

# frequentia

## Studie über die individuelle Hochfrequenzexposition

**Exposition • Hochfrequenz • Uplink • Downlink • GSM900 • DCS1800 • UMTS •  
Exposimeter • Nocebo-Effekt**

Georg Neubauer, Stefan Hörth, Manfred Bürger, Harald Haider (alle ARC Seibersdorf research GmbH)

## Methoden und Szenarien im Vergleich

### Einleitung

Die Einführung von GSM900- und DCS1800-Mobiltelefonen in den 90er-Jahren führte zu einer weit verbreiteten Anwendung dieser beiden Technologien und in weiterer Folge zu einer Zunahme der Exposition der Bevölkerung gegenüber hochfrequenten elektromagnetischen Feldern. Die Einführung neuerer Technologien wie z.B. UMTS hat diesen Prozess verstärkt. Da Antennen dort stehen müssen, wo mobil telefoniert wird, stehen sie oftmals nahe an Wohnungen oder Häusern und führen bei Teilen der Bevölkerung zu Besorgnis über mögliche gesundheitliche Auswirkungen. Diese Sorgen führen immer wieder zur Forderung nach epidemiologischen Studien über mögliche gesundheitliche Auswirkungen der hochfrequenten Emissionen von Basisstationen.

Studien zur Untersuchung von möglichen gesundheitlichen Auswirkungen der hochfrequenten Emissionen von Basisstationen teils heftig und kontrovers diskutiert. Bis heute wurden nur wenige Querschnittsstudien zu diesem Thema durchgeführt sowie einige Studien über Bevölkerungsgruppen, die in der Umgebung von Rundfunk- und Fernsehsendern leben. Sie erlauben jedoch keinerlei Schlussfolgerungen. Gross angelegte, fundierte Untersuchungen fehlen. Viele Fragen wie zum Beispiel über ein adäquates Studiendesign, über die für die Fragestellungen interessierenden Erkrankungen, über das geeignete Expositionsmass und über den Umgang mit den Beiträgen anderer hochfrequenter Quellen bleiben offen.

Innerhalb der wissenschaftlichen Gemeinschaft wird über Machbarkeit und Sinn von epidemiologischen

Im Rahmen dieses Berichtes werden zuerst die Ergebnisse eines internationalen Forschungsprojektes

## Vorgehensweise bei der Machbarkeitsstudie

Die Machbarkeitsstudie wurde in drei Schritten durchgeführt:

### 1. Analyse existierender Studiendesigns epidemiologischer Studien

Bestehende epidemiologische Untersuchungen über Hochfrequenzquellen und Gesundheit wurden analysiert, um die Stärken und Schwächen der angewandten Konzepte zu identifizieren. Dabei wurde die momentane wissenschaftliche Evidenz eines Zusammenhanges zwischen Hochfrequenzfeldern von Basisstationen und gesundheitsrelevanten Effekten untersucht.

### 2. Vergleich und Analyse von dosimetrischen Konzepten

Bestehende Konzepte der Expositionsbestimmung wurden bewertet. Die Beiträge anderer hochfrequenter Quellen wurden darin ebenfalls berücksichtigt.

### 3. Experten-Workshop

In einem letzten Schritt wurden die entwickelten Spezifikationen von Experten verschiedener Fachrichtungen im Rahmen eines Workshops evaluiert und diskutiert.

zusammengefasst, das Auskunft gibt über die Machbarkeit epidemiologischer Studien über mögliche gesundheitliche Auswirkungen der hochfrequenten Emissionen von Mobilfunkbasisstationen. Diese Studie zeigte unter anderem, dass Untersuchungen über die individuelle Hochfrequenzexposition als Grundlage für zukünftige Studien erforderlich sind. Aus diesem Grund wurden in weiterer Folge entsprechende Messungen durchgeführt, deren Ergebnisse hier präsentiert werden.

## Zusammenfassende Ergebnisse der Machbarkeitsstudie

Die Machbarkeitsstudie führte zu der Erkenntnis, dass derzeit das Wissen über die Exposition der Bevölkerung sehr lückenhaft ist. Während wir im Bereich der thermischen Wirkungen über gesichertes Wissen verfügen, sind die biologisch relevanten Expositionsbedingungen bezüglich Hochfrequenzexposition unbekannt.

Wenn wir den Einfluss von Basisstationen auf die Bevölkerung bestimmen wollen, müssen verschiedene Fragen geklärt werden. Es ist zu klären, wie bedeutsam die Exposition aufgrund der Emissionen von Mobilfunkbasisstationen im Vergleich zu anderen Hochfrequenzquellen ist. Das heisst, wir müssen auch untersuchen, ob sich

- die kumulative Expositionszeit über einem relativ geringen Schwellenwert
- die kumulative Ganzkörperexposition
- die Frequenz und/oder spezifischen Signalcharakteristika

als biologisch relevant herausstellen. In jedem Fall wird empfohlen, die Beiträge anderer Quellen zu berücksichtigen.

In Betracht zu ziehen sind auch Nocebo-Effekte (insbesondere bei der Durchführung von Studien über so genannte «Soft Outcomes»). Der Nocebo-Effekt ist das Gegenstück zum Placebo-Effekt und bedeutet, dass sich Erwartungshaltung – also Sorgen und Ängste – nachteilig auf die Gesundheit auswirken können.

Es hat sich gezeigt, dass Informationen über die individuelle Exposition derzeit praktisch nicht zur Verfügung stehen. Es ist wenig darüber bekannt, in welchem Ausmass unterschiedliche Quellen zur individuellen Gesamtexposition beitragen. Für Studien über Basisstationen ist zurzeit keine adäquate Metrik zur Untersuchung von Langzeiteffekten verfügbar. Die Verwendung der Distanz zu einer Antenne als einziges Mass kann nicht empfohlen werden. Die Verwendung analytischer Methoden ist fragwürdig, die Verwendung von Monitoringsystemen und Exposimetern dagegen ist viel versprechend, muss aber noch näher untersucht werden. Eine entscheidende Frage ist, ob eine verlässliche Methode zur Bestimmung der Exposition grosserer Kollektive entwickelt werden kann. Die Antwort auf diese Frage ist entscheidend für die Machbarkeit epidemiologischer Studien über Basisstationen.

## Mögliche Ansätze zur Expositionsbestimmung

Die Verwendung von Monitoringsystemen ist eine Möglichkeit, um die zeitliche Variation der verschiedenen Expositionsbeiträge zu ermitteln. So kann beispielsweise ein GSM-Kanal zeitlich über 8 Tage um den Faktor 3 variieren, räumlich beobachten wir innerhalb von 1m<sup>3</sup> eine Variation nahezu bis zum Faktor 20. Dieser Ansatz ist vor allem für Studien von Interesse, in deren Rahmen man erwarten kann, dass die Personen sich im Wesentlichen am gleichen Ort aufhalten.

