

**Zeitschrift:** Comtec : Informations- und Telekommunikationstechnologie = information and telecommunication technology

**Herausgeber:** Swisscom

**Band:** 81 (2003)

**Heft:** 6

**Artikel:** Messung der nichtionisierenden Strahlung bei UMTS-Mobilfunk-Basisstationen

**Autor:** Fritschi, Peter / Lehmann, Hugo

**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-876656>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 10.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**



# Messung der nichtionisierenden Strahlung bei UMTS-Mobilfunk-Basisstationen

Um Mobilfunkanlagen messtechnisch hinsichtlich der Einhaltung der NISV (Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung) einheitlich überprüfen zu können, wurde für die heute aktuelle GSM-Technologie von Behördenseite eine Messempfehlung veröffentlicht. Inzwischen ist aber bereits die Installation des für den neuen Mobilfunk-Standard UMTS (Universal Mobile Telecommunication System) erforderlichen Funknetzes im Gang. Ein Ansatz zur messtechnischen Überprüfung der Anforderungen der NISV von Mobilfunkanlagen für UMTS wird in diesem Artikel beschrieben und in Teilaspekten vorgestellt.



The programme «EMC and environmental business impact» investigates the electromagnetic compatibility (EMC) aspects of emerging telecommunication technologies and the biological effects of electromagnetic radiation. Necessary actions and guidelines are elaborated allowing Swisscom to improve the quality of service and the acceptance of wireless telecommunications on a long-term basis, and to minimise installation and troubleshooting costs.

With its Innovation Programmes, Swisscom Innovations follows the objective of recognising early on the impact of technological developments, finding new business opportunities, promoting technical synergies, and developing concrete innovation proposals. Further, the expertise built up enables active engineering support of business innovation projects.

**E**lektromagnetische Felder hoher Intensität sind in der Lage, gewisse Stoffe zu erwärmen. Diese Eigenschaft nützen beispielsweise Mikrowellenöfen aus, um Nahrungsmittel zu erhitzen. Für lebende Organismen kann

PETER FRITSCHI UND HUGO LEHMANN

dies ungesund sein. Ob auch schwache, nichtionisierende Strahlung, von der keine thermische Wirkung ausgeht, negative gesundheitliche Auswirkungen hat, wird kontrovers diskutiert. Im Wissen um diesen Sachverhalt ist auf Bundesebene die «Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung» (NISV) in Kraft gesetzt worden [1]. Auch die Immissionen des Mobilfunks werden durch diese Verordnung geregelt.

Nach einer Entwicklungs- und Diskussionsphase von fast zwei Jahren wurde die Messempfehlung für Mobilfunk-Basisstationen (GSM) bezüglich nichtionisierender Strahlung am 28. Juni 2002 von BUVAL und METAS in der definitiven Fassung herausgegeben [2]. Diese Messempfehlung wird heute als Vollzugshilfe zur Kontrolle des Anlagegrenzwerts bei GSM-Anlagen angewandt.

In der Nähe von Mobilfunk-Basisstationen, die im Sprachgebrauch oft einfach als «Antennen» bezeichnet werden, wird mit verschiedenen Massnahmen sichergestellt, dass die vorgeschriebenen Grenzwerte gemäss NISV [1] nicht überschritten werden. Zum einen wird bei jeder Anlage eine individuell auf die Nutzung der Umgebung abgestimmte Berechnung der elektrischen Feldstärke –

als Grösse für die nichtionisierende Strahlung – anhand des formell festgelegten «Standortdatenblatts» [3] durchgeführt. Zum andern wird die elektrische Feldstärke auch durch Messungen nach der für GSM-Basisstationen Mitte 2002 veröffentlichten Messempfehlung [2] überprüft.

Mit der Einführung der neuen Mobilfunkgeneration UMTS sind nun die in der Schweiz meist kantonal organisierten Überwachungsbehörden auf eine spezifische UMTS-Messempfehlung angewiesen, um hier ebenfalls einen einheitlichen Vollzug bei der Überwachung der NIS-Grenzwerte gewährleisten zu können. Im Verlauf des letzten Jahres wurden von Swisscom Innovations dazu Grundlagen und Vorschläge für UMTS-Messungen erarbeitet.

## Arbeiten bei Swisscom Innovations

Swisscom besitzt auf dem Gebiet NIS ein erhebliches Know-how, das auf der Kontrollfunktion der früheren schweizerischen PTT beruht und wegen der grossen operativen Bedeutung bis heute weiterentwickelt wurde. Swisscom Innovations konnte beispielsweise zur Entwicklung der Messempfehlung für GSM [2] beitragen [4,5]. Auf dieser Basis wurde nun untersucht, unter welchen technischen Voraussetzungen Abnahmemessungen von Basisstationen mit UMTS-Ausrüstung ausgeführt werden können. Das angestrebte Ziel ist, rechtzeitig zum Beginn der Erweiterung der schweizerischen Mobilfunknetze eine geeignete Messempfehlung zur Verfügung zu haben. Einerseits soll diese durch eine einheitliche Abnahmepraxis der UMTS-Basisstationen Rechtssicherheit und -gleichheit gewährleisten. Andererseits soll sie mithelfen, durch vergleichbare Resultate grundsätzliche Erkenntnisse zur Immissionsmessung zu gewinnen. Auch aus ökonomischer Sicht sind definitive statt provisorische Abnahmen sowohl für die Vollzugsbehörden als auch für Mobilfunkbetreiber vorteilhafter.

