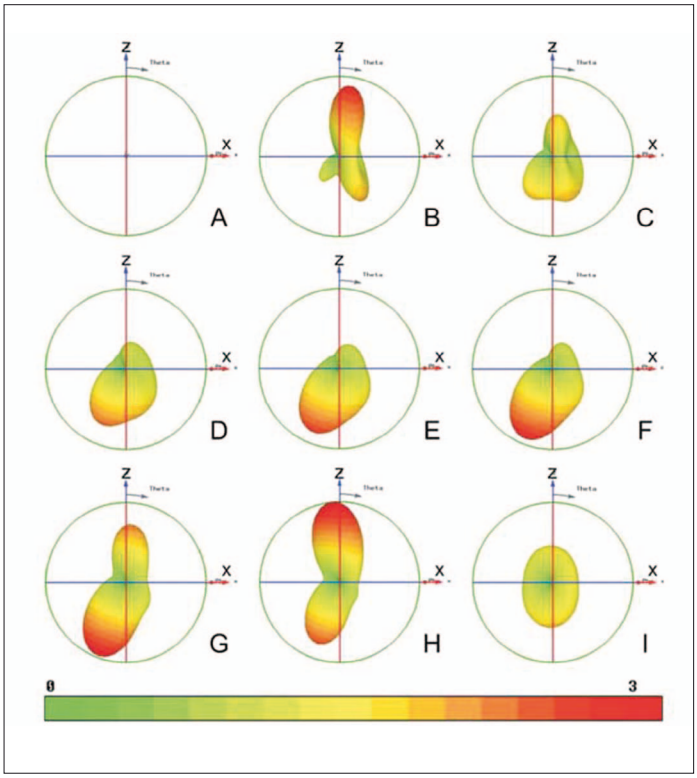
Auswirkungen der Antennenumgebung auf Effizienz und Richtverhalten



Antennenmaß	Zoll (=Inches)
L_G	2
W_G	2
L_E	0,98
L_F	0,75
L_S	0,46
d_G	0,1

Tabelle 1: Antennenabmessungen für die Simulation

Länge der Grundebene L_G in Zoll	Spitzengewinn auf +z-Achse in dBi
0,5	0,3
1	1,3
1,5	1.4

Tabelle 2: Auswirkung der Masseebenengröße auf den Antennegewinn

In diesem Artikel werden, anhand der relativ einfachen, planaren Inverted-F-Antenne (PIFA) für 2,4 GHz [1] die verallgemeinerungsfähigen Auswirkungen der Antennenumgebung auf die Antennen-Performance gezeigt.

Die wichtigen Auswirkungen im Schaltungs-Board-Bereich, bei der Komponentenplatzierung und des Abstands von leitenden Flächen werden oft erst bis spät im Laufe der Produktentwicklung ignoriert. Doch am Ende des Entwicklungszyklus´ sind Änderungen kostspielig und Auswirkungen auf den Zeitplan sehr schmerzhaft.

Wir demonstrieren, dass Antennenplatzierung und Leiterplattengeometrie einen entscheidenden Einfluss auf den Wirkungsgrad und das Strahlungsverhalten haben, mit einem Wort: auf den Gewinn. Daher empfehlen wir, für optimale Ergebnisse die Antennen-Design-Überlegungen in der frühesten Phase der Produktplanung anzustellen.

Die Grundebene ist Teil der Antenne

Schauen Sie sich die in Bild 1 gezeigte Leiterplatte an. Es gibt ein PIFA-Element (driven element) in der oberen rechten Ecke. Die meisten Betrachter gehen davon aus, dass das PIFA-Element „die Antenne“ darstellt. In Wirklichkeit besteht