Eine andere Lösung wäre der Einsatz von Expositometern zur Bestimmung der individuellen Exposition. Dieser Ansatz ist vor allem dann von Interesse, wenn erwartet werden kann, dass Personen ihren Aufenthaltsort während des Tages oftmals ändern. Numerische und/oder analytische Tools könnten zur Ermittlung von Schätzwerten der Exposition von fest installierten Sendeanlagen herangezogen werden.

Jede dieser Methoden hat verschiedene Stärken und Schwächen; sie müssen alle anhand eines geeigneten Kollektivs hinsichtlich ihrer Eignung überprüft werden. Man muss sich im Klaren sein, dass wir zur Zeit in den Anfangsphasen solcher Untersuchungen stehen.

Um eine geeignete epidemiologische Studie planen zu können, ist mehr Wissen über die Verteilung der Expositionsanteile infolge unterschiedlicher Quellen auf individueller sowie auf Populationsbasis notwendig.

#### Schlussfolgerungen

Um zukünftig mangelhafte Studien mit ungenügender Aussagekraft zu vermeiden, benötigen wir insbesondere:

- Systematische, für verschiedene Bevölkerungsgruppen repräsentative Studien zur Erhebung der individuellen Exposition;
- Klärung der für die Machbarkeit epidemiologischer Studien massgeblichen Frage, ob es relevante Unterschiede der Exposition innerhalb der Bevölkerung gibt im Hinblick sowohl auf die gesamte Exposition wie auch auf die Exposition oberhalb von Schwellenwerten;
- Validierung aller Expositionsmasse, die in epidemiologischen Studien verwendet werden;
- Klärung der Frage, ob die Dauer der Exposition über einem kumulativen Schwellenwert eine wesentliche Rolle spielt.

Bei der Evaluation von Kurzzeiteffekten ist u.a. zu berücksichtigen, dass Effekte, die nach einigen Wochen auftreten, in Humanstudien nicht gefunden werden können. Problematisch ist u.a. auch, dass Kurzzeitwirkungen durch den Nocebo-Effekt ausgelöst sein können.

Untersucht man Langzeiteffekte aufgrund dominanter Hochfrequenzquellen, stellt sich die Frage, auf-

grund welcher Messkriterien eine Unterscheidung zwischen Exponierten und Nichtexponierten getroffen werden kann. Die Distanz als alleiniges Kriterium ist nicht zu empfehlen, die Anwendbarkeit von Expositometern und Monitoringsystemen ist zwar viel versprechend, aber noch zu untersuchen. Auch muss das Expositionsmaß die Beiträge aller relevanten Quellen berücksichtigen.

Daher werden systematische Untersuchungen über die individuelle Exposition unterschiedlicher Bevölkerungsgruppen empfohlen. Solche Untersuchungen haben ausserdem den Vorteil, verschiedene Methoden der Expositionsbestimmung an verschiedenen Untergruppen der Bevölkerung vergleichen zu können.

Im folgenden Teil wird eine mögliche Methode zur Bestimmung der Exposition vorgestellt.

## Bestimmung der individuellen Hochfrequenzexposition

### Einleitung

Basierend auf den Ergebnissen der Machbarkeitsstudie wurden unterschiedliche Szenarien der individuellen Hochfrequenzexposition untersucht. Es ging darum, die Szenarien untereinander im Hinblick auf deren Mittelwerte der elektrischen Feldstärke von Mobilfunkbasisstationen, Mobiltelefonen und Rundfunk- und Fernsehsendern zu vergleichen. Ziel dieser Untersuchungen war es, Expositionsszenarien zu ermitteln, in deren Bereich durchschnittlich höhere Expositionen auftraten. Für diese Untersuchungen wurde ein tragbares Messgerät verwendet, das die Exposition während eines bestimmten Zeitraums aufzeichnet. Dieses Gerät wird im Folgenden als Expositometer bezeichnet.

Ausserdem galt es herauszufinden, ob sich beim Einsatz eines Expositometers Unterschiede durch die Exposition gegenüber Mobilfunksignalen des eigenen Mobiltelefons (sog. Uplink, d.h. Signale vom Endgerät zur Antenne) im Vergleich zur Exposition infolge von Uplink-Signalen fremder Mobiltelefone zeigen. Es wurden zu diesem Zweck dieselben Szenarien mit eingeschaltetem eigenem sowie ausgeschaltetem Mobiltelefon verglichen, aktiv geführte Gespräche wurden aus den Untersuchungen ausgenommen.

### Analyse von Szenarien

Im Folgenden werden erste Ergebnisse von Untersuchungen mit einem bandselektiven Expositometer präsentiert. Dafür wurden verschiedene Szenarien bzw. Orte im Hinblick auf die Exposition gegenüber elektromagnetischen Feldern untersucht. Die Höhe der jeweiligen Balken in den Abbildungen 1 und 2 repräsentiert

den Mittelwert aller Messungen eines Szenarios, während die vertikale Linie des Balkens die jeweilige Streubreite der Messwerte (maximale und minimale Mittelwerte) für das jeweilige Szenario angibt. Die ermittelten Feldstärkewerte sind nach oben (5 V/m) und unten (0,05 V/m) durch den Messbereich des Expositometers begrenzt.

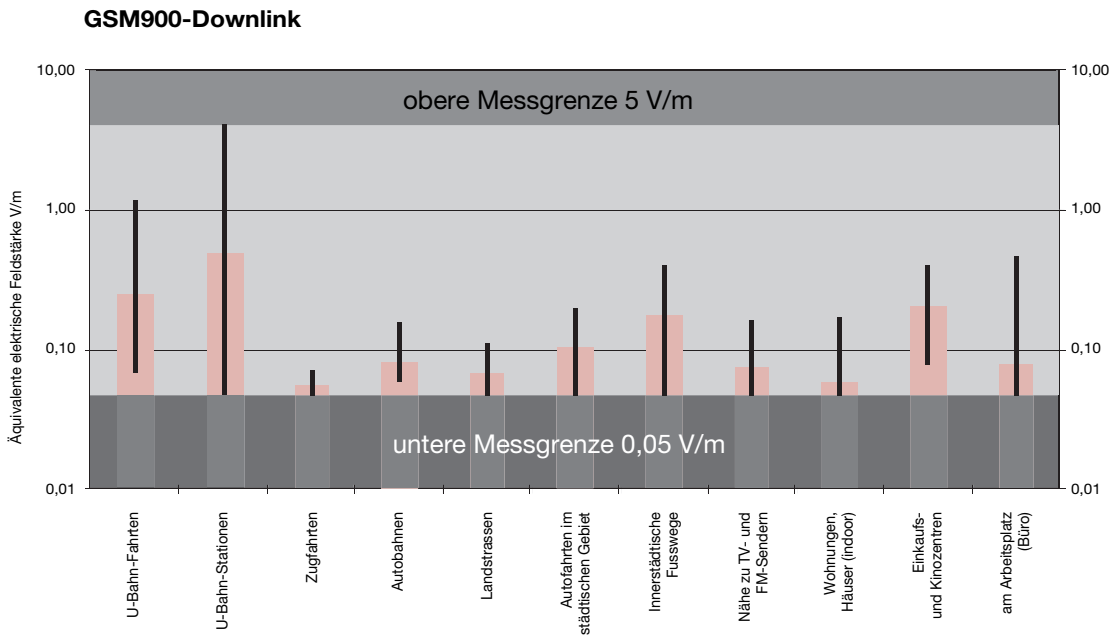


Abbildung 1: Mittlere Exposition im GSM900-Bereich bei der Untersuchung unterschiedlicher Szenarien

