

Schutz der Bevölkerung vor nichtionisierender Strahlung

Messung elektromagnetischer Felder von GSM-Basisstationen

Der ansteigende Gebrauch von Mobilfunktelefonen führt zu einer immer größeren Dichte von GSM-Basisstationen. Dies hat zur Folge, dass diese festen Sender immer näher an Wohn- und Arbeitsorte rücken. Man kann somit davon ausgehen, dass Bewohner in einigen Fällen bedeutenden elektromagnetischen Feldern ausgesetzt sein und dass die internationalen empfohlenen Grenzwerte überschritten werden könnten. In dieser Hinsicht leistet die Schweiz Pionierarbeit, denn sie fordert zehnfach strengere Grenzwerte als andere Länder. Um Grenzwerte einhalten zu können, müssen die Felder exakt gemessen werden können. In dieser Studie wird die Problematik der Messung von elektromagnetischen Feldern behandelt; das umfasst im Einzelnen, welche Normen oder Empfehlungen zu gebrauchen und unter welchen Bedingungen sie anzuwenden sind, welche Antenne und welches Material (Feldmessgerät, Spektrumanalysator, usw.) zu gebrauchen ist und wie eine Messung durchzuführen ist: Feldverteilungsproblem in den Räumen, Beeinflussung durch die Messantenne und Berücksichtigung der zeitlichen Änderung der Sendeleistung

Neue Grenzwerte

Grenzwerte zum Schutz der Bevölkerung gegen das elektromagnetische Feld im Frequenzbereich von 0 Hz bis 300 GHz sind vom ICNIRP publiziert worden [3]. Bei den für GSM-Basisstationen üblichen Frequenzen (rund 900 MHz und 1800 MHz) basieren diese Grenzwerte ausschließlich auf Körper-

erwärmung. Um aber heute noch nicht erkannte Langzeiteffekte zu minimieren, hat der schweizer Gesetzgeber für Orte mit erheblicher Nutzung in der NISV (Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung) rund zehnfach niedrigere Anlagen Grenzwerte als in anderen Normen üblich eingeführt [1]. Diese Anlagen Grenzwerte liegen bei 4 V/m für GSM-Basisstationen im 900-MHz-Band und bei 6 V/m im 1800-MHz-Band und darüber.

Konsequenzen

Die neuen Grenzwerte gelten für maximalen Gesprächs- und Datenverkehr bei maximaler Sendeleistung der zu messenden Anlage. Ferner verlangt die NISV, dass die Messunsicherheit zu Gunsten der zu schützenden Personen zu berücksichtigen ist. Der auf maximale Leistung hochgerechnete Anlagenwert inklusive Messungenauigkeit darf den Grenzwert nicht übersteigen.

Werden an Orten mit empfindlicher Nutzung in der Umgebung einer GSM-Basisstation bei realem Betrieb der Anlage Messungen durchgeführt, so dürfen erfasste Werte, mit einer typischen Messunsicherheit von 3 dB (entspricht rund 41 %) und z. B. einem Faktor 2 für die Hochrechnung auf maximale Leistung, 1,4 V/m nicht überschreiten:

$$\frac{4 \text{ V/m}}{141\% \cdot 2} = 1,4 \text{ V/m} \quad (1)$$

Nun liegen Werte um 1 V/m bei einfachen Messgeräten wie isotropen Messsonden im unteren Bereich des Empfindlichkeitsbereichs und können nicht mit genügender Genauigkeit erfasst werden.

Die GSM-Funkschnittstelle

Ein kombiniertes Zeit- und Frequenzmultiplexverfahren über Funk bildet die Kommunikation zwischen GSM-Basisstation und Mobiltelefon. Dafür sind pro Gespräch immer zwei Verbindungen aktiv: der sogenannte uplink, vom Mobiltelefon zur Basisstation (alle 200 kHz, von 876–915 MHz und 1710–1785 MHz), und der sogenannte downlink, von der Basisstation zum Mobiltelefon (alle

200 kHz, von 921–960 MHz und 1805–1880 MHz).

