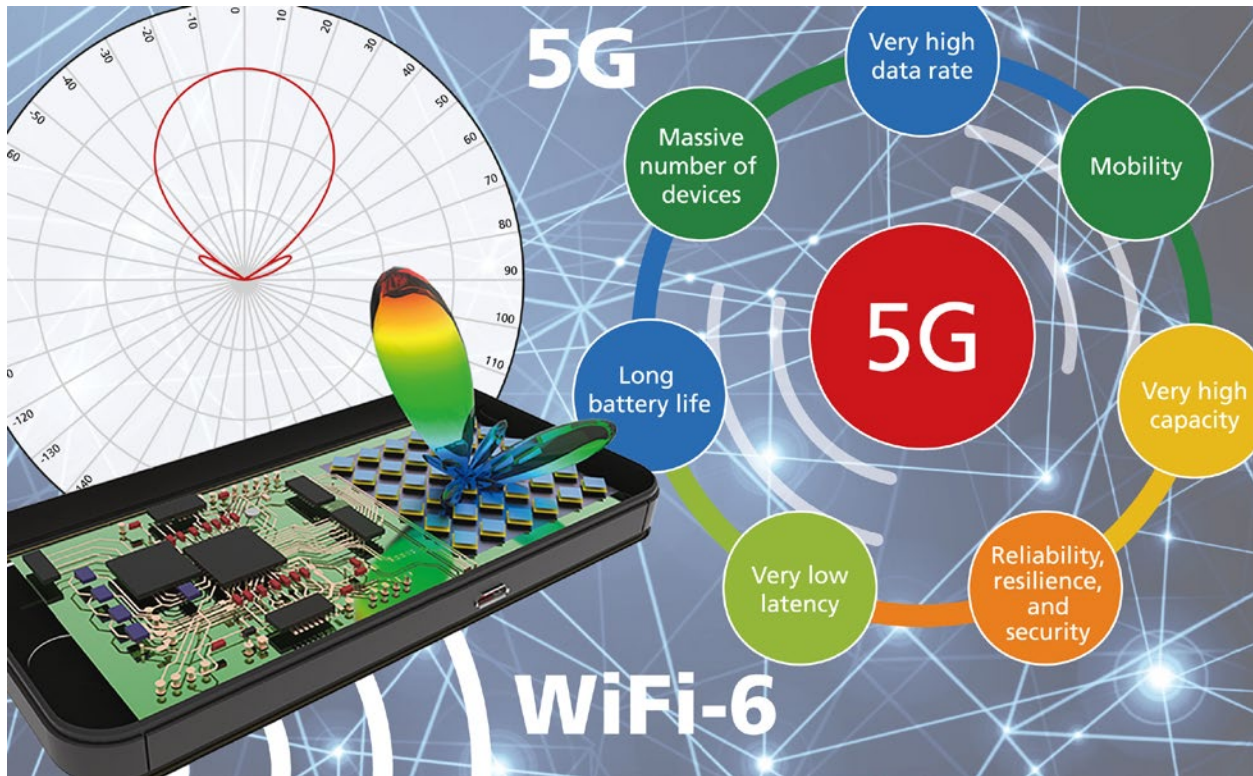


## PCB Design für 5G und WiFi-6



Schnelleres Internet wird in Deutschland von vielen gefordert. Aber was bedeutet es für PCB Layouter, Geräte für diese Technik zu entwerfen bzw. Geräte in diesem Umfeld zu betreiben. Die fünfte Generation des Mobilfunk-Standards liefert die nötige Performance hinsichtlich Datenrate, Reaktionszeit, Abdeckung und Stabilität der Verbindung. Theoretisch ist eine Performance-Steigerung um den Faktor 1000 möglich. Gerade für die Industrie ist die 5G-Technik interessant, um Maschinen und Sensoren kabellos zu verbinden und in Echtzeit zu kommunizieren. Auf ähnlicher Grundlage funktioniert die neue WLAN-Technik WiFi-6 in Innenräumen. Beide Technologien ermöglichen die verschiedensten Anwendungsfälle.

