunk-Forschungsprogramms (DMF) veröffentlicht. Sie stellt darin fest: „Die Ergebnisse des DMF zeigen, dass die ursprünglichen Befürchtungen über gesundheitliche Risiken durch Mobilfunkfelder nicht bestätigt werden konnten. Es haben sich durch die Forschungsergebnisse des DMF auch keine neuen Hinweise auf bisher noch nicht bedachte gesundheitliche Auswirkungen ergeben. In Übereinstimmung mit anderen internationalen Gremien (ICNIRP 2009, WHO 2011) kann festgestellt werden, dass die den bestehenden Grenzwerten zugrundeliegenden Schutzkonzepte nicht infrage gestellt sind.“

In ihrer aktuellen Risikoeinschätzung von 2014 (Factsheet 193 – Electromagnetic fields and public health: mobile phones) kommt die WHO zu dem Fazit, dass bei Einhaltung der Grenzwerte keine negativen Effekte auf das EEG, die kognitiven Funktionen, den Schlaf, Puls und Blutdruck auftreten. Ein

Zusammenhang zwischen elektromagnetischen Feldern und Elektrosensibilität wurde ebenfalls nicht beobachtet. Langzeiteffekte, die im Zusammenhang mit Mobilfunk diskutiert werden, betreffen vorrangig das Risiko, an einem Gehirntumor zu erkranken. Weder die Ergebnisse aus Tierversuchen noch die Resultate der INTERPHONE-Studie deuten auf ein erhöhtes Risiko für Hirntumoren hin, abgesehen von einer kleinen Untergruppe der Vieltelefonierer. Die WHO sieht deshalb auf diesem Gebiet weiteren Forschungsbedarf.

Auch der wissenschaftliche Ausschuss der Europäischen Kommission SCENIHR und die deutsche Bundesregierung haben 2015 erneut aktualisierte Berichte zur Mobilfunkforschung vorgelegt. Darin kommen beide Gremien übereinstimmend zu dem Schluss, dass es nach aktuellem Stand der Forschung keine Hinweise auf eine gesundheitsschädigende Wirkung von hochfrequenten elektromagnetischen Feldern unterhalb der Grenzwerte gibt. Durch die derzeit in Europa gültigen Normen sei die Bevölkerung zuverlässig vor potenziellen Gesundheitsrisiken des Mobilfunks geschützt. Dies gilt sowohl für Mobilfunkbasisstationen als auch für Mobilfunkendgeräte.

Nach Einschätzung der Expertengremien besteht jedoch noch weiterer Forschungsbedarf. Um letzte Kenntnislücken zu schließen, haben aktuell bereits mehrere Studienvorhaben begonnen. Einen Schwerpunkt bilden Projekte, die sich mit der langfristigen Handynutzung und möglichen gesundheitlichen Wirkungen auf Kinder und Jugendliche befassen.

Sie möchten mehr zum Thema erfahren? Gemeinsam mit der gemeinnützigen Kinderumwelt GmbH und der Technischen Universität Ilmenau hat das Informationszentrum Mobilfunk e. V. eine Broschüren zum Thema „Mobilfunk und Gesundheit“ veröffentlicht. Diese und die vorliegende Broschüre stehen auf der Website des IZMF www.izmf.de zum kostenlosen Download bereit.



Übersichtstabellen aller gemessenen Einzelwerte

SAR-Nahfeldmessung Smartphone am Kopf (Motorola Moto A953 / UMTS, Kanal 9750)

Abstand [cm]	0,0	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0
SAR 1g [W/kg]	0,61	0,20	0,087	0,044	0,027	0,018

Abstandmessung körpernah genutzte Endgeräte (Smartphone Samsung Galaxy S4, LTE-800)

Abstand [m]	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwertausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwertausschöpfung
0,5	3,02	7,61 %	24,19	0,58 %
0,75	2,09	5,27 %	11,59	0,28 %
1,0	1,46	3,68 %	5,65	0,14 %
2,0	0,83	2,09 %	1,83	0,04 %
3,0	0,50	1,26 %	0,66	0,02 %
4,0	0,37	0,93 %	0,36	0,009 %
5,0	0,30	0,76 %	0,24	0,006 %