Für die NISV wird nur die Ausstrahlung der Basisstation, also der downlink, betrachtet. Jede Zelle (entspricht meistens einer Antenne) einer Basisstation hat mindestens einen Kanal, der immer mit definierter und konstanter Leistung betrieben wird. Dieser sogenannte BCCH (für Broadcast Control CHannel) dient zuerst dem Verbindungsaufbau zwischen Basisstation und Mobiltelefon. Der BCCH übernimmt zwar auch Gespräche, aber ohne Einfluss auf seiner Leistung. Werden mehr Verbindungen als im BCCH möglich gebraucht, so können auch sogenannte TCH (Traffic CHannel) zugeschaltet werden. Im Gegensatz zum BCCH, sendet der TCH nicht dauernd, nicht immer bei derselben Frequenz und mit nur gerade so viel Leistung, wie für eine gute Übertragung nötig ist.

Messmethoden

Die Messempfehlung [2] beinhaltet zwei Methoden: die breitbandige und die selektive Messung.

Die breitbandige Messung wird mit einer breitbandigen und oft auch isotropen Sonde gemessen, die alle Anteile des elektrischen Feldes von einigen MHz bis zu ein paar GHz erfasst. Liegt der hochgerechnete Wert inklusive Messunsicherheit unter dem Anlagen Grenzwert, dann ist die betrachtete GSM-Basisstation konform. Ist der Anlagenwert zu hoch, dann muss gezielt nur die Strahlung der betrachteten GSM-Anlage nach dem selektiven Verfahren gemessen werden. Nur der auf der selektiven Methode basierende Anlagenwert muss den Grenzwert einhalten.

Breitbandige Messung

Mit einer isotropen Breitbandsonde wird das maximale Feld in einem Raum gesucht und erfasst. Dabei werden alle Sender in der Umgebung mitgemessen, auch BCCHs und sogar TCHs anderer Basisstationen. Mit der Annahme, dass nur die BCCHs der Basisstation im Betrieb sind, wird der erfasste Wert mit einem ersten Hochrechnungsfaktor multi-

B.03

Autoren
FRANÇOIS TROTTI und BERTRAND DAOUT sind tätig in der Abteilung für Schutz vor nichtionisierender Strahlung bei Montena EMC SA;
Route de Montena 75, CH-1728 Rossens
Fon: 0041/26/4119333
Fax: 0041/26/4119330
eMail: office.emc@montena.com



Abb. 1: Mobilfunk-Sender

pliziert, der das Verhältnis der maximal zugelassenen Sendeleistung einer Zelle zur aktuellen Sendeleistung des BCCH in der Zelle einbezieht. Die nötigen Angaben über Sendeleistungen werden direkt vom Betreiber der Anlage geliefert. Mit einem zweiten Hochrechnungsfaktor für die Messunsicherheit ergibt sich der Beurteilungswert der Anlage. Letzterer muss zwingend den Anlagengrenzwert einhalten.

Der große Vorteil dieser gerichteten Messmethode liegt in der leichten und handlichen Messausrüstung und in der kurzen Messzeit. Die Gefahr besteht aber, dass der Grenzwert einer Basisstation wegen Überbewertung der Ausstrahlung nicht eingehalten wird.

Selektive Messung

Mit einer Messantenne und einem Spektrumanalysator bzw. einem Messempfänger wird die Feldstärke von jedem BCCH der betrachteten Basisstation separat gemessen. Die Hochrechnung erfolgt dann unter Berücksichtigung der aktuellen Sendeleistungen der BCCHs und der maximal zugelassene Sendeleistung jeder Zelle. Der noch mit der Messunsicherheit ergänzte Beurteilungswert muss den Anlagengrenzwert unterschreiten.

Der große Vorteil dieser Methode liegt in der Möglichkeit, lediglich den Anteil der betrachteten Anlage mit hinreichender Genauigkeit zu evaluieren, und somit die Grenzwerte bei einer angemessenen Dichte an

Basisstationen einzuhalten. Der Nachteil dieser Methode liegt in der heute noch umfangreichen und nicht gerade flexiblen Messkette. Die selektive Methode kostet auch mehr Zeit als die breitbandige Messung.