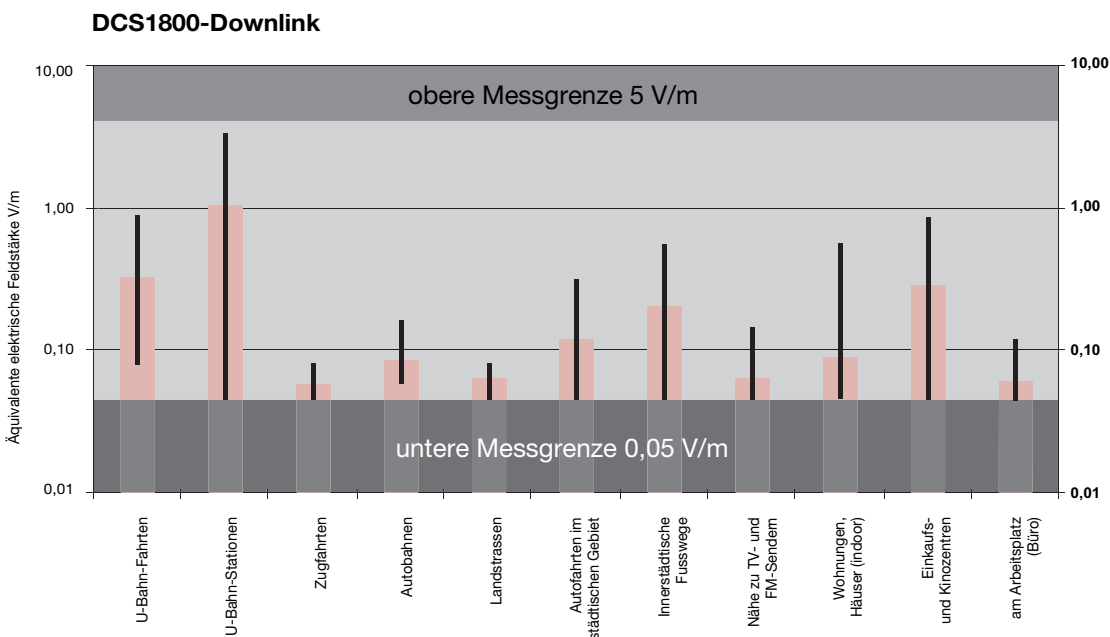


Abbildung 2: Mittlere Exposition im DCS1800-Bereich bei der Untersuchung unterschiedlicher Szenarien

### U-Bahn

Erste Messungen in der Innenstadt von Wien zeigten im Vergleich zu anderen Szenarien wesentlich höhere Werte der Downlink-Feldstärke von Mobilfunkbasisstationen in U-Bahn-Stationen. Auf Grund dieser Tatsache entschieden wir uns, das gesamte U-Bahn-Netz von Wien zu untersuchen.

Dabei konnte festgestellt werden, dass in bestimmten Bereichen – zum Beispiel auf dem Bahnsteig oder in den Verbindungstunneln – von mehreren U-Bahn-Stationen sehr häufig vergleichsweise hohe Downlink-Werte erreicht werden. Die Mittelwerte der elektrischen Feldstärke lagen oftmals über 2 V/m. Die Downlink-Werte von DCS1800 sind, über die elektrischen Feldstärken an allen U-Bahn-Stationen gemittelt, um einen Faktor zwei höher als jene von GSM900. Die Downlink-Signale von UMTS-Basisstationen waren im Vergleich zu GSM900 und DCS1800 wesentlich geringer, es wurden nur selten Feldstärken über der Nachweisgrenze von 0,05 V/m gemessen.

Wie zu erwarten war, lagen die elektrischen Feldstärken von Rundfunk- und Fernsehsendern ebenfalls häufig unter der Nachweisgrenze. Nur in oberirdischen Stationen konnten in einigen Fällen Spitzenwerte von bis zu 0,2 V/m gemessen werden.

Die Feldstärken von Mobilfunkbasisstationen im Bereich von U-Bahn-Stationen zeichneten sich generell durch hohe Dynamik und rasche Änderungen aus. Im Rahmen dieser Untersuchungen lieferten diese im Mittel die höchsten Werte: Bei DCS1800-Stationen lag der Mittelwert der Feldstärke über 1 V/m, bei GSM900 über 0,5 V/m. Da Spitzenwerte von 5 V/m, die die obere Messgrenze des Dosimeters darstellen, bei U-Bahn-Fahrten und vor allem beim Aufenthalt in Stationen sehr oft erreicht werden, lag die Frage nahe, wie hoch die Exposition im zugänglichen Bereich tatsächlich ist. Aus diesem Grund wurden zusätzlich noch einige Stationen mit einer Breitbandsonde untersucht, deren Dynamikbereich die Erfassung wesentlich höherer Pegel erlaubt. Allerdings ist es nicht möglich, zwischen den Beiträgen in unterschiedlichen Bändern zu unterscheiden. Zum Beispiel wurden in einer unterirdischen Station im Rahmen dieser ergänzenden Untersuchungen Feldstärkewerte von über 20 V/m am Bahnsteig gemessen, es kann aber natürlich nicht ausgeschlossen werden, dass auch Uplink-Signale zu diesem Summensignal wesentlich beitragen. Eine endgültige Klärung muss durch frequenzselektive Messungen mit Messgeräten mit ausreichender Dynamik erfolgen.

### Einkaufs- und Kinozentren

Da im Rahmen von Voruntersuchungen auch generell eine Erhöhung der Feldstärkewerte in mehreren Bereichen festgestellt wurde, wo sich regelmässig viele Leute aufhalten, legten wir daraufhin einen weiteren Schwerpunkt der Messungen auf Einkaufs- und Kinozentren, auf Einkaufsstrassen, Bahnhöfe und ähnliche, öffentlich zugängliche Bereiche.

Messungen wurden durchgeführt am Westbahnhof, Südbahnhof, in der Mariahilferstrasse in Wien VI, in der Shopping City Süd, am Flughafen Wien Schwechat und am Stephansplatz in Wien I.

