

# Wirkung der Gehäuseabmessungen auf integrierte Antennen in kleinen Mobilfunktelefonen

Dirk Manteuffel, Achim Bahr, Dirk Heberling, Ingo Wolff

IMST GmbH, Carl-Friedrich-Gauss-Str. 2, D-47475 Kamp-Lintfort

manteuffel@imst.de

## 1 Einleitung

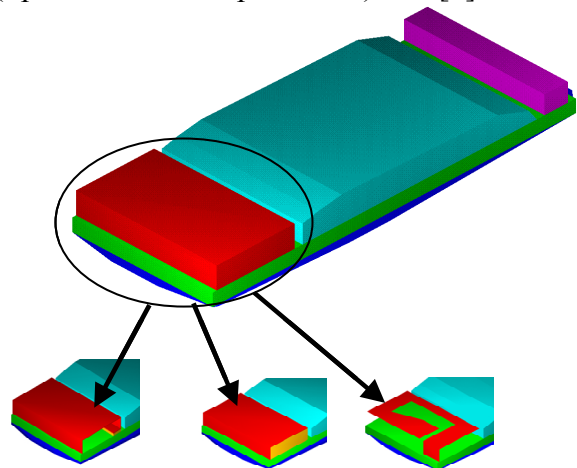
Integrierte Antennen erlangen zunehmend höhere Bedeutung für die Anwendung in Mobilfunktelefonen, die auf dem GSM Standard beruhen. Während es in den letzten Jahren nur vereinzelt Produkte mit integrierter Singlebandantenne gab, finden heute auch zunehmend integrierte Dualband Antennen Anwendung in aktuellen Geräten.

Diese Veröffentlichung befasst sich mit der Analyse unterschiedlicher Typen integrierter Antennen in Hinblick auf den Einfluss der Abmessungen des Mobilfunktelefons auf wesentliche Antennenparameter wie Bandbreite und Wirkungsgrad. Weiterhin wird der Einfluss des Benutzers auf die Anpassung der Antenne und die Absorption der abgestrahlten Energie im Gewebe für einen Antennentyp untersucht. Zur Analyse werden numerische Simulationen auf Basis des Verfahrens der Finiten Differenzen im Zeitbereich FDTD herangezogen.

## 2 Konzepte zur Miniaturisierung

Eine wesentliche Anforderung einer integrierten Antenne für ein modernes Mobilfunktelefon ist die Größe des Antennenmoduls. Legt man eine Länge des Gerätes von ca. 100 mm zugrunde, ist sofort ersichtlich, dass eine  $\lambda/4$ -Patchantenne mit einer resonanten Länge von ca. 7,5 cm für den GSM900 Standard nicht ohne weiteres untergebracht werden kann. Bei der Entwicklung integrierter Antennen benutzt man daher verschiedene

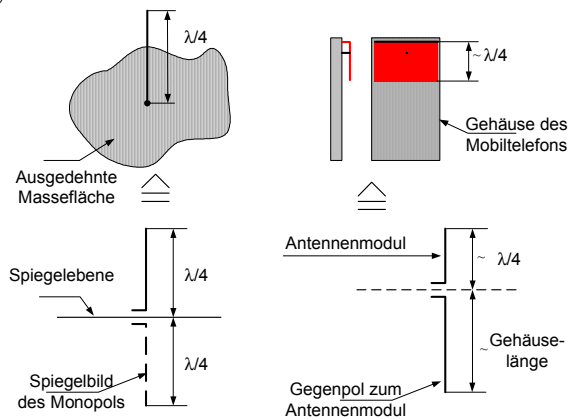
Konzepte zur Miniaturisierung des Antennenmoduls. Zum einen kann der Strahler durch die Verwendung einer Endkapazität verkürzt werden. Andere Konzepte verwenden dielektrische Trägermaterialien, um die Wellenlänge in der Antenne herabzusetzen. Ein gerade in letzter Zeit häufig verwendetes Konzept, ist die Faltung des Strahlerelements, um einen resonanten Pfad auf einem kleinen Antennenmodul zu ermöglichen. Vergleicht man die unterschiedlichen Konzepte auf derselben Plattform eines Mobilfunktelefons, wie in **Bild 2.1** dargestellt, kann gezeigt werden, dass die gefaltete Struktur (C-Patch) eine höhere Bandbreite liefert, als die nicht gefalteten Patche. Hinsichtlich der dosimetrischen Vermessung der Prototypen an einem Kopfphantom, weisen die gefalteten Patch-Strukturen auf der verwendeten Plattform geringere Werte der SAR (Spezifische Absorptionsrate) auf. [1]



**Bild 2.1:** Drei Konzepte zur Miniaturisierung des Antennenmoduls: Kapazitive Verkürzung, dielektrische Verkürzung, Faltung des Strahlers.