Im Bezug auf stehende Wellen im untersuchten Raum muss das maximale Feld gesucht werden. Konkret wird ein Messvolumen zwischen 0,75 und 1,75 m Höhe über Boden und etwa 1 m Durchmesser mit einer z. B. handgeführten Antenne in unterschiedlichen Polarisierungen und Antennenrichtungen durchgesucht. Dabei wird das Frequenzspektrum aller BCCHs in der Maximum-hold-Stellung des Spektrumanalysators registriert. Dabei entstehen zwei Fehler die sich zum Teil kompensieren.

Der erste Fehler wird durch die verfügbaren leider nicht isotropen Messantennen verursacht, die gleichzeitig nur eine der drei Raumkomponenten des E-Feld Vektors aufnehmen können. An jedem Raumpunkt läuft die E-Feld-Vektorspitze auf einem Ellipsoid mit 3 Hauptachsen. Durch die Änderung der Polarisation und der Antennenrichtung wird nur die grösste Hauptachse gefunden. Im schlimmsten Fall ist das Ellipsoid eine Kugel und das Feld wird um den Faktor $\sqrt{2}$ unterschätzt. Die Erfahrung zeigt, dass in vielen Fällen 2 der 3 Hauptachsen vernachlässigt sind.

Der zweite Fehler entsteht, weil alle BCCHs ihr Maximum nicht am gleichen Messpunkt des abgetasteten Messvolumens haben. Wegen der Maximum-hold-Stellung des Spektrumanalysators entsteht eine inkonsistente Summierung der einzelnen BCCH-Beträge.

Diese beiden Fehler können umgegangen werden, wenn an jedem Raumpunkt alle 3 Komponenten nacheinander in einem Raster gemessen und geometrisch summiert werden. Der Messaufwand für dieses in [2] als Punktrastermethode beschriebene Verfahren ist aber erheblich.

Anforderungen an die Messeinrichtung

Messantenne

Um das Feld im untersuchten Raum nicht zu stark zu beeinflussen, muss die Messantenne möglichst klein sein. Ein abgestimmter Dipol (83 mm bei 1800 MHz) erfüllt diese Anforderung am besten (siehe Abb.2). Die Antenne und das Anschlusskabel müssen individuell kalibriert sein. Das Antennenkabel und seine eventuell metallene Befestigung dürfen auf keinen Fall in der Nähe der Antenne bleiben. Um die Nahfeldverzerrung zu minimieren, darf sich die Antenne Personen oder Objekten wie Möbel, Wänden, etc. nicht dichter als 0,5m nähern.

Spektrumanalysator oder Messempfänger

Das Erfassungsgerät muss eine Maximum-hold-Stellung haben. Es muss selbstverständlich kalibriert werden und seine Messtoleranz muss bekannt sein. Da der GSM-Kanalabstand 200 kHz beträgt, müsste das Gerät über eine Messbandbreite von ziemlich genau 200kHz verfügen. Wenn die Nachbarkanäle nicht besetzt sind, kann auch mit einer grösseren Messbandbreite, zum Beispiel 300 kHz, gemessen werden. Mit genügender Sorgfalt können zwei belegte Nachbarkanäle mit einer Messbandbreite von 100kHz unterschieden werden. Je nach Verhalten des Spektrumanalysators kann der daraus resultierende Fehler unbedeutend sein. In jedem Fall ist der Einfluss der Messbandbreite (kurz: BW) sehr unterschiedlich und ist vor Beginn jeder Messung zu eruieren (siehe Abb. 3).

Fazit

Eine möglichst knappe aber sichere Einhaltung von relativ tiefen Grenzwerten für das elektromagnetische Feld von GSM-Basisstationen stellt hohe Anforderungen – sowohl an die Messgeräte, wie auch an das Messper-

