

# Sicherheit auf dem Dach: FGF-Studie zur Absorption bei Arbeiten in der Nähe von Sendeantennen

Frank Schönborn



**Auf zahlreichen Dächern und Masten senden Funkantennen. Arbeitsschutzgrenzwerte schützen die Arbeitnehmer beim Aufenthalt in der Nähe dieser Antennen. Mit modernen Simulationsmethoden und aufwändigen Körpermodellen kann die dabei auftretende Verteilung der Funkwellen im Körper detailliert untersucht werden. Die Forschungsstiftung IT'IS in Zürich hat im Auftrag der FGF ermittelt, von welchen Einflussgrößen die Absorption im Körper abhängt. Die Ergebnisse verbessern die Methoden für die Ermittlung von Sicherheitsbereichen um die Antennen.**

## Grenzwerte für beruflich exponierte Personen

Nicht nur Angestellte der Funkbetreiber sondern auch andere Arbeitnehmer halten sich beruflich in der Nähe von Antennen auf – beispielsweise bei Wartungsarbeiten auf Dächern. In der EU gelten dabei einheitliche Grenzwerte für den Arbeitsschutz [1]: Die Spezifische Absorptionsrate darf für den gesamten Körper nicht höher sein als 0,4 Watt je Kilogramm. Zusätzlich gelten Grenzwerte von 10 W/kg für die lokale Absorption in Kopf und Rumpf sowie 20 W/kg für Arme und Beine.

Um die Einhaltung der Grenzwerte sicherzustellen, müssen bei Arbeiten in der Nähe der Antennen ausreichende Sicherheitsabstände beachtet werden. So schreibt beispielsweise in Deutschland die Berufsgenossenschaftliche Regel B 11 [2] einen quaderförmigen Sicherheitsbereich um typische Mobilfunkantennen vor (siehe Abb. 2). Die Größe des Quaders hängt unter anderem von der Sendeleistung der Antenne ab.

◀ *Abb. 1: In vielen Berufen sind Arbeiten in der Nähe von Funkantennen üblich. Für den Arbeitsschutz gelten dabei eigene Grenzwerte.*

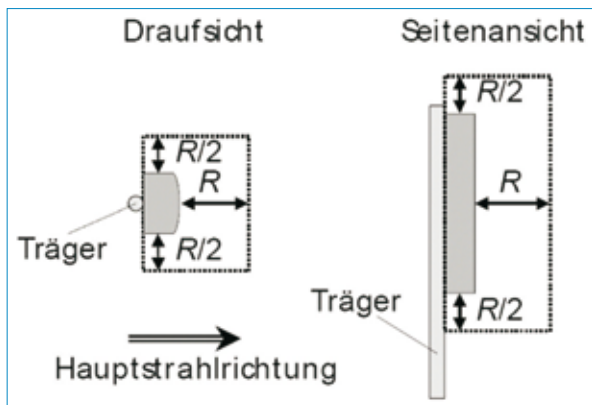


Abb. 2: Quaderförmiger Sicherheitsbereich um eine typische Mobilfunkantenne entsprechend der Arbeitsschutzvorschriften der Berufsgenossenschaftlichen Regel B11 [2]. Die Größe des Quaders muss für jede Antenne ermittelt werden.

## Ziel der Studie

Ziel der Studie war, das Wissen um die Abhängigkeit der Absorption von verschiedenen Einflussgrößen zu vertiefen. Die in der Fachliteratur veröffentlichten Studien beruhen auf plausiblen, aber auch vereinfachten Abschätzungen. Moderne Simulationsmethoden ermöglichen jedoch mittlerweile die Untersuchung hochaufgelöster und anatomisch realistischer Körpermodelle. Nach einer Ausschreibung beauftragte die FGF Ende 2006 die Foundation for Research on Information Technologies in Society (IT<sup>2</sup>S) in Zürich mit der Durchführung der Studie.

## Methodik der Studie

Für die Fragestellung der Studie haben Computersimulationen wesentliche Vorteile gegenüber Messungen. Um zu ermitteln, welche Parameter die Absorption beeinflussen, können mit den Computermodellen zahlreiche Simulationen durchgeführt werden. Variiert wurden im Rahmen der Untersuchung die Sendefrequenz (von 450 MHz bis 2140 MHz), die anatomischen Modelle (siehe Abbildung 3) und die Abstände zwischen Antenne und Körpermodell (von 0,5 m bis 4 m).