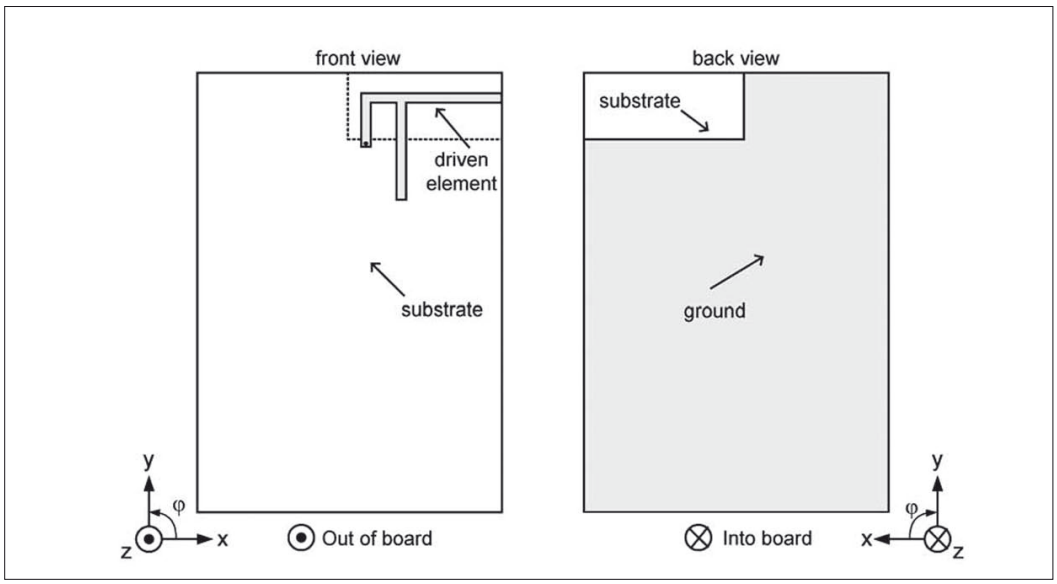


Bild 1: Platine mit Antennenelement, Ober- und Unterseite

Quelle:
Antenna Environment Impacts Efficiency and Radiation Pattern
By Gerald R. DeJean & Sean Mercer, Microsoft Corporation
From August 2009, High Frequency Electronics
Summit Technical Media, LLC
übersetzt und gekürzt von FS

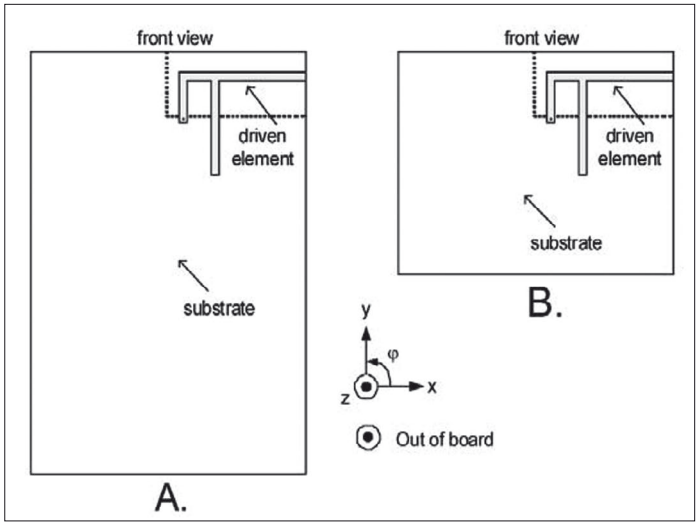


Bild 2: Zum Einfluss der Größe der Grundplatte

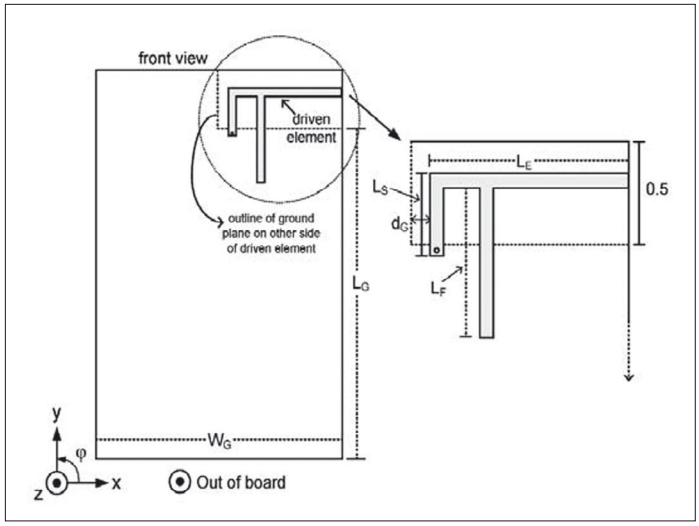


Bild 3: PCB mit PIFA, simuliert für die anfängliche Performance

die Antenne aus dem oberen Teil (driven element) und der Masseebene (dargestellt rechts, ground), die den größten Teil der Leiterplatte abdeckt [2]. Änderungen der Abmessungen der Grundfläche wurden von uns vorgenommen, um zu zeigen, welche Auswirkungen sich in Abhängigkeit von Lage und Umgebung auf das Verhalten der Antenne ergeben.