Abstandmessung körpernah genutzte Endgeräte (Tablet Apple iPad Air, LTE-800)

Abstand [m]	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwertausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwertausschöpfung
0,5	2,48	6,25 %	16,31	0,39 %
0,75	1,97	4,97 %	10,29	0,25 %
1,0	1,58	3,98 %	6,62	0,16 %
2,0	0,63	1,59 %	1,05	0,03 %
3,0	0,50	1,26 %	0,66	0,02 %
4,0	0,38	0,96 %	0,38	0,009 %
5,0	0,31	0,78 %	0,25	0,006 %

Abstandmessung körpernah genutzte Endgeräte (Dell Notebook / Telekom Speedstick, LTE-800)

Abstand [m]	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwertausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwertausschöpfung
0,5	2,99	7,54 %	23,71	0,57 %
0,75	2,11	5,32 %	11,81	0,28 %
1,0	1,70	4,29 %	7,67	0,18 %
2,0	0,66	1,66 %	1,16	0,03 %
3,0	0,45	1,13 %	0,54	0,01 %
4,0	0,37	0,93 %	0,36	0,009 %
5,0	0,29	0,73 %	0,22	0,005 %

Abstandmessung DECT-Telefonanlage Stand-by Hörer in Basis (Siemens Gigaset A400 ECO Mode deaktiviert)

Abstand [m]	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwertausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwertausschöpfung
0,5	0,30	0,51 %	0,24	0,003 %
0,75	0,22	0,37 %	0,13	0,001 %
1,0	0,18	0,30 %	0,08	0,0009 %
2,0	0,10	0,17 %	0,03	0,0003 %
3,0	0,07	0,12 %	0,01	0,0001 %
4,0	0,05	0,08 %	0,007	0,00007 %
5,0	0,04	0,07 %	0,004	0,00005 %

Abstandmessung DECT-Telefonanlage aktives Gespräch nur Hörer (Siemens Gigaset A400 ECO Mode deaktiviert)

Abstand [m]	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwertausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwertausschöpfung
0,5	0,21	0,36 %	0,12	0,001 %
0,75	0,12	0,21 %	0,04	0,004 %
1,0	0,09	0,15 %	0,02	0,0002 %
2,0	0,05	0,09 %	0,008	0,00008 %
3,0	0,04	0,07 %	0,0004	0,00005 %
4,0	0,04	0,06 %	0,0003	0,00004 %
5,0	0,03	0,05 %	0,0002	0,00002 %

Abstandmessung DECT-Telefonanlage aktives Gespräch nur Basis (Siemens Gigaset A400 ECO Mode deaktiviert)

Abstand [m]	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwertausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwertausschöpfung
0,5	0,68	1,13 %	1,21	0,01 %
0,75	0,45	0,75 %	0,53	0,006 %
1,0	0,37	0,62 %	0,36	0,004 %
2,0	0,22	0,37 %	0,13	0,001 %
3,0	0,15	0,25 %	0,06	0,0006 %
4,0	0,12	0,20 %	0,04	0,0004 %
5,0	0,09	0,15 %	0,02	0,0002 %

ANHANG

Abstandmessung WLAN-Access-Point AVM Fritz!Box

Abstand [m]	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwertausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwertausschöpfung
0,5	2,09	3,43 %	11,58	0,12 %
0,75	1,60	2,63 %	6,82	0,07 %
1,0	1,22	1,99 %	3,92	0,04 %
2,0	0,68	1,11 %	1,21	0,01 %
3,0	0,45	0,73 %	0,53	0,005 %
4,0	0,38	0,63 %	0,39	0,004 %
5,0	0,41	0,67 %	0,44	0,004 %

Abstandmessung WLAN-Endgerät Apple iPhone 4

Abstand [m]	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwertausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwertausschöpfung
0,5	0,91	1,50 %	2,21	0,02 %
0,75	0,58	0,95 %	0,90	0,009 %
1,0	0,47	0,78 %	0,59	0,006 %
2,0	0,25	0,41 %	0,16	0,002 %
3,0	0,18	0,29 %	0,08	0,0008 %
4,0	0,13	0,21 %	0,04	0,0004 %
5,0	0,08	0,14 %	0,02	0,0002 %