Zudem wurden unterschiedliche Antennen untersucht. Auf Dächern und Funkmasten werden meist Antennen verwendet, die eine typische längliche Form haben. Je länger die Antenne ist, umso besser kann sie die Funkwellen bündeln. Im Mobilfunkbereich haben die Antennen fast immer vertikale Öffnungswinkel von weniger als 10 Grad. Um eine solche Bündelung zu erreichen, müssen die Antennen rund zwei Meter lang sein und werden aus mehreren übereinander angeordneten Einzelantennen zusammengesetzt (siehe Abb. 4). Die horizontalen Öffnungswinkel der Antennen

liegen dagegen meist zwischen 30 Grad und 90 Grad. Die Antennen können daher recht schmal sein.



Abb. 3: In der Studie wurden drei anatomische Modelle mit unterschiedlichem Körperbau verwendet. Das linke und das mittlere Modell zeigen jeweils einen Mann mit einem Körpergewicht von 101 Kilogramm (links) beziehungsweise 71 Kilogramm (Mitte), das rechte Modell eine Frau mit einem Körpergewicht von 55 Kilogramm [3].

Eine einzelne Berechnung benötigte auf einem Computer mit 4 parallelen Prozessoren und 32 GByte Arbeitsspeicher rund 30 Stunden. Zur Überprüfung wurden für eine vereinfachte Anordnung die Ergebnisse der Simulation mit einer Messung verglichen.

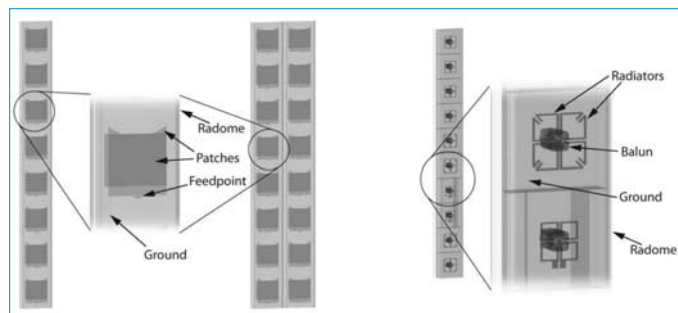


Abb. 4: Zwei der in der Studie verwendeten Antennenmodelle. Die Antennen bestehen aus mehreren übereinander angeordneten Einzelelementen um die Funkwellen vertikal zu bündeln [3].

## Ergebnisse

Die Studie zeigt, dass in vielen Situationen der Grenzwert von 0,4 W/kg für die Ganzkörperabsorption strengere Anforderungen an den Sicherheitsbereich stellt als die lokale

