

Stehen, gehen oder drehen?

Zur Messung der Strahlenbelastung durch GSM und UMTS gilt die Punkt-rastermethode als das genaueste, die Schwenkmethode als das schnellste Verfahren. Wie so häufig liegt die Wahrheit dazwischen. Und mit einer isotropen Antenne kann man stehen oder gehen, ohne zu drehen.

Strahlenbelastung durch GSM und UMTS: Mobilfunkbetreiber, Behörden oder von ihnen beauftragte Messdienstleister stehen vor der Aufgabe, die Einhaltung der zulässigen Grenzwerte nachzuweisen. Zwar bleibt die Strahlung meist deutlich unter dem Grenzwert, und gerade die Verdichtung der Basisstationen und die Verkleinerung der Funkzellen senkt die Emissionen der Sendeantennen wie auch die Sendeleistungen der Handys am Ohr. Die Einhaltung der zivilen Personenschutzgrenzwerte könnte in vielen Fällen durch Berechnungen nachgewiesen werden. Doch letzte Sicherheit geben nur Messungen, und zwar selektiv, um den Einfluss der einzelnen Quellen getrennt und mit ausreichender Empfindlichkeit zu erfassen.



Bild 1: Das Selective Radiation Meter SRM-3000 mit aufgesteckter isotroper Antenne eignet sich für die Abtastung des Raumes ohne Drehen und Schwenken.

Die Schwenkmethode

Zum Messen der durch Mobilfunkstationen verursachten Exposition wird häufig die so genannte Schwenkmethode bevorzugt. Bekannt sind Messungen mit einer einachsigen, eventuell sogar stark bündelnden Antenne als Messwertaufnehmer. Das Analysegerät wird auf „Maximum Hold“ gestellt. Die Antenne wird nun im zu untersuchendem Raum bewegt. Bei der Bewegung ist darauf zu achten, dass die verschiedenen Raumpunkte, Einfallsrichtungen und die Antennenpolarisationen gleich wahrscheinlich und in einer genügend hohen Auflösung erreicht werden. Am Ende der Bewegung steht die maximale Feldstärke im untersuchten Raum als Ergebnis zur Verfügung.

Isotroper Messkomfort

Einen höheren Komfort bieten isotrope Antennen. Man muss bei der Bewegung nur noch darauf achten, dass die verschiedenen Raumpunkte gleich wahrscheinlich und mit ausreichend hoher Auflösung aufgesucht werden. Alle Einfallsrichtungen und Polarisationen berücksichtigt die isotrope Antenne automatisch (Bild 1).

Eine Zeitbetrachtung

Trotzdem muss ein Punkt beachtet werden. Da isotrope Antennen für den Mobilfunk-Frequenzbereich aus drei orthogonal angeordneten Elementardipolen besteht und das Messgerät in der Regel nur einen Eingangskanal besitzt, werden drei aufeinander folgende einachsige Messungen zu einem isotropen Messergebnis verrechnet. Eine isotrope Messung dauert also dreimal so lang wie eine einachsige Messung. Wird dadurch der Zeitvorteil zunichte?

Eine genauere Gegenüberstellung bringt hier Klarheit. Bewegt man sich mit einem Elementardipol und mit einer dreiachsigen Antenne mit gleicher Geschwindigkeit auf der gleichen Route durch den Raum und ist die Auffrischrate für die einachsige Messung dreimal höher als für die isotrope Messung, entstehen in beiden Fällen gleich viele einachsige Rohwerte. Der Raum wird also beide Male mit der gleichen Auflösung abgetastet. Allerdings wird bei der Verwendung der isotropen Antenne prinzipbedingt sichergestellt, dass alle Einfallsrichtungen und Polarisationen im gleichen Maße berücksichtigt werden. Bei der Verwendung des einachsigen Elementardipols muss beim Abfahren der Route bewusst darauf geachtet werden, dass die Ausrichtung der Dipolachse in allen Richtungen gleich häufig vorkommt. Das heißt, die Dipolachse muss ständig und relativ schnell gedreht werden. Wenn man sich Mühe gibt, können die Ergebnisse die gleiche Qualität aufweisen. Wenn man eine isotrope Antenne verwendet, ist die Qualität der Ergebnisse aber weit weniger vom Benutzer abhängig.



Bild 2: Das Selective Radiation Meter SRM-3000 mit uniaxialer Antenne und „Maximum Hold“-Funktion, eingesetzt für die Schwenkmethode.

Wird bei der einachsigen Schwenkmethode nun statt des Elementardipols eine stark bündelnde Antenne verwendet, so wird der Raum bei gleicher Route, Bewegungs-

geschwindigkeit und Auffrischrate des Messgeräts deutlich schlechter abgetastet. Durch eine ausgeprägte Richtcharakteristik wird pro Messwert nur ein relativ kleiner Einfallswinkel berücksichtigt. Dieser Nachteil kann nur durch eine niedrigere Bewegungsgeschwindigkeit und somit deutlich längerer Messzeit wettgemacht werden.

