

# Vergleich der Exposition durch Basisstationen und Mobiltelefone für Nichttelefonierer

Markus Schubert,  
Christian Bornkessel

**Die Studien im Bereich Risikokommunikation des Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramms haben gezeigt, dass der Anteil der wegen Mobilfunks gesundheitlich Besorgten über einen Zeitraum von 2003 bis 2006 stabil bei etwa 30 Prozent lag. Hierbei stehen entgegen der realen Expositionsverhältnisse nach wie vor die Immissionen von Basisstationen und nicht die Immissionen von Mobiltelefonen im Zentrum der Diskussion um mögliche gesundheitliche Auswirkungen von Mobilfunk. Gründe dafür sind die mangelnde Kontrollierbarkeit beziehungsweise Unfreiwilligkeit der Exposition durch Basisstationen. Es werden in diesem Kontext immer wieder Aussagen wie „Immissionen durch Mobiltelefone kann man selbst steuern“ oder „Basisstationen senden ständig und eine Einflussnahme ist nicht möglich“ angebracht.**

**Doch auch „Nichttelefonierer“ können unter Umständen signifikant durch andere Mobiltelefone exponiert werden. Dies betrifft vor allem Szenarien, bei denen sich Nichttelefonierer in der näheren Umgebung eines aktiven Mobiltelefons aufhalten. Eine Steuerbarkeit dieser Exposition ist hier, ebenso wie bei Basisstationen, nicht gegeben.**

**Wie groß die Immissionen durch benachbarte Mobiltelefone sind und wie sie im Verhältnis zur Exposition durch Basisstationen stehen, wurde innerhalb des durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung geförderten Projektes „miniwatt II“ [Min 08] untersucht und soll im folgenden erläutert werden.**

## Herangehensweise

Die Gegenüberstellung der individuellen Exposition durch Mobiltelefone im Vergleich zu derjenigen durch Basisstationen wurde durch die computergestützte Simulation der Verteilung der elektrischen Feldstärke an typischen alltäglichen Szenarien untersucht. Diese wurden unter dem Gesichtspunkt der Fragestellung „Wo werden ‚Unbeteiligte‘ in besonderem Maße durch Mobiltelefonierer exponiert?“ ausgewählt. Konkret wurden folgende Szenarien näher untersucht:

- Zugfahrt im Intercity Express – ICE (mit / ohne Repeater)
- Konferenzraum
- Flughafen Terminal / Flughafen Lounge
- Personen in einer Warteschlange (zum Beispiel vor dem Check-in- Schalter am Flughafen)

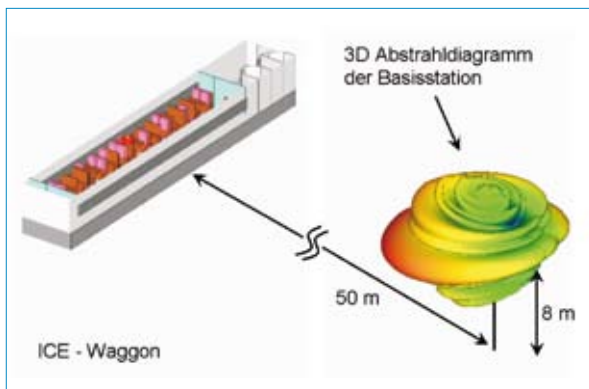
In den Simulationen wurden dem jeweiligen Szenario entsprechende Baustoffe (Beton, Glas, Holz usw.) mit ihren typischen elektrischen Parametern für Reflexion und Absorption verwendet (vgl. [Pau 00]).

Hervorzuheben ist ferner, dass in den nachfolgenden Szenarien die Sendeleistung von Mobiltelefon und Basisstation an das jeweilige Szenario angepasst wurde. Im Vordergrund stand hierbei die Verwendung von typischen zeitlich gemittelten und nicht maximal möglichen Sendeleistungen.

