

# Hochfrequente Felder in der Umgebung von GSM-Mobilfunkbasisstationen

## Messkampagne zur Überprüfung verschärfter Anlagengrenzwerte

**A**nfang 2001 wurden in der Umgebung aller derzeit im Fürstentum Liechtenstein vorhandenen Standorte von GSM-Mobilfunkbasisstationen umfangreiche Immissionsmessungen durchgeführt. Beauftragt wurden die Erhebungen vom Amt für Kommunikation des Fürstentums Liechtenstein. Hauptzweck der Messungen war, festzustellen, ob an den relevanten Punkten in der Umgebung der Senderstandorte auch die sehr strengen Anlagengrenzwerte nach Schweizer NIS-Verordnung eingehalten werden. Diese Frage konnte nach Auswertung aller 106 Messpunkte bejaht werden. Zusätzlich zeigte sich, dass die, im Rahmen der Baugenehmigungsverfahren im Vorfeld durchgeführten Immissionsberechnungen (Standortdatenblatt) ein gut geeignetes Instrumentarium für eine ausreichend konservative Immissionsprognose darstellen.

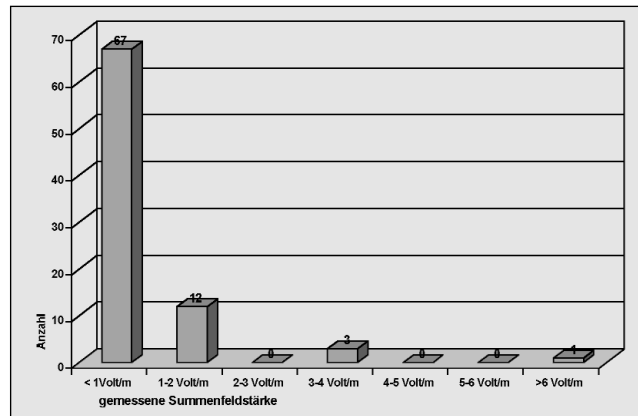


Abb. 1: Verteilung der gefundenen Summenfeldstärkewerte

gewendet: Es muss sichergestellt sein, dass dort nur ca. 1/10 der für die übrigen Orte verbindlichen ICNIRP-Grenzwerte erreicht wird.

### Die Problemstellung

Vor der Errichtung einer Mobilfunksendeanlage muss der Betreiber bei der zuständigen Genehmigungsbehörde ein ‚Standortdatenblatt‘ einreichen, das Berechnungen über die Stärke der von der geplanten Anlage in der Umgebung erzeugten Felder beinhaltet. Die Rechenergebnisse in diesem Datenblatt dienen der Behörde als Grundlage für die immissionsrechtliche Genehmigung der Anlage.

Zweck der von uns durchgeführten Messungen war, ein genaueres Bild über Immissionen durch hochfrequente elektromagnetische Felder insbesondere an ‚Orten mit empfindlicher Nutzung‘ zu erhalten. Der Schwerpunkt der Untersuchungen sollte dabei auf den Feldern von GSM-Mobilfunksendeanlagen liegen. Im Vordergrund stand insbesondere die Beantwortung der folgenden Fragen:

- ▶ Werden die strengen Vorgaben für ‚Orte mit empfindlicher Nutzung‘ in Liechtenstein eingehalten?
- ▶ Ist die rechnerische Immissionsbestimmung im Rahmen des Standortdatenblattverfahrens ein geeignetes Instrumentarium oder ergeben die Messungen regelmäßig höhere Immissionen, als im Standortdatenblatt zuvor berechnet wurde?

Insgesamt wurden im Januar 2001 Messungen an 106 Punkten (davon 83 ‚Orte mit empfindlicher Nutzung‘) in der Umgebung von allen 18 in Liechtenstein existierenden Mobilfunksenderstandorten vorgenommen. Die wichtigsten Ergebnisse der durchgeführten Messungen und die daraus resultierenden Schlussfolgerungen sind in diesem Artikel zusammenfassend dargestellt.

### Das Messverfahren

Bei der Immissionserfassung kamen Spektrumanalysator und geeignete, kalibrierte Messantennen zum Einsatz. Es erfolgte eine Abtastung des Messvolumens mit einer handgeführten Messantenne, wobei gleichzeitig die Vorzugsrichtung und die Polarisationsrichtung der Messantenne variiert werden. Unter Zuhilfenahme der Maximum Hold-Funktion des Analysators kann damit die stärkste herrschende Feldstärke gesucht und aufgezeichnet werden. Dieses Verfahren wird auch im Entwurf der Schweizer Messempfehlung [5] angegeben (‚Schwenkmethode‘). Es zeichnet sich dadurch aus, dass damit mit hoher Zuverlässigkeit der absolute Größtwert der Feldstärke im Raum gefunden wird, auch wenn dieser möglicherweise nur in einem relativ kleinen Volumen vorhanden ist. Die Anwendung dieses Verfahrens gewährleistet eine Immissionsbestimmung nach ‚Worst-Case‘-Kriterien. Außerdem ist der Zeitaufwand für die ‚Schwenkmethode‘ gegenüber anderen, ebenfalls in [5] vorgeschlagenen Verfahren (‚Drehmethode‘, ‚Punktrastermethode‘) sehr gering.