Bild 2 zeigt dazu das gleiche PIFA-Element auf zwei Platinen unterschiedlicher Größe. Der Antennengewinn ist mit der größeren Grundebene höher als der Antennengewinn bei kleinerer Karte, obwohl die PIFA-Elemente identische Abmessungen haben. Bild 3 zeigt eine Explosionsansicht des PIFA-Elements. Die Werte der kritischen Abmessungen sind hier eingetragen und in Tabelle 1 als Referenz aufgeführt. Der Simulator CST Microwave Studio wurde benutzt, um den Gewinn zu bestimmen. Die Länge der Leiterplatten-Masseebene L_G wurde variiert und der Gewinn-Peak in der z-Achse bewertet. Tabelle 2 zeigt die Änderung beim Spitzenantennengewinn als Funktion der Länge der Leiterplatten-Grundebene L_G. Es lässt sich feststellen, dass der maximale Gewinn von 1,4 dBi bei einer Masseebenenlänge L_G von 1,5 Zoll auftritt. Tabelle 2 zeigt auch die Abnahme des Gewinns, wenn man die Grundebene verkleinert.

Strahlungsverhalten und Antennenlage

Als eine Faustregel lässt sich annehmen: Der Wirkungsgrad der Antenne kann durch Platzieren des Antennenelements in der Nähe einer Ecke der Leiterplatte hochgehalten werden (Bild 4 A). Dann ist es nämlich möglich, dass das angesteuerte Antennenelement die Grundfläche der eigenen und der angrenzenden Leiterplatte nutzen kann. Dies bedeutet eine effizientere Nutzung der Leiterplattenflächen als im Design in Bild 4 B. Die Richtcharakteristik der