Durch die flächendeckende Einführung von 5G und WiFi-6 erhoffen sich viele Firmen neue Märkte zu erschließen. Mehr Geräte, mehr Sensoren und damit mehr Informationen, die ausgewertet, verarbeitet und übermittelt werden. Es wird nicht nur bei Anwendungen bleiben, die mit wenig Daten auskommen, wie beispielsweise bei Thermostaten und Heizungssteuerungen im Heimbereich. Es wird auch mehr hochauflösende Video-Anwendungen geben, bei denen 4k oder 8k Bilder in Echtzeit „ruckelfrei“ übertragen werden sollen. Hier sind die Datenmengen enorm und Mängel an den Übertragungsstrecken sofort „sichtbar“. Wenn Sensoren zur Steuerung von Verkehr, Maschinen und Infrastruktur genutzt werden sollen, dann muss die Übertragungsstrecke stabil und eine bestimmte Übertragung garantiert sein. Zurzeit finden in Deutschland Verbesserungen in der Infrastruktur statt, und der Backbone des Internets wird mehr und mehr mit Glasfaser (z.B. FTTH Fibre to the Home) ausgerüstet. Neue Router und Repeater stellen dann die WLAN-Verbindung im 2,4 und 5 GHz-

Frequenzband zur Glasfaser her. Die Möglichkeit, wireless, schnell und sicher Geräte zu verbinden, wird auf den letzten Metern zu den Endgeräten mehr und mehr die Kabelverbindungen verdrängen.

Hier gibt es zukünftig zwei neue und ähnliche Standards: Die Outdoor-Anbindungen werden über 5G erfolgen und die Indoor-Anbindungen über WiFi-6. In der Übergangszeit werden Geräte abwärtskompatibel sein müssen und auch langsamere Standards unterstützen. Da mehrere Antennen und Frequenzbereiche die Anforderungen an die Geräte komplexer machen, wird es in wenigen Jahren gerade im Consumer-Bereich viele Geräte geben, die nur die neuen Standards unterstützen.

Die Vorteile von 5G und WiFi-6 sind eine größere Bandbreite, mehr Teilnehmer in einer Zelle, geringere Latenz und mehr Mobilität. Mit einer höheren Bandbreite können Videodaten in 4k oder 8k Auflösung problemlos gestreamt werden. Das wird unser Fernsehverhalten mit festen Programmzeiten hin zu Mediatheken mit Inhalten on Demand zum Streamen verändern. Da mehr Teilnehmer in einer Mobilfunkzelle möglich sind, die auch noch kleiner wird, werden bald die Zuschauer in einem Event-Stadion das Geschehen live an ihre Freunde streamen. Dies wird auch den Druck auf Nachrichten-Sender in Bezug auf Aktualität stark verändern. Die Latenz ermöglicht darüber hinaus die sichere Steuerung von Maschinen und Robotern in Echtzeit über Funk. Dies wird auch zu mehr IoT-Geräten und mehr Automation in den Haushalten führen.

Die IT-Architekturen werden sich verändern. Wenn mehr Geräte über Funk am Datenaustausch teilnehmen, dann müssen die Daten ausgewertet und entsprechende Aktionen zur Steuerung berechnet werden. Um zum Beispiel Prioritäten im Verkehr zu steuern, wenn etwa die Feuerwehr mit Blaulicht freie Fahrt bekommen soll, müssen die Zustände der Ampeln und Verkehrsteilnehmer zentral erfasst, ausgewertet und gesteuert werden. Allein dieses Beispiel zeigt, dass der Funk in Echtzeit erfolgen muss, und die vielen Daten in einem zentralen Verkehrsleitrechner zusammengeführt werden. Dennoch muss das autonome Auto über entsprechende Rechenleistung verfügen, um bei einer plötzlichen Gefahrensituation bremsen und ebenfalls per Funk andere Verkehrsteilnehmer in der Nähe warnen zu können. Das bedeutet, dass die 5G Funkverbindung auch bei Teilnehmern in Bewegung funktionieren muss.

## **Was bedeuten diese Veränderungen für Hardware-Entwickler**

Für zukünftige Geräte bedeutet dies, dass mehr empfindliche Sensoren verbaut werden, die meist analoge Signale als Ursprung haben. Hier werden die Anbieter wahrscheinlich Module mit einer digitalen Schnittstelle anbieten oder den Sensor in ein IC-Package integrieren.

Intelligente Sensor-Module werden nicht nur Daten messen, sondern diese bereits nach Vorgaben filtern, auswerten und die Ergebnisse als digitale Information zur Verfügung stellen. Andere Konzepte bestehen darin, die Daten digitalisiert in die Cloud zu schicken, wo sie mit künstlicher Intelligenz ausgewertet und bearbeitet werden, und die Ergebnisse anschließend zurückzuerhalten.

