

Elektrosmog nachgemessen

Tom Riedl und Achim Grolmann

Funkfelder müssen beobachtet werden, um die möglichen Auswirkungen auf andere Systeme (EMV) bzw. auf die Gesundheit (E-Smog-Diskussion) objektiv ermitteln zu können.
Alle Bilder: Willtek Communications GmbH

Elektrosmog ist ein plakatives Schlagwort und Streitthema geworden. Eine Versachlichung der Thematik ist auf der Basis wissenschaftlich haltbarer Studien und zuverlässiger Messergebnisse möglich.

Elektromagnetische Strahlung, vor allem hervorgerufen durch die Mobilfunknetze, ist seit vielen Jahren in der Diskussion: Wie schädlich ist dieser Elektrosmog wirklich? Auf der einen Seite stehen Klagen über Konzentrationsstörungen und Kopfschmerzen, auf der anderen die gesetzlichen Grenzwerte, die von den kommerziellen Anwendungen deutlich unterschritten werden. Diese Grenzwerte basieren auf einer Strahlungsintensität, bei der Zellschädigungen nachgewiesen werden konnten, und sind mit einer deutlichen Sicherheitsmarge beaufschlagt. Egal ob man diese Grenzwerte für

relevant hält oder neue, deutlich niedrigere postuliert: Eine sachliche Diskussion lässt sich nur auf Basis von Fakten und Messungen führen. Doch wie lässt sich die Strahlung nachweisen und messen?

Wellen und ihre Ausbreitung

Elektromagnetische Wellen gibt es über ein weites Frequenzspektrum verteilt und auch ohne jede Elektronik (s. Abb. 1). Licht besteht aus solchen Wellen mit einer Frequenz von über 100.000 Gigahertz. Weit darüber liegen noch

die Röntgen- und die Gammastrahlung; Röntgenstrahlung ist ein natürliches Phänomen in einigen Kilometern Höhe über dem Boden, von dem Flugzeugbesatzungen und Vielflieger besonders betroffen sind. Unterhalb der Lichtfrequenz operieren Funkgeräte für private, kommerzielle und militärische Zwecke, einschließlich der Mobilfunk-, Radio- und Fernsehsender und Fernbedienungen. Aber auch von anderen elektronischen Geräten gehen die Wellen aus; nicht nur der undicht gewordene Mikrowellenherd, auch ein Stück einfache Elektronik kann einiges an Strahlung abgeben.

Wellen breiten sich abhängig von der Umwelt aus. Als Faustformel gilt: Im potenzialfreien Raum nimmt deren Stärke quadratisch mit der Entfernung ab (Abb. 2). In einer realen Umgebung beeinflussen metallische Gegenstände die Felder und die Faustformel gilt nur als grobe Richtschnur. Dies bedeutet – und diese Erkenntnis ist für die Beurteilung von Mobilfunkstrahlung allgemeingültig – dass die Strahlung einer durchschnittlichen Basisstation in fünfzig Metern Entfernung in der Regel um ein Vielfaches geringer ist als die des Mobiltelefons am Kopf, wenn es mit voller Sendeleistung arbeitet. Die Leistung des Handy wird übrigens von der Basisstation so geregelt, dass es nur so stark sendet, wie nötig ist, um ausreichend guten Empfang an der Basisstation zu