Bei diesen Szenarien ergab sich im Mittel die zweithöchste Exposition durch elektromagnetische Hochfrequenzfelder von Basisstationen. Die Mittelwerte aller über der Zeit gemittelten Feldstärken in den untersuchten Szenarien lagen für GSM900-Basisstationen bei 0,21 V/m und für DCS1800 bei 0,29 V/m. Der oft beobachtete Trend, dass im städtischen Bereich DCS1800 höhere Downlink-Werte aufweist als GSM900, zeigte sich auch hier. Die UMTS-Downlink-Pegel waren auch in diesem Fall im Vergleich zu GSM-Downlink-Pegeln wesentlich geringer und meist im Bereich der Nachweisgrenze oder darunter. Ausnahmen waren neben U-Bahn-Stationen und innerstädtischen Fusswegen auch Einkaufszentren (höchster gemessener UMTS-Downlink-Mittelwert 0,18 V/m). In Gebäuden mit Indoor-Versorgung (Pico-Zellen) kann es daher ebenfalls zu etwas höheren Expositionen kommen.

### Weitere untersuchte Szenarien

Als weitere potentielle Situationen mit erhöhter Exposition wurden folgende Szenarien untersucht: Autobahnen, Dachterrassen im städtischen Gebiet, Umgebung von Rundfunksendern, Zugfahrten. Messungen lieferten für eine Dachterrasse DCS1800-Downlink-Mittelwerte von 0,4 V/m; dies liegt in der gleichen Grössenordnung wie die elektrischen Feldstärken in U-Bahn-Stationen und auf belebten Plätzen. In benachbarten, geschlossenen Räumen (Dachgeschosswohnung), ist die Exposition deutlich niedriger. Diese Ergebnisse müssen allerdings durch weitere Untersuchungen untermauert werden.

Eine sehr ähnliche Situation wie beim Aufenthalt auf Dachterrassen ist generell beim Aufenthalt im Freien im städtischen Gebiet gegeben, in diesem Fall wurden ebenfalls maximale Mittelwerte von mehr als 0,50 V/m gemessen. Über viele verschiedene Fusswege gemittelt, ergibt sich ein Wert von 0,18 V/m für DCS900 und 0,20 V/m für DCS1800 beim Downlink. UMTS lag wiederum deutlich darunter.

Der Aufenthalt in geschlossenen Gebäuden (Wohnungen, Häuser, Geschäfte usw.) ist hingegen oftmals ein Indiz für vergleichsweise geringe Exposition gegenüber Feldern von Basisstationen und Rundfunksendern. Sehr viele Werte liegen unterhalb der Nachweisgrenze von 0,05 V/m. Generell konnte der Trend festgestellt werden, dass geringe Feldstärkewerte von Basisstationen oftmals auf erhöhte Werte des eigenen Mobiltelefons hinweisen.

Das gleiche Bild ergab sich auch für Bahnfahrten. Die Feldstärke von Basisstationen lag in Zügen generell in der Nähe der unteren Messgrenze, wogegen die Uplink-Werte beim Betreten eines Zuges oftmals deutlich zunehmen. Im Gegensatz zu permanent vorhandenen Feldern von Basisstationen liegen die Uplink-Felder der mobilen Endgeräte oftmals nur bei aktiver Benutzung und beim Weiterreichen des Gesprächs mit dem Mobiltelefon von einer Funkzelle zu einer anderen (Handover) zwischen einzelnen Mobilfunkzellen wesentlich über der Nachweisgrenze. Bei solchen Handovers ergeben sich allerdings auf Grund der schlechten Empfangsbedingungen mit den beiden am Handover beteiligten Basisstationen in der Regel relativ hohe Spitzenwerte der Feldstärke, die jedoch wegen der schnellen Anpassung der Sendeleistung bei den Mittelwerten kaum ins Gewicht fallen. Bei allen Messungen mit starker Standortveränderung (U-Bahn, Auto, Zug

usw.) konnten regelmässig solche kurzen Spitzenwerte von 5 V/m gemessen werden.

Die erwartete höhere Exposition auf Autobahnen wurde nur zum Teil bestätigt. Generell zeigte sich ein typisches, gut ausgeprägtes Stadt-Land-Gefälle. Die höchsten Downlink-Werte für Autofahrten wurden auf Stadtautobahnen (z.B. Süd-Ost-Tangente Wien, DCS1800-Mittelwert > 0,16 V/m und GSM900 > 0,15 V/m) und im innerstädtischen Bereich gemessen. Bei Autofahrten im ländlichen Bereich lagen die Feldstärkewerte meistens unter der Nachweisgrenze. Eine allgemein wesentlich höhere Exposition auf Autobahnen wurde nicht festgestellt.

Dass nicht nur Felder von Mobilfunkbasisstationen und Handys einen wesentlichen Beitrag zur Gesamtexposition liefern können, zeigte sich erwartungsgemäss im Rahmen von Messungen in der Nähe von Rundfunksendern. Hierbei ergaben sich je nach Distanz zum Sender Spitzenwerte von bis zu 5 V/m im UKW-Bereich (Mittelwerte bis zu 3 V/m) und Spitzenwerte von 3,5 V/m im TV-Band (Mittelwerte bis zu 0,68 V/m). Diese wurden allerdings nur direkt unter dem Sender Kahlenberg bzw. in der Nähe (einige hundert Meter zum Sender) gemessen. Generell konnte bei diesen Messungen festgestellt werden, dass erhöhte Feldstärken innerhalb einer Entfernung

## Einfluss des Mobiltelefons des Probanden

*Im Folgenden werden die untersuchten Szenarien für die Uplink-Vergleiche beschrieben.*

### *Szenario 1: «Zugfahrt ÖBB Südbahn»*

Es wurde in Zügen der ÖBB auf einem ca. 50 km langen Abschnitt der Südbahn zwischen Wiener Neustadt und Wien Südbahnhof gemessen. In den Uplink-Frequenzbereichen war es interessant zu beobachten, dass die gemessenen Durchschnittswerte durch das eigene Mobiltelefon nur leicht erhöht wurden. Die Mittelwerte änderten sich bei eingeschaltetem eigenem Mobiltelefon von 0,30 V/m nur marginal auf 0,31 V/m im GSM900-Bereich und von 0,16 V/m auf 0,21 V/m im DCS1800-Bereich. Sowohl mit, als auch ohne eigenes Mobiltelefon traten im GSM900-Bereich Feldstärken im Bereich der Messbereichsendwerte von 5 V/m auf. Im DCS1800-Frequenzband wurden 5-V/m-Spitzen jedoch nur bei eingeschaltetem eigenem Mobiltelefon gemessen. Im UMTS-Bereich wurden keine Uplink-Aktivitäten beobachtet.

### *Szenario 2: «Autobahnfahrten»*

Hierfür wurden ca. 280 Autobahnkilometer ausgewertet. Es zeigte sich, dass auf denselben Strecken die Downlink-Durchschnitts- und auch die -Spitzenwerte sehr gut übereinstimmen. Im Uplink zeigte sich eine Ähnlichkeit zu Autofahrten im Ortsgebiet oder auf Überlandstrassen. Ohne Mobiltelefon waren die Uplink-Werte minimal, der höchste gemessene Wert trat hier im GSM900-Bereich auf und lag bei 0,14 V/m. Mit eingeschaltetem Mobiltelefon traten wiederum nur im GSM900-Bereich Spitzen von 5-V/m auf. Dadurch lag auch der Mittelwert etwas höher, nämlich bei 0,08 V/m, während die Uplink-Mittelwerte ohne eigenes Mobiltelefon alle bei der Nachweisgrenze von 0,05 V/m lagen.

von ca. < 1,5 km beim leistungsstarken Kahlenberg-sender und bei wesentlich geringerer Distanz bei schwächeren Sendern sowie bei Sichtverbindung auftreten. In allen anderen untersuchten Fällen waren die Downlink- und Uplink-Werte von GSM900 und DCS1800 deutlich dominanter als TV- und UKW-Sendesignale, wobei auch in diesem Fall die vergleichsweise geringe Anzahl an Untersuchungen keine Verallgemeinerung erlaubt.