Was ist nun bei der UMTS-Messung zu berücksichtigen?

## Feldstärkeverteilung bei UMTS

Bei Messungen von GSM-Signalen in typischen Innenräumen ist eine bedeutende Variation der elektrischen Feldstärke feststellbar [4,6]. Die Feldstärke-

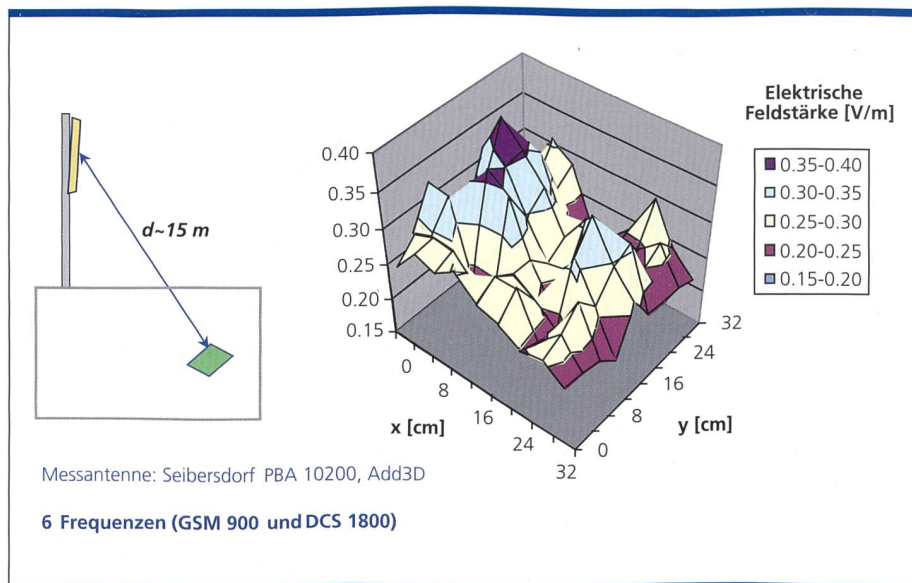


Bild 1. Feldstärkeverteilung in einer Ebene, gemessen bei einer GSM-Basisstation.



schwankungen werden hervorgerufen durch Reflexion und Absorption. Zusätzlich überlagern sich bei einer Immissionsmessung die Feldstärkebeiträge verschiedener Frequenzen (u. a. Kanäle von GSM 900 und DCS 1800). Dies entspricht der Forderung, dass die Gesamtimmission einer Anlage beurteilt werden soll. In der Regel resultiert eine komplexe Feldstärkeverteilung, wie sie Bild 1 zeigt. Somit stellt sich nun die Frage der Feldstärkeverteilung bei einem UMTS-Signal. Dieses weist aufgrund seiner Kanal-Bandbreite von 5 MHz Anteile mit unterschiedlichen Frequenzen auf. Untersuchungen haben gezeigt, dass auch die Feldstärke eines UMTS-Signals ortsabhängig ausfällt (Bild 2). Der Unterschied zwischen dem grössten und dem kleinsten Feldstärkewert, gemessen in einer quadratischen Ebene von 0,32 m Seitenlänge, kann durchaus im Verhältnis 4:1 sein, wie dies bei Bild 1 und Bild 2 der Fall ist. Um dieses komplexe Feld zu beurteilen, wurde in der Messempfehlung für GSM [2] der Ansatz gewählt, innerhalb des zu beurteilenden Messvolumens durch die Variation von Ort, horizontaler und vertikaler Ausrichtung sowie Polarisation der Messantenne die höchste Feldstärke zu ermitteln. Soll keine grundsätzlich andere Philosophie verfolgt werden, drängt sich auch für UMTS diese so genannte Schwenkmethode [9] auf.

### Hochrechnung bei UMTS

Ein zweites Verfahrensmerkmal, das in der GSM-Messempfehlung [2] zur Anwendung kommt, muss für die UMTS-