Messpunkt WOH1

Szenario Wohnung

	Immission durch Sendeanlagen				Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,05	0,09 %	0,006	0,0001 %	Mobilfunk-EG	0,04	0,08 %	0,005	0,0001 %
Rundfunk	0,03	0,12 %	0,003	0,0001 %	DECT	0,28	0,47 %	0,205	0,0022 %
					WLAN	0,05	0,09 %	0,007	0,0001 %
Summe	0,06	0,15 %	0,009	0,0002 %	Summe	0,29	0,48 %	0,217	0,0023 %

Messpunkt WOH2

	Immission durch Sendeanlagen				Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,27	0,53 %	0,194	0,0028 %	Mobilfunk-EG	0,05	0,08 %	0,005	0,0001 %
Rundfunk	0,94	3,16 %	2,337	0,0997 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,04	0,06 %	0,004	0,0000 %
Summe	0,98	3,20 %	2,530	0,1024 %	Summe	0,06	0,10 %	0,010	0,0001 %

Messpunkt WOH3

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,15	0,27 %	0,059	0,0007 %	Mobilfunk-EG	0,08	0,17 %	0,015	0,0003 %
Rundfunk	0,79	2,65 %	1,658	0,0705 %	DECT	0,01	0,02 %	0,001	0,0000 %
					WLAN	0,07	0,12 %	0,014	0,0001 %
Summe	0,80	2,67 %	1,718	0,0712 %	Summe	0,11	0,21 %	0,030	0,004 %

Messpunkt WOH4

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,05	0,09 %	0,006	0,0001 %	Mobilfunk-EG	0,04	0,08 %	0,005	0,0001 %
Rundfunk	0,05	0,18 %	0,007	0,0003 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,03	0,06 %	0,003	0,0000 %
Summe	0,07	0,20 %	0,013	0,0004 %	Summe	0,06	0,10 %	0,009	0,0001 %

Messpunkt SCH1

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,05	0,09 %	0,007	0,0001 %	Mobilfunk-EG	0,35	0,77 %	0,333	0,0059 %
Rundfunk	0,04	0,14 %	0,004	0,0002 %	DECT	0,03	0,05 %	0,003	0,0000 %
					WLAN	0,12	0,19 %	0,036	0,0004 %
Summe	0,06	0,17 %	0,011	0,0003 %	Summe	0,37	0,79 %	0,373	0,0063 %

Szenario
Schule

Messpunkt SCH2

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,06	0,10 %	0,008	0,0001 %	Mobilfunk-EG	0,24	0,55 %	0,158	0,0031 %
Rundfunk	0,04	0,16 %	0,005	0,0002 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,04	0,06 %	0,004	0,0000 %
Summe	0,07	0,18 %	0,013	0,0003 %	Summe	0,25	0,56 %	0,162	0,0031 %

Messpunkt SCH3

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,06	0,10 %	0,008	0,0001 %	Mobilfunk-EG	0,54	1,09 %	0,785	0,0119 %
Rundfunk	0,04	0,16 %	0,005	0,0002 %	DECT	0,04	0,06 %	0,004	0,0000 %
					WLAN	0,19	0,32 %	0,098	0,0010 %
Summe	0,07	0,18 %	0,013	0,0003 %	Summe	0,58	1,14 %	0,886	0,0129 %

Messpunkt SCH4

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,05	0,09 %	0,006	0,0001 %	Mobilfunk-EG	0,11	0,23 %	0,035	0,0005 %
Rundfunk	0,05	0,17 %	0,006	0,0003 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,04	0,06 %	0,004	0,0000 %
Summe	0,07	0,19 %	0,012	0,0004 %	Summe	0,12	0,24 %	0,039	0,0006 %

Messpunkt ARB1

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,14	0,33 %	0,056	0,0011 %	Mobilfunk-EG	0,06	0,11 %	0,009	0,0001 %
Rundfunk	0,03	0,12 %	0,003	0,0001 %	DECT	0,05	0,09 %	0,007	0,0001 %
					WLAN	0,03	0,06 %	0,003	0,0000 %
Summe	0,15	0,35 %	0,059	0,0013 %	Summe	0,08	0,15 %	0,019	0,0002 %