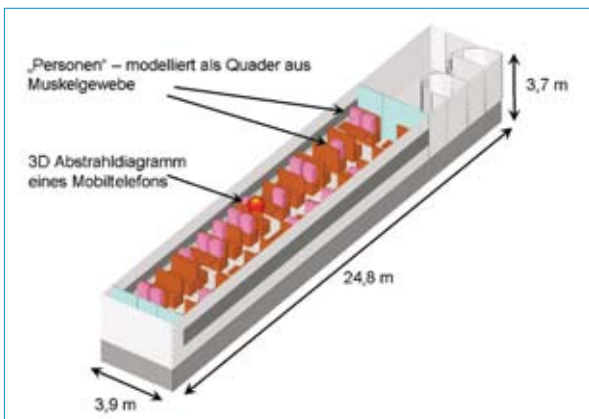
Für die nachfolgenden Untersuchungen wurde das strahlenoptische Softwarepaket „Wireless Insite“ der Firma Remcom [Rem 08] verwendet, das auch in mehreren Projekten im Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm eingesetzt wurde.

## Szenario 1: Zugfahrt im Intercity Express (ICE)

Das erste Szenario zur Gegenüberstellung der Exposition durch Mobiltelefon und Basisstation ist eine Zugfahrt in einem Intercity Express. Als Basis für die Simulation dient ein Großraumabteil der 2. Klasse eines ICEs. Die Modellierungsumgebung mit der dreidimensionalen Abstrahlcharakteristik der Basisstation und dem Waggon ist in Abb. 1 zu sehen. Die Sendeanlage befindet sich im Modell etwa 50 m entfernt vom Zug, und die Hauptsenderichtung zeigt in Richtung des Waggons. Die Position eines Mobiltelefons an einem Sitzplatz mit Tisch und sein Abstrahlcharakteristik sind in Abb. 2 dargestellt. Die Insassen wurden als Quader mit den elektrischen Eigenschaften von Muskelgewebe modelliert.



**Abb. 1:** Dreidimensionale Modellierungsumgebung für das Szenario „Zugfahrt“



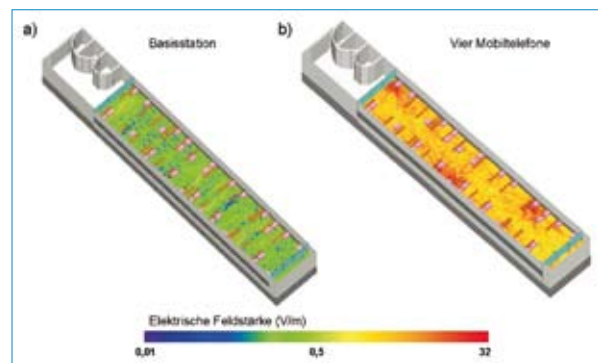
**Abb. 2:** Modellierung des ICE-Großraumabteils der 2. Klasse (Decke ist unsichtbar) für das Szenario „Zugfahrt“

Basisstation und Mobiltelefon senden im hier betrachteten Szenario im GSM 900 System. Wie oben bereits erwähnt, soll die Sendeleistung keine maximal mögliche sein, sondern einen zeitlich gemittelten Wert für das hier betrachtete Szenario repräsentieren. Daher wurde die

Sendeleistung der Basisstation nach [Wus 04] mit 14 W (Sendeleistung von 10 W für den Signalisierungskanal und ein Faktor von 1,4 zur Berücksichtigung der Verkehrskanäle) angenommen.

Als Basis für die mittlere Sendeleistung seitens des Mobiltelefons wurde ein Projekt aus dem Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm herangezogen [Geo 05]. Unter weiterer Berücksichtigung der zeitlichen Struktur des GSM-Signals (8 Zeitschlitz), dem DTX-Verfahren (Discontinuous Transmission – also der kurzzeitigen Deaktivierung der Datenübertragung während vorhandener Gesprächspausen) und der Dämpfung der metallisierten Fenster eines ICE-Waggons wird die mittlere Sendeleistung des Mobiltelefons für dieses Szenario mit 0,15 W angenommen.

In der folgenden Abbildung ist die Verteilung der elektrischen Feldstärke von den oben beschriebenen Konfigurationen (Basisstation und Mobiltelefon) zu sehen.