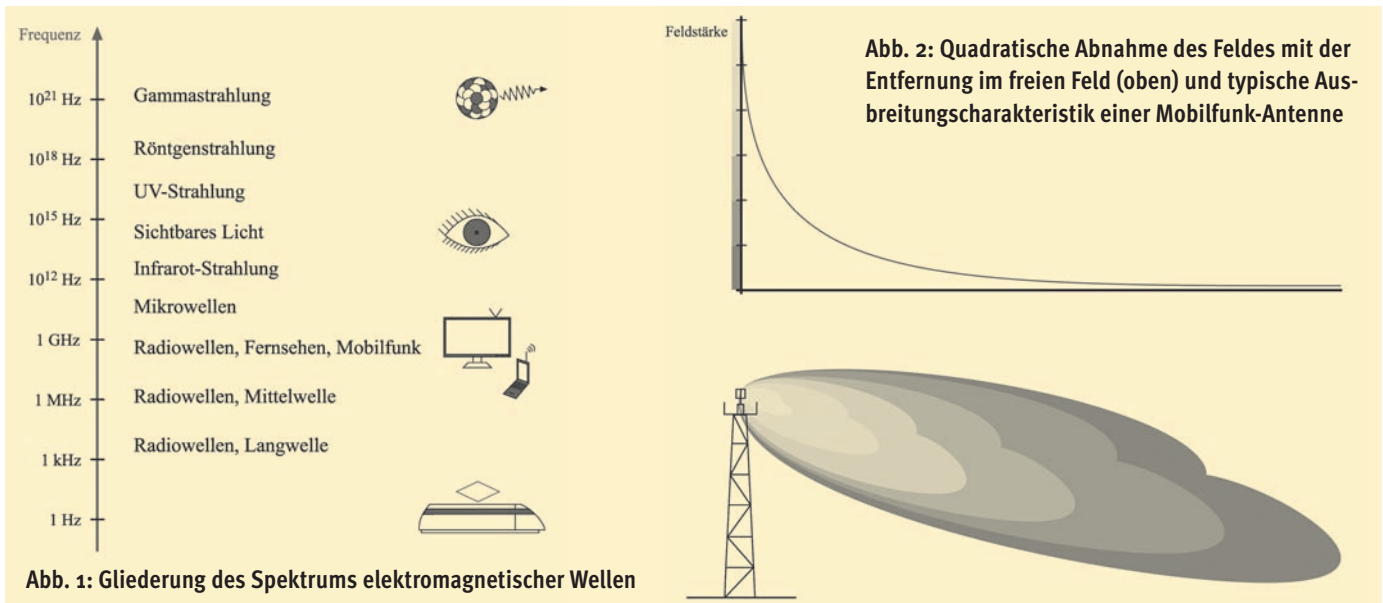
Thomas Riedl

Thomas Riedl hat acht Jahre Berufserfahrung in der Systemtechnik von Mobilfunknetzen und ist heute als Produktmanager verantwortlich für Produktdefinition und Vermarktung von portablen Spektrumanalysatoren bei Willtek Communications GmbH.



Achim Grolman

Achim Grolman arbeitete in Entwicklung und Produktmarketing an Funkmesstechnik-Lösungen für GSM, DECT, TETRA, HSCSD und GPRS. Seit 2002 macht er Öffentlichkeitsarbeit beim Funkmesstechnik-Hersteller Willtek Communications GmbH.



gewährleisten. Daher gilt – rein qualitativ und als Vorsorgemaßnahme – die Empfehlung, weitab von Basisstationen und in geschlossenen Räumen nur so viel vom Handy aus zu telefonieren, wie unbedingt erforderlich ist.

Für die Betrachtung der elektromagnetischen Wellen ist also neben ihrer Stärke auch ihre Frequenz von Belang. Kein Messgerät wertet die Strahlung über alle Frequenzen von Null bis Unendlich aus. In der Regel betrachtet man aber einen bestimmten Bereich, z.B. den für Mobilfunk oder Radio und Fernsehen.

Von der Welle zur Messung

Die Wellen setzen sich aus Komponenten für elektrische und für magnetische Felder (E-Feld, H-Feld) zusammen. Im Frequenzbereich von hundert Kilohertz bis zehn Gigahertz, in dem die gängigsten Funkanwendungen zu finden sind, lässt sich die E-Feld-Komponente besonders einfach mittels elektronischer Messtechnik nachweisen. Diese Komponente der von der Messantenne aufgefangenen Strahlung wird vom Messgerät analysiert.