### Diskussion der exposimetrischen Messergebnisse

Bei der Interpretation der Messergebnisse muss berücksichtigt werden, dass der Messbereich des Exposimeters von 0,05 V/m bis 5 V/m Einschränkungen mit sich bringt. Für äquivalente Feldstärken unter 0,05 V/m zeichnet das Dosimeter immer den Wert 0,05 V/m auf. Daher lässt sich in diesen Fällen keine Aussage über den tatsächlichen Wert der Feldstärke treffen, es ist jeder Wert zwischen 0 und 0,05 V/m möglich. Das Messergebnis des Exposimeters muss also für Szenarien mit einem Mittelwert nahe der unteren Messgrenze in jedem Fall als «Worst Case»-Abschätzung betrachtet werden. In Szenarien mit höheren Feldstärken fällt dieser Fehler jedoch viel weniger ins Gewicht, da bei den Zeitverläufen solcher Szenarien die Feldstärke nur selten an der unteren Messgrenze liegt. Die obere Messgrenze von 5 V/m wurde z.B. sehr

oft bei U-Bahn-Fahrten und in der Nähe von belebten Plätzen erreicht, es werden die Szenarien mit Feldstärkewerten grösser als 5 V/m unterbewertet. Doch auch die Uplink-Werte von Szenarien mit niedrigen Mittelwerten können von diesem Effekt beeinflusst werden. Im Rahmen von Handovers zwischen Zellen wurden sehr oft kurzfristige Werte von 5 V/m erreicht. Dieser Fehler wirkt sich daher vor allem bei Szenarien mit schneller Standortänderung wie Autofahrten aus. Auf Grund der kurzen Dauer solcher Handovers ist der Einfluss dieses Effektes als eher gering einzuschätzen.

Weiter muss bei allen Messungen berücksichtigt werden, dass die Position des Exposimeters die Messwerte auch beeinflussen kann. Trägt man das Exposimeter am Körper, so wird durch die dielektrischen Eigenschaften des Körpers die Feldverteilung in der Nähe des Messgerätes verändert. Legt man das Exposimeter neben sich in eine Tasche, so muss darauf geachtet werden, dass sämtliche Gegenstände, die sich neben dem Exposimeter in der Tasche befinden, die Feldverteilung ebenfalls stark verändern können. Bei allen von uns durchgeführten Messungen wurde speziell darauf geachtet, dass das Exposimeter möglichst unbeeinflusst im Hinblick auf die Feldverteilung in einem Rucksack getragen wurde und sich keine metallischen Gegenstände in unmittelbarer Nähe befanden. Bei unseren Messungen wurde das Exposimeter nie am Gürtel getragen.

#### Szenario 3: «Autofahrten auf Landstrassen und im Ortsgebiet»

Insgesamt wurden dazu Messungen von Autofahrten mit einer Gesamtlänge von 250 km ausgewertet. Bei GSM900 wurde bei Mittelung aller Messreihen, die mit eingeschaltetem Mobiltelefon bestimmt wurden, ein Durchschnittswert von 0,08 V/m im Uplink erreicht. Im Vergleich dazu lag der Durchschnittswert ohne eigenes Mobiltelefon bei der unteren Messbereichsgrenze von 0,05 V/m. Im DCS1800-Bereich wurden sowohl mit als auch ohne eigenes Mobiltelefon im Durchschnitt 0,05 V/m gemessen. Es liegt daher die Vermutung nahe, dass bei diesem Szenario das Mobiltelefon eher zu GSM900-Zellen Kontakt hatte. Die Spitzenwerte lagen bei GSM900 bei 5 V/m (ohne Mobiltelefon bei 0,37 V/m), 0,24 V/m wurden bei DCS1800 (ohne eigenes Mobiltelefon 0,09 V/m) gemessen.

#### Szenario 4: «Fusswege innerstädtisch»

Die Messreihen zu diesem Szenario wurden in den Fussgängerzonen von Wien und in der Wiener Neustadt aufgezeichnet. Im Uplink-Bereich zeichnete sich kein eindeutiges Bild ab. Die Mittelwerte lagen in jedem Frequenzbereich nahe der unteren Messbereichsgrenze. Weiter wurde der Maximalwert im GSM900-Bereich mit 1,66 V/m gemessen, jedoch ohne dass das eigene Telefon eingeschaltet war.

#### Szenario 5: «Arbeitsplatz Büro»

Im Uplink zeigten nur Messreihen mit eigenem Mobiltelefon Spitzen von 5 V/m während ohne eigenes Mobiltelefon maximal 1,42 V/m gemessen wurden. Die Durchschnittswerte lagen wiederum nur geringfügig auseinander.

Die Messgenauigkeit, die Isotropie und der Frequenzgang des Expositometers DSP090 wurden im Rahmen von Voruntersuchungen untersucht. Dabei wurde festgestellt, dass das Expositometer ein deutliches Übersprechen vom GSM-Uplink-Band zum TV4&5-Band aufweist. Bei Sinussignalen wurde dabei ein Übersprechen von bis zu 75% des elektrischen Feldstärkewertes ermittelt. Daher muss bei Messungen von TV4&5-Band-Signalen in jedem Fall sichergestellt sein, dass GSM-Uplink-Signale sehr viel kleiner als TV4&5-Band-Signale sind (d.h. eigenes Handy abschalten). In den meisten Fällen (ausgenommen in der Nähe zu TV-Sendern) war jedoch die Feldstärke der GSM-Uplink-Signale deutlich höher als jene der TV4&5-Signale. Weiter lassen sich diese beiden Signale bei der Interpretation der Messergebnisse sehr leicht voneinander unterscheiden, da GSM-Uplink-Signale üblicherweise eine höhere Dynamik als TV4&5-Signale aufweisen.

Die erwähnte höhere Exposition auf Dachterrassen lässt sich dadurch erklären, dass viele Basisstationsantennen im städtischen Gebiet auf Dächern montiert sind und sich daher für den Aufenthalt auf Dachterrassen sehr oft eine Sichtverbindung und eine geringe Entfernung zu Basisstationen ergeben kann, wodurch eine durchschnittlich höhere Exposition erwartet werden kann. Die Ergebnisse von frequenzselektiven Spotmessungen, die im Rahmen anderer Projekte durchgeführt wurden, unterstützen die Vermutung, dass zum Beispiel Outdoor auf Terrassen mit höherer Exposition zu rechnen ist (z.B. Neubauer et al., 2001).