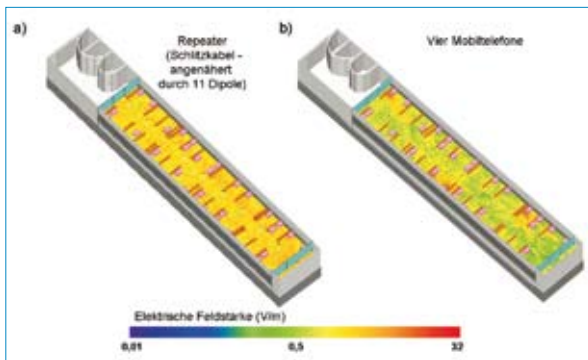
**Abb. 3:** a) Verteilung der elektrischen Feldstärke durch die Basisstation für das Szenario „Zugfahrt“ (ohne Repeater)  
b) Verteilung der elektrischen Feldstärke durch vier Mobiltelefone für das Szenario „Zugfahrt“ (ohne Repeater)

Die Feldstärkedifferenz zwischen Mobiltelefon und Basisstation kann in der direkten Umgebung eines Mobiltelefons näherungsweise für das hier betrachtete Szenario mit einem Faktor von 1000 angegeben werden. Auch in Entfernungen von einigen Metern vom Mobiltelefon ist die Immission seitens des Mobiltelefons noch um einen Faktor von mehreren 100 größer als die Immissionswerte der Basisstation.

Dieses Ergebnis ist dadurch begründet, dass das Basisstationssignal durch die metallisierten Fensterscheiben des Waggons sehr stark gedämpft wird und das Mobiltelefon entsprechend seine Sendeleistung hoch regeln muss, damit der Kontakt zur Basisstation nicht abbricht.

Im folgenden wird nochmals das obige Szenario betrachtet mit dem Unterschied, dass nun ein Waggon mit ausgewiesener „Handyzone“ betrachtet wird, in dem die Mobilfunkversorgung über einen Repeater mit typischerweise angeschlossenen Schlitzkabeln geschieht. In der Simulation wird dieses Kabel aus 11 Dipolen modelliert, die sich unterhalb der Waggondecke befinden.

Die mittlere Sendeleistung wird laut Herstellerangaben mit 0,3 W für den Repeater und mit jeweils 0,012 W für die Mobiltelefone angegeben. Die Sendeleistung der Telefone ist deutlich geringer als im ersten Szenario, da die Dämpfung der metallisierten Fensterscheiben nicht überwunden werden muss.



**Abb. 4:** a) Verteilung der elektrischen Feldstärke durch eine Repeater-Konfiguration für das Szenario „Zugfahrt“  
b) Verteilung der elektrischen Feldstärke durch vier Mobiltelefone für das Szenario „Zugfahrt“ (mit Repeater-Konfiguration)

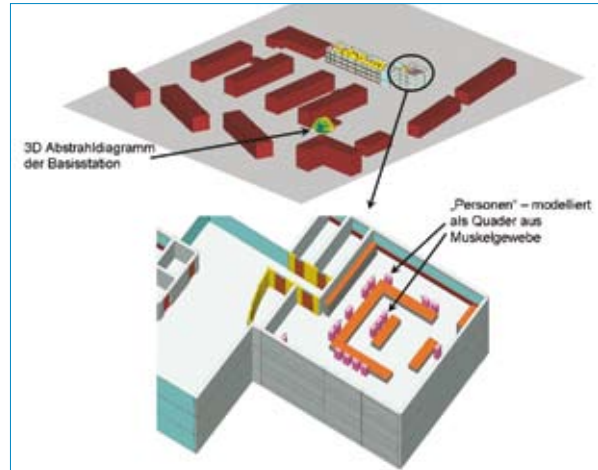
Die Feldstärkedifferenz zwischen Mobiltelefon und Repeater kann in der direkten Umgebung eines Mobiltelefons für dieses Szenario näherungsweise mit einem Faktor 10 angegeben werden. Im Gegensatz zur ersten Konfiguration wird die Immission im Abstand von einigen Metern vom Mobiltelefon durch den Repeater dominiert.

## Szenario 2: Konferenzraum

Ein weiteres Szenario, bei dem sich „Unbeteiligte“ in der Nähe von aktiven Mobiltelefonen befinden, ist ein Konferenzraum. Die dreidimensionale Simulationsumgebung ist in Abbildung 5 zu sehen. Personen sind wiederum als Quader mit den elektrischen Parametern von Muskelgewebe modelliert. Zudem sind die Positionen der vier Mobiltelefone dargestellt.