Grundsätzlich gibt es zwei unterschiedliche Ansätze: Immissions- und Emissionsmessungen. Bei der Emissionsmessung wird überprüft, wie viel Strahlung eine Quelle abgibt. In der Regel lässt sich die Messung der Sendeleistung nicht an der Quelle selbst durchführen; daher wird die Feldstärke in einem definierten Abstand bestimmt. Um die Strahlung der Quelle möglichst gut aufzunehmen und andere Quellen möglichst auszuschließen, wird eine Richtantenne eingesetzt.

Die Immissionsmessung wird durchgeführt, wenn die Belastung durch elektromagnetische Strahlung aus möglicherweise unterschiedlichen Quellen festgestellt werden soll. Da die Wirkung aus allen Richtungen kommen kann, werden drei senkrecht zueinander stehende Antennen eingesetzt; nach außen sieht diese isotrope Antenne kugelförmig aus. Die Ergebnisse der drei Antennen werden quadratisch addiert und ergeben die Stärke des gesamten Feldes, also der aus allen Richtungen auf die Antenne eintreffenden Wellen am Messort. Wenn der Messort als Raum oder Wohnung relativ unbestimmt ist, wird zunächst der Ort gesucht, an dem das Maximum der Feldstärke auftritt, um die höchste Belastung zu ermitteln. Dazu wird entweder die Schwenkmethode oder die Rastermethode eingesetzt.

Üblicherweise verwendet man als Messempfänger für die Messung elektromagnetischer Felder Spektrumanalysatoren. Diese Geräte zeigen den Pegel des hochfrequenten Feldes innerhalb des gewählten Frequenzbereichs auf einen Blick an, was die Ablesung erleichtert. Moderne tragbare Analysatoren sind auch schnell und empfindlich genug für die Messung im Feld.

Bei jedem Messvorgang („Sweep“) werden über einen bestimmten Zeitraum im Messgerät Einzelergebnisse erfasst und dann zusammengefasst. Der Benutzer führt darüber hinaus mehrere solcher Messvorgänge an einem oder mehreren Standorten durch. Bei Messungen der Belastung durch elektromagnetische Felder interessiert in der Regel der maximale Wert, der innerhalb der Messzeit und an den verschiedenen Messpunkten auftritt. Ein typisches Mes-

sintervall nach internationalem Standard beträgt sechs Minuten. Daher wird der Analysator mit den Einstellungen „Max Peak“ (höchstes Einzelergebnis wird bei jedem Messvorgang angezeigt) und „Max Hold“ (aus mehreren Messvorgängen wird jeweils der höchste Wert ermittelt) betrieben und die Ergebnisse verschiedener Messpunkte werden anschließend quadratisch gemittelt.

Zusammen mit der unten beschriebenen Einbeziehung möglicher Messfehler ergibt sich so für die Messung elektromagnetischer Felder ein echtes „Worst Case“-Szenario und somit die Sicherheit, dass die an diesem Punkt gemessene elektromagnetische Strahlung maximal so hoch ist wie messtechnisch ermittelt.

Messergebnisse und Beurteilung

Die meisten Messgeräte ermitteln intern elektrische Größen wie Strom oder Spannung; so auch die Geräte zur Vermessung elektromagnetischer Felder. An den Messeingang ist eine Antenne angeschlossen, in der das Feld eine Spannung induziert. Der Zusammenhang zwischen der in der Antenne induzierten Spannung und der zugrunde liegenden Intensität der elektromagnetischen Strahlung im freien Raum ist antennenspezifisch und frequenzabhängig. Aus dieser Abhängigkeit ergibt sich ein Beiwert, der so genannte K-Faktor mit der Einheit 1/m. Eine K-Faktortabelle muss im Messgerät als Funktion gespeichert sein, wenn das Gerät eine der typischen Messgrößen für elektromagnetische Felder anzeigen können soll.