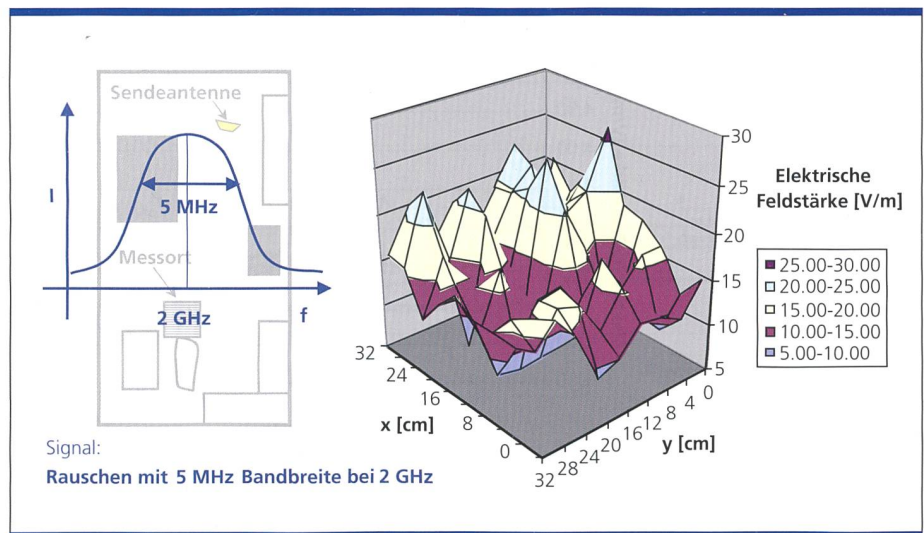


Bild 2. Feldstärkeverteilung in einer Ebene, gemessen unter Laborbedingungen.

Immissionsmessungen ebenfalls berücksichtigt werden: die Hochrechnung. Die elektrische Feldstärke wird hochgerechnet auf den Zustand der Basisstation, in dem die Zellen die maximal geplanten Sendeleistungen abstrahlen, die gemäss «Standortdatenblatt» möglich sind. Diese Maximalleistung teilt sich auf in einen Broadcast Control Channel (BCCH) und in Traffic Channels (TCH). Beide Kanäle übertragen die Daten im Zeitschlitz-Verfahren (TDMA). Während BCCHs in den Zeitschlitz, die nicht zur Kommunikation genutzt werden, trotzdem ständig senden, sind TCHs nur bei Verkehr aktiv und deshalb bei wenig Gesprächsaufkommen unter Umständen im Frequenzspektrum zum Zeitpunkt der Immissionsmessung gar nicht messbar

(Bild 3). Aus diesem Grund wird bei GSM die auf der frequenzselektiven Messung der BCCHs beruhende elektrische Feldstärke mit der Wurzel des Verhältnisses von geplanter Leistung nach «Standortdatenblatt» und aktueller Leistung der BCCHs hochgerechnet. Bei UMTS kann jedoch im Frequenzbereich nicht mehr unterschieden werden, welche Immissionen von welcher Mobilfunkzelle oder Mobilfunkstation stammen. Aufgrund der anlagenspezifischen Definition der Grenzwerte, der so genannten Anlagegrenzwerte, ist dies aber unabdingbar. Im Weiteren nimmt die Feldstärke in Abhängigkeit des Verkehrsaufkommens zu (Bild 4), was eine verkehrsunabhängige Hochrechnung verunmöglicht.

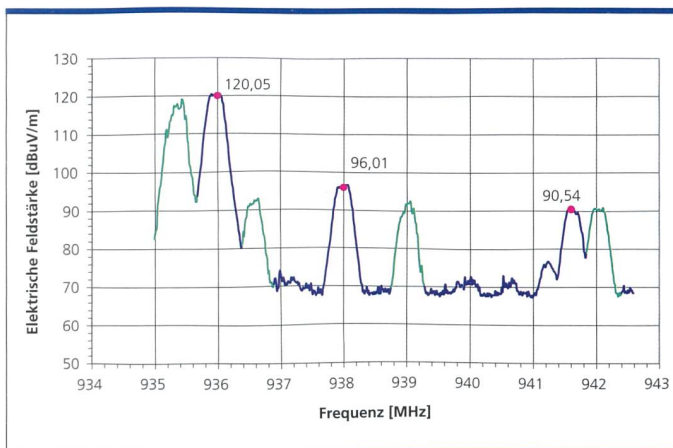


Bild 3. Messresultat eines Frequenzspektrums GSM. Verkehrsauslastung provoziert stufenweise den Betrieb der TCH (blau: BCCH, grün: TCH, Max-Hold-Messung).

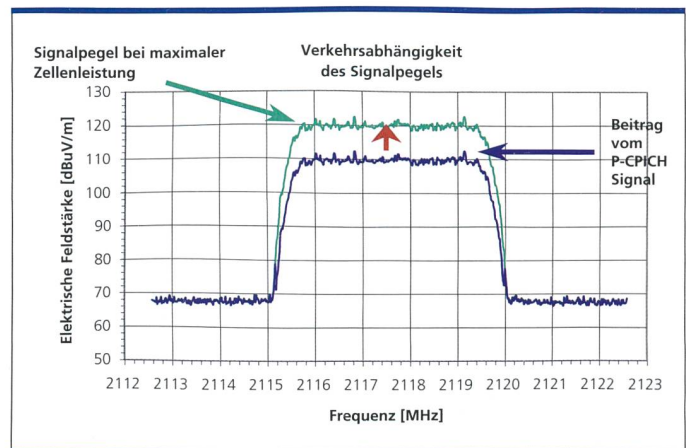


Bild 4. Messresultat eines Frequenzspektrums UMTS. Verkehrsauslastung provoziert eine höhere Sendeleistung (Detektor: RMS, Messbandbreite: 300 kHz).