Die Basisstation befindet sich in diesem Szenario in etwa 100 m Entfernung zum Konferenzraum. Die Hauptsende-

richtung der Mobilfunksendeantenne zeigt zwar in Richtung des Konferenzraumes, die Sicht auf die Basisstation wird allerdings durch eine Betonwand verdeckt.

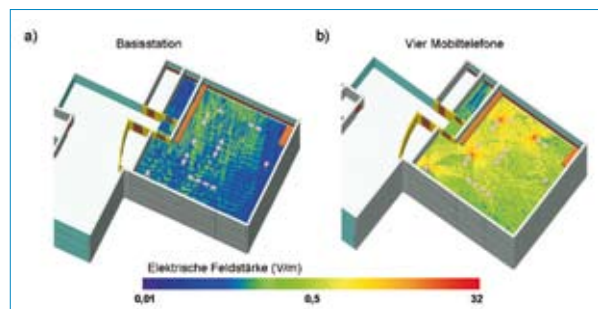


**Abb. 5:** Dreidimensionale Modellierungsumgebung für das Szenario „Konferenzraum“

Auch in diesem Szenario senden Basisstation und Mobiltelefone im GSM 900 System. Die mittlere Sendeleistung der Basisstation wird wiederum mit 14 W [Wus 04] angenommen.

Als Basis für die mittlere Sendeleistung der Mobiltelefone wird erneut die Untersuchung [Geo 05] aus dem Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm herangezogen. Unter Berücksichtigung der zeitlichen Struktur und des DTX-Verfahrens wird eine mittlere Sendeleistung von 0,03 W für dieses Szenario angenommen.

Die folgende Abbildung zeigt die Feldstärkeverteilungen innerhalb des Konferenzraumes zum einen seitens der Basisstation (Abb. 6a) und zum anderen seitens der vier Mobiltelefone (Abb. 6b).



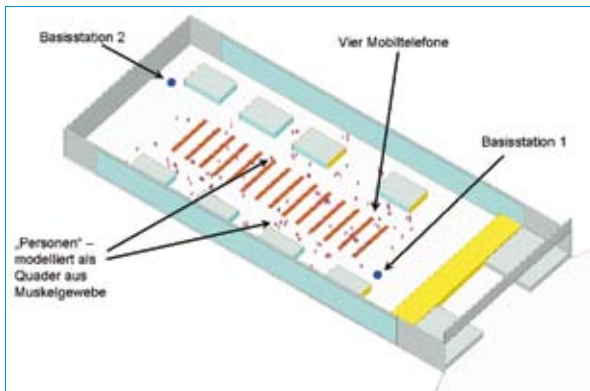
**Abb. 6:** a) Verteilung der elektrischen Feldstärke durch die Basisstation für das Szenario „Konferenzraum“  
b) Verteilung der elektrischen Feldstärke durch vier Mobiltelefone für das Szenario „Konferenzraum“



Die Feldstärkedifferenz zwischen Mobiltelefon und Basisstation kann in der direkten Umgebung eines Mobiltelefons für das hier betrachtete Szenario näherungsweise mit einem Faktor von mehreren 1000 angegeben werden. Auch in Entfernungen von einigen Metern ist die Immission des Mobiltelefons noch um einen Faktor von mehreren 100 größer als die Immissionswerte seitens der Basisstation.

### Szenario 3: Lounge / Flughafen-Terminal

Die folgende Abbildung zeigt die dreidimensionale Simulationsumgebung des Szenarios "Lounge / Flughafen-Terminal". Als Vorlage wurde der Terminalbereich des Flughafens „Düsseldorf International“ herangezogen.



