

# Code-selektives Messverfahren bestätigt

Vergleichsmessungen aus dem Jahr 2006 bestätigen, dass die in der Messempfehlung [1] der Bundesämter für Metrologie (METAS) und Umwelt (BAFU) aus dem Jahr 2003 vorgeschlagene code-selektive Messung für die Beurteilung der UMTS-Strahlung von Basisstationen geeignet ist.

HEINRICH RYSER

In den letzten Jahren wurden in der Schweiz mehr als 3000 Basisstationen für UMTS-Mobilfunknetze in Betrieb genommen. UMTS-Netze ermöglichen eine schnelle, drahtlose Übertragung grosser Datenmengen.

## Code-selektive Messgeräte

UMTS-Basisstationen sind bewilligungspflichtig. Im Bewilligungsverfahren hat der Netzbetreiber nachzuweisen, dass die von der geplanten Sendeanlage abgegebene Strahlung die gesetzlichen Grenzwerte einhalten wird. Dieser Nachweis erfolgt aufgrund einer rechnerischen Prognose. Erreicht der errechnete Prognosewert 80 % des Grenzwertes, verfügt die zuständige Bewilligungsbehörde, dass nach Inbetriebnahme der Sendeanlage eine Abnahmemessung durchgeführt werden muss.

Die UMTS-Strahlung unterscheidet sich von der GSM- (Global System for Mobile Communications) und Rundfunkstrahlung in einigen wichtigen Merkmalen, was bei der Wahl der Messmethode und der Messgeräte zu berücksichtigen ist. Für eine reproduzierbare Messung der UMTS-Strahlung werden Geräte benötigt, die spezifisch auf die Codierung des UMTS-Signals ausgelegt sind, so genannte code-selektive Messgeräte. Nur von der gemessenen Codeleistung des Primary Common Pilot Channel (P-CPICH) kann auf die Feldstärke bei maximaler Verkehrsbelastung hochgerechnet werden.

Im September 2003, vor Inbetriebnahme der ersten UMTS-Netze, haben die Bundesämter für Metrologie (METAS) und für Umwelt (BAFU) den Entwurf einer Empfehlung für die Messung von UMTS-Signalen publiziert. Ziel war, Vollzugsbehörden und spezialisierten Messlaboratorien klare Grundlagen für die Messung von UMTS-Strahlung zur Verfügung zu stellen.

## Unabhängige Vergleichsmessungen

Das Bundesamt für Metrologie (METAS) hat die angekündigten Vergleichsmessungen im Sommer 2006 organisiert. Alle acht Schweizer Laboratorien, die für die code-selektive UMTS-Messmethode akkreditiert sind, beteiligten sich daran, zusammen mit zwei Laboratorien aus Deutschland sowie den Bundesämtern für Kommunikation (BAKOM) und für Metrologie (METAS). Sieben verschiedene Messgerätetypen kamen zum Einsatz.

METAS richtete am Standort Wabern eine temporäre UMTS-Anlage mit zwei Sendeantennen ein (Bild 1). Es wurden



1 Blick auf den Verstärkerkasten und die beiden Antennen vor Raum 1.

22 unabhängige Messdurchgänge durchgeführt. Ein Messdurchgang umfasste sechs Konfigurationen: zwei Räume, zwei Messvolumina und zwei Betriebszustände:

- Raum 1: Raum mit Fenster in Richtung der Sendeantennen (Bild 2);
- Raum 2: Raum im Innern des Gebäudes (Bild 3);
- Messvolumen 1: globales Maximum im ganzen Raum;
- Messvolumen 2: Teilbereich von 1 m x 1 m Grundfläche (am Boden markiert);
- Betriebszustand 1: UMTS-Anlage ohne Verkehr;
- Betriebszustand 2: UMTS-Anlage mit Verkehr.

Die Sendeleistung wurde so eingestellt, dass die auf den massgebenden Betriebszustand hochgerechnete elektrische Feldstärke in Raum 1 im Bereich des Anlagegrenzwertes von 6 V/m lag. Wegen der Dämpfung durch Mauern usw. war die Feldstärke in Raum 2 wesentlich tiefer.

Die Mitarbeitenden der Laboratorien hatten mit der Schwenkmethode das räumliche Maximum der UMTS-Signale zu finden und quantitativ zu bestimmen. Dabei waren die im Entwurf der Messempfehlung angeführten Begrenzungen zu beachten: eine maximale Höhe über Boden von 1.75 m und eine maximale Annäherung an Wände, Boden, Decke und Mobiliar von 0.5 m.



2 Messung in Raum 2.

Das gesendete Signal wurde mit einer unabhängigen Hornantenne in definierter Position von METAS vor und nach jedem Messdurchgang überwacht. Da der Messvergleich sich auf konstante Sendebedingungen beziehen soll, wurden sämtliche erhobenen Rohdaten vom METAS nachträglich entsprechend den Abweichungen dieser Kontrollmessungen korrigiert.