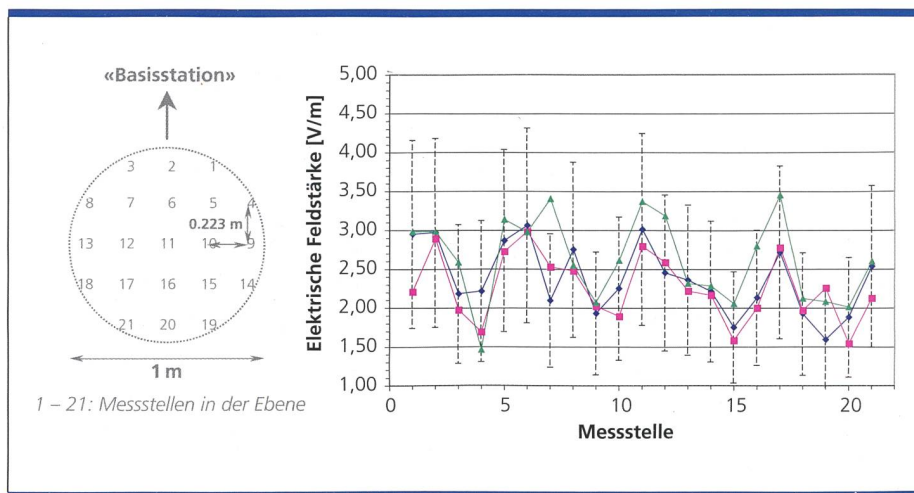


Bild 5. Messresultate Punktrastermethode (blau: unmodulierter Träger, rot: UMTS, P-CPICH-Messung mit Hochrechnung auf aktuelle Gesamtzellenleistung, grün: UMTS, Messung im Frequenzbereich). Links: Geometrie der Messstellen.

### Zuordnung im Code-Bereich

Die Zuordnung der Zellen und Kanäle ist bei UMTS durch Codierung und Decodierung des Signals mittels einer spezifischen Bitfolge gelöst. Zur Identifikation der Zelle findet eine Codierung mit dem Scrambling-Code statt. Die einzelnen Benutzer sind anhand des Channelisation Code voneinander unterscheidbar. Anhand einer Decodierung des Signals mit dem Scrambling Code können also die im Frequenzbereich überlagerten Signale der einzelnen Zellen auseinander gehalten werden. Mit dieser Eigenschaft des UMTS-Netzes kann die Anforderung an Zellen Selektivität erfüllt werden, auf der die etablierte NIS-Messtechnik aufbaut. Die zweite Frage stellt sich nun hinsichtlich der aktuellen abgestrahlten Leistung der betreffenden Zelle. Die Leistungsregelung der Luftschnittstelle von UMTS arbeitet im Takt von 1500 Hz. Auch bei UMTS sind im Kanal-Bereich, also nach der Decodierung des Signals mit dem Channelisation Code, Kanäle vorgesehen, die keinen Verkehr bewältigen, sondern Systemfunktionen übernehmen [7]. Dazu gehört unter anderem der Primary Common Pilot Channel (P-CPICH). Die Leistung des P-CPICH ist ein Netzplanungsparameter, der eingestellt wird und bis zur Rekonfiguration der Zelle bestehen bleibt [8]. Somit kann auch bei UMTS der Bezug einer gemessenen Feldstärke zu einer aktuell abgestrahlten Leistung gemacht werden. Dies ermöglicht die Hochrechnung als zweite aufgezeigte Forderung unter der Bedingung, dass ein Messgerät eingesetzt

wird, das den Physical Layer auflösen kann.

### Weitere Eigenschaften von UMTS

Die Messung und Beurteilung der nicht-ionisierenden Strahlung bzw. der elektromagnetischen Felder von UMTS unterscheidet sich ansonsten nicht grundsätzlich vom Verfahren bei GSM. Der Frequenzbereich zur Versorgung der mobilen Endgeräte (Downlink) liegt zwischen 2110 MHz und 2170 MHz (FDD) und somit rund 300 MHz höher als bei DCS 1800. Die bei GSM eingesetzten Messmittel (Antennen, Messgeräte und Breitbandmessgeräte) decken in der Regel auch diesen Bereich ab.

### Messgeräte mit Code-Domain-Funktionalität

Um untersuchen zu können, ob das beschriebene Verfahren mit der Messung des P-CPICH-Pegels praktisch realisierbar ist, wird der Einsatz von Messgeräten notwendig, welche die Funktionalität zur Aufbereitung des Physical Layer von UMTS mitbringen. Die Hersteller von Hochfrequenz-Messgeräten bieten bereits eine breite Palette verschiedenster Geräte an, die laufend erweitert und verbessert werden. Die Geräte weisen je nach vorgesehener Anwendung ähnliche Merkmale auf. So sind beispielsweise Geräte, die für Fertigungstests vorgesehen sind, vielfach Labor-Spektrumsanalytoren mit einer optionalen UMTS-Firmware. Diese Gerätekategorie zeichnet sich durch eine hohe Genauigkeit bei der Code-Domain-Messung aus. Allerdings