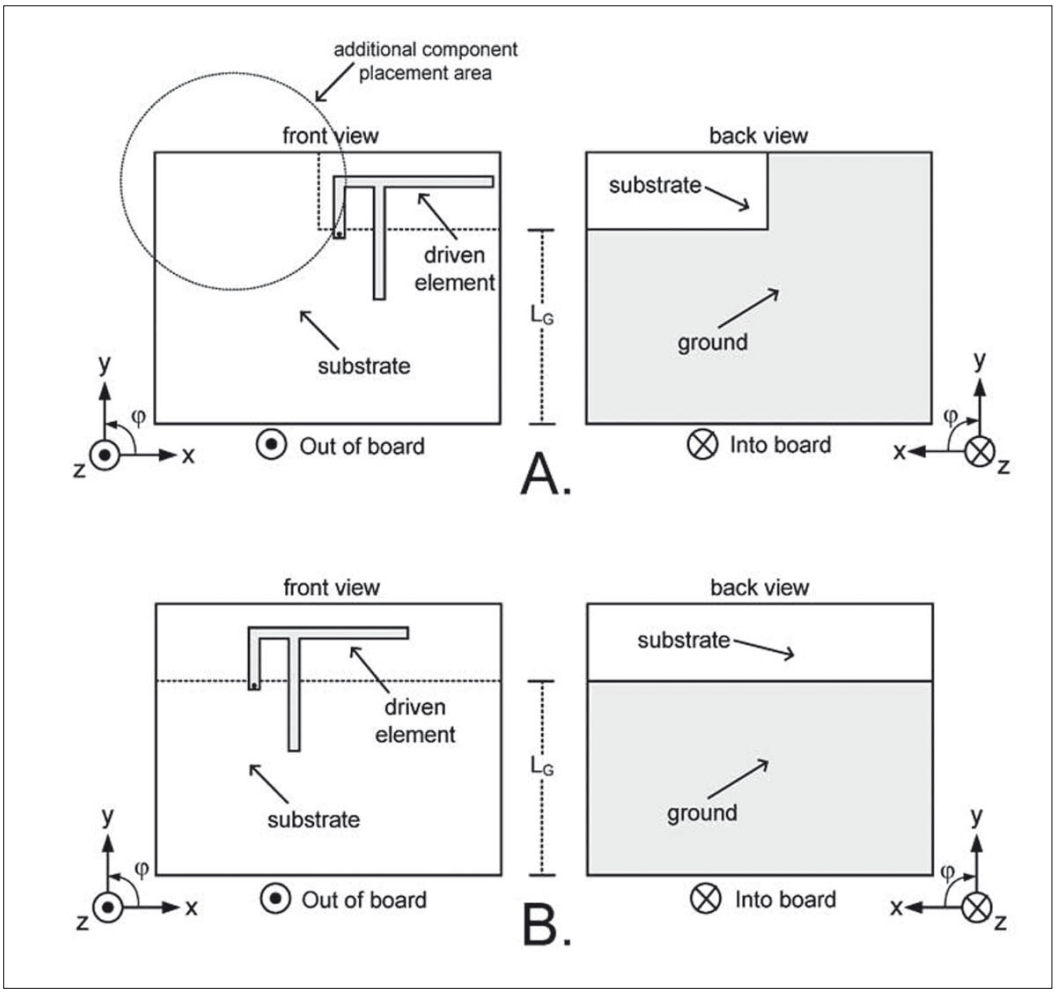


Bild 4: Zwei verschiedene Grundebenengeometrien, die ausgewertet werden

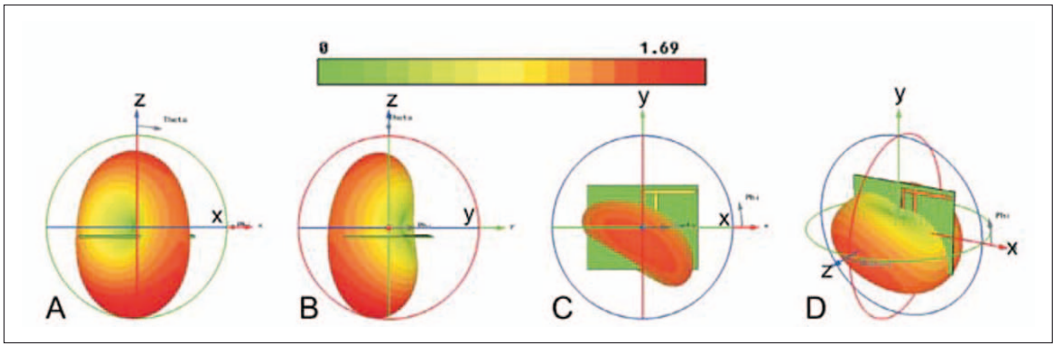


Bild 5: Ergebnisse für die in Bild 4 A gezeigte Antenne

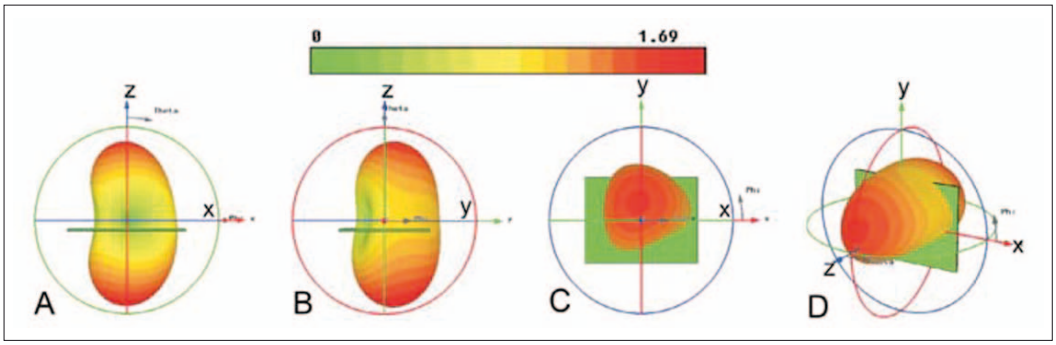


Bild 6: Ergebnisse für die in Bild 4 B gezeigte Antenne

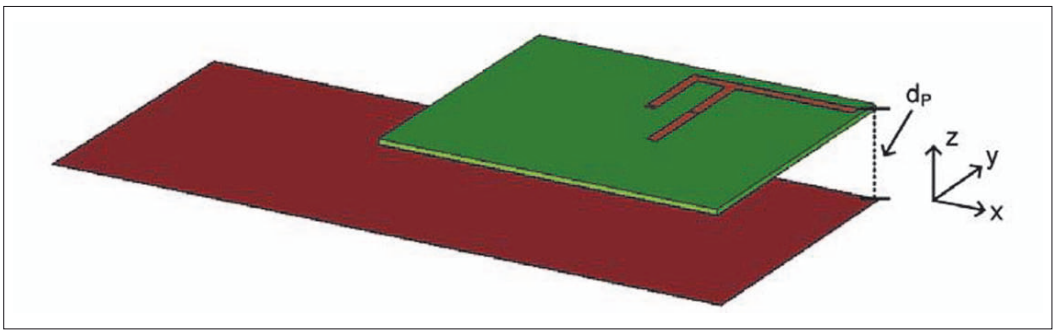


Bild 7: Platine mit Antenne über Metallfläche

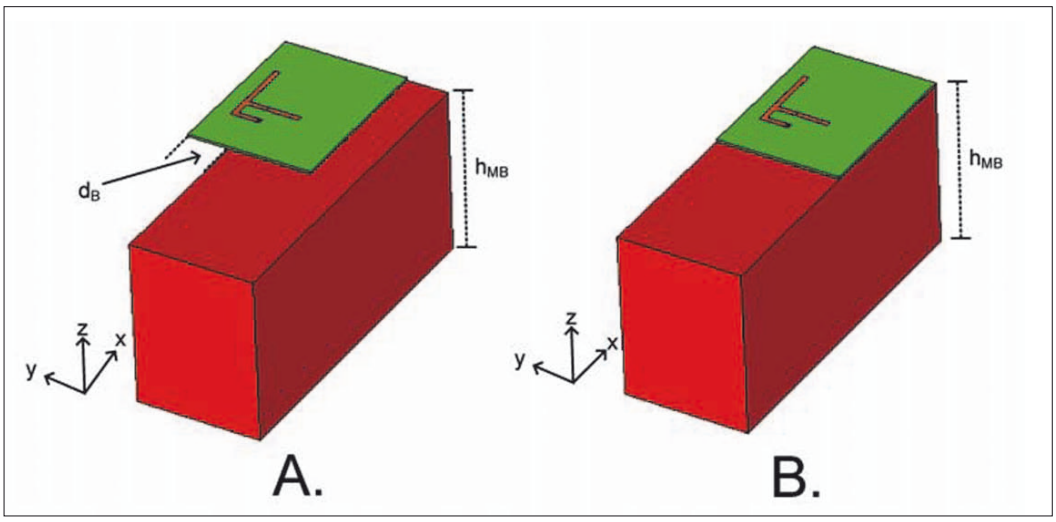


Bild 8: Platine über Metallbox

Antenne für diese Beispiele wurde für eine Länge L_G von 1 Zoll simuliert. Die Ergebnisse sind in Bild 5 und 6 (in linearer Skala für verbesserte Auflösung) dargestellt. Lagen für Spitzengewinne sind rot, Regionen mit niedrigem Gewinn sind grün ausgeführt. Wenn man die Darstellungen 5 C und 5 D mit den Darstellungen 6 C und 6 D vergleicht, ist festzustellen, dass, obwohl die Abmessungen der Leiterplatten gleich sind, sich die Spitzenstrahlungen von der Grundebene aus und vom Antennenelement aus aber wesentlich unterscheiden.