### Resultate

Mit einer Ausnahme sind die in den 22 Messdurchgängen eingesetzten Messgeräte für die code-selektive Messungen mit der Schwenkmethode geeignet.

Für die Ermittlung der erreichbaren Messunsicherheit wurden einige Resultate korrigiert oder eliminiert:

- Alle Messungen im Messdurchlauf 1 wurden verworfen, weil das Messgerät sehr langsam anspricht und über keine Maxhold-Anzeige verfügt. Dieses Gerät ist für die Maximumsuche mit der Schwenkmethode ungeeignet.
- Alle Einzelmessungen, bei denen einer der beiden Codes nicht erfasst wurde, wurden verworfen. Die Synchronisation auf alle vorhandenen Codes kann bei aufmerksamem Arbeiten erzwungen werden.
- Die Ergebnisse von Messdurchlauf 5 wurden um die im Labor bestimmte Kalibrierabweichung von -2.8 dB korrigiert. Diese Korrektur wurde bei diesem Messgerät – und nur bei diesem – vorgenommen, weil es das einzige war, das nicht bereits von früher her über diese Zusatzkalibrierung verfügte.

Die korrigierten Resultate für ein Beispiel mit erweiterter Messunsicherheit nach Angabe des jeweiligen Messlaboratoriums sind in Diagramm 4 dargestellt.

Die experimentell bestimmte Messunsicherheit (Methode A) war in Raum 1 zwischen 25 % und 30 %. Raum 1 entspricht einer typischen Situation, in der der Anlagegrenzwert erreicht oder überschritten werden könnte.



3 Messung in Raum 1.

In Raum 2, der einer typischen Situation im Innern eines Gebäudes mit schwachen Feldern und komplizierten Ausbreitungsverhältnissen entspricht, lag die erweiterte Messunsicherheit zwischen 42 % und 54 %. (Siehe auch die Bemerkung zum Beurteilungswert).

Die im Entwurf der Messempfehlung [1] vorgeschlagene, maximal zulässige erweiterte Unsicherheit von  $\pm 45\%$  erscheinen für die Praxis als sachgerecht und in den Fällen, wo der Anlagegrenzwert überschritten sein könnte, ohne weiteres erreichbar.

### Beurteilungswert und Messunsicherheit

Für den Vergleich mit dem Anlagegrenzwert ist nicht der Messwert, sondern der Beurteilungswert massgebend. Dieser wird durch Hochrechnung aus den Messwerten abgeleitet. Als Beispiel wurde ein Hochrechnungsfaktor von 3.16 angenommen. Das entspricht einer Anlage, deren Leistung bei maximaler Auslastung zehnmal höher ist als die P-CPICH-Leistung. In der Praxis gilt der Hochrechnungsfaktor, der sich aus dem Standortdatenblatt und den Angaben des Betreibers der Anlage ergibt.

In den Diagrammen 5 und 6 sind die Beurteilungswerte für je ein Beispiel in Raum 1 und Raum 2 dargestellt. Der Beurteilungswert in Raum 2 liegt so weit unter dem Anlagegrenzwert, dass sich die hier beobachtete grössere Messunsicherheit bei der Entscheidung, ob der Anlagegrenzwert eingehalten wird, nicht auswirkt.

### Erkenntnisse

Die Vergleichsmessungen bestätigen, dass die im Entwurf der Messempfehlung aus dem Jahr 2003 des METAS und des BAFU vorgeschlagene code-selektive Messmethode geeignet ist festzustellen, ob eine UMTS-Sendeanlage den Anlagegrenzwert einhält oder überschreitet. Zwischen den Messungen mit logperiodischer, bikonischer und isotroper Sonde sind keine signifikanten Unterschiede feststellbar.

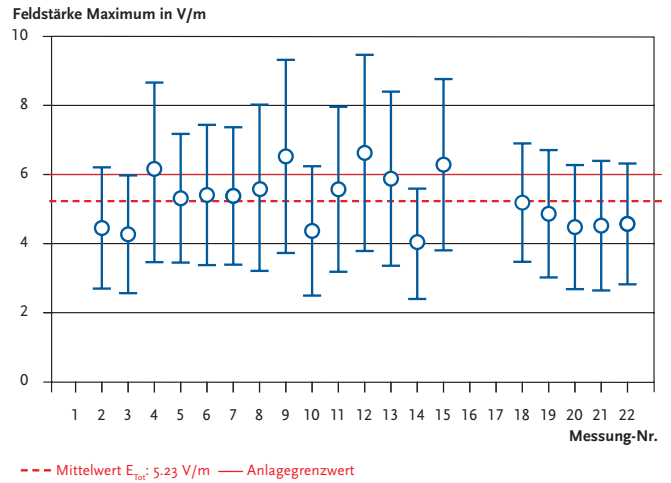
Die im Messvergleich verwendeten, code-selektiven Messgeräte sind, mit einer Ausnahme, für Abnahmemessungen gemäss Entwurf der Messempfehlung geeignet. Bereits durchgeführte Abnahmemessungen von Laboratorien, die für UMTS-Messungen akkreditiert sind, behalten ihre Gültigkeit.