C.02

Der Schutz der Bevölkerung vor den Wirkungen elektromagnetischer Felder ist im Fürstentum Liechtenstein in der ‚Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung ortsfester Sendeanlagen von Telekommunikationssystemen‘ verbindlich geregelt [1]. Die darin getroffenen Regelungen wurden inhaltlich von der Schweizer NIS-Verordnung übernommen [2]. Die dort festgelegten Immissionsgrenzwerte basieren auf den aktuellen Empfehlungen der Weltgesundheitsorganisation (WHO), der Internationalen Kommission für den Schutz vor nichtionisierenden Strahlen (ICNIRP) sowie des Europäischen Rates [3,4]. Allerdings wird für Orte, an denen sich Menschen regelmäßig während längerer Zeit aufhalten (‚Orte mit empfindlicher Nutzung‘) ein strengerer, über die internationalen Empfehlungen hinausgehender Maßstab bei der Immissionsbeurteilung an-

**▶ Autor**  
Prof. Dr.-Ing. MATTHIAS WUSCHEK  
Fachhochschule Deggendorf;  
Edlmairstr. 6+8, D-94469 Deggendorf  
Fon: 0991/3615-522, Fax: 0991/3615-599  
eMail: matthias.wuschek@fh-deggendorf.de

Bei der Bestimmung der vorhandenen Summenimmission durch hochfrequente Felder wird – im Gegensatz zu den Vorgaben von ICNIRP – nach Schweizer NIS-Verordnung an ‚Orten mit empfindlicher Nutzung‘ standortbezogen vorgegangen. Die zur Beurteilung heranzuziehende Immission ergibt sich dabei als Summe der Felder, die jeweils von einer einzelnen ‚Anlage‘ erzeugt werden. Die Verordnung definiert, dass eine ‚Anlage‘ alle Sendeantennen umfasst, die auf einem Mast angebracht sind oder die in einem engen räumlichen Zusammenhang – z. B. auf dem Dach des gleichen Gebäudes – stehen. Alle Einzelfelder, welche die Antennen der verschiedenen Betreiber einer ‚Anlage‘ am Messpunkt erzeugen, werden aufsummiert und anschließend mit dem nach der Verordnung für den Standort relevanten Grenzwert (‚Anlagengrenzwert‘) verglichen. In Tabelle 1 sind die gemäss Verordnung derzeit an ‚Orten mit empfindlicher Nutzung‘ anzuwendenden Anlagengrenzwerte für GSM-Mobilfunksender aufgeführt.

### Bestimmung der maximal möglichen Immissionen

Gemäss NIS-Verordnung sind die Grenzwerte bei höchster betrieblicher Anlagenauslastung einzuhalten. Für die Praxis bedeutet dies, dass vorhandene zeitliche Schwankungen der abgestrahlten Sendeleistung geeignet berücksichtigt werden müssen, damit sichergestellt ist, dass für jeden betrachteten Ort die maximal auftretende Immission ermittelt wird und nicht etwa zum Zeitpunkt der Messung vorhandene schwächere Feldintensitäten. Bei GSM-Mobilfunksendeanlagen ergibt sich dabei folgendes Bild:

- ▶ Die geringste, von einer GSM-Mobilfunksendeanlage erzeugbare Immission kann bestimmt werden, indem das Feld vermessen wird, das durch den kontinuierlich sendenden Kanal verursacht wird. Gelegentlich wird dieser Kanal auch ‚Signalisierungskanal‘ oder ‚BCCH‘ bezeichnet
- ▶ Die maximal mögliche Immission hingegen ermittelt sich am einfachsten durch Multiplikation der Feldstärke, die durch den ‚Signalisierungskanal‘ verursacht wird, mit einem Korrekturfaktor, der aus

## Anzeige

der Zahl der insgesamt für diese Funkzelle in der Anlage installierten Kanäle errechnet wird. [5],[6].

