

Berechnung der Fe

**Olaf Plotzke,
Shirly Weichsel,
Thomas Kretschmer**

In der öffentlichen Diskussion um die Einführung neuer Mobilfunktechniken sind überwiegend Basisstationen Gegenstand der Auseinandersetzung. Dieser Beitrag erläutert ein zu DIN VDE 0848 [1] konformes Berechnungsverfahren und stellt Feldstärken in der Umgebung von Mobilfunkbasisstationen unmittelbar nachvollziehbar dar.

Einleitung

Die Feldstärken an Sendeanlagen können grundsätzlich gemessen oder berechnet werden.

Messungen geben unter komplexen Umweltbedingungen, in denen Gebäude sowie andere Objekte Reflexion, Beugung und Dämpfung hervorrufen, das genaueste Abbild des elektromagnetischen Feldes wieder. Allerdings häufig nur punktuell, an wenigen Orten, da der zeitliche Aufwand für Messungen erheblich ist. Mit Messdaten ist es deshalb schwierig die Abstrahlung von Mobilfunksendeanlagen flächendeckend darzustellen.

Bei einer Prognose mittels Berechnungsverfahren tritt dieses Problem nicht auf. Die Prognose ist äußerst zuverlässig, da diese DIN VDE 0848 entspricht und das Verfahren von den Netzbetreibern bereits bei Auslegung der Mobilfunknetze angewandt wird, um die Versorgungssicherheit

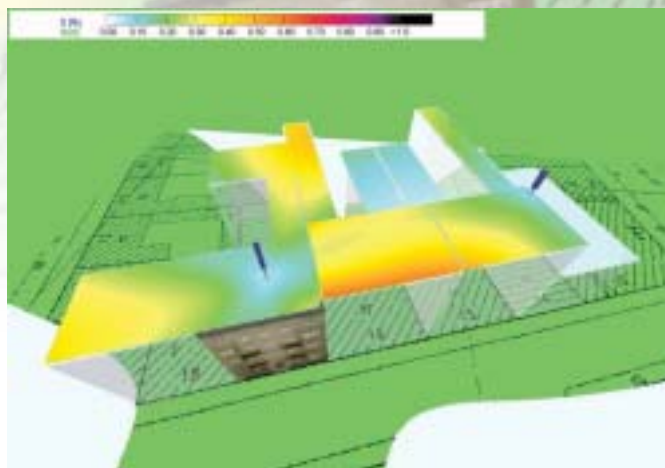


Bild 1: Abstrahlung von Mobilfunkbasisstationen auf Gebäudeoberflächen und Erdboden

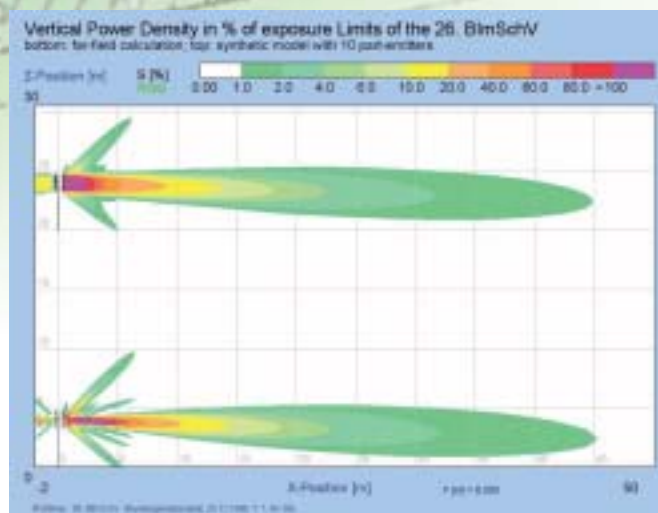


Bild 2: Vergleich Fernfeld- und synthetisches Modell



Idstärken von Mobilfunk-Basisstationen

zu gewährleisten. Zudem stellt die Prognose den worst-case dar. Ein Überschreiten der Prognose bei Kontrollmessungen ist nahezu ausgeschlossen [2].