Szenario Arbeitsplatz

Messpunkt ARB2

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,12	0,22 %	0,040	0,0005 %	Mobilfunk-EG	0,05	0,09 %	0,006	0,0001 %
Rundfunk	0,04	0,16 %	0,005	0,0002 %	DECT	0,14	0,23 %	0,050	0,0005 %
					WLAN	0,04	0,06 %	0,003	0,0000 %
Summe	0,13	0,27 %	0,046	0,0007 %	Summe	0,15	0,25 %	0,059	0,0006 %

Messpunkt ARB3

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,05	0,09 %	0,006	0,0001 %	Mobilfunk-EG	0,17	0,40 %	0,073	0,0016 %
Rundfunk	0,08	0,26 %	0,016	0,0007 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,03	0,06 %	0,003	0,0000 %
Summe	0,09	0,28 %	0,022	0,0008 %	Summe	0,17	0,40 %	0,077	0,0016 %

Messpunkt ARB4

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,21	0,48 %	0,114	0,0023 %	Mobilfunk-EG	0,05	0,10 %	0,006	0,0001 %
Rundfunk	0,04	0,14 %	0,004	0,0002 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,04	0,06 %	0,004	0,0000 %
Summe	0,21	0,50 %	0,119	0,0025 %	Summe	0,06	0,12 %	0,010	0,0001 %

Messpunkt ARB5

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,07	0,18 %	0,015	0,0003 %	Mobilfunk-EG	0,06	0,11 %	0,009	0,0001 %
Rundfunk	0,05	0,16 %	0,006	0,0003 %	DECT	0,01	0,02 %	0,001	0,0000 %
					WLAN	0,04	0,06 %	0,004	0,0000 %
Summe	0,09	0,24 %	0,021	0,0006 %	Summe	0,07	0,13 %	0,014	0,0002 %

Messpunkt VER1

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,31	0,72 %	0,257	0,0052 %	Mobilfunk-EG	0,30	0,68 %	0,244	0,0046 %
Rundfunk	0,00	0,00 %	0,000	0,0000 %	DECT	0,00	0,00 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,06	0,10 %	0,010	0,0001 %
Summe	0,31	0,72 %	0,257	0,0052 %	Summe	0,31	0,69 %	0,254	0,0047 %

Messpunkt VER2

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,15	0,33 %	0,057	0,0011 %	Mobilfunk-EG	0,23	0,51 %	0,142	0,0026 %
Rundfunk	0,04	0,13 %	0,004	0,0002 %	DECT	0,00	0,00 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,06	0,10 %	0,010	0,0001 %
Summe	0,15	0,36 %	0,061	0,0013 %	Summe	0,24	0,52 %	0,152	0,0027 %

Szenario
Verkehr

Messpunkt VER₃

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	1,03	2,22 %	2,841	0,0491 %	Mobilfunk-EG	0,05	0,09 %	0,006	0,0001 %
Rundfunk	0,13	0,46 %	0,048	0,0021 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,03	0,06 %	0,003	0,0000 %
					Sonstige	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
Summe	1,04	2,26 %	2,889	0,0512 %	Summe	0,06	0,11 %	0,010	0,0001 %

Messpunkt VER₄

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,10	0,18 %	0,027	0,0003 %	Mobilfunk-EG	0,29	0,52 %	0,219	0,0027 %
Rundfunk	0,03	0,12 %	0,003	0,0001 %	DECT	0,02	0,03 %	0,001	0,0000 %
					WLAN	0,07	0,12 %	0,0014	0,0001 %
Summe	0,11	0,22 %	0,030	0,0005 %	Summe	0,30	0,54 %	0,235	0,0029 %

Messpunkt VER₅

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,30	0,54 %	0,236	0,0029 %	Mobilfunk-EG	0,13	0,31 %	0,045	0,0010 %
Rundfunk	0,03	0,12 %	0,003	0,0001 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,04	0,06 %	0,004	0,0000 %
Summe	0,30	0,55 %	0,239	0,0030 %	Summe	0,14	0,32 %	0,049	0,0010 %