Einfache IoT-Sensoren (z.B. Außenthermometer) werden mit einer langlebigen Batterie nur gelegentlich Messwerte ins WLAN melden. Sind die Sensoren aber Teil einer lokalen Steuerung, so wird es neben der Antenne auch noch eine CPU oder DSP mit Speicher geben, um lokal die Auswertung und Regelung zu steuern und Zustände zu kommunizieren.

Die Vielfalt der Lösungen und die Komplexität der Elektronik nimmt weiter zu. Das Integrieren von Funk im GHz-Frequenzband, von sensiblen analogen Sensoren und digitalen Prozessoren mit Speicher auf einer Leiterplatte stellt eine Herausforderung an die Signalqualität und das

EMV-Verhalten dar. Bei gleichzeitiger Forderung nach Miniaturisierung, Batteriebetrieb und weniger Stromverbrauch kommen Power-Integrität und thermische Einschränkungen hinzu.

Diese Themen sollten nicht ignoriert oder auf die lange Bank geschoben werden. Wie wir schon beim letzten Technologiesprung von 3G zu 4G gesehen haben, bringt dies immer eine Disruption in der bisherigen Struktur der Anbieter. 3G und 4G bedeutete nicht nur eine schnellere Datenübertragung, es ermöglichte auch andere Geschäftsmodelle. Mit dieser Technologie entstanden Anbieter wie Netflix, Google, Apple und Amazon. Andere Anbieter, die nicht die Chancen der neuen Technologie genutzt haben, verloren an Bedeutung oder verschwanden ganz vom Markt.

Heute ist von Entwicklern auch Kreativität gefragt. Binden Sie die Marketingabteilung ein und teilen Sie ihr mit, was mit ihren Geräten an weiterem Zusatznutzen aus den vorhandenen Daten bereitgestellt werden kann. Wir befinden uns im internationalen Wettbewerb, jeder will gewinnen. Der Markt für 5G und WiFi-6 expandiert exponentiell und wird unser tägliches Leben erneut massiv verändern.

## **Technische Grundlagen für 5G und WiFi-6**

Die enorme Steigerung bis zum Faktor 1000 der Übertragungsgeschwindigkeit kommt im Wesentlichen durch drei Ansätze. Die höhere Funkzellendichte mit mehr Access Points pro Fläche erlaubt mehr Datendurchsatz um den Faktor 10. Neue MIMO-Antennen (Multiple Input Multiple Output) können mit Beamforming sogar die Senderichtung direkt zu bewegten Objekten ausrichten und eine höhere Spektraleffizienz um den Faktor 20 erreichen. Durch die zusätzlichen höheren Frequenzen (>24 GHz), auf denen Daten übertragen werden dürfen, kann der Durchsatz um den Faktor 5 gesteigert werden. So ergibt sich der theoretische 1000-fache Datendurchsatz zur heutigen Infrastruktur.