Ein großer Nutzen der Prognose liegt gerade in der flächendeckenden Darstellung, die als prozentuale Grenzwertauslastung auf dem Stadtplan erfolgen kann. Diese Information gibt die Strahlungsverteilung von Basisstationen in der Umwelt wieder und ist unmittelbar vom Bürger nachvollziehbar (siehe Bild 1).

Grundlagen

Die Ergebnisse dieses Beitrages wurden mit der Software WinField Telecommunication [3] berechnet. Weitere Berechnungsergebnisse oder Programme können den Quellen [4][5][6] des Literaturverzeichnis entnommen werden.

WinField Telecommunication ist eine normgerechte Lösung zur Beurteilung der

Konformität von Mobilfunksendeanlagen. Die Software stellt ein Fernfeld- und ein synthetisches Modell zur Ermittlung der Sicherheitsabstände in den Bereichen Fernfeld sowie abstrahlendes Nahfeld zur Verfügung (siehe Bild 2).

Als Bewertungskriterien integriert die Software die ICNIRP-Empfehlungen (1998), die Europäische Ratsempfehlung 1999/519/EEC sowie andere nationale und internationale Grenzwerte.

Das Berechnungsverfahren

WinField Telecommunication berechnet Feldstärken und Leistungsflussdichte nach DIN VDE 0848, wobei die Richtcharakteristik mittels der Öffnungswinkel definiert oder als Richtstrahldiagramm eingelesen wird. Horizontale und vertikale Richtstrahldiagramme werden dabei mit einer Interpolation dritter Ordnung in kontinuierliche räumliche Funk-

tionen umgesetzt. Der Antennengewinn wird durch Integration auf 0.1% Genauigkeit bestimmt, falls er nicht aus den Richtstrahldiagrammen der Hersteller eingelesen werden kann oder vom Benutzer überschrieben wird.

Genauigkeit des Verfahrens

Das Verfahren berücksichtigt zur Berechnung die vollständigen Informationen, durch die das Fernfeld eines Senders definiert ist. Methoden zur numerischen Lösung der Wellengleichung sind für Fernfeldberechnungen überbestimmt, führen zu Fehlern durch Diskretisierung komplexer Strukturen und bedingen einen hohen Eingabeaufwand sowie lange Rechenzeiten.

WinField Telecommunication basiert auf einem der fundamentalsten physikalischen Gesetze – der Energieerhaltung – und approximiert den Nahbereich eines Senders



Bild 3: Abstrahlung einer Basisstation – zum Vergleich eine Person mit Handy

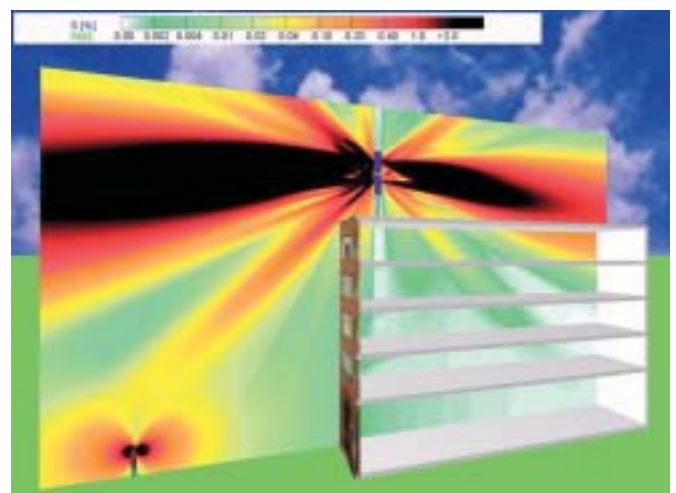


Bild 4: Strahlungsdämpfung um jeweils 3 dB durch Dach und Stockwerke eines Gebäudes

über die Normierung im Fernfeld. Denn auch im Nahbereich gilt Energieerhaltung, wobei die räumliche Verteilung gegenüber einer Punktquelle durch Segmentierung verbessert wird. Andere Autoren haben dieses Verfahren mit Berechnungen nach der Momentenmethode verglichen und für den Nahbereich eine akzeptable Übereinstimmung gefunden [7].