brauchen diese Geräte mehrere Sekunden für eine einzelne Messung. Weiter gibt es die Kategorie der professionellen Versorgungsmessgeräte, so genannte Drive-Tester. Bei einer mittleren Genauigkeit verfügen diese Geräte über eine Messkadenz von bis zu 10 Messungen pro Sekunde. Diese Geräte sind spezifisch auf ihre Anwendung ausgelegt und zur herkömmlichen Spektrumsanalyse, wie sie für GSM-Messungen benötigt werden, meist nicht geeignet. Erhältlich sind auch PC-Software-Pakete, die im Betrieb mit Labormessgeräten die Eigenschaften von Versorgungsmessgeräten aufweisen. Schliesslich existieren kompakte, preisgünstige Geräte zur Funktionskontrolle, deren Nachteil primär die spezifizierte Messunsicherheit ist. Für die vorliegenden Untersuchungen wurden Laborgeräte, Versorgungsmessgeräte und hybride Lösungen eingesetzt. Bezüglich der Genauigkeit der Messgeräte ist zu beachten, dass gemäss Messempfehlung für GSM [2] die erweiterte Messunsicherheit für die Messausrüstung maximal  $\pm 45\%$  betragen darf. Setzt man diese Forderung auch bei UMTS voraus und zieht die vorgegebenen und typischen Unsicherheiten vom gesamten Budget ab, verbleiben für die erweiterte maximale Messunsicherheit des Messgeräts rund  $\pm 19\%$  bzw. 1,5 dB. Dies ist ein Wert, der von den genaueren Drive-Testern und Labor-Messgeräten unterboten wird.

### Messverfahren für die Untersuchungen

Zur Untersuchung der Feldstärkeverteilung wurden zwei Verfahren (gemäss [9]) angewendet. Zum einen wurde die Punktrastermethode eingesetzt. Mit dieser Methode kann die Feldstärke frequenzselektiv und nahezu isotrop am Messort bestimmt werden (Beispiel Bild 1). Zum andern wurde mit der Schwenkmethode die maximale Feldstärke festgehalten. Bei der Durchführung der Schwenkmethode, bei der die Antenne von Hand geführt wird, musste darauf geachtet werden, dass die Bewegungen, abhängig von der Messkadenz des jeweiligen Messgeräts, langsam genug erfolgten. Sonst könnte das Feldstärkemaximum verpasst werden. Daraus ist für die Praktikabilität eine weitere Messgeräteanforderung ableitbar: Soll ein durchschnittlich grosser Ort mit empfindlicher Nutzung (OMEN) bis an alle Ränder beurteilt werden, ist in der Praxis eine



Messwiederholrate von mehreren Messungen pro Sekunde nötig.

### Resultate von UMTS-Messungen

In einem ersten Schritt stellt sich nun die Frage, ob die Messung des P-CPICH mit anschliessender Hochrechnung der Leistung auf die Gesamtkanalleistung entsprechende Feldstärken liefert. Zu diesem Zweck wurde die Feldstärke folgender Signale gleicher Ausgangsleistung unter sonst gleichen Bedingungen verglichen:

- Unmodulierter Träger, gemessen im Frequenzbereich
- UMTS-Signal (64-Kanal-Testmodell), Messung des P-CPICH-Pegels im Code-Bereich mit Hochrechnung
- UMTS-Signal (64-Kanal-Testmodell), Messung im Frequenzbereich

Die Messung im Frequenzbereich war möglich, da unter Laborbedingungen sichergestellt werden konnte, dass keine verkehrsabhängige Leistungsänderung stattfand. Bild 5 zeigt einen Ausschnitt einer typischen Messreihe von 21 Punkten in einer Ebene von 1 m Durchmesser. Die Feldstärke wurde mit der Punktrastermethode erfasst. Die Messunsicherheit von 41% wurde zur besseren Übersicht nur bei der Messung im Frequenzbereich eingezeichnet, ist aber für alle Messwerte relevant. Die Messung demonstriert, dass die verschiedenen Messverfahren im Rahmen der Messunsicherheit reproduzierbare Resultate liefern. Das heisst, dass unabhängig von der Modulation eine Feldstärke gemessen wird, die in korrekter Beziehung zur abgestrahlten Leistung steht.

Auch mit der Schwenkmethode liefern die drei verschiedenen Messvarianten im Rahmen der Messunsicherheit identische Resultate. Die Messung im Code Domain mit der Schwenkmethode wurde in diesem Fall mit einem Fabrikations-Testgerät durchgeführt. Mit der räumlichen Beschränkung auf eine Fläche von 1 m Durchmesser und mit grosser Geduld der Messperson wird dies möglich.

### Schwenkmethode mit Versorgungsmessgeräten

Die Durchführung der Schwenkmethode im räumlichen Umfang, wie dies die Messempfehlung für GSM [2] vorschreibt, ist de facto nur bei einer Messwiederholrate von mehreren Messungen pro Sekunde praktikabel. Es drängt sich der Einsatz von Drive-Test-Messgeräten auf. Die Messungen mit der Punktrastermethode (Bild 5) wurden mit Versorgungs-