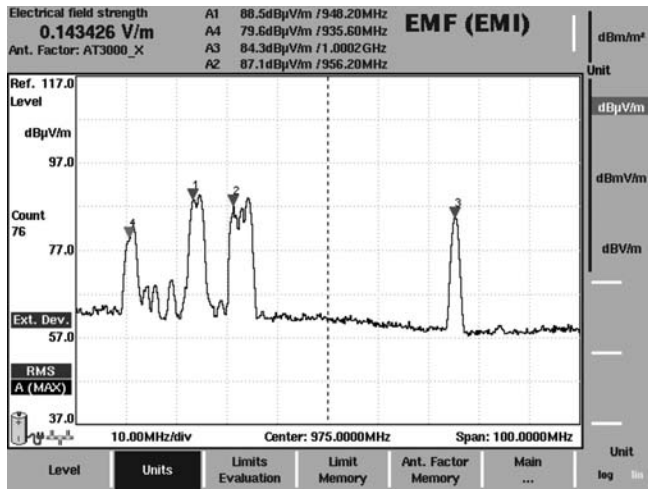


Abb. 3: Messung im Sendebereich von GSM-900-Basisstationen

Die Stärke der elektromagnetischen Strahlung wird üblicherweise in einer von zwei Größen angegeben: als elektrische Feldstärke E (in V/m) und als Leistungsflussdichte S (in W/m²). Dabei ist die Leistungsflussdichte das Produkt aus elektrischer Feldstärke und magnetischer Feldstärke (H). Im Fernfeld sind die beiden Feldstärken über eine Konstante, nämlich den Feldwellenwiderstand Z₀, ineinander umrechenbar. Im freien Raum beträgt Z₀ 377 Ohm, und es gilt: S = E²/Z₀. Gesetzliche Grenzwerte sind meist in der einen oder anderen Größe festgelegt und lassen sich nach dieser Formel einfach umrechnen – oder das Messgerät erlaubt die Einstellung der gewünschten Größe, so dass das Ergebnis wie in Abb. 3 direkt ablesbar ist.

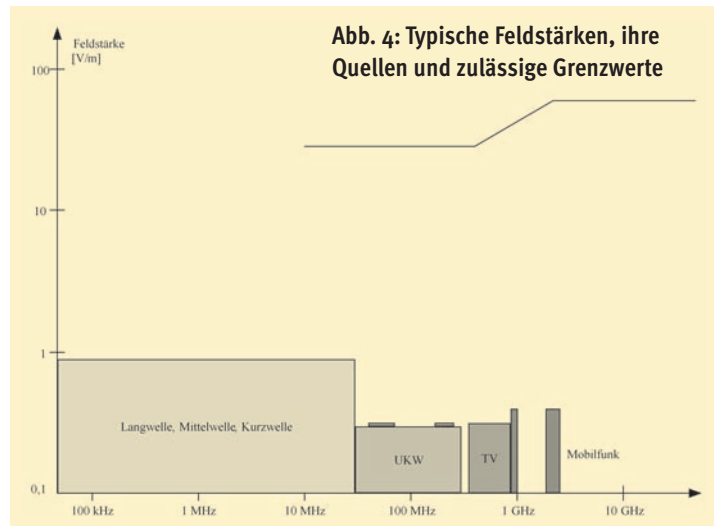
Vor der Bewertung der Ergebnisse ist noch die Messgenauigkeit zu berücksichtigen. So ist selbst bei einem Messaufbau aus hochwertigen Komponenten mit einem Messfehler von bis zu ±3 dB zu rechnen, der durch die endliche Genauigkeit von Messgerät und Antennenkalibrierung hervorgerufen wird. Dieser Fehler ist auf das Ergebnis aufzuschlagen, das heißt die gemessene Feldstärke muss um den Faktor 1,4 erhöht werden, die Leistungsflussdichte um den Faktor 2.