Vorteil des Verfahrens

Da Energieerhaltung vorausgesetzt wird, ist das Verfahren anderen Methoden zur Feldberechnung hinsichtlich Genauigkeit und Geschwindigkeit überlegen, wobei der Einfluss von Gebäuden durch Angabe eines Dämpfungsfaktors berechnet werden kann. Ebenso berücksichtigt wird die Beugung durch Gebäude. Nicht betrachtet werden ausschließlich Reflexionen, welche im Abstandsbereich von 10-100% der Grenzwerte nicht von Bedeutung sind und die Rechenzeit erheblich erhöhen.

Das Verfahren ist ausdrücklich für die Ermittlung der Exposition im Umweltbereich ausgelegt (d.h. nicht für Arbeitsplätze), in der jeder Versuch einer phasen- und frequenzgerechten Lösung der Wellengleichung für alle vorhandenen Quellen und Störobjekte scheitert.

Hinsichtlich des Auftretens von Frequenzgemischen betrachtet „WinField Telecommunication“ den worst-case. Unterschiedliche Frequenzanteile werden nach vorgegebenen Richtwertkurven bewertet und zur prozentualen Auslastung des Summengrenzwertes aufaddiert. Nachfolgend sind Berechnungsbeispiele aufgeführt, welche die Leistungsfähigkeit des Verfahrens veranschaulichen.

Berechnung der Abstrahlung von Mobilfunkbasisstationen

Eine typische im Stadtgebiet eingesetzte Mobilfunkbasisstation verfügt über drei ausgerichtete Sendeantennen. In der Vertikalen wird die Sendeleistung vorwiegend innerhalb eines Winkels von 10°-15° abgestrahlt. Gegenüber der Horizontalen ist die Hauptstrahlrichtung der Antenne um 0°- 6° zum Boden geneigt, so dass die Basisstation ein Gebiet mit Reichweite bis zu 500 m optimal versorgt. Nach oben und unten strahlt eine Basisstation nur geringe Energieanteile (max. 10%) der Sendeleistung ab (siehe Bild 3).

Abschirmung durch Gebäude

Eine Betondecke unterhalb der Basisstation absorbiert ca. 90% der hierauf abgestrahlten Leistung, so dass in den darunter-

liegenden Räumen maximal 1% der Gesamtleistung ankommt. In jedem der darunterliegenden Stockwerke reduziert sich die eingestrahelte Leistung typischerweise noch einmal um den Faktor 10. In WinField Telecommunication wird dies durch individuelle Dämpfungsfaktoren berücksichtigt (siehe Bild 4).

Die Strahlungsleistung in den unteren Geschossen von Gebäuden, auf denen Basisstationen installiert sind, stammt deshalb überwiegend von benachbarten Anlagen bzw. Strahlungsanteilen, die von benachbarten Gebäuden reflektiert wurden. Im EG in Bild 4 stammt die Strahlungsleistung z.B. vom Handy der Person, die im Freien telefoniert.

Da Gebäude in WinField aus dem grundlegenden Objekt Quader bestehen, können komplexe Gebäudestrukturen nachgebildet werden um Indoor-Berechnungen durchzuführen. Die Strahlungsquelle kann sich dabei außerhalb (siehe Bild 5) oder innerhalb (siehe Bild 6) des Gebäudes befinden.

Vergleich mit Handys

Mittels Softwaresimulation ist auf einfache Weise ein Vergleich zwischen der Strahlung von Basisstationen und Handys möglich. Eine Basisstation strahlt die ca.

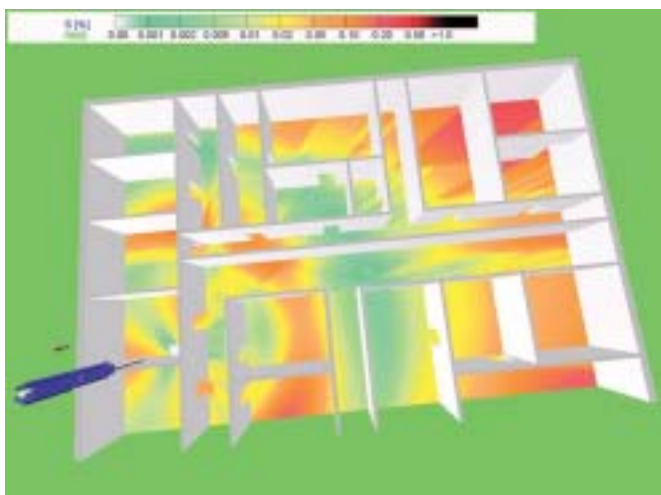


Bild 5: Abschattungseffekte der Strahlung einer Basisstation innerhalb einer Büroetage