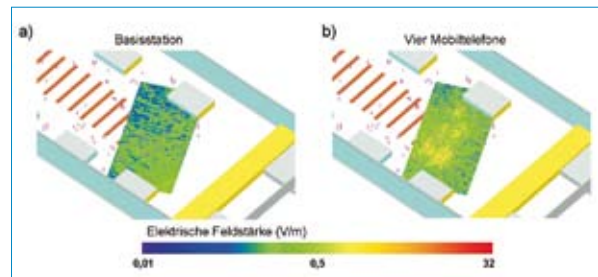
**Abb. 7:** Dreidimensionale Modellierungsumgebung für das Szenario „Lounge/Terminal“

Wie aus Abbildung 7 zu erkennen ist, befinden sich zwei Basisstationen in dem hier betrachteten Terminal. Auch in diesem Szenario senden Basisstation und Mobiltelefon im GSM 900 System. Die Sendeleistung der Basisstationen wird mit 0,162 W angenähert [Leh 04]. Für die Sendeleistung der Mobiltelefone bildet wiederum [Geo 05] die Grundlage. Mit Berücksichtigung der zeitlichen Struktur und des DTX-Verfahrens ergibt sich für dieses Szenario eine mittlere Sendeleistung von 0,015 W für ein Mobiltelefon.

Das folgende Bild zeigt die Feldstärkeverteilungen der Basisstationen (Abb. 8a) und der vier hier betrachteten Mobiltelefone (Abb. 8b) im Flughafenterminal.

Die Feldstärkedifferenz zwischen Mobiltelefon und Basisstation kann in der direkten Umgebung eines Mobiltelefons für das hier betrachtete Szenario näherungsweise mit einem Faktor von 1000 angegeben werden. In Entfernungen von einigen wenigen Metern existieren Bereiche, in denen

die Immission durch die Mobiltelefone und andere, deren Immission durch die Basisstationen dominiert werden.

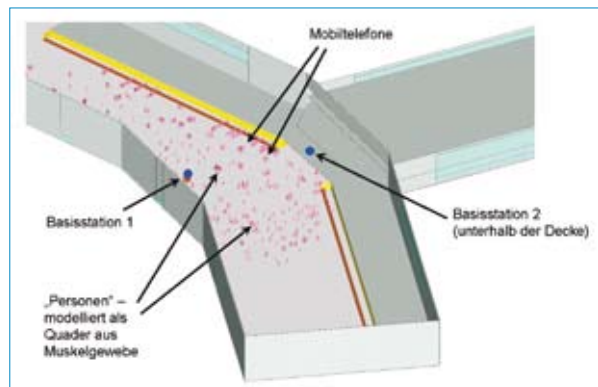


**Abb. 8:** a) Verteilung der elektrischen Feldstärke durch zwei Basisstationen für das Szenario „Lounge/Terminal“

b) Verteilung der elektrischen Feldstärke durch vier Mobiltelefone für das Szenario „Lounge/Terminal“

### Szenario 4: Personen in einer Warteschlange (Flughafen Check-In)

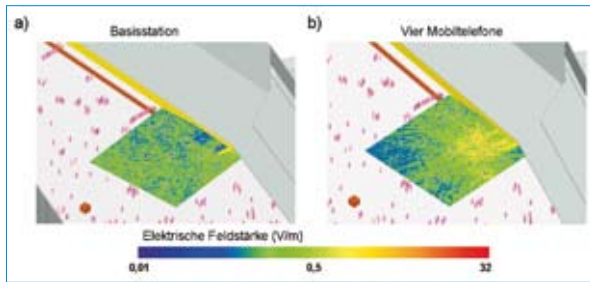
Im letzten Szenario werden Personen in einer Warteschlange am Flughafen Check-In betrachtet. Die folgende Abbildung zeigt die dreidimensionale Simulationsumgebung. Der Check-In Bereich des Flughafens „Düsseldorf International“ bildet die Basis für dieses Szenario.



**Abb. 9:** Dreidimensionale Modellierungsumgebung für das Szenario „Warteschlange“

Wie aus Abbildung 9 zu erkennen, befinden sich zwei Basisstationen in dem hier betrachteten Check-In Bereich des Flughafens. Auch in diesem Szenario senden Basisstation und Mobiltelefon im GSM 900 System. Die Sendeleistung der Basisstationen wird mit 0,174 W für Basisstation 1 und 0,457 W für Basisstation 2 angenommen (vgl. [Leh 04]). Wie im Szenario 3 wurde für die Mobiltelefone eine mittlere Sendeleistung von 0,015 W angesetzt.

Die folgende Abbildung zeigt die Feldstärkeverteilungen der Basisstationen (Abb. 10a) und der vier hier betrachte-



**Abb. 10:** a) Verteilung der elektrischen Feldstärke durch zwei Basisstationen für das Szenario „Warteschlange“  
 b) Verteilung der elektrischen Feldstärke durch vier Mobiltelefone für das Szenario „Warteschlange“

ten Mobiltelefone (Abb. 10b).