Bezogen auf das Tragen eines eingeschalteten Mobiltelefons kann gesagt werden, dass diese Tatsache noch nicht automatisch eine erhöhte gemessene Durchschnittsexposition ergibt. Hier ist das eigene Mobiltelefon als eine Quelle unter möglicherweise vielen anderen zu betrachten (z.B. wenn viele Personen in unmittelbarer Nähe telefonieren).

Zu den Spitzenwerten kann bemerkt werden, dass bei Szenarien mit grösserem Abstand zu anderen Personen, wie sie naturgemäss z.B. beim Autofahren auftreten, hohe Uplink-Werte üblicherweise nur vom eigenen Mobiltelefon kommen können, während in Menschenansammlungen, wie z.B. in vollbesetzten Zügen, durchaus auch ohne eigenes Mobiltelefon die gemessene individuelle Feldstärke Werte von 5 V/m übersteigen kann.

Abschliessend ist festzustellen, dass es sich streng genommen bei den erhobenen Messwerten um nahe

beim Körper gemessene Feldstärken handelt, aber nicht um die Exposition. Im Rahmen von weiteren Untersuchungen ist zu ermitteln, in welchem genauen Zusammenhang die im Körper auftretenden Feldstärken mit den mit dem Expositometer erfassten Werten stehen.

### Sponsoren und Partner

Die Machbarkeitsstudie wurde von der Forschungsstiftung Mobilkommunikation, dem Schweizer Bundesamt für Umwelt (BAFU) sowie dem Schweizer Bundesamt für Gesundheit finanziert. Dieses Projekt wurde von Seibersdorf research geleitet, Projektpartner waren die Universität Bern, die Universität Mainz, die Universität Chalmers, UCLA, das Karolinska Institut, IT IS und France Telecom R & D.

Die Untersuchungen der individuellen Exposition wurden von Seibersdorf research durchgeführt, das Expositometer wurde dankenswerterweise von France Telecom R & D zur Verfügung gestellt und der im Rahmen der Untersuchung verwendete Fragebogen von der Universität Bern.

### Literaturverzeichnis

- ANFR. 2004. PROTOCOLE DE MESURE IN SITU, Visant à vérifier pour les stations émettrices fixes, le respect des limitations, en terme de niveaux de référence, de l'exposition du public aux champs électromagnétiques prévues par le décret n° 2002-775 du 3 mai 2002. Agence Nationale des Fréquences, Edition 2004.
- Bakom 2002. Coray R, Krähenbühl P, Riederer M, Stoll D, Neubauer G, Szentkuti, B. NIS – Immissionen in Salzburg, Study of the Swiss Federal Office for Communication, February, 2002.
- Bernardi P, Cavagnaro M, Pisa S, Piuze E. 2002. Evaluation of human exposure in the vicinity of a base-station antenna using the multiple-region/FDTD hybrid method Microwave Symposium Digest, 2002 IEEE MTT-S International, Volume: 3, 2-7 June 2002. Pages: 1747-1750.
- Bornkessel C, Schubert M. 2004. Entwicklung von Mess- und Berechnungsverfahren zur Ermittlung der Exposition der Bevölkerung durch elektromagnetische Felder in der Umgebung von Mobilfunk-Basisstationen. Zwischenbericht «Analyse der Immissionsverteilung», IMST GmbH, July 2004.
- Dale C, Wiart J. 2004. Exposure comparison between a mobile phone and a base station at 900 MHz, 1800 MHz and 2100 MHz. 26th annual meeting, Washington, DC. June 20-24, 2004, Bioelectromagnetics Society.

- Danestig J. 2004. Analysis of RF exposure from radio base station antennas in operating environments. Department of Electromagnetics. Chalmers University of Technology, Göteborg, Sweden.
- Haider H, Kriz A, Müllner W. 2002. Frequenzselektive Analyse des Isotropieverhaltens und der Messunsicherheit für das Feldstärke- Messverfahren Add3D. EMV 2002, 10. Internationale Fachmesse und Kongress für Elektromagnetische Verträglichkeit, 9.–11. April 2002, Düsseldorf.
- Hashemi H. 1993. The Indoor Radio Propagation Channel. Proceedings of the IEEE, Vol. 81, pp. 943–968, July 1993.
- Kaltenbach R. 1998. Statistical Distribution of Path Interarrival times in Indoor Environment. RF Dep. University of Kassel, IEEE 1998, VTC, pp. 548–551
- Lautru D, Wiart J, Tabbara W, Mittra R. 2000. A MoMTD/FDTD hybrid method to calculate the SAR induced by a base station antenna. Antennas and Propagation Society International Symposium, 2000. IEEE, Volume: 2, 16–21 July 2000. Pages: 757–760, vol. 2.
- Le Pennec F. 2001. Analyse de champ proche et de couverture radioélectrique, September 2001, École Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne, Département Microondes.
- Mann SM, Cooper TG, Allen SG, Blackwell RP, Lowe AJ. 2000. Exposure to radio waves near mobile phone base stations, NRPB – R321, www.nrbp.org.uk, National Radiological Protection Board, 2000.
- Mann, S.: Laboratory & Volunteer Trials of an RF Personal Dosimeter, WHO Workshop: Base Stations & Wireless Networks: Exposures and Health Consequences, 15–17 June, 2005, Geneva, [http://www.who.int/entity/peh-emf/meetings/archive/mann\\_bsw.pdf](http://www.who.int/entity/peh-emf/meetings/archive/mann_bsw.pdf)
- Nakagami M. 1960. The m-distribution – A General Formula of Intensity Distribution of Rapid Fading. In W.G Hoffman, Statistical Methods in Radio Wave Propagation, Pergamon, 1960.
- Neubauer G, Bergqvist U, Hamnerius Y, Martens L, Thuroczy G, Vogel E, Wiart J, Friedrich G. Exposure next to GSM base stations in several countries in Europe, Proceeding of the 5th International Congress of the European BioElectromagnetics Association (EBEA), 6.-8.9.2001 Helsinki, p. 118–119, 2001.
- Neubauer G, Haider H, Lamedschwandner K, Riederer M, Coray R. 2003. Measurement methods and legal requirements for exposure assessment next to GSM Base stations, International Zurich Symposium on EMC, Proceeding Book, 27 F1, pp 143–148, February 2003.
- Neubauer, G.: Dosimetrie in der Mobilkommunikation: Die Exposition der Bevölkerung und Probleme bei deren Ermittlung, Dissertation, Inst. für Techn. Physik, TU Graz, 2003.
- Neubauer G., Röösl M., Feychting M., Hamnerius Y., Kheifets L., Kuster N., Ruiz I., Schüz J., Überbacher R., Wiart J. Study on the Feasibility of Epidemiological Studies on Health Effects of Mobile Telephone Base Stations - Final Report, ARC Report ARC – IT – 0124, [http://www.mobile-research.ethz.ch/var/pub\\_neubauer\\_pref14.pdf](http://www.mobile-research.ethz.ch/var/pub_neubauer_pref14.pdf).
- Neubauer G., Röösl M., Feychting M., Hamnerius Y., Kheifets L., Kuster N., Ruiz I., Schüz J., Überbacher R., Wiart J.: Study on the Feasibility of Future Epidemiological Studies on Health Effects of Mobile Telephone Base Stations: Dosimetric Criteria for an Epidemiological Base Station Study, WHO Workshop: Base Stations and Wireless Networks: Exposures and Health Consequences, 15–17 June, 2005, Geneva, [http://www.who.int/entity/peh\\_mf/meetings/archive/mann\\_bsw.pdf](http://www.who.int/entity/peh_mf/meetings/archive/mann_bsw.pdf).
- Olsson M. 2004. Impacts of Meteorological Conditions on Field Propagation in the Frequency Range 0.8-3 GHz. Master Thesis, Department of Electromagnetics, Chalmers University of Technology, Gothenburg, Sweden.
- Parsons JD. 2000. The Mobile Radio Propagation Channel. John Wiley & Sons LTD, Chichester – New York – Weinheim – Brisbane – Singapore – Toronto, Second Edition.
- Pätzold M. 1999. Mobilfunkkanäle – Modellierung, Analyse und Simulation, Vieweg Verlag, Braunschweig/Wiesbaden.
- Ramsdale PA, Wiener A. 1999. Cellular phone base stations: Technology and Exposures, Radiation Protection Dosimetry, Vol. 83, Nos 1–2, pp 125–130, 1999.
- Röösl M, Wanner M, Braun-Fahrlander C. 2002a. Comparison of measurements and calculations of electromagnetic radiation from GSM mobile phone base stations. Epidemiology 13, S196.
- Rousseau PR, Burkholder RJ. 1995. A hybrid approach for calculating the scattering from obstacles within large, open cavities. Antennas and Propagation, IEEE Transactions on, Volume: 43, Issue: 10, Oct. 1995, Pages: 1068–1075.
- Schüz J, Mann S. 2000. A discussion of potential exposure metrics for use in epidemiological studies on human exposure to radio waves from mobile phone base stations. Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology 10, 600–605.
- Tjhung TT, Chai CC. 1999. Fade statistics in Nakagami-lognormal channels. Communications, IEEE Transactions on, Volume: 47, Issue: 12, Dec. 1999 Pages: 1769–1772.
- Uddmar T, Hamnerius Y. RF Exposure from Wireless Communication, Master Thesis in Electrical Engineering, Chalmers University of Technology, Department of Electromagnetics, Göteborg, 1999.