Das zeigt deutlich, dass für ein sehr kompaktes Antennen-Design ein Preis zu zahlen ist. In der Regel möchten Designer angesteuerte Antennenelement in einer Ecke der Platine anordnen, um möglichst viel Platz für andere Komponenten zu erhalten. Bild 5 C und 5 D zeigen aber, dass das Platzieren des gespeisten Elements in einer Ecke eines PCBs zur Energieableitung in unbeabsichtigte Bereiche der Leiterplatte führen kann. Auf der anderer Seite ist in Bild 6 C und 6 D die Strahlung direkt über und unter dem Element (weg von der Platine) konzentriert. Daher muss man überlegen, wie (in welcher Lage) das Produkt verwendet wird.

Betrachtung der Antennenumgebung

Andere benachbarte Objekte wirken sich ebenfalls auf den Gewinn aus. Betrachtet sei ein Produkt mit dem Design in Bild 4 A. Wenn ein Produktgehäuse entwickelt wurde, das lediglich einen leitfähigen Rahmen um die Antenne herum aufweist, so würde dies zu einer angemessenen Antenne führen. Der größte Teil der Signalstrahlung könnte das Gehäuse nach oben und unten verlassen. Die Antennensimulation muss also früh in der Entwurfsphase erfolgen. Messungen an frühen Antennen- und Gehäusetypen können spätere schwerwiegende Probleme im Produktentwicklungszyklus verhindern. Dielektrische Körper oder leitende Objekte in der