### 3 Das Gehäuse als Gegenpol

Designrichtlinien herkömmlicher Patchantennen können nur mit eingeschränkter Genauigkeit auf die Entwicklung integrierter Antennen für Mobilfunktelefone angewendet werden. Zum einen ist das in der komplexeren Struktur (C-Patch) begründet. Zum anderen spielt die Umgebung der Antenne eine große Rolle.

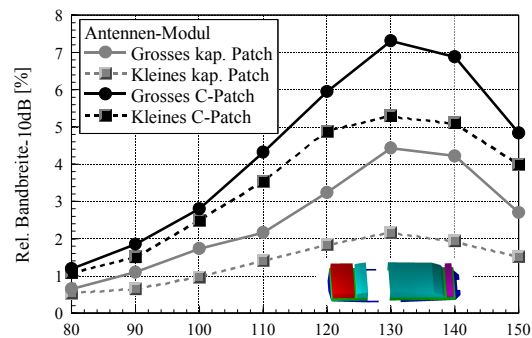


**Bild 3.1:** Veranschaulichung der Wirkung des Gehäuses als Gegenpol zum Antennenmodul.

Wie **Bild 3.1** zeigt, befindet sich im Gegensatz zum idealisierten Fall in der Literatur, das Antennenmodul hier nicht auf einer großen Grundfläche, sondern auf der relativ kleinen Platine des Mobilfunktelefons. Es ist deshalb zu erwarten, dass das Antennenmodul stark mit dem Gehäuse interagiert und wesentliche Antennenparameter vom individuellen Aufbau und der Größe des Gehäuses abhängen.

Um diesen Effekt eingehender zu untersuchen, wurde von der in **Bild 2.1** dargestellten Plattform ausgegangen und deren Länge variiert. Ein C-Patch und ein kapazitiv verkürztes Patch wurden in jeder Konfiguration für eine Frequenz von 930 MHz angepasst. Zusätzlich wurde die Untersuchung für zwei unterschiedliche Größen des Antennenmoduls durchgeführt. Das *kleine* Antennenmodul besitzt ein Volumen von 4,32 cm<sup>3</sup>. Das Volumen des *großen* Moduls beträgt 6,48 cm<sup>3</sup>. **Bild 3.2** zeigt den Einfluss der Gerätelänge auf die relative Bandbreite der Antenne und bestätigt zum einen die schon beschriebene

Tatsache, dass die gefaltete Struktur des C-Patch eine größere Bandbreite aufweist als die kapazitiv verkürzte Patchantenne.



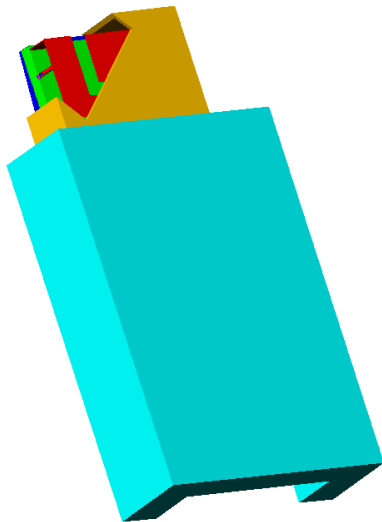
**Bild 3.2:** Relative Bandbreite der Antenne bei 930 MHz als Funktion der Gerätelänge.

Zum anderen kann ein signifikanter Effekt der Gehäuselänge auf die Bandbreite beobachtet werden, der weder vom verwendeten Antennenkonzept, noch von der Größe des Antennenmoduls abhängt. In Bezug auf die Veranschaulichung in **Bild 3.1** muss man davon ausgehen, dass die Platine des Geräts als Gegenpol zum Antennenmodul wirkt [1], [2]. In dieser Hinsicht ist die Beschreibung einer  $\lambda/4$ -Antenne auf einer Masseebene nicht geeignet. Vielmehr führt die Betrachtung des Systems als unsymmetrischer Dipol zu einer besseren Übereinstimmung mit den Ergebnissen der Untersuchung. Unter Verwendung dieser Modellvorstellung, kann auch das in **Bild 3.2** auftretende Maximum der Bandbreite bezüglich einer spezifischen Gehäuselänge, die von der gewählten Frequenz abhängt, erklärt werden [2].