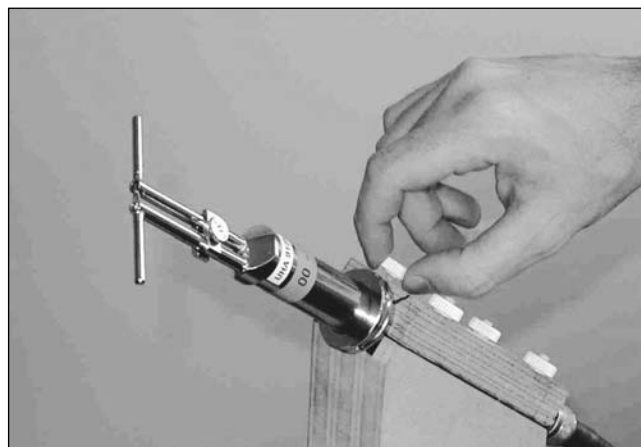


Abb. 2: Dipol zur Feldstärkemessung

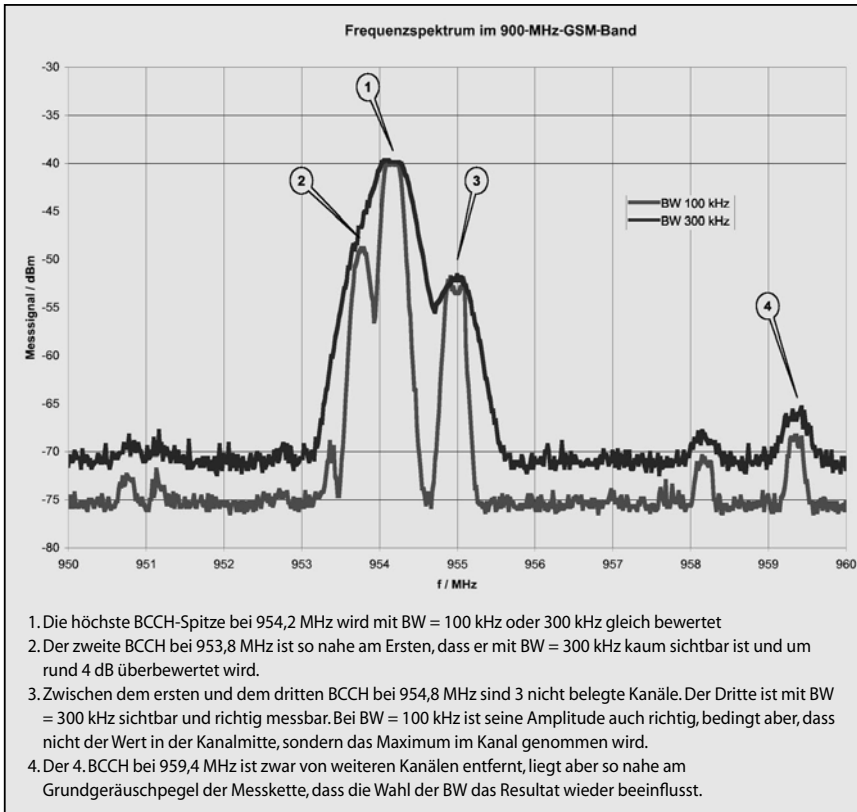


Abb. 3: Messungen an einem GSM-Feld

sonal. Breitbandsonden sind diesen hohen Erwartungen nicht gewachsen. Hingegen sind typische handelsübliche Geräte wie Spektrumanalysatoren und Antennen aus dem Gebiet der elektromagnetischen Verträglichkeit dafür gut geeignet. Spezielle spezifische Messgeräte sind nicht notwendig. Die richtige Erfassung der Abstrahlung im Raum ist aber von vielen Parametern abhängig und kann nur mit viel Sorgfalt, Kritik und Erfahrung gewährleistet werden.

Literatur

- [1] Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV)
- [2] (Schweizerisches) Bundesamt für Umwelt Wald und Landschaft (BUWAL), Messempfehlung für GSM-Basisstationen – Entwurf – 20. März 2001
- [3] ICNIRP International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz)

more @ dick TK2B0306

Anzeige

LESERTIPP

? **Sie interessieren sich für Informationen
in Anzeigenmotiven?**

Die Firmenreferenzliste (Griffmarke C.06)

**listet alle in dieser Ausgabe vertretenen Inserenten
mit entsprechenden Seitenverweisen auf!**

Messen • Prüfen • Verifizieren

publish industry VERLAG GMBH

Gollierstraße 23 · D-80339 München · Fon: 089/500383-0 · Fax: 089/500383-10
eMail: info@publish-industry.net · Internet: www.publish-industry.net