Teilbild	Abstand d_P in Zoll	Spitzengewinn an +z-Achse in dBi	Impedanz in Ohm	Anpassung (Return Loss) in dB
A	0,01	-8,1	62,9-j296,5	0,6
B	0,1	3,8	72,6-j51,7	7,2
C	0,2	1,4	83,1+j3,2	11,4
D	0,3	-0,6	92+j1,2	10
E	0,4	-1.4	93,1-j7,5	9,7
F	0,5	-1.1	90,8-j15,1	9,7
G	1	3,3	65,7-j33,4	9,9
H	1,5	4.6	54,1-j26,7	11,7
I	unendlich	2,3	57,8-j17,9	14,4

Tabelle 3: Einfluss des Abstands der Metallplatte auf den Antennengewinn

Nähe einer Antenne wirken sich auf die Antennenleistung aus. Bild 7 zeigt eine Antennenplatine wie in Abbildung 4 A mit 1 Zoll Masseflächenlänge auf einem Gehäuseboden (Metallplatte) im Abstand dP. Die Metallplatte (rot) befindet sich unter der gesamte Fläche der Leiterplatte (grün). Die Trennung d_P wurde variiert und die Änderungen beim Spitzenantennengewinn in Richtung +z-Achse ermittelt und dokumentiert. Die Aufmachergrafik zeigt diese Ergebnisse, basierend auf den Werten in Tabelle 3. Wenn d_P = 0,1 Zoll ist (B), dann wirkt die Metallplatte wie ein Reflektor und Energie wird nach oben in Richtung Raum abgestrahlt. Erhöht man den Metallplattenabstand weiter bis auf 0,5 Zoll (C, D. F), dann wird die Energie gewissermaßen zwischen der Metallplatte und der Grundebene der Antenne eingeklemmt. Dadurch erreicht der Spitzengewinn in Richtung +z-Achse ein Minimum. Schließlich, mit d_P = 1 und 1,5 Zoll ist die Antenne weit genug entfernt von der Metallplatte, sodass sich die Energie zwischen der Metallplatte und der Antenne verringert. Als Ergebnis zeigt sich der Spitzengewinn auf der +z-Achse stark verbessert.

Bemerkenswert ist die Tatsache, dass der Peak-Gewinn auf der +z- Achse (in einigen Fällen) größer ist, wenn die Metallplatte in die Analyse einbezogen wird, auch wenn d_P = 1,5 Zoll beträgt, der am weitesten entfernte Abstand in der Studie. Dies führt zu der Erkenntnis, dass manchmal die Metallplatte auch als ein Teil der Antenneneben betrachtet werden kann, obwohl die Platte nicht an die Antenne angeschlossen ist. Deshalb ist sorgfältige Aufmerksamkeit bei der Analyse der Leistung der Antenne geboten, wenn sich Objekte in der Nähe der Antenne befinden. Bild 8 zeigt eine Leiterplatte (grün) direkt auf und in einem gewissen Abstand zu einer Metallbox (rot). Dabei sind ähnliche Ergebnisse wie zuvor zu erwarten. Tabelle 4 nennt sie. So hat die zweite Variante keinen Wert als Antenne. Die Höhe des Metallkastens beträgt 2 Zoll.

Fazit

Wir haben eine 2,4-GHz-PIFA verwendet als Antennenbeispiel zur Veranschaulichung mehrerer wichtiger Themen, die beim Entwickeln von Funklösungen eine Rolle spielen können. Denn obwohl wir unsere Diskussion an ein PIFA-Element gebunden haben, gilt das Gleiche für die Integration einer beliebigen Antenne in ein Produkt. Es ist wichtig, zu verstehen, dass die Größe der Grundebene die Leistung der Antenne beeinflusst - dieGrundebene ist eigentlich ein Teil der Antenne. Obwohl das gespeiste Element in eine Ecke des PCBs gelegt werden kann, um die Topologie des Board-Bereichs zu optimieren, kann sich dies auf den Antennengewinn und die Richtcharakteristik verschieden auswirken. Änderungen von Platinenabmessungen können die Leistung erheblich beeinträchtigen, zu späte Optimierungen Zeitpläne verlängern und Kosten erhöhen.

Referenzen

[1] M. Ali & G. J. Hayes, "Analysis of integrated inverted-F antennas for Bluetooth applications", IEEE Conference on Antennas and Propagation for Wireless Communications, November 2000, pp. 21-24

[2] M.-C. Huynh & W. Stutzman, "Ground plane effects on planar inverted-F antenna (PIFA) performance", IEEE Proceedings on Microwaves, Antennas and Propagation, Volume 150, Issue 4, August 2003, pp. 209-213

[3] R. S. Elliott, Antenna Theory and Design, New Jersey, John Wiley & Sons, Inc., 2003 ◄