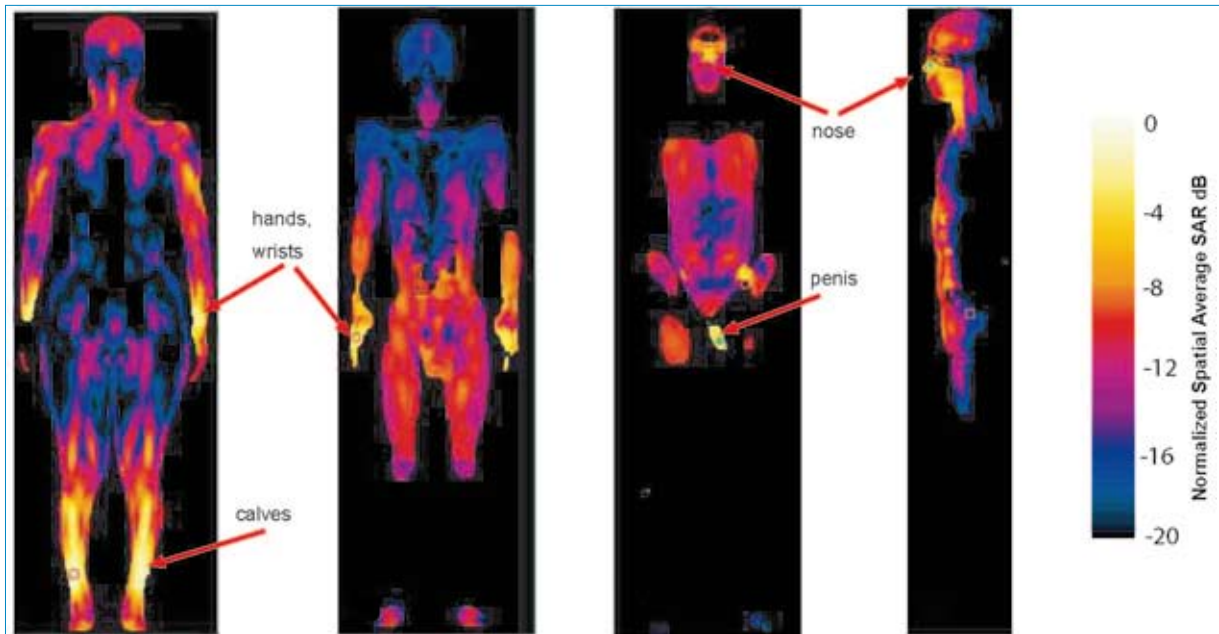


Abb. 5: Lokale Verteilung der Spezifischen Absorptionsrate in den Körpermodellen bei einer Sendefrequenz von 900 MHz. Für die meisten Szenarien bestimmt der Grenzwert für die Ganzkörperabsorption den erforderlichen Sicherheitsabstand [3].

Absorption. Dies gilt insbesondere für lange Antennen, die einen davor stehenden Körper über dessen gesamte Länge weitgehend gleichmäßig „ausleuchten“ (siehe Abb. 5). Dagegen ist die lokale Absorption meist dort begrenzend, wo die Antennen deutlich kürzer als die Körperlänge sind.

Die Studie konnte aufzeigen, von welchen Einflussgrößen die Ganzkörperabsorption vor langen Antennen abhängt. Die meisten dieser Resultate lassen sich anschaulich erklären: je mehr Funkwellen auf den Körper treffen, desto größer ist die Absorption. Daher steigt die Absorption selbstverständlich linear mit der Sendeleistung der Antenne und sinkt mit zunehmendem Abstand von der Antenne (letzteres näherungsweise mit einer „1/r-Abhängigkeit“). Je kleiner der horizontale Öffnungswinkel, desto größer ist die Absorption (ebenfalls in einem linearem Zusammenhang), da die Funkwellen stärker auf den davor stehenden Körper gebündelt werden.

Besonders interessant sind die Konsequenzen für die Abhängigkeit von den verschiedenen Körpermodellen. Es ist zu erwarten, dass die Ganzkörperabsorption mit dem Körperschnitt zunimmt (da mehr Funkwellen auf den Körper treffen) und mit zunehmendem Körpergewicht abnimmt (da sich die Spezifische Absorptionsrate aus der absorbierten Leistung pro Körpermasse berechnet). Die Forscher am IT'IS fanden tatsächlich, dass bei den untersuchten Körpermodellen einzig das Verhältnis von Körperschnitt zu

Masse („cross-section on mass ratio“) die Ganzkörperabsorption bestimmt (siehe Diagramm in Abb. 6).

Für kurze Antennen ist die Abhängigkeit komplexer, da die Einhaltung der Teilkörpergrenzwerte strengere Anforderungen stellt als die Ganzkörpergrenzwerte. Die lokale Absorption hängt hier von Details der Position des Körpers und von lokalen Effekten wie Teilkörperresonanzen ab. Die Studie konnte aber zeigen, dass in diesen Fällen die Grenz-

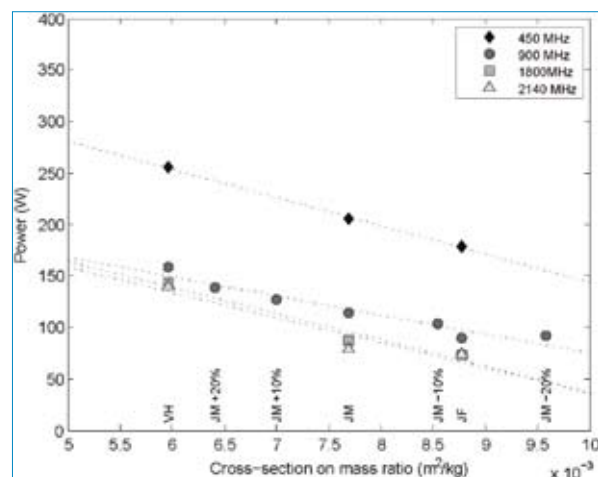


Abb. 6: Für verschiedene Körpermodelle und Frequenzen wurde berechnet, bei welcher Sendeleistung in 0,5 m Entfernung vor der Antenne der Grenzwert erreicht wird. Die strengsten Anforderungen stellen Körper mit geringem Gewicht und großem Körperquerschnitt (großes „cross-section in mass ratio“) [3].

werteinhaltung durch Bezug auf die lokalen Feldstärkemaxima an der Körperoberfläche sichergestellt werden kann.