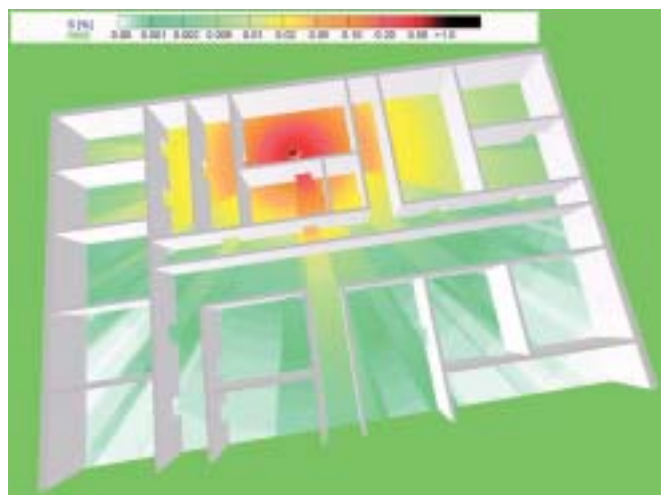


Bild 6: Strahlungsverteilung innerhalb einer Büroetage beim Telefonat per Handy



30-fache Leistung ab wie ein Endgerät (Handy). Weil der Abstand zu Basisstationen im Allgemeinen groß ist, überwiegt im Alltag der Strahlungseinfluss von Handys (siehe Bild 7).

Berechnung der Orte größter Einstrahlung

Aufgrund der vergleichbaren Strahlungscharakteristik von Mobilfunkantennen mit sichtbarem Licht liegen Orte der größten Einstrahlung im direkten Sichtkontakt zur Anlage.

Auf Gebäude eintreffende Strahlung wird hauptsächlich absorbiert. Nur ein geringer Anteil durchdringt das Mauerwerk. An Orten ohne direkten Sichtkontakt trifft im Wesentlichen nur noch Streustrahlung ein (siehe Bild 8).

Nachvollziehbarkeit

Die Ermittlung der Feldstärken muss grundsätzlich nachvollziehbar und reproduzierbar sein. Die 3D-Fähigkeiten der Software unterstützen die Reproduzierbarkeit während der Konstruktion. Die Ergebnisse sind allgemein nachvollziehbar, weil die Daten im Raumbezug dargestellt werden, so dass die Auslastung auf den Dachflächen eines Hauses sowie der Nachbar-

gebäude direkt ablesbar ist (siehe Bild 1).

Beim Einsatz eines von neutraler Seite unabhängig entwickelten Softwareproduktes ist aufgrund der Offenlegung der Konstruktion die vollständige Prüfung durch Dritte möglich. Dies gewährleistet die größtmögliche Rechtssicherheit für Betreiber sowie Hersteller und stärkt deren Ruf in der Öffentlichkeit, da diese nicht in Verdacht stehen parteiische Aussagen zu treffen. Zudem wird das Sicherheitsbewusstsein der Betreiber aufgewertet, wenn der Öffentlichkeit dreidimensionale und kartographische Darstellungen präsentiert werden, wie diese es heute aus den Medien gewöhnt ist.

Zusammenfassung

Die exakte Bestimmung des Feldes von Mobilfunkbasisstationen in der Umwelt unter Einbeziehung von Störeinflüssen ist Meßverfahren vorbehalten. Der Informationsgehalt von Messungen ist dennoch umstritten, weil Messungen nicht immer von der Allgemeinheit interpretierbar sind.

Berechnungen sind dagegen sehr gut nachvollziehbar und tragen zum Verständnis der Strahlungsverteilung in bebauten Gebieten bei, d.h. erst durch Berechnungen ist es möglich, die lokalen Maxima in

der Umgebung von Basisstationen zu bestimmen, in denen Kontrollmessungen sinnvoll sind [4].