Mittels der Messung des Signalisierungskanals jeder Zelle und gegebenenfalls einer zusätzlichen Multiplikation ist es also möglich, die derzeit durch die Anlage erzeugbare Maximalimmission zu bestimmen. Zusätzlich muss noch berücksichtigt werden, dass die Netzbetreiber in der Regel nicht überall die in den Standortdatenblättern angegebenen maximalen Sendeleistungen (ERP) ausnutzen (d. h. der Betreiber hat eventuell für die Zukunft geplante Nachrüstungen mit weiteren Kanälen zur Kapazitätssteigerung der Anlage in den Berechnungen gleich mit berücksichtigt). Aus dem Vergleich der aktuellen ERP (Auskunft durch die Betreiber) mit den Angaben in den Standortdatenblättern kann dann ein weiterer Multiplikationsfaktor abgeleitet werden.

Die sich mittels dieser beiden Multiplikationsfaktoren ergebende hochgerechnete Immission ist der Wert, der bei maximaler Gesprächsauslastung und maximaler Leistungsausnutzung durch den Betreiber am Messort erzeugt werden kann. Dieser wird letztendlich für den Vergleich mit den Grenzwerten der Verordnung und den Berechnungsergebnissen der Standortdatenblätter herangezogenen.

### Messergebnisse und Vergleich mit Berechnungen

Abb. 1 zeigt die Verteilung der gefundenen Summenfeldstärkewerte an den 83 vermessenen ‚Orten mit empfindlicher Nutzung‘:

Es lassen sich aus den Tabelle 1 und Abb. 1 zugrunde liegenden Fakten folgende Erkenntnisse festhalten:

- ▶ Die Anlagengrenzwerte werden an 82 von 83 Messorten unterschritten
- ▶ Im Durchschnitt wurden an den 83 ‚Orten empfindlicher Nutzung‘ 12,9 % des Anlagengrenzwertes erreicht
- ▶ Ein Vergleich der Messergebnisse mit den Berechnungen in den Standortdatenblättern (für 64 Punkte lagen Berechnungen vor) zeigt, dass bei 59 Punkten niedrigere Immissionen gemessen wurden, als die Berechnung prognostizierte. Bei 5 Punkten ergaben sich höhere Messwerte, als im Standortdatenblatt berechnet
- ▶ Auch das Schweizer BUWAL geht nicht davon aus, dass bei Anwendung des NIS-Berechnungsverfahrens die Prognosewerte in jedem Fall unter den Messwerten liegen [7]
- ▶ Durchschnittlich gesehen, erreichen die Messwerte nur weniger als 30 % der rechnerischen Prognosewerte
- ▶ Liegen also die Prognosewerte deutlich unter dem Grenzwert, ist nahezu sicher, dass auch bei einer späteren Nachmessung vor Ort keine Überschreitung festgestellt wird. Die Nachmessung kann in diesen Fällen gegebenenfalls entfallen
- ▶ Insgesamt gesehen, ist das Standortdatenblattverfahren offensichtlich ein gut geeignetes Mittel für eine ausreichend konservative Immissionsprognose.

Tabelle 1: Grenzwerte für GSM-Sendeanlagen

Anlage für	Anlagengrenzwert
GSM 900	4 Volt/m
GSM 1800	6 Volt/m
GSM 900 + GSM 1800	5 Volt/m

## Zusammenfassung

Im Januar 2001 wurden in der Umgebung aller derzeit im Fürstentum Liechtenstein vorhandenen Standorte von Mobilfunksendeanlagen umfangreiche Immissionsmessungen durchgeführt. Insgesamt wurden dabei an 106 Messpunkten Untersuchungen vorgenommen. Veranlasst wurden diese Erhebungen durch das Amt für Kommunikation des Fürstentums Liechtenstein, das auch die Messungen beaufsichtigte.

Der ausführliche Bericht über die Messkampagne in Liechtenstein sowie detaillierte Messergebnisse finden sich unter [www.ak.li](http://www.ak.li). Als wesentliche Ergebnisse der Messungen können die folgenden Punkte festgehalten werden:

- ▶ Derzeit herrschen an keinem der 83 untersuchten ‚Orte empfindlicher Nutzung‘ unzulässig hohe Feldstärkewerte. Allerdings besteht an einem Standort bei voller Ausnutzung der im Standortdatenblatt angegebenen ERP, die Möglichkeit einer leichten Grenzwertüberschreitung. Entsprechende korrigierende Maßnahmen wurden durch die Behörden eingeleitet
- ▶ Im Durchschnitt erreichen die gemessenen Immissionen an den ‚Orten empfindlicher Nutzung‘ etwa 13% der maximal zulässigen Feldstärke
- ▶ Der Raum in unmittelbarer Nähe unter einer erhöht angebrachten Mobilfunksendeantenne ist häufig wesentlich weniger exponiert, als es durch die reine Entfernungsbetrachtung zu vermuten wäre. Ursache dafür ist die starke vertikale Bündelung der Antenne