Die Abhängigkeit der Absorption von der Frequenz wird unter anderem durch die Reflexion beim Auftreffen der Funkwellen auf den Körper beeinflusst. Die Studie zeigte, dass die Absorption bei 450 MHz deutlich schwächer ist als im oberen Bereich der untersuchten Frequenzen (siehe Abb. 5).

## Ausblick

Die Studie hat wichtige Erkenntnisse über die Absorption in der Nähe von typischen Mobilfunkantennen erbracht. Das Wissen um den Einfluss der verschiedenen untersuchten Größen (Antennenlänge, Öffnungswinkel, Sendefrequenz, Sendeleistung, Abstand, Eigenschaften der Körpermodelle) verbessert die Verfahren zur Festlegung von Sicherheitsabständen für den Arbeitsschutz.

Auch nach Abschluss des von der FGF geförderten Projektes wollen die Forscher in Zürich das Thema weiter verfolgen. Sie planen weitere Antennentypen einzubeziehen und den untersuchten Frequenzbereich auszuweiten. Die Ergebnisse stießen wegen ihrer Bedeutung für den alltäglichen Arbeitsschutz auf der Jahrestagung der Bioelectromagnetics Society im Juni 2008 in Kanada auf großes Interesse und werden in Kürze auch in einer Fachzeitschrift veröffentlicht [3].

## Literaturhinweise

[1] Empfehlung des Rates vom 12. Juli 1999 zur Begrenzung der Exposition der Bevölkerung gegenüber elektromagnetischen Feldern (0 Hz – 300 GHz); 1999/519/EG, Juli 2001.

[2] Berufsgenossenschaft für Feinmechanik und Elektrotechnik BGV B11 Unfallverhütungsvorschrift Elektromagnetische Felder, 01.07.2001, BGR B11 Elektromagnetische Felder, Juni 2001.

[3] Marie-Christine Gosselin, Andreas Christ, Sven Kühn, Niels Kuster, „Dependence of the Absorption of Radiation from Base Station Antennas on Anatomical Properties of the Human Body“, zur Publikation eingereicht.

Dr. Frank Schönborn

Telefónica O2 Germany GmbH & Co. OHG

## FGF/FMK-Workshop „Erbgutschäden durch Mobilfunk?“

Auf einer gemeinsamen Informationsveranstaltung der FGF und des österreichischen Forum Mobilkommunikation (FMK), die am 17. September 2008 in Wien statt fand, legten vier internationale Experten den Kenntnisstand zu genotoxischen Effekten von Funkanwendungen dar. Solche möglichen Einflüsse hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf das Erbgut sind immer wieder Gegenstand wissenschaftlicher Diskussionen: In den letzten Jahren gab es eine Reihe von Studien, die teilweise gegensätzliche Ergebnisse hervorbrachten; hinzu kommen Vorwürfe wissenschaftlich inkorrekten Arbeitens und sogar des Fälschens von experimentellen Daten.



Neben einer Einführung in das komplexe Thema wurde den Teilnehmern von den Referenten Prof. Dr. Günter Obe (ehem. Universität Duisburg-Essen); Prof. Dr. Alexander Lerchl (Jacobs University Bremen); Prof. Dr. Jürgen Kiefer (ehem. Universität Giessen); Prof. Dr. Günter Speit (Universität Ulm) ein Überblick über den wissenschaftlichen Kenntnisstand zur Frage einer erbgutschädigenden Wirkung durch elektromagnetische Felder des Mobilfunks, zur wissenschaftlichen Methodik und Kommunikation sowie zur Reproduzierbarkeit genotoxikologischer Studien gegeben.

Weitere Informationen über den Workshop sowie Kurzzusammenfassungen der Referate mit Referentenportraits und Originaltöne von der Veranstaltung:

<http://www.fmk.at/content.php?id=376>

## Termine

### FGF und Umweltministerium Baden-Württemberg laden zum Workshop nach Stuttgart ein

Offene Fragen der biologischen und gesundheitlichen Wirkung hochfrequenter Felder stehen im Mittelpunkt dieses viertägigen Workshops vom 17. bis 19. November 2008 in Stuttgart.