Steigerung der Performance um Faktor 1000 =  $10 \cdot 20 \cdot 5$

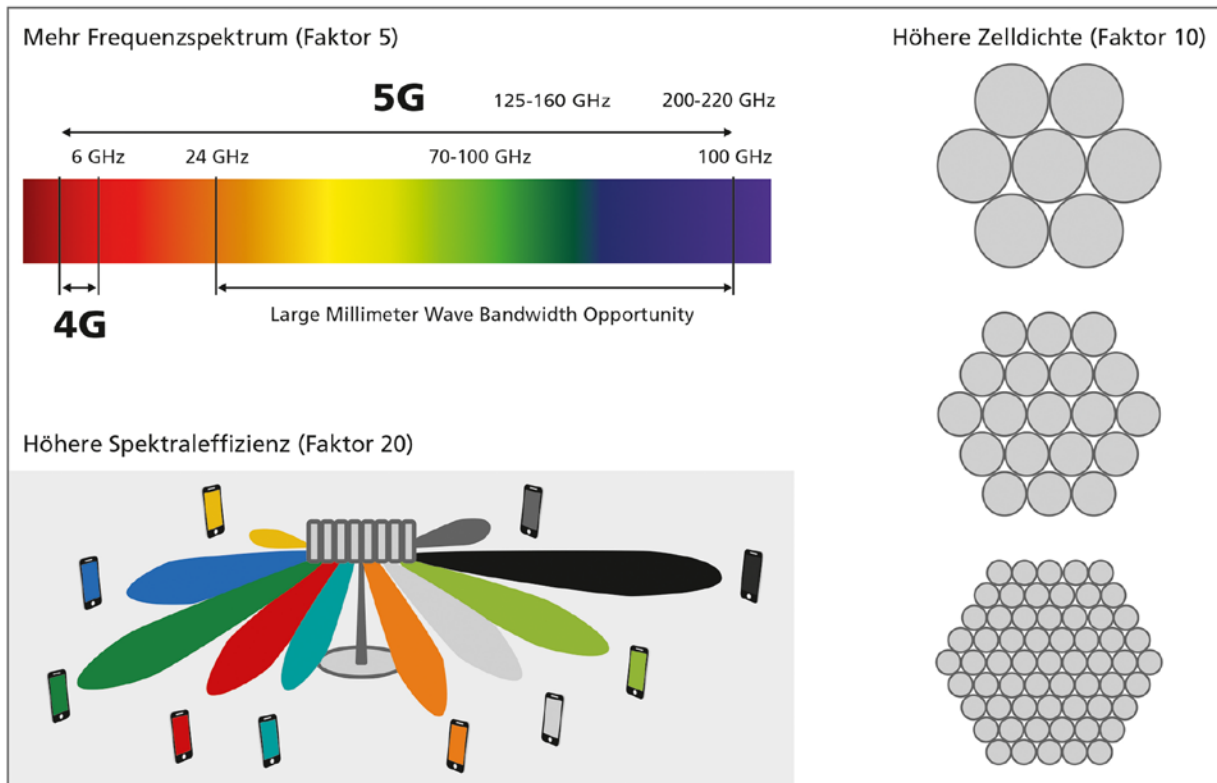


Bild: Performance-Steigerung um Faktor 1000 mit 5G

Für die Halbleiter-Hersteller kommen neben CMOS jetzt noch neue Materialien wie SOI, GaAs, und GaN hinzu und die Qualitätsanforderungen an SMD-Bauteile, Laminare und IC-Packages steigen für höhere Frequenzanwendungen für 5G (24-40 GHz) und Automotive (77-81 GHz).

## GHz auf Leiterplatten

Mit massiven MIMO- oder Patch-Antennen lassen sich neue „Air Interfaces“ mit geringer Latenz für massive Verbindungen umsetzen. Dazu werden Sendekeulen aus mehreren Antennen gebildet. Durch Phasenverschiebung kommt es zu gewollten Interferenzen, die Form der Antennenkeulen wird schmaler und in eine Richtung durch die Überlagerung verstärkt. Durch Ansteuern mit unterschiedlichen Phasen des gleichen Signals von z.B. vier Patch-Antennen, kann die Richtung der Antennenkeule ausgerichtet werden. Mit der richtigen Steuerung können die Keulen auch bewegten Objekten folgen. Statt ein Signal auf alle vier Antennen im Array zu verteilen, lassen sich auch zwei Signale auf zwei Antennenpaare verteilen. So können zwei Geräte (WiFi-6) oder Autos (5G) gleichzeitig auf der gleichen Frequenz in unterschiedlichen Richtungen kommunizieren, ohne dass sich die Signale stören. Damit steigt die Leistungsdichte.