Das Verhältnis der Messzeiten lässt sich aus dem Unterschied der Antennengewinne berechnen. Ein Elementardipol hat einen Gewinn von 1,76 dBi. Wird etwa eine bündelnde Antenne mit einem Gewinn von 7,78 dBi verwendet, muss man die vierfache Messzeit aufwenden, um Ergebnisse mit der gleichen Aussagequalität zu erhalten.

Das Verwenden einer isotropen Antenne bei der Schwenkmethode führt also nicht zu einer höheren Messzeit, selbst dann nicht, wenn die Auffrischrate der isotropen Ergebnisse dreimal niedriger ist als diejenige bei einachsiger Messung. Im Gegenteil kann gesagt werden, dass mit einer isotropen Sonde gleiche oder kürzere Messzeiten bei zugleich höherer Qualität der Ergebnisse möglich sind.

Gezielte Maximalwertsuche

Mit einer isotropen Antenne ist auch eine bewusste, zielgerichtete Maximalwertsuche leichter durchzuführen als mit einer einachsigen Antenne. Man braucht so nämlich nur die räumliche Position zu ändern und beobachten, ob die Feldstärke steigt oder fällt. Mit einer einachsigen Antenne muss zusätzlich noch die Einfallsrichtung und Polarisation verändert werden, was relativ schwer zu bewerkstelligen ist.

Die Punktrastermethode

Bei der so genannten Punktrastermethode werden Messwerte in einem vorgegebenen Raumpunktraster durchgeführt. Die einzelnen Messwerte müssen isotrop gemessen werden. Mit Elementardipolen ist das zwar auch machbar, man benötigt aber drei Messungen pro Messpunkt und muss an jedem Messpunkt dreimal die Dipolachse ausrichten. Mit einer isotropen Antenne muss man nur einen Messwert pro Messpunkt aufnehmen.

Trotzdem ist der Aufwand hoch. Zunächst muss man den Raum vermessen, um die Punkte für die Messung festzulegen. Dann muss man an jedem Raumpunkt die Messung durchführen und das Ergebnis dokumentieren. Doch am Ende interessiert



Bild 3: Die uniaxiale Antenne auf einer Drehvorrichtung. Aus Einzelmessungen in drei definierten Positionen errechnet das Messgerät automatisch das isotrope Ergebnis. Entscheidend für die Genauigkeit ist eine geringe Elliptizität der Richtcharakteristik.

meist nur die höchste Feldexposition im untersuchten Raumvolumen. Deshalb wird teilweise eine Art vereinfachter Punktrastermethode praktiziert, die sich schon der Schwenkmethode nähert: Man stellt das Messgerät auf „Maximum Hold“ und fährt mit isotroper Antenne die Raumpunkte nacheinander an. Dabei ist es nicht notwendig, das Punktraster auf den Zentimeter genau auszumessen und anzufahren; ein grobes Nachfahren eines sozusagen im Kopf eingepprägten Rasters reicht völlig aus. Man muss an jedem Punkt nur so lange verweilen, wie das Messgerät für eine isotrope Messung braucht. Wenn man die Anzeige während der Messung beobachtet, weiß man auch, an welchem Raumpunkt die höchste Feldexposition auftritt.

Diese modifizierte Punktrastermethode hat gegenüber der Schwenkmethode den Vorteil, dass das untersuchte Raumvolumen mit hoher Wahrscheinlichkeit sehr gleichmäßig abgetastet wird, weil die messende Person einen Leitfaden im Kopf hat und nicht vollständig auf ihr Gefühl angewiesen ist. Die Messzeit ist trotzdem nicht größer als bei der Schwenkmethode, vorausgesetzt man hat eine isotrope Antenne zur Verfügung.

Messgeschwindigkeit und Messunsicherheit für UMTS

Um vom schwierigsten Fall auszugehen, soll hier die Messung einschließlich UMTS-P-CPICH-Demodulation betrachtet werden, so wie sie das Selective Radiation Meter SRM-3000 von Narda anbietet. Die durchschnittliche Messzeit für Demodulation beträgt bei einer einachsigen Messung 500 ms, wenn der Parametersatz „Fast“ gewählt wurde. Mit dem Parametersatz „Sensitive“ werden durchschnittlich 750 ms für eine Messung benötigt. Eine isotrope Messung braucht jeweils die dreifache Zeit.

Um vergleichbare Ergebnisse in der gleichen Zeit mit einer stark richtenden Antenne zu erhalten, z. B. einer Log-Per-Antenne mit rund 8 dBi Antennengewinn, dürfte das Messgerät eine Messzeit von 125 ms nicht überschreiten. Denn die Richtantenne erfasst im Vergleich zum Dipol nur ein Viertel des Raumes. Das SRM-3000 mit Dipolantenne ist also schnell genug, um für die Schwenkmethode eingesetzt werden zu können.