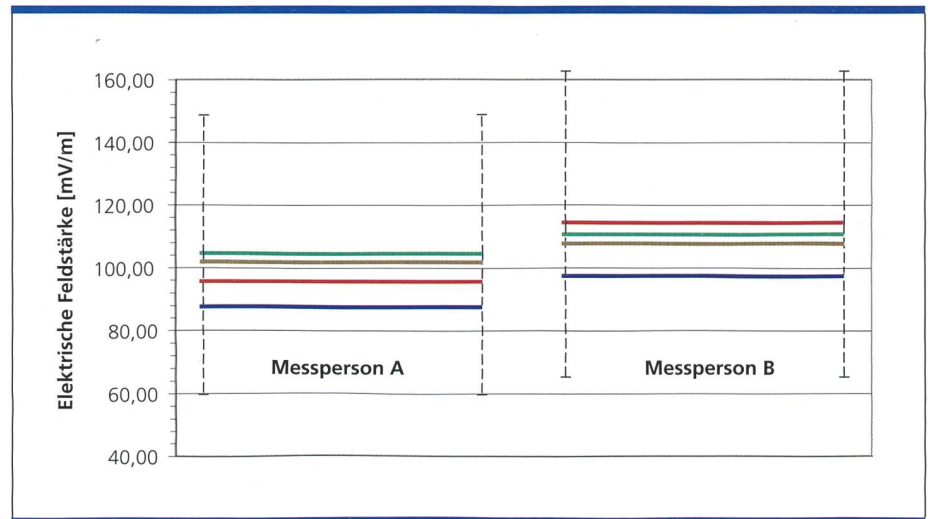


Bild 6. Messresultate Schwenkmethode (rot: Drive-Tester A, P-CPICH hochgerechnet, grün: Hybrid-Versorgungsmesssystem R, P-CPICH hochgerechnet, blau: Frequenzbereich Option Kanalleistungsmessung, braun: Frequenzbereich Bandbreite 100 kHz, RMS, korrigiert, Messunsicherheit  $\pm 42,8\%$ ). Linke Seite: Messperson A, rechte Seite: Messperson B.

messgeräten wiederholt. Auch hier sind die Messresultate im Rahmen der Messunsicherheit vergleichbar.

Ein Beispiel für eine UMTS-Messung (Schwenkmethode) an einer realen Basisstation ist in Bild 6 dargestellt. Zum Einsatz kamen zwei verschiedene Drive-Test-Systeme. Da auch hier ohne Verkehr gemessen werden konnte, wurde zusätzlich zur Code-Domain-Messung im Frequenzbereich im Kanalleistungs-Modus für UMTS gemessen. Diese Option gehört vielfach bei neueren Spektralanalysatoren bereits zur Normalausstattung und zeigt direkt die korrekte UMTS-Kanalleistung an. Ergänzend wurde mit einer Auflösungsbreite von 100 kHz gemessen. Diese Messresultate müssen mit einem Faktor korrigiert werden, da in diesem Fall nie die Leistung im gesamten Kanal erfasst werden kann. Um eine valide Reproduktion der Messungen zu gewährleisten, wurden die Messungen räumlich neben der horizontalen Begrenzung auf 1 m Durchmesser nur zwischen 0,75 m und 1,75 m Höhe ab Fussboden durchgeführt. Die Messungen wurden zudem von zwei Operatoren unter Einsatz einer logarithmisch-periodischen Messantenne durchgeführt. Bild 6 zeigt, dass auch beim realen Einsatz von Versorgungsmessgeräten die gemessenen maximalen elektrischen Feldstärken innerhalb der Messunsicherheit unter sich und verglichen zur Frequenzbereichsmessung vergleichbar sind.

### Zusätzliche Rahmenbedingungen

Neben den vorgestellten Erkenntnissen gibt es noch eine Vielzahl von Rahmenbedingungen, die eine NIS-Messung bei UMTS beeinflussen können. Eine Dimension, die bestimmt ändern wird, ist der reale Gesprächs- und Datenverkehr. Die Interferenzen werden dadurch zunehmen. Wie dies die Messresultate beeinflussen kann, ist vorläufig nur anhand von Simulationen und Modellen abschätzbar. Weiter kann auch die Art der Messantenne zumindest auf die Streuung der Resultate Einfluss haben. Diesem Effekt sind jedoch auch die GSM-Messungen unterworfen. Im Weiteren sind die Auswirkungen der Multi-Pfad-Ausbreitung zu berücksichtigen.

### Fazit

Die bisher durchgeführten Analysen hinsichtlich der NIS-Messung bei UMTS zeigen, dass mit Standardabweichungen gerechnet werden muss, die in der Grössenordnung von NIS-Messungen bei GSM liegen (vgl. [5]). Aus den Untersuchungen wurde ein Referenzverfahren zur «zellenselektiven» bzw. Code-Domain-Messung zusammengestellt. Weiter wurden auch alternative Messmöglichkeiten, wie die frequenzselektive und die breitbandige Messung, untersucht und beschrieben, die bei UMTS nur die Einhaltung des Anlagegrenzwerts (AGW), nicht aber dessen Überschreitung nachweisen können.