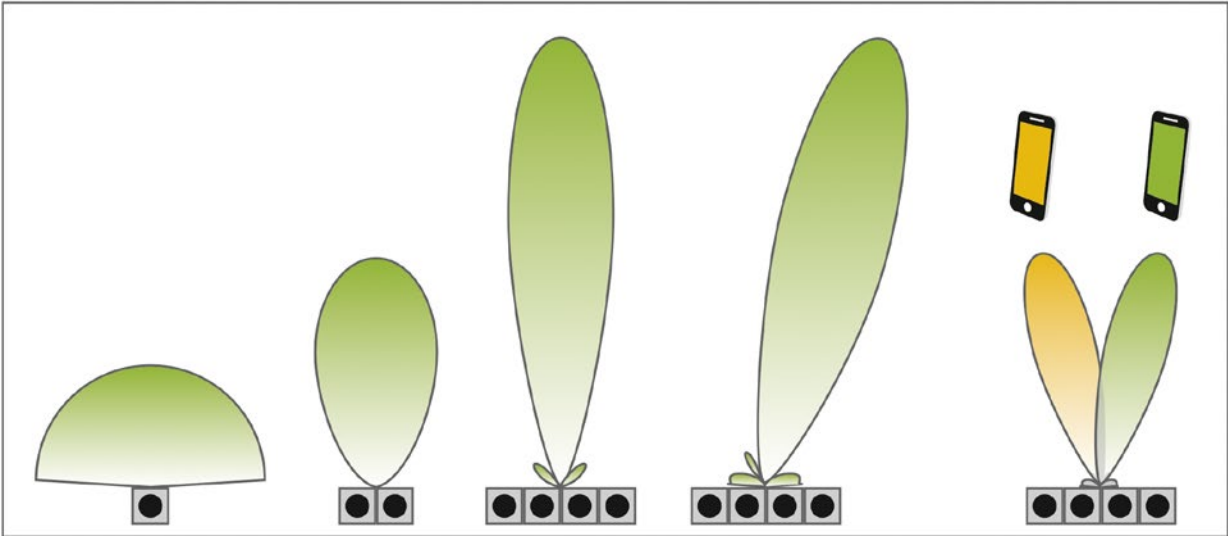


Bild: Beamforming durch MIMO-Antennen

### Herausforderungen an Antennen

Um Antennen zu einem Array zusammenschalten, braucht es absolut exakte Verhältnisse bei der geometrischen Anordnung der Antennen. Dann lassen sich die Sendekulen homogen im Raum ausrichten. Dazu müssen nicht nur die Geometrien der Antennen gleich sein, auch die Zuleitungen für die Signale müssen für Hochfrequenz abgestimmt werden.

Für das Design von Antennen gibt es die Software AWR Microwave Office, in der die Form der Antenne definiert und mit den Layout-Daten im PCB Tool bidirektional ausgetauscht werden kann. Zur Berechnung des realen Verhaltens ist es notwendig, nicht nur die Antennen, sondern auch die Zuleitungen bis zum Ausgang des Verstärkers zu berücksichtigen. Das elektrische Verhalten dieser Geometrie mit Antennen, Zuleitungen und ggf. auch Durchkontaktierungen kann mit einem 3D Field Solver wie Clarity oder HFSS extrahiert und simuliert werden.

Das Antennen-Design ist ein iterativer Prozess.

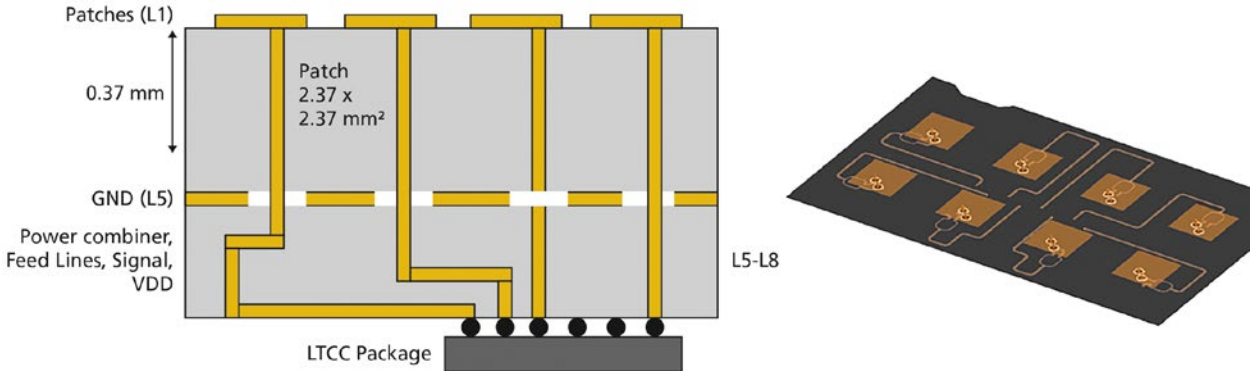


Bild: Patch-Antenne auf einer Leiterplatte



Um leistungsstarke Antennen auf Leiterplatten zu entwerfen, sind viele Kompromisse notwendig. Die Größe der Antenne steht im Widerspruch zur Miniaturisierung der Geräte und dem verfügbaren Bauraum. Um bessere Leistung zu erreichen, kann lokal in der Leiterplatte ein Prepeg mit einem anderen  $\epsilon_r$  und Loss Tangent von 0,002 als Inlay-Dielektrikum für den HF-Bereich in der Leiterplatte verwendet werden. Solche Inlays stellen in der Fertigung kein Problem mehr dar und erhöhen die Kosten nur minimal. Der Allegro PCB Editor unterstützt Bereiche mit unterschiedlichem  $\epsilon_r$  und Loss Tangent auf einer Lage im Lagenaufbau für Inlay-Dielektrika im HF-Bereich.