Szenario Gastronomie

Messpunkt GAS1

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	4,02	6,73 %	42,871	0,4525 %	Mobilfunk-EG	0,26	0,61 %	0,186	0,0037 %
Rundfunk	0,11	0,38 %	0,031	0,0015 %	DECT	0,03	0,05 %	0,002	0,0000 %
					WLAN	0,11	0,18 %	0,031	0,0003 %
Summe	4,02	6,74 %	42,902	0,4539 %	Summe	0,29	0,64 %	0,219	0,0041 %

Messpunkt GAS2

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,05	0,09 %	0,006	0,0001 %	Mobilfunk-EG	0,42	1,01 %	0,475	0,0103 %
Rundfunk	0,03	0,12 %	0,003	0,0001 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,03	0,06 %	0,003	0,0000 %
Summe	0,06	0,15 %	0,009	0,0002 %	Summe	0,42	1,01 %	0,478	0,0103 %

Messpunkt GAS3

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,30	0,55 %	0,236	0,0031 %	Mobilfunk-EG	0,16	0,39 %	0,070	0,0015 %
Rundfunk	1,45	4,85 %	5,557	0,2350 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,03	0,06 %	0,003	0,0000 %
Summe	1,48	4,88 %	5,793	0,2381 %	Summe	0,17	0,40 %	0,074	0,0016 %

Szenario öffentlicher Bereich

Messpunkt ÖBE1

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung		in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,67	1,39 %	1,200	0,0192 %	Mobilfunk-EG	0,07	0,16 %	0,013	0,0003 %
Rundfunk	0,05	0,16 %	0,006	0,0003 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,04	0,06 %	0,004	0,0000 %
Summe	0,67	1,39 %	1,205	0,0194 %	Summe	0,08	0,17 %	0,018	0,0003 %

Messpunkt ÖBE2

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung		in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,15	0,28 %	0,058	0,0008 %	Mobilfunk-EG	0,06	0,13 %	0,011	0,0002 %
Rundfunk	0,04	0,13 %	0,004	0,0002 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,03	0,06 %	0,003	0,0000 %
Summe	0,15	0,31 %	0,062	0,010 %	Summe	0,07	0,14 %	0,014	0,0002 %

Messpunkt ÖBE3

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung		in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,06	0,13 %	0,011	0,0002 %	Mobilfunk-EG	0,16	0,33 %	0,064	0,0011 %
Rundfunk	0,06	0,22 %	0,011	0,0005 %	DECT	0,02	0,04 %	0,002	0,0000 %
					WLAN	0,05	0,09 %	0,007	0,0001 %
Summe	0,09	0,26 %	0,022	0,0007 %	Summe	0,17	0,35 %	0,073	0,0012 %

ANHANG

Messpunkt ÖBE4

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,18	0,40 %	0,084	0,0016 %	Mobilfunk-EG	0,05	0,09 %	0,006	0,0001 %
Rundfunk	0,03	0,12 %	0,003	0,0001 %	DECT	0,06	0,10 %	0,009	0,0001 %
					WLAN	0,05	0,09 %	0,008	0,0001 %
Summe	0,18	0,42 %	0,087	0,0018 %	Summe	0,09	0,16 %	0,023	0,0003 %

Messpunkt ÖBE5

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,84	1,60 %	1,855	0,0257 %	Mobilfunk-EG	0,09	0,19 %	0,023	0,0004 %
Rundfunk	0,07	0,24 %	0,012	0,0006 %	DECT	0,01	0,02 %	0,000	0,0000 %
					WLAN	0,04	0,06 %	0,004	0,0000 %
Summe	0,84	1,62 %	1,867	0,0262 %	Summe	0,10	0,20 %	0,027	0,0004 %

Messpunkt Mes1

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)			Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung	Quelle	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,17	0,29 %	0,078	0,0009 %	Mobilfunk-EG	0,08	0,15 %	0,017	0,0002 %
Rundfunk	0,04	0,12 %	0,003	0,0002 %	DECT	0,02	0,03 %	0,001	0,0000 %
					WLAN	0,08	0,13 %	0,016	0,0002 %
					Sonstige	0,05	0,11 %	0,005	0,0001 %
Summe	0,18	0,32 %	0,081	0,0010 %	Summe	0,12	0,23 %	0,040	0,0005 %