**Abkürzungen**

AGW:	Anlagegrenzwert, Vorsorgewert der NISV
BCCH:	Broadcast Control Channel
BUWAL:	Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft
DCS:	Digital Cellular System
EMC:	Electro Magnetic Compatibility
EMUV:	Elektromagnetische Umweltverträglichkeit
ERP:	Equivalent Radiated Power
FDD:	Frequency Division Duplex
GSM:	Global System for Mobile Communication
METAS:	Bundesamt für Meteorologie und Akkreditierung
NISV:	Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung
NIS:	Nichtionisierende Strahlung
OMEN:	Ort mit empfindlicher Nutzung
P-CPICH:	Primary Common Pilot Channel
TCH:	Traffic Channel
TDD:	Time Division Duplex
TDMA:	Time Division Multiple Access
UMTS:	Universal Mobile Telecommunication System
UTRAN:	Universal Terrestrial Radio Access Network
W-CDMA:	Wideband Code Division Multiple Access

**Referenzen**

- [1] Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV) vom 1.2.2000, [www.admin.ch/ch/d/sr/c814\\_710.html](http://www.admin.ch/ch/d/sr/c814_710.html)
- [2] Mobilfunk-Basisstationen (GSM), Messempfehlung, herausgegeben von BUWAL und METAS am 28. 6. 2002, [www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg\\_nis/vorschriften/vollzugshilfen/mobilfunk/index.html](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_nis/vorschriften/vollzugshilfen/mobilfunk/index.html)
- [3] Mobilfunk- und WLL-Basisstationen, Vollzugsempfehlung zur NISV, herausgegeben durch das BUWAL am 28. 6. 2002, [www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg\\_nis/vorschriften/vollzugshilfen/mobilfunk/index.html](http://www.umwelt-schweiz.ch/buwal/de/fachgebiete/fg_nis/vorschriften/vollzugshilfen/mobilfunk/index.html)
- [4] On the Measurement of Electric Fields, H. Lehmann, P. Fritsch, Comtec 11/2001
- [5] Vergleichsmessungen zur Überprüfung der Messempfehlung für GSM-Basisstationen (Entwurf BUWAL/METAS vom 20. 3. 2001), H. Lehmann, P. Fritsch, B. Eicher, SICTA, 9. 8. 2001, [www.sicta.ch/deutsch/pdf/bericht\\_swisscom.pdf](http://www.sicta.ch/deutsch/pdf/bericht_swisscom.pdf)
- [6] The variability of the electric field in rooms near mobile phone base stations, H. Lehmann, P. Fritsch, B. Eicher, Zurich Symposium EMC, ETH, 2003
- [7] TS 25.215, Technical Specification Group Radio Access Network; Physical Layer-Measurements (FDD), 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project (3GPP)
- [8] TS 25.433, Technical Specification Group Radio Access Network; UTRAN Iub interface NBAP signalling, 3<sup>rd</sup> Generation Partnership Project (3GPP)
- [9] Messempfehlung für GSM-Basisstationen, Entwurf vom 20. 3. 2001 von METAS und BUWAL, [www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/buwal\\_pdf/22.pdf](http://www.umwelt-schweiz.ch/imperia/md/content/buwal_pdf/22.pdf)

Inwiefern die hier vorgeschlagenen Vorgehensweisen vom Regulator bei der dieses Jahr zu erstellenden Messempfehlung für UMTS berücksichtigt werden, ist offen. Das BUWAL hat unabhängig von unseren Arbeiten die Fachhochschule des Tessins (Scuola Universitaria Professionale

della Svizzera Italiana, SUPSI) mit der Erarbeitung einer entsprechenden Messvorschrift betraut. Es ist zu hoffen, dass diese Arbeiten zu einem schnellen Abschluss kommen und rasch in eine entsprechende Messempfehlung einfließen werden.

8, 10

**Ausblick: NIS-Immissionen und Mobilfunk**

Beim UMTS-Netzaufbau kann aufgrund der gewonnenen Erkenntnisse bereits damit begonnen werden, praktische Erfahrungen zu sammeln und auch mit der Technik vertraut zu werden. Bereits von Beginn weg sollen die tatsächlichen UMTS-Immissionen beurteilt und die relevanten Informationen über die elektrische Feldstärkeverteilung gewonnen werden. Die korrekte Beurteilung der NIS-Immissionen für UMTS ist unumgänglich, weil der technologische Fortschritt im Mobilfunk nicht stehen bleibt und bereits weitere Herausforderungen, wie Time Division Duplex (TDD) bei UMTS und Antennen mit dynamischer Abstrahlcharakteristik (Smart Antennas), bereithält.

**Peter Fritsch, El.-Ing. HTL und Executive MBA.** Zu Beginn seiner Erwerbstätigkeit während fünf Jahren im Bereich Planung und Technik von Professional- und Broadcasting-Audio- und Videoanlagen tätig. Leitete darauf während drei Jahren ein EMC-Labor. Danach vier Jahre Mitarbeit beim Aufbau eines akkreditierten Prüflabors für elektrische Sicherheit als stellvertretender Leiter. Seit 2000 bei Swisscom Innovations hauptsächlich im Bereich Messtechnik in der elektromagnetischen Umweltverträglichkeit (EMUV) und in der elektromagnetischen Verträglichkeit (EMV) tätig.