### 4 Einfluss des Benutzers

Der in Abschnitt 3 dargestellte Gehäuseeffekt ist in einer weiteren Hinsicht bedeutend für die Entwicklung integrierter Antennen für Mobilfunktelefone. Betrachtet man das Gehäuse als Teil des Systems Antenne, so deckt der Benutzer diesen Teil zumindest teilweise mit seiner Hand ab. In Bezug auf die Antenne, kann das Handgewebe als verlustbehafteter dielektrischer Körper aufgefasst werden.

Um den Effekt der Hand des Benutzers geeignet zu untersuchen, wurde ein kanonisches Simulationsmodell einer Hand generiert. **Bild 4.1** zeigt dieses Modell zusammen mit dem Simulationsmodell des Geräts mit einem C-Patch Antennenmodul.



**Bild 4.1:** Simulationsmodell der Hand und des Mobilfunktelefons.

Zur numerischen Simulation wurde das Softwarepaket EMPIRE<sup>TM</sup> verwendet, welches auf dem Verfahren der *Finiten Differenzen im Zeitbereich* basiert und eine kommerziell erhältliche Entwicklung der IMST GmbH ist.

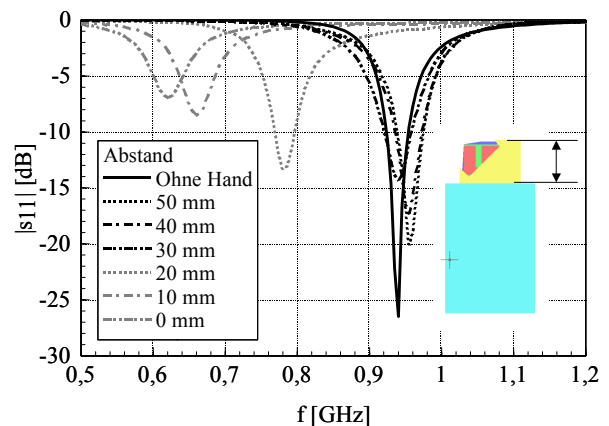
Das kanonische Handmodell besteht aus einer homogenen Mischung dreier Gewebetypen, deren Materialparameter für eine Frequenz von 930 MHz den Arbeiten von Gabriel [3] entnommen wurden. Als Mischungsverhältnis wurde 10 % Haut (trocken), 30 % Knochen und 60 % Muskelgewebe gewählt. Die mittleren Materialparameter ergeben sich wie folgt:  $\epsilon_r = 43,3$ ,  $\sigma = 0,746$  S/m.

Ziel der nachfolgenden Untersuchung ist es, den Einfluss der Hand auf unterschiedliche Antennenparameter zu untersuchen. Zugrundegelegt wird hierbei ein fiktives Mobilfunktelefon der Länge 100 mm. Das als integrierte Antenne verwendete C-Patch wurde für den Fall ohne Benutzer auf eine Frequenz von 930 MHz angepasst. Da realistische Benutzerhaltungen stark vom individuellen Benutzer des Mobilfunktelefons abhängen,

können hier nur ausgewählte Fälle betrachtet werden. Gemäß **Bild 4.1** wurde die Hand so modelliert, dass sie einen unteren Teil der Rückseite des Mobilfunktelefons umschließt. Auf eine Modellierung einzelner Finger wurde verzichtet.

Gerade bei kleinen Mobilfunktelefonen besteht die Gefahr, dass der Benutzer nahezu das gesamte Gerät mit seiner Hand abdeckt. Um diesen Effekt näher zu untersuchen, wurde das Modell der Hand mit unterschiedlichen Abständen von der Oberkante des Geräts platziert. Bei einem großen Abstand von 50 mm umfasst der Benutzer lediglich den unteren Teil des Geräts. Ab einem Abstand von 25 mm beginnt die Hand das Antennenmodul abzudecken. Beträgt der Abstand schließlich 0 mm, schließt die Hand des Benutzers mit der oberen Gerätekannte ab und deckt somit das gesamte Antennenmodul ab.

Da die Antenne für den Fall ohne Benutzer angepasst wurde, betrachtet die erste Untersuchung eine mögliche Verstimmung der Resonanzfrequenz durch das dielektrische Gewebe der Hand, die sich im unmittelbaren Nahfeld der Antenne befindet. **Bild 4.2** macht den Effekt deutlich.