Uni Bremen 2001: Gutachten zur EMVU-Belastung durch das WLAN; Universität Bremen, Arbeitsgruppe WLAN-Infrastruktur, Postfach 33 04 40, 28334 Bremen; [www.dmn.tzi.org/wlan/wlan-emvu-gutachten-bremen.pdf](http://www.dmn.tzi.org/wlan/wlan-emvu-gutachten-bremen.pdf).

Wanner M. 2001. Hochfrequenzstrahlung und Mobilfunkbasisstationen. Thesis. Basel.

Wart, J. Personal RF Exposure Assessment, WHO Workshop: Base Stations & Wireless Networks: Exposures and Health Consequences, 15–17 June, 2005, Geneva, [http://www.who.int/entity/peh-emf/meetings/archive/mann\\_bsw.pdf](http://www.who.int/entity/peh-emf/meetings/archive/mann_bsw.pdf).

Wölfle G, Bevot C, Hahn M, Landsdorfer FM. 1998a. Berechnung der Empfangsfeldstärke in Gebäuden mit empirischen, neuronalen und strahlenoptischen Prognosemodellen. ITG Workshop Wellenausbreitung bei Funksystemen und Mikrowellensystemen. DLR Wessling Mai 1998, S.109-115, <http://www.ihf.uni-stuttgart.de>.

Yee KS. 1966. Numerical Solution of Initial Boundary Value Problems Involving Maxwell's Equations in Isotropic Media. IEEE Trans. Ant. & Prop., Vol. 14, 1966.

## Messtechnische Details zur Bestimmung der Expositionsszenarien

### Untersuchungen unterschiedlicher Expositionsszenarien

Für die Realisierung dieser Aufgabe wurde das Expositor von Antennessa DSP090 verwendet. Dieses Dosimeter zeichnet die äquivalente elektrische Feldstärke in V/m während eines bestimmten Zeitraums. Es wird zwischen neun verschiedenen Frequenzbereichen, die in der nachfolgenden Tabelle angeführt sind, unterschieden. Die kleinste einstellbare Dauer eines Messzyklus beträgt drei Sekunden, womit eine gesamte Messdauer von ca. fünf Stunden erreicht werden kann. Dies entspricht einer Datenmenge von ca. 63 000 Messwerten. Durch eine Verlängerung des Messzyklus können entsprechend längere Zeitintervalle untersucht werden, limitierend wirkt unter anderem die Speicherkapazität des Akkus des Expositors, laut Herstellerangaben ist ein Einsatz über sieben Tage möglich.

Der Messbereich des Dosimeters reicht von 0,05 V/m bis 5 V/m.

### Frequenzbänder des eingesetzten Expositors

Frequenzband	Frequenzbereich [MHz]
FM	88–108
TV3	174–223
TV4&5	470–830
GSM900–Uplink	876–915
GSM900–Downlink	935–960
DCS1800–Uplink	1 710–1 785
DCS1800–Downlink	1 805–1 880
UMTS–Uplink	1 920–1 980
UMTS–Downlink	2 110–2 170

### Der Einfluss des eigenen Mobiltelefons

Wie bereits erwähnt, war es ein weiteres Ziel der Untersuchungen, herauszufinden, ob in realen Expositionssituationen mit dem verwendeten Expositor ein Unterschied in der Gesamtexposition durch Uplink-Signale infolge des eingeschalteten eigenen Mobiltelefons zu beobachten ist.

Die Identifikation des Expositionsanteils infolge des eigenen Mobiltelefons erfordert den Einsatz von frequenzselektivem Equipment. Das verwendete Expositor unterscheidet Frequenzbänder im Up- und Downlink-Bereich (z.B. GSM900, DCS1800 und UMTS), kann jedoch nicht zwischen Signalen innerhalb des gleichen Frequenzbandes unterscheiden. Es ist zum Beispiel nicht möglich, zwischen den Beiträgen von zwei unterschiedlichen im GSM900-Band betriebenen Mobiltelefonen zu unterscheiden. Um die Uplink-Aktivitäten von fremdem und eigenem Handy zu unterscheiden, wurde daher der im Folgenden beschriebene Ansatz verfolgt.