**Hugo Lehmann, Dr. rer. nat., Physiker.** Studium der Experimentalphysik an der Universität Fribourg. Nach der Dissertation in Kernstrukturphysik war er für zwei Jahre zuständig für das hochauflösende Gammaskpektrometer am Forschungsreaktor des Instituts Laue Langevin in Grenoble, Frankreich. Seit Januar 2000 beschäftigt sich Hugo Lehmann bei Swisscom Innovations einerseits mit den Effekten elektromagnetischer Felder auf biologische Organismen und andererseits mit der messtechnischen Erfassung dieser Felder.



## Summary

To verify the compliance with exposure limits for mobile phone antennae, official directives to perform measurements have only recently been published for the GSM standard [1]. The third generation networks using the UMTS standard are now to be installed and first base stations are already "on air" in Switzerland. Control measurements have thus to face the new technology and to adapt to the changing situation. The definition of the Swiss installation limit requires a differentiation of the signals originating from the different base stations. The modulation scheme of UMTS, the Wideband Code Division Multiple Access (W-CDMA), no longer offers the possibility to distinguish different cells or base stations simply by frequency. The physical layer has thus to be analysed by decoding the signal, which can not be done by standard spectrum analysers. Different measurement tools like drive testers or spectrum analysers extended by a decoding software are, however, available on the market and are sufficiently precise for the given applications. Based on a measurement of the Primary Common Pilot Channel (P-CPICH) the total electrical field strength corresponding to the maximal granted power can be extrapolated. Comparisons with different alternative measurement methods corroborate the proposed method. The present work shows that a straightforward extension of the compliance verification procedures for GSM is possible.

## FORSCHUNG UND ENTWICKLUNG

### Mehrfach bedruckbares «Papier»

Wie der japanische Informationsdienst «Digitised Information» berichtet, hat Toppan Printing ein wieder beschreibbares Papier aus PET entwickelt. Gefertigt wird dieses «Kunststoffpapier» bei den Mitsubishi Paper Mills. Das PET-Papier kann etwa tausend Mal gelöscht und wieder beschrieben werden. Die kleine japanische Firma Sanwa NewTec hat dafür einen DIN-A4-Thermodrucker entwickelt, der etwa dreizehn Sekunden für Löschen und neu Beschreiben braucht, zehn Sekunden für einen Erstdruck. Der Preis für ein Blatt Kunststoffpapier beträgt 200 ¥ (1,70 US-\$).

Toppan Printing Co., Ltd.  
5-1, Taito 1-chome  
Taito-ku  
Tokyo 110-8560  
Japan  
Tel. +81-3-3835 5111  
Fax +81-3-3835 1647  
Homepage: [www.toppan.co.jp/english/](http://www.toppan.co.jp/english/)

Sanwa NewTec Co.  
1-11 Shode Kiyotake-Cho  
Miyazaki-Gun  
Miyazaki  
Japan  
Homepage: [www.sanwa-newtec.co.jp](http://www.sanwa-newtec.co.jp)

### Leistungsstarke Lithiumbatterien im Auge

Forschern des Sandia National Laboratory haben ein neues Anodenmaterial aus Silizium und Grafit entwickelt, das zu wiederaufladbaren Lithiumionen-Akkus mit mindestens doppelter Speicherkapazität führen könnte. Derzeit sucht man nach Partnern, um die Technologie fertigungsreif zu machen. Ursprünglich hatten sich die Sandia-Forscher allein auf Silizium als Elektrode fokussiert, was die Speicherkapazität sogar um den Faktor zehn erhöhte. Nur hatte man sich da einen erheblichen Kapazitätsverlust während des Entladezyklus eingehandelt. Das liess sich erst stabilisieren, als man das Silizium in eine Grafitmatrix einlängerte.

Sandia National Laboratories  
Kirtland Air Force Base  
Albuquerque N. M.  
USA  
Homepage: [www.sandia.gov](http://www.sandia.gov)

### Ein virtuelles Aquarium am MIT

Besucher des MIT werden demnächst auf dem berühmten «unendlichen Korridor» in Cambridge (Massachusetts) ein 250 m

langes virtuelles Aquarium finden. Displays täuschen kleine Aquarien vor. Ausser angebrachte Sensoren beobachten den Besucher und steuern auf dem Bildschirm die Reaktionen der virtuellen Fische. Das sieht so aus, als ob diese auf den Besucher reagieren würden. Alle weiteren Randbedingungen müssen natürlich auch eingehalten werden, so die Reaktion der Fische untereinander und ihre Bewegung im virtuellen Wasser. Ziel dieses «iQuariums» (so der Name) ist es, neue Erkenntnisse auf den Gebieten der Fluidodynamik und der Biomimetik zu gewinnen.

In Boston, jenseits des Charles River, der Cambridge und Boston trennt, gab es so etwas schon einmal: Am damaligen Computer Museum existierte ein virtuelles Aquarium, in dem die Besucher die Bildschirmfische auch virtuell füttern konnten – mit einem grossen mechanischen Hebel vor dem Bildschirm, der im «Aquarium» einen Korb mit Fischfutter öffnete. Schon damals war das MIT mit engagiert: Die unter Java geschriebene Software für den Betrieb des virtuellen Aquariums stammte vom MIT-Spinoff Nearlife Inc.

Homepage:  
<http://web.mit.edu/aroy/iquarium/>