Szenario Messe

Messpunkt Mes2

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung		in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,17	0,29 %	0,078	0,0009 %	Mobilfunk-EG	0,23	0,40 %	0,140	0,0016 %
Rundfunk	0,04	0,12 %	0,003	0,0002 %	DECT	0,02	0,03 %	0,001	0,0000 %
					WLAN	0,07	0,11 %	0,013	0,0001 %
					Sonstige	0,05	0,12 %	0,006	0,0001 %
Summe	0,18	0,32 %	0,081	0,0010 %	Summe	0,25	0,43 %	0,159	0,0019 %

Messpunkt Mes3

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung		in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	0,25	0,43 %	0,171	0,0019 %	Mobilfunk-EG	0,09	0,17 %	0,023	0,0003 %
Rundfunk	0,04	0,12 %	0,003	0,0002 %	DECT	0,02	0,03 %	0,001	0,0000 %
					WLAN	0,10	0,16 %	0,026	0,0003 %
					Sonstige	0,09	0,23 %	0,022	0,0005 %
Summe	0,26	0,45 %	0,175	0,0020 %	Summe	0,16	0,33 %	0,072	0,0011 %

Messpunkt Mes4

Immission durch Sendeanlagen					Immission durch Endgeräte				
Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)		Quelle	Elektrische Feldstärke (E)		Leistungsflussdichte (S)	
	in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung		in V/m	Grenzwert-ausschöpfung	in mW/m ²	Grenzwert-ausschöpfung
Mobilfunk-BS	1,48	2,64 %	5,839	0,0699 %	Mobilfunk-EG	0,09	0,16 %	0,020	0,0003 %
Rundfunk	0,20	0,70 %	0,105	0,0049 %	DECT	0,02	0,03 %	0,001	0,0000 %
					WLAN	0,07	0,11 %	0,012	0,0001 %
					Sonstige	0,01	0,03 %	0,000	0,0000 %
Summe	1,50	2,74 %	5,943	0,0748 %	Summe	0,11	0,20 %	0,034	0,0004 %

ANSPRECHPARTNER

Informationszentrum Mobilfunk e. V. (IZMF)

Hegelplatz 1
10117 Berlin
Telefon: +49 30 20 91 69 80
Telefax: +49 30 2 09 16 98 11
E-Mail: info@izmf.de
www.izmf.de

Technische Universität Ilmenau (TU Ilmenau)

Fachgebiet Hochfrequenz- und Mikrowellentechnik
Helmholtzplatz 2
98693 Ilmenau
Tel.: +49 3677 69 28 31
Fax: +49 3677 69 15 86
E-Mail: hmt@tu-ilmenau.de
www.tu-ilmenau.de/it_hmt/

Kinderumwelt gemeinnützige GmbH

Westerbreite 7
49084 Osnabrück
Telefon: +49 541 9 77 89 00
Telefax: +49 541 9 77 89 05
E-Mail: info@uminfo.de
www.kinderumwelt.de
www.allum.de

Impressum

Herausgeber

Informationszentrum Mobilfunk e. V. (IZMF)
Hegelplatz 1
10117 Berlin
Telefon: +49 30 20 91 69 80
Telefax: +49 30 2 09 16 98 11
Gebührenfreie Hotline: +49 800 3 30 31 33
E-Mail: info@izmf.de
www.izmf.de

Stand

Oktober 2015

Redaktion

Franziska Kröling/Kröling Kommunikation GmbH

Bildnachweise

IZMF: S. 1, 10

Abbildungen und Tabellen

IZMF: S. 7, S. 10, S. 11, S. 12, S. 15, S. 16, S. 17, S. 18,
S. 19, S. 20, S. 21, S. 22, S. 28-39

TU Ilmenau: S. 8, S. 9

Tom Trenkle: S. 3

Gestaltung

Anja Teßmann/Art Direction & Design Studio

Lektorat

Beate Fischer, mediumText