- ▶ Ähnliches gilt für Gebäude mit auf dem Dach montierten Mobilfunkantennen. In den Räumen derartiger Häuser lassen sich meistens nur relativ geringe Feldstärken nachweisen. In der Regel gelangen diese nicht direkt vom Dach, sondern als reflektierte Signale (Reflexionen an benachbarten Bauwerken, Bergen oder Bäumen) über die Fenster in das Gebäude
- ▶ Eine pauschale Aussage über die genaue Größe elektromagnetische Felder in der Umgebung einer Mobilfunksendeanlage kann nicht getroffen werden, da die Feldstärke von sehr vielen Faktoren abhängig ist. Solche Faktoren sind beispielsweise Sendeleistung, Antennencharakteristik, Montagehöhe und Neigungswinkel („Downtilt“) der Antennen, Dämpfung durch Bewuchs sowie Entfernung und relative Höhe der Immissionsorte bezüglich der Mobilfunkantenne. Insofern bedarf es stets einer Einzelfallbetrachtung, wie sie derzeit im Rahmen des Standortdatenblattverfahrens in der Schweiz und in Liechtenstein auch durchgeführt wird
- ▶ Vergleiche der messtechnisch gefundenen Immissionen mit den in den Standortdatenblättern berechneten Feldern ergeben, dass die Messergebnisse regelmäßig die berechneten Immissionen unterschreiten. Durchschnittlich wurde nur 30% der prognostizierten Feldstärke erreicht. Insgesamt gesehen ist daher das Standortdatenblattverfahren offensichtlich ein gut geeignetes Mittel für eine ausreichend konservative Immissionsprognose im Vorfeld eines Anlageneu- oder -umbaus. Es kann jedoch nicht völlig ausgeschlossen

werden, dass nachträgliche Messungen in seltenen Einzelfällen höhere Immissionswerte liefern als im Vorfeld rechnerisch prognostiziert.

## Literatur

- [1] Fürstliche Regierung: Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung ortsfester Sendeanlagen von Telekommunikationssystemen; 2000; Liechtensteiner Landesgesetzblatt Nr. 231, ausgegeben am 29. November 2000
- [2] Schweizer Bundesrat: Verordnung über den Schutz vor nichtionisierender Strahlung (NISV); 1999; veröffentlicht durch das Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL)
- [3] International Commission On Non-Ionizing Radiation Protection (ICNIRP): Guidelines for Limiting Exposure to Time-Varying Electric, Magnetic and Electromagnetic Fields (up to 300 GHz) Health Physics, Vol. 74, Nr. 4, April 1998, S. 494–522
- [4] Der Rat der Europäischen Union: Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz); Amtsblatt der Europäischen Gemeinschaften, L199, 30.07.1999, S. 59–70
- [5] Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Messempfehlung für GSM-Basisstationen (Entwurf); Bern, 20.03.2001
- [6] International Electrotechnical Commission: Measurement and Evaluation of High Frequency (9 kHz to 300 GHz) Electromagnetic Fields with Regard to Human Exposure; IEC 61983 Committee Draft, 10/2000
- [7] Wuschek, M.: Bericht über die Messung hochfrequenter elektromagnetischer Felder im Fürstentum Liechtenstein; Regensburg, 03/2001
- [8] Schweizer Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL): Vollzugshilfsmittel zur NISV für Mobilfunk und WLL; Tagungsunterlagen, Bern, 20.03.2001

[www.publish-industry.net](http://www.publish-industry.net)

more @ click EK2C0206

## LESERTIPP



**Sie möchten in Zukunft regelmäßig mit aktuellen Produktinformationen und praxisorientierten Fachbeitrags-Wissen zu den Themengebieten COMPONENTS, DESIGN & DEVELOPMENT, SOFTWARE, EMC JOURNAL, SUBSYSTEMS, TEST, MANAGEMENT, DISTRIBUTION und SERVICES versorgt sein?**

**Fordern Sie Ihre Leseprobe für DESIGN & VERIFICATION, das Magazin für Elektronik-Entwicklung von der Idee zum Produkt, an. Das Magazin liefert Ihnen regelmäßig alle relevanten Informationen rund um aktuelle Produkt- und Marktentwicklungen. Faxen Sie uns Ihren ausgefüllten Qualifizierungsbogen von Seite 69/70 für ein kostenfreies Probeabo oder im Internet unter [www.publish-industry.net](http://www.publish-industry.net)!**

publish industry VERLAG GMBH

Gollierstraße 23 • D-80339 München • Fon: 089/500383-0 • Fax: 089/500383-10 • E-Mail: [info@publish-industry.net](mailto:info@publish-industry.net) • Internet: [www.publish-industry.net](http://www.publish-industry.net)