Insgesamt zeigen die Beispiele dieses Beitrages den hohen Informationsgehalt von Berechnungen, der wesentlich zur Veranschaulichung und Entschärfung der Thematik Mobilfunk beiträgt.

Literatur

- [1] DIN VDE 0848 Teil 1, Sicherheit in elektrischen, magnetischen und elektromagnetischen Feldern, Teil 1: Definitionen, Meß- und Berechnungsverfahren. VDE-Verlag GmbH Berlin, (August 2000).
- [2] M. Wuschek, Hochfrequente Felder in der Umgebung von GSM-Mobilfunkbasisstationen, EMV-Kompandium 2002.
- [3] WinField Telecommunication, FGEU mbH, Berlin, (2001-2003).
- [4] Bundesamt für Kommunikation, Immissionen in Salzburg, BAKOM, Zukunftstrasse 44, CH-2501 Biel, (2002).
- [5] Quickplan, Berechnungssoftware, Teletinformatica e Sistemi s.r.l., Via di Tor Tre Teste 229, I-00155 Roma.
- [6] EMF-Visual, Berechnungssoftware, Antenna, 65 Place Nicolas Copernic, F-29280 Plouzane.
- [7] R. Gabriel, B. Liesekötter, Vereinfachte Nahfeldberechnungen bei Basisstationsantennen für den Mobilfunk, ITG-Fachbericht 149, VDE-Verlag GmbH Berlin, (1998).

Dr. Olaf Plotzke
 Forschungsgesellschaft für Energie und
 Umwelttechnologie mbH (FGEU), Berlin

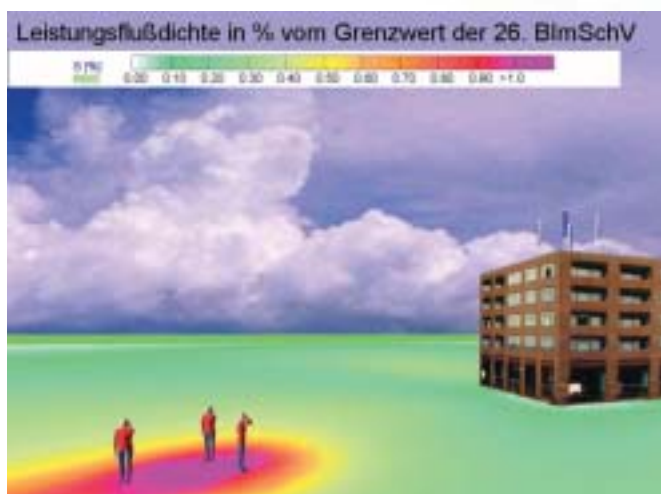


Bild 7: Im Alltag überwiegt die Strahlenbelastung von Personen durch den Betrieb von Handys (1m über Boden)

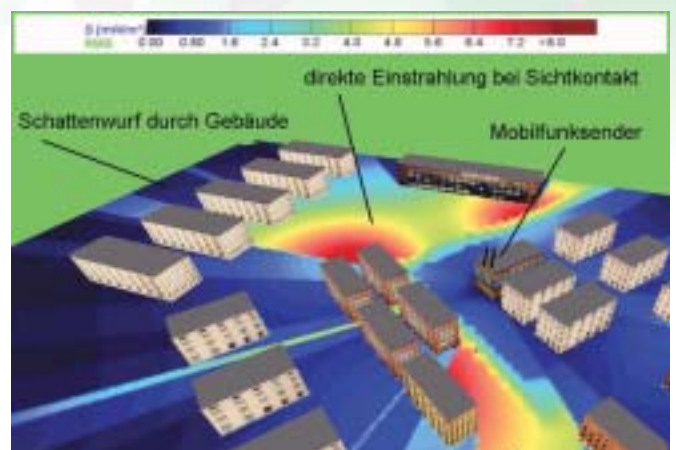


Bild 8: Leistungsflußdichte im innerstädtischen Bereich; Abschattung u. Reflexion (blau) überwiegen gegenüber direkter Einstrahlung (rot)