Die gesetzlichen Grenzwerte gehen meist auf die von der WHO anerkannten ICNIRP-Empfehlungen (International Commission on Non-ionizing Radiation Protection) zurück. In Deutschland ist die erlaubte Strahlung in der 26. Bundesimmissionschutz-Verordnung (26. BImSchV) festgelegt, der zu Folge der zulässige Grenzwert für die elektrische Feldstärke von 10 bis 400 MHz bei 27,5 V/m liegt, von 400 bis 2000 MHz mit der Wurzel der Frequenz in MHz steigt und darüber konstant 61 V/m be-

trägt. Diese Feldstärke wird als Effektivwert, quadratisch gemittelt über 6-Minuten-Intervalle, ermittelt. Während also die meisten Funkanwendungen in Deutschland und einigen anderen Ländern eine maximale Leistungsflussdichte von 2 bis 10 W/m² erzeugen dürfen, hat die Schweiz die Obergrenze für „Orte mit empfindlicher Nutzung“ wie Wohnräume und Kinderspielplätze bei 4 bis 7 mW/m² gesetzt, während das Land Salzburg die Latte vorübergehend sogar auf 1 mW/m² gelegt hat. Mittlerweile gilt jedoch in Österreich bundesweit die ÖNorm E 8850, die ebenfalls auf ICNIRP basiert.

Die deutschen Berufsgenossenschaften muten ihren Versicherten für die Exposition an Anlagen höhere zulässige Grenzwerte als die gesetzlichen Werte zu. Diese sind im Zusammenhang mit Arbeiten zu sehen, die bewusst und nur für die Dauer der Arbeitszeit im Bereich stärkerer elektromagnetischer Felder, also z.B. bei Arbeiten an Sendeanlagen, durchgeführt werden. Dies ist die einzige definierte zeitliche Einschränkung in den einschlägigen Gesetzen und Verordnungen. Auswirkungen, die aus der Zeitdauer der Feldeinwirkung resultieren, werden ansonsten nicht berücksichtigt.

Die Definition von unterschiedlichen Grenzwerten je nach Frequenzbereich geht davon aus, dass die Strahlung von einer einzelnen Quelle ausgeht. Nun könnte man je nach Intention entweder davon ausgehen, dass die Felder aller Quellen zusammengenommen den kleinsten Grenzwert nicht überschreiten dürfen, oder dass man in möglichst kleinen Frequenzschritten messen kann, um eine möglichst hohe Strahlung zu rechtfertigen. In der Praxis wird man die gesamte Strahlung aus ei-



nem Anwendungs- oder Frequenzbereich zusammenfassen und mit dem zutreffenden Grenzwert vergleichen. Feldstärken sind dabei quadratisch zu addieren. In diesem Fall wird man z.B. die Belastung sämtlicher GSM-900-Netze addieren, aber getrennt von GSM-1800- und UMTS-Netzen betrachten. Im Gegensatz zu früheren FDMA-Systemen, bei denen jedem Anwender eine eigene Trägerfrequenz mit 25 kHz Bandbreite zur Verfügung steht, nutzen moderne Technologien wie UMTS und WLAN Spreizbandtechniken, bei denen sich viele Nutzer eine Trägerfrequenz mit Bandbreiten von mehreren Megahertz teilen und mit geringer Sendeleistung auskommen.

Bisher noch relativ wenig untersucht sind hochfrequente, aber niederfrequent gepulste Signale wie die der GSM-Handys (215 Hz), DECT-Schnurlosgeräte (100 Hz) oder des analogen Fernsehens (50 Hz und 15,6 kHz). Die Pulseigenschaften stehen bei einigen Wissenschaftlern im Verdacht, zusätzlich zu den thermischen Effekten zu wirken und durch Resonanzen oder Gleichrichtung biologische Prozesse zu beeinflussen. Exakte Theorien zu diesen Effekten, die sich experimentell überprüfen ließen, sind aber schwer zu finden.

Wie eine typische Belastung durch elektromagnetische Felder in der Großstadt (mit Rundfunk- und Fernsehsendern) aussieht, zeigt Abb. 4. Hier sind auch die zulässigen Grenzwerte eingezeichnet, deren Höhe auf dem Beginn nachgewiesener Zellschädigung basieren und die zusätzlich mit einem Vorsorgeabstand versehen sind. Diese Grafik zeigt, dass die Quellen der stärksten elektromagnetischen Strahlung und die in der öffentlichen Diskussion stehenden Quellen keinesfalls identisch sein müssen. (rs)