Die Messunsicherheit ist bei sorgfältigem Arbeiten und bei Beachtung der nachstehenden Präzisierungen vergleichbar wie bei GSM-Messungen mit der frequenz-selektiven Methode.

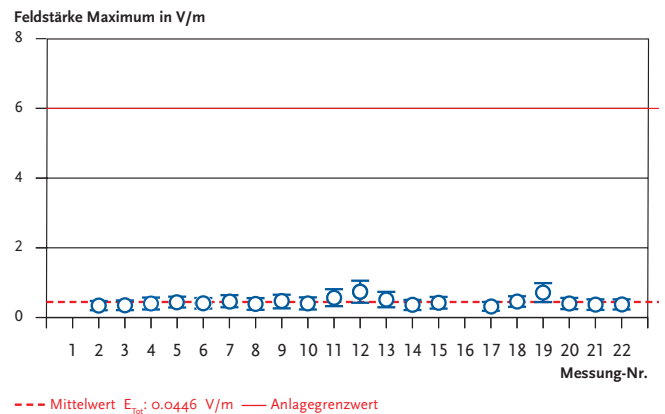
- Es muss sichergestellt sein, dass alle massgebenden Codes der zu beurteilenden Anlage erfasst werden.
- Die Unsicherheit der Probenahme könnte verringert werden, wenn das Vorgehen zur Suche des maximalen Werts und das abzusuchende Volumen präziser beschrieben würden.
- Die Messgeräte müssen für die Messung mit maximaler Anzeige ausgerüstet und gemäss dem im Abschnitt 4 des METAS-Berichts Nr. 2006-218-598 beschriebenen Verfahren für die code-selektive Messung mit kalibriert sein. Die Überprüfung der Kalibrierung der Messgeräte ergab gegenüber der erstmaligen, ca. ein Jahr zurückliegenden Kalibrierung Abweichungen von weniger als 1 dB.

### Referenzen

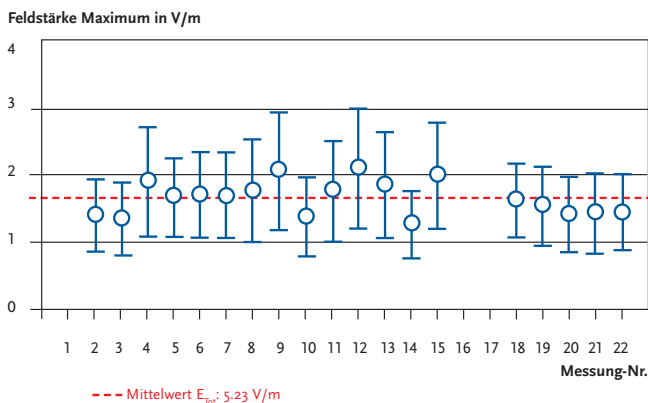
- [1] Messempfehlung für Mobilfunk-Basisstationen (UMTS-FDD), Entwurf vom 17.09.2003, herausgegeben von den Bundesämtern für Umwelt (BAFU) und für Metrologie (METAS), [www.bafu.admin.ch/elektromog/01117/index.html?lang=de](http://www.bafu.admin.ch/elektromog/01117/index.html?lang=de), NISV: Vollzugshilfen, Messempfehlung Mobilfunk-Basisstationen).
- [2] UMTS-Vergleichsmessungen, Sommer 2006, METAS-Bericht Nr. 2006-218-598, 2006, [www.metas.ch/2006-218-598](http://www.metas.ch/2006-218-598).
- [3] UMTS FDD power measurements: Improved power estimator and measurement equipment validation, METAS-Bericht Nr. 2006-218-600, 2006, [www.metas.ch/report2006-218-600](http://www.metas.ch/report2006-218-600).



5 Beurteilungswerte mit erweiterter Messunsicherheit in Raum 1 (Messvolumen 2, Betriebszustand 1).



6 Beurteilungswerte mit erweiterter Messunsicherheit in Raum 2 (Messvolumen 2, Betriebszustand 1).



4 Gemessene P-CPICH-Feldstärke mit erweiterter Messunsicherheit in Raum 1 (Messvolumen 2, Betriebszustand 1).