

Berichte aus der Hochfrequenztechnik

Dirk Manteuffel

**Analyse und Synthese von
integrierten Antennen für Mobiltelefone
unter besonderer Berücksichtigung
des Benutzereinflusses**

Shaker Verlag
Aachen 2002

Inhaltsverzeichnis

1	EINLEITUNG	1
2	ANTENNENTHEORIE	5
2.1	<i>Feldtheoretische Grundlagen zur Berechnung von Antennen</i>	5
2.2	<i>Antennenparameter</i>	9
2.2.1	<i>Nahfeld und Fernfeld</i>	9
2.2.2	<i>Polarisation</i>	10
2.2.3	<i>Pointing-Vektor</i>	11
2.2.4	<i>Antennenwirkungsgrad</i>	12
2.2.5	<i>Richtcharakteristik</i>	12
2.2.6	<i>Antennengewinn</i>	13
2.2.7	<i>Eingangsimpedanz und Bandbreite</i>	14
3	NUMERISCHE VERFAHREN UND IHRE ANWENDUNG AUF ANTENNENPROBLEME	15
3.1	<i>Momentenmethode</i>	15
3.1.1	<i>Mathematische Grundlagen</i>	16
3.1.1.1	<i>Lösungsansatz für Linienleiter</i>	17
3.1.2	<i>Anwendungsbezogene Bewertung des Verfahrens</i>	19
3.2	<i>Finite Differenzen im Zeitbereich</i>	19
3.2.1	<i>Mathematische Grundlagen</i>	20
3.2.1.1	<i>Die Diskretisierung der Maxwell'schen Rotationsgleichungen</i>	20
3.2.1.2	<i>Numerische Stabilität und Dispersion des Verfahrens</i>	24
3.2.1.3	<i>Absorbierende Randbedingungen</i>	24
3.2.2	<i>Anwendungsbezogene Bewertung des Verfahrens</i>	26
3.2.3	<i>Der verwendete FDTD-Simulator</i>	27
3.3	<i>Erweiterung des FDTD-Verfahrens um Werkzeuge zur Antennenanalyse</i>	27
3.3.1	<i>Prädiktionsfilter zur zeitoptimalen Berechnung resonanter Strukturen</i>	28
3.3.1.1	<i>Theoretische Beschreibung</i>	28
3.3.1.2	<i>Beispiele</i>	31
3.3.2	<i>Berechnung der Oberflächenstromdichte auf Antennen</i>	34
3.3.3	<i>Berechnung des Fernfeldes auf Basis der Oberflächenstromdichte</i>	37
4	MESSTECHNISCHE UNTERSUCHUNG DES BENUTZEREINFLUSSES BEI MOBILTELEFONEN	41

4.1	<i>Dosimetrische Messtechnik bei Mobiltelefonen</i>	42
4.1.1	<i>Nachgewiesene Wirkung hochfrequenter elektromagnetischer Felder auf den menschlichen Organismus und deren Begrenzung</i>	42
4.1.2	<i>Normung zum Personenschutz</i>	43
4.1.3	<i>Das dosimetrische Messsystem DASY in Bezug auf die Messvorschrift</i>	44
4.1.4	<i>Phantome als Nachbildungen des menschlichen Körpers</i>	45
4.1.5	<i>Gewebesimulierende Flüssigkeiten</i>	46
4.1.6	<i>Das Messverfahren</i>	48
4.1.7	<i>Positionierung des Mobiltelefons am Kopf</i>	48
4.2	<i>Dreidimensionale Fernfeldmesstechnik zur Untersuchung des Strahlungsverhaltens und des Antennenwirkungsgrades</i>	51
4.2.1	<i>Messaufbau und Messverfahren</i>	52
4.2.2	<i>Messergebnisse</i>	53
4.3	<i>Messtechnische Untersuchung einer Auswahl aktueller Mobiltelefone</i>	55
4.3.1	<i>Messtechnische Untersuchung</i>	55
4.3.2	<i>Analyse der Messreihen</i>	57
4.3.3	<i>Zusammenfassung</i>	65
5	NUMERISCHE UNTERSUCHUNG DER EINFLUSSGRÖßEN BEI INTEGRIERTEN ANTENNEN	67
5.1	<i>Verschiedene Konzepte zur Miniaturisierung integrierter Antennen</i>	68
5.1.1	<i>Validierung des Simulationsmodells</i>	73
5.1.2	<i>Bewertung der Konzepte</i>	74
5.2	<i>Die Wechselwirkung zwischen dem Antennenmodul und der Hauptplatine</i>	77
5.2.1	<i>Analyse der vom Antennenmodul auf der Hauptplatine induzierten Stromverteilung</i>	78
5.2.2	<i>Richtdiagramm eines Mobiltelefons mit Antennenmodul</i>	82
5.2.3	<i>Einfluss der Eigenresonanz der Hauptplatine auf die Bandbreite</i>	86
6	DER EINFLUSS DES BENUTZERS	89
6.1	<i>Grundsätzliche Überlegungen zum Einkoppelmechanismus im Nahfeld</i>	90
6.1.1	<i>Vereinfachtes analytisches Modell am Beispiel einer homogenen ebenen Welle</i>	91
6.1.2	<i>Ein Dipol vor einem Flachphantom</i>	93
6.2	<i>Der Absorptionsmechanismus bei Mobiltelefonen ohne Berücksichtigung der anatomischen Form</i> 98	
6.3	<i>Benutzereinfluss unter Berücksichtigung der anatomischen Form des Kopfes</i>	105
6.4	<i>Der Einfluss der Hand des Benutzers</i>	113

7	KONZEPTE FÜR INTEGRIERTE MULTIBAND-ANTENNEN	121
7.1	<i>Konzepte für integrierte Dualbandantennen</i>	122
7.1.1	<i>Modifiziertes Einstrahler-Konzept einer integrierten Dualband Antenne</i>	122
7.1.1.1	<i>Praxisnahe Umsetzung des Konzeptes</i>	125
7.1.2	<i>Zweistrahler-Konzept einer integrierten Dualband Antenne</i>	126
7.2	<i>Konzepte für integrierte Tripleband Antennen</i>	129
7.2.1	<i>Verwendung eines parasitären Strahlers</i>	132
7.2.1.1	<i>Erzeugung einer parasitären Resonanz</i>	132
7.2.1.2	<i>Einstellung der optimalen Verkopplung</i>	134
7.2.1.3	<i>Praxisnahe Realisierung einer integrierten GSM900/GSM1800/GSM1900 Antenne</i>	136
7.2.1.4	<i>Benutzereinfluss</i>	137
7.2.2	<i>Integration eines Schlitzes als parasitärer Resonator</i>	138
8	ZUSAMMENFASSUNG	143
9	ANHANG	145
9.1	<i>Analytische Lösung der Integrale über die Voxelflächen für die Fernfeldtransformation</i>	145
9.2	<i>Validierung der Stromdichteberechnung und der Fernfeldtransformation</i>	146
9.3	<i>Validierung der SAR Berechnung mit EMPIRE</i>	148
9.3.1	<i>Mittelung der SAR über definierte Gewebemassen</i>	148
9.3.2	<i>Validierung anhand eines Kalibrationsdipols</i>	151
9.3.3	<i>Vergleich der SAR Berechnung nach ES 59005 und EN 50361</i>	152
9.3.4	<i>Vergleich von Messung und Simulation unter Anwendung der EN 50361</i>	157
10	LITERATURVERZEICHNIS	159