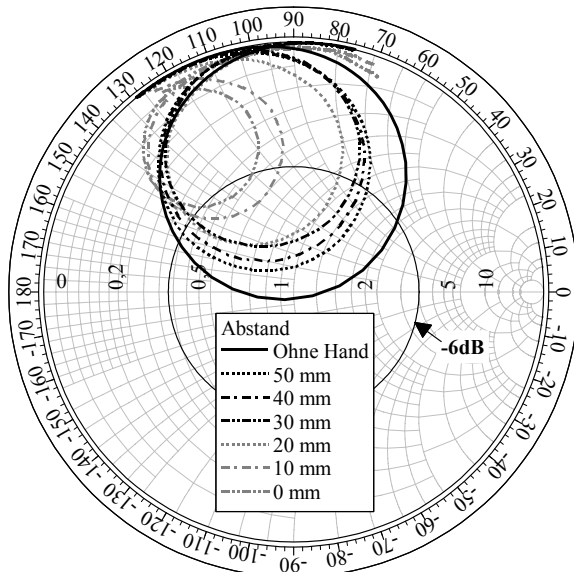


**Bild 4.2:** Anpassung der Antenne in Abhängigkeit des Abstands der Hand von der Geräteoberkante.

Solange die Hand nicht das Antennenmodul selbst abdeckt, ist lediglich eine geringe Auswirkung auf die Resonanzfrequenz der Antenne zu erkennen. Beginnt mit einem Abstand der Hand von 20 mm zur Oberkante

des Geräts die teilweise Abdeckung der Antenne, sinkt ihre Resonanzfrequenz signifikant.

Untersucht man diesen Effekt in Bezug auf die Eingangsimpedanz der Antenne entsprechend **Bild 4.3**, so fällt auf, dass die Hand die Impedanz der Antenne in den niederohmigen induktiven Bereich verschiebt. Die Verschiebung wird umso deutlicher, je mehr Gewebe sich über dem Antennenmodul befindet.



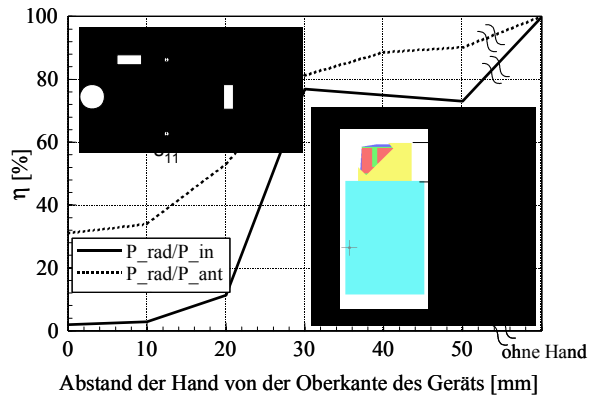
**Bild 4.3:** Beeinflussung der Antennenimpedanz durch die Hand des Benutzers.

Entscheidend für die Funktionsfähigkeit der Antenne ist ihr Wirkungsgrad. Bezüglich der durchgeführten Untersuchung des Handeinflusses sind hier zwei Effekte zu unterscheiden, die den Wirkungsgrad beeinflussen. Gemäss **Bild 4.2** führt die Hand des Benutzers zu einer Fehlanpassung der Antenne, die dazu führt, dass ein Teil der zugeführten Energie am Eingang in die Antenne reflektiert wird. Zum anderen wird ein Teil der abgestrahlten Energie im verlustbehafteten Gewebe der Hand absorbiert und steht somit auch nicht im Fernfeld zur Verfügung. Entsprechend **Bild 4.4** können diese Effekte separiert werden, wenn man neben dem für die Praxis bedeutsamen Wirkungsgrad der Antenne

$$\eta = \frac{P_{rad}}{P_{in}}, \quad (4.1)$$

einen weiteren Wirkungsgrad definiert, der die Fehlanpassung der Antenne nicht berücksichtigt

$$\eta_{Absorption} = \frac{P_{rad}}{P_{ant}}. \quad (4.2)$$



**Bild 4.2:** Einfluss der Hand des Benutzers auf den Wirkungsgrad der Antenne. Effekt durch Fehlanpassung und Absorption.

Der Wirkungsgrad in Gleichung 4.2 ist praktisch von geringem Interesse, bietet aber die Möglichkeit, den Effekt der Absorption getrennt zu betrachten.

## 5 Literatur

- [1] D. Manteuffel, A. Bahr, I. Wolff: *Investigation on Integrated Antennas for GSM Mobile Phones*. AP2000 – Conference on Antennas and Propagation, 9-14 April 2000, Davos, Switzerland.
- [2] P. Vainikainen, J. Ollikainen, O. Kivekäs, I. Kelder: *Performance Analysis of Small Antennas Mounted on Mobile Handsets*. 11<sup>th</sup> CIST 259 Management Committee Meeting, 27 – 28 April 2000, Bergen, Norway.
- [3] S. Gabriel, R. W. Lau, C. Gabriel: *The Dielectric Properties of Biological Tissue: I. Literature Survey*. Phys. Med. Biol., Vol. 41.