Die Feldstärkedifferenz zwischen Mobiltelefon und Basisstation kann in der direkten Umgebung eines Mobiltelefons näherungsweise für das hier betrachtete Szenario mit einem Faktor von mehreren 100 angegeben werden. In Entfernungen von einigen wenigen Metern sind die Immissionen seitens der Mobiltelefone noch etwa um einen Faktor von 10 höher als die der Basisstationen. In weiteren Entfernungen existieren auch Bereiche, in denen die Immission durch die Basisstationen dominiert wird.

## Zusammenfassung

Im Fokus der beschriebenen Untersuchungen stand die Gegenüberstellung der Immissionen von Mobiltelefonen und Basisstationen in typischen alltäglichen Situationen, bei denen sich Nichttelefonierer in der näheren Umgebung eines aktiven Mobiltelefons aufhalten.

Die Betrachtungen haben gezeigt, dass es eine Vielzahl von alltäglichen Situationen gibt, in denen „unbeteiligte“ Personen (Personen, die momentan kein Mobiltelefon verwenden) einer höheren Exposition durch die Verwendung von nahe betriebenen Mobiltelefonen ausgesetzt sind als von umgebenen Basisstationen. Diese schöpft zwar auch nur Bruchteile der gesetzlichen Grenzwerte aus, entzieht sich aber in der Regel ebenso einer persönlichen Einflussnahme wie die Exposition durch Basisstationen. Derartige Situationen sind sehr häufig in Zügen oder Autos, Konferenzräumen, Flughafen-Terminals oder allgemeinen Warteschlangen von Personen vorzufinden.

## Danksagung

Die hier vorgestellten Arbeiten wurden im Rahmen des Pro-

jektes „Minimierung der Immission künftiger Funkdienste (miniWatt II)“ vom Bundesministerium für Bildung und Forschung gefördert.

## Literatur

- [Geo 05] R. Georg, F. M. Landstorfer, U. Jakobus, Bestimmung der SAR-Werte, die während der alltäglichen Nutzung von Handys auftreten, Studie im Auftrag des Bundesamtes für Strahlenschutz, Zwischenbericht für den Zeitraum August 2004 - Januar 2005, 2005
- [Leh 04] H. Lehman et al., General public exposure to electromagnetic fields generated by mobile phone base stations: A simple model, COST 281 workshop on exposure assessment, Paris, 2004
- [Min 08] Minimierung der Immission künftiger Funkdienste (miniWatt II –technischer Teil), Studie im Auftrag des Bundesministerium für Bildung und Forschung, 2005 – 2008; [http://www.ihe.uni-karlsruhe.de/download/miniWatt\\_II\\_web\\_version.pdf](http://www.ihe.uni-karlsruhe.de/download/miniWatt_II_web_version.pdf)
- [Pau 00] P. Pauli, D. Moldan, Reduzierung hochfrequenter Strahlung im Bauwesen – Baustoffe und Abschirmmaterialien, 05/2000.
- [Rem 08] <http://www.remcom.com/wirelessinsite/>
- [Wus 04] M. Wuschek, Ch. Bornkessel, D. Manteuffel, P. Schmidt, M. Schubert, Möglichkeiten und Grenzen der Minimierung von Mobilfunkimmissionen: Auf Messdaten und Simulationen basierende Optionen und Beispiele, Studie im Auftrag des Bayerischen Landesamtes für Umweltschutz, Abschlussbericht, 2004



**Dipl.-Ing. Markus Schubert und Dr. Christian Bornkessel** arbeiten als wissenschaftlicher Mitarbeiter bzw. Gruppenleiter im EMV-Prüfzentrum der IMST GmbH in Kamp-Lintfort. Neben EMV-Problematiken beschäftigen sie sich im Rahmen ihrer Forschungstätigkeit mit der numerischen Simulation sowie der messtechnischen Erfassung elektromagnetischer Felder unterschiedlicher hoch- und niederfrequenter Quellen. In den letzten Jahren haben sie u.a. diverse Projekte im Deutschen Mobilfunk Forschungsprogramm bearbeitet.