Zuerst wurde das Mobiltelefon mit Hilfe eines Styroporblocks in einem definiertem Abstand von neun Zentimetern zum Expositor befestigt, um so über alle Messreihen einen konstanten Abstand zwischen Mobiltelefon und Expositor sicherzustellen. Wesentlich war es auch, die eigenen Mobiltelefonate möglichst genau in einem Zeitprotokoll aufzuzeichnen. Bei der Auswertung wurden entsprechend diesen Aufzeichnungen die Perioden der aktiven Benützung ausgeklammert, um eine Beeinflussung der Messergebnisse durch den Probanden weitgehend zu vermeiden. Durch die eigenen Telefonate könnte sonst der Mittelwert der Feldstärke wesentlich je nach Verhältnis von Gesprächsdauer zur gesamten Messdauer und in

Abhängigkeit von den vorherrschenden Empfangsbedingungen beeinflusst werden.

Im nächsten Schritt wurden nun verschiedene Szenarien definiert, wie zum Beispiel Zugfahrten, Autobahnfahrten, Überlandautofahrten, Fusswege oder der Aufenthalt am Arbeitsplatz bzw. im Wohnraum. Diese Szenarien wurden mehrfach mit und ohne eigenes Mobiltelefon «durchlaufen» und vom Exposimeter aufgezeichnet. Insgesamt wurden Messungen über 50 Stunden ausgewertet. Durch die Intervalllänge von drei Sekunden zwischen zwei Messungen entspricht dies insgesamt über einer halben Million Messwerten. Wie oben angedeutet, war es wesentlich, möglichst exakt dieselben Strecken mit und auch ohne eigenes Mobiltelefon zu begehen und dann die Werte innerhalb eines Szenarios zu vergleichen.

### Die Autoren

Die Austrian Research Centers (ARC) sind die grösste ausseruniversitäre Forschungsorganisation Österreichs mit Sitz in Wien und Forschungsstandorten im In- und Ausland. Mit ca. 600 Mitarbeitenden ist die ARC Seibersdorf research GmbH das grösste Forschungs- und Entwicklungsunternehmen der ARC-Gruppe.

Dr. sc. tech. Georg Neubauer ist Diplomingenieur und stellvertretender Leiter des Geschäftsfeldes Mobile Communications Safety.

### Koordinaten

ARC Seibersdorf research GmbH  
 A-2444 Seibersdorf  
 Tel. +43 50 550 28 07  
 Fax +43 50 550 28 13  
 E-Mail: Georg.neubauer@arcs.ac.at

### Impressum

#### Auflage

2500

#### Herausgeber und Redaktion

Forum Mobil, Kramgasse 16, 3011 Bern

#### Layout und Produktion

freicom AG, Zürich/St.Gallen

#### Druck

Ostschweiz Druck, Wittenbach

Das Forum der Mobilkommunikation Schweiz (Forum Mobil) ist ein von der Schweizer Mobilfunkbranche gegründeter Verein mit dem Ziel, Fakten rund um den Mobilfunk sachlich aufzuarbeiten und bereitzustellen. Das Forum Mobil ist Schnittstelle zwischen allen Dialogpartnern und wirkt als Plattform für wichtige Fragen rund um Mobilfunk und mobile Kommunikation. Es publiziert fundierte Argumente, Fakten und Informationsunterlagen, nutzt Seminare, Expertenhearings und Informationsveranstaltungen und bietet verschiedenen Partnern einen Informationsservice.

«frequentia» ist in Deutsch, Französisch und Englisch (nur online als pdf) erhältlich.

Bestellungen richten Sie an:

Forum Mobil  
 Kramgasse 16  
 CH-3011 Bern  
 Tel. +41 (0)31 312 09 18  
 Fax +41 (0)31 312 09 20

oder via E-Mail an: [info@forummobil.ch](mailto:info@forummobil.ch)

Weiterführende Informationen zu Mobilfunk und Umwelt sind auch im Internet verfügbar:  
[www.forummobil.ch](http://www.forummobil.ch)

# Bestellung von frequentia-Ausgaben

Von jeder Ausgabe der Faktenblattreihe «frequentia» können frühere Exemplare per Mail, Telefon oder Fax nachbestellt werden (die englische Version ist nur als pdf-Dokument verfügbar). Bitte die gewünschten Exemplare und Sprachen ankreuzen.

- |  |   |
|--|---|
| <input type="checkbox"/> Juni 2005, frequentia 5<br><b>Das REFLEX-Projekt (2000–2004)</b><br>Biologische Effekte von elektromagnetischen Feldern.<br><i>Alexander Pilger, Hugo W. Rüdiger, Klinische Abteilung für Arbeitsmedizin,<br/>Medizinische Universität Wien</i>   | <input type="checkbox"/> deutsch<br><input type="checkbox"/> französisch<br><input type="checkbox"/> englisch |
| <input type="checkbox"/> Mai 2005, frequentia 4<br><b>Wissenschaftlicher Beirat Funk gegründet</b><br>Wissenschaftlergremium in Österreich bringt Sachlichkeit in die Diskussion.<br><i>Dr. Norbert Vana, Physiker, Vorsitzender des Wissenschaftlichen Beirates Funk</i>  | <input type="checkbox"/> deutsch<br><input type="checkbox"/> französisch<br><input type="checkbox"/> englisch |
| <input type="checkbox"/> Februar 2005, frequentia 3<br><b>Mobilfunk und Krebs</b><br>Karzinogenese, Krebsrisiko, Tumore im Kopfbereich, epidemiologische Studie,<br>Tierexperimente, zytologische und zytogenetische Untersuchungen in vitro.<br><i>Jiri Silny, Forschungszentrum für Elektro-Magnetische Umweltverträglichkeit (femu),<br/>Universitätsklinikum der Rheinisch-Westfälischen Technischen Hochschule Aachen</i> | <input type="checkbox"/> deutsch<br><input type="checkbox"/> französisch<br><input type="checkbox"/> englisch |
| <input type="checkbox"/> November 2004, frequentia 2<br><b>Das Phänomen der Elektrosensibilität/Elektrosensivität in der<br/>hausärztlichen Praxis.</b><br>Ein Überblick über den gegenwärtigen Forschungsstand.<br><i>Jörg Reissenweber, Andreas Wojtysiak und Eduard David, Zentrum für Elektro-<br/>pathologie, Universität Witten/Herdecke</i>   | <input type="checkbox"/> deutsch<br><input type="checkbox"/> französisch<br><input type="checkbox"/> englisch |
| <input type="checkbox"/> September 2004, frequentia 1<br><b>Gesundheitsrisiko der Mobilfunkstrahlung – Ein Überblick über den<br/>naturwissenschaftlich-medizinischen Kenntnisstand.</b><br>Hirntumor, Leukämie, Hirnphysiologie, kognitive Prozesse, epidemiologische<br>Studien, experimentelle Humanstudien.<br><i>Martin Röösli, Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Bern</i>                                       | <input type="checkbox"/> deutsch<br><input type="checkbox"/> französisch<br><input type="checkbox"/> englisch |

Titel \_\_\_\_\_

Vorname/Name \_\_\_\_\_

Spital/Praxis \_\_\_\_\_

Strasse/Nr. \_\_\_\_\_

PLZ/Ort \_\_\_\_\_

Telefon \_\_\_\_\_

E-Mail \_\_\_\_\_