Battery: <input type="checkbox"/>					Ant.: PCD 8250	Fcent	
Mode: UMTS P-CPICH Dem.					Cbl.: CFG-WA12		
Meas. Range: 100 %					Std.: ICNIRP GP		
Index	Scr. Code	Value	Max. Value	Cell Name			
1	132	< 0.000 000 1 %	0.000 000 5 %	Pfullingen Ost1	Table Reset		
2	223	7.8 %	8.56 %	Pfullingen Ost3			
3	353	0.12 %	0.323 %	Eringen Mitte1			
Total					7.92 %	8.61 %	Result Type
Analog					41.56 %	57.23 %	
Fcent:					2.167 2 GHz	Process Time:	413 ms
Result:					T-Mobile UMTS	No. of Runs:	11 234
					AVERAGE	AVG:	64 <input type="checkbox"/>

Bild 3: Die uniaxiale Antenne auf einer Drehvorrichtung. Aus Einzelmessungen in drei definierten Positionen errechnet das Messgerät automatisch das isotrope Ergebnis. Entscheidend für die Genauigkeit ist eine geringe Elliptizität der Richtcharakteristik.

Im Temperaturbereich von 15 bis 30 °C beträgt die erweiterte Gesamtmessunsicherheit des Messsystems (Antenne, Verlängerungskabel und Grundgerät) 24,3 %, wenn es für die Schwenkmethode eingesetzt wird. Beim Einsatz für die Punktraster-

methode muss noch die Elliptizität der Antennen berücksichtigt werden. Das führt zu einer Gesamtmessunsicherheit von 32,6 %.

Vom Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) wird in [1] gefordert, dass die erweiterte Messunsicherheit des Messsystems, zusammengefasst mit einer erweiterten Messunsicherheit durch die Probenentnahme durch die Schwenkmethode, unter 45 % liegt. Dabei wird für die erweiterte Messunsicherheit der Probenentnahme ein Wert von 30 % angenommen. Wird das SRM-3000 für die Schwenkmethode eingesetzt, erreicht man nach quadratischer Addition der beiden Messunsicherheiten einen Wert von 38,6 %, womit die Forderung des BUWAL mit Abstand erfüllt ist.

LITERATUR

- [1] Schweizer Bundesamt für Umwelt Wald und Landwirtschaft (BUWAL): „Mobilfunk-Basisstationen (UMTS - FDD), Messempfehlung“, Bern, Entwurf vom 17.09.2003, www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_nis/vorschriften
- [2] Die Normen des 3 GPP (Third Generation Partnership Projekt), www.3gpp.org/ftp/Specs
- [3] R. Krüger, H. Mellein: „UMTS: Einführung und Messtechnik“, Franzis' Verlag, Poing 2003
- [4] M. Wuschek: „Feldstärkemessung in der Umgebung von UMTS Mobilfunkbasisstationen“, HF-Report 3/2004, Seite 28-33, Baltz Verlag, München
- [5] S. Schaufelberger et al.: „Strahlerspürnase mit Richtungssinn“, Elektronik 22/2004, Seite 74-79, WEKA Fachzeitschriften-Verlag, Poing
- [6] F. Placidet: „Frequenzselektives Handmessgerät für elektromagnetische Strahlung“, HF-Report 2/2004, Seite 28-32, Baltz Verlag, München
- [7] F. Placidet, B. Braach: „Frequenzselektiv und richtungsunabhängig – Ein neues Handgerät misst, bewertet und dokumentiert elektromagnetische Felder von UKW bis UMTS direkt vor Ort“, Sicherheit + Management 8/2004, Seite 101f, GIT Verlag, Darmstadt

SRM-3000

Das Selective Radiation Meter SRM-3000 der Firma Narda Safety Test Solutions GmbH ist ein tragbarer Spektrumanalysator, der für die Messung elektromagnetischer Felder mit einer isotropen (richtungsunabhängigen) Antenne geliefert wird. Der Frequenzbereich des Analysators reicht von 100 kHz bis 3 GHz. Die Antenne erfasst den Bereich von 75 MHz bis 3 GHz. Die Kombination wurde speziell für die Messung elektromagnetischer Emissionen und Immisionen ausgelegt. Das Anwendungsgebiet reicht dabei von Messungen in unmittelbarer Nähe starker Fernseh- und Rundfunksender bis hin zur Erfassung kleinster Feldstärken, erzeugt von weit entfernten GSM- oder UMTS-Basisstationen.

Mit aufgesteckter isotroper Antenne wiegt das Gerät etwa 2,3 kg. Ein-Hand-Bedienung ist möglich. Isotrope Messungen oder die UMTS-P-CPICH-Demodulation erledigt das Gerät ohne externe Hardware.



Die Autoren:

Dipl.-Ing. Helmut Keller ist Entwicklungsingenieur bei Narda Safety Test Solutions GmbH in Pfullingen.

Dipl.-Ing. Burkhard Braach ist freier Fachjournalist in Reutlingen.

Oktober 2005

Änderungen vorbehalten

© **Narda Safety Test Solutions GmbH**

Sandwiesenstr. 7

72793 Pfullingen

Deutschland

Tel. +49 7121 9732-777

Fax +49 7121 9732-790

E-mail support@narda-sts.de

www.narda-sts.de