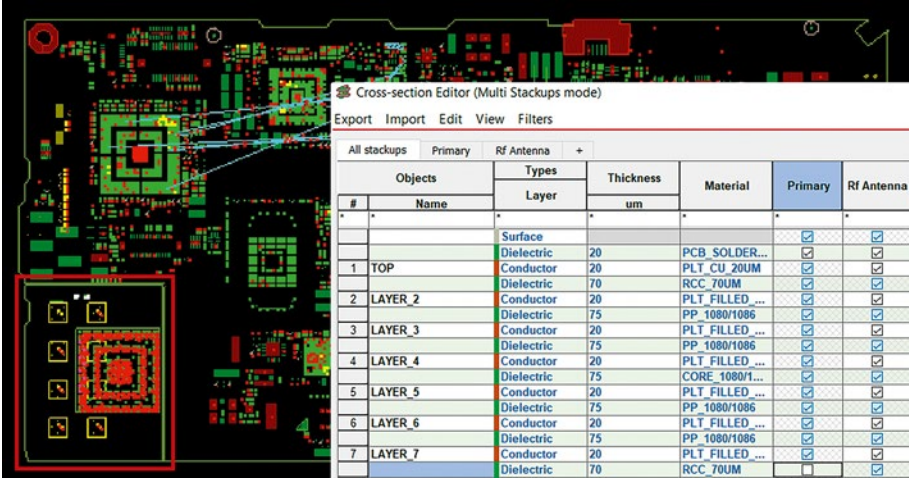


Bild: Dielektrisches Inlay im HF-Bereich

Zusammen mit den mechanischen Gehäuseinformationen kann die Position der Antenne und die Ansteuerung optimiert werden für eine maximale Verstärkung im Winkel und der Reichweite.

Um die HF-Zuleitungen zu den Antennen vor externen Störeinflüssen zu schützen, können die Leitungen durch Ground-Flächen mit Shielding-Vias abgeschirmt werden. Der Abstand der Durchkontaktierungen zur Schirmung sollte  $\lambda/6$  betragen, also einem Sechstel der verwendeten Wellenlänge. Nach dem Selektieren der HF-Leitung lässt sich das Muster der Durchkontaktierungen automatisch generieren. Bei der Extraktion und 3D-Simulation wird die Schirmung berücksichtigt.

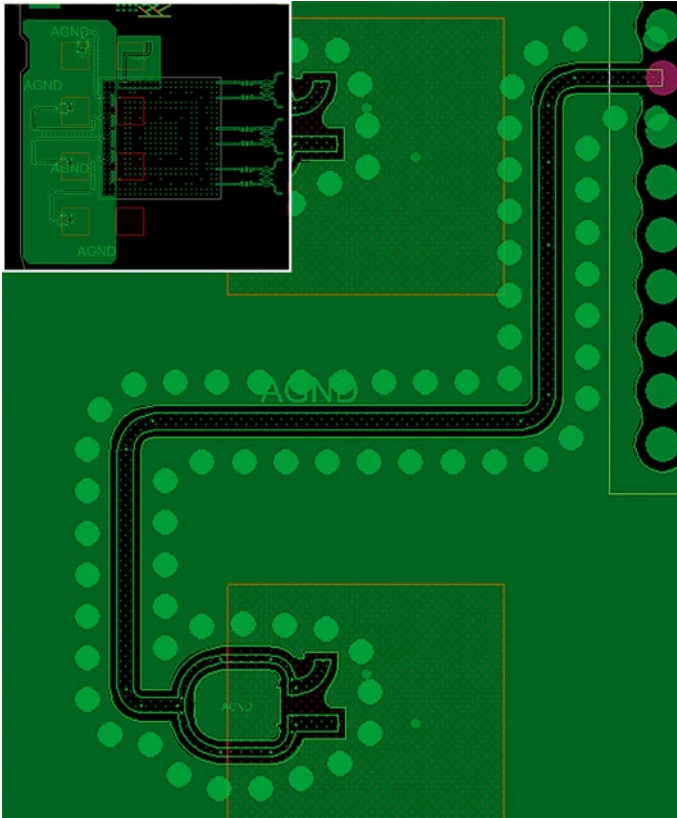


Bild: Abschirmung der HF-Leitungen

## Mehr Störungen anderer Geräte

Wenn mehr Geräte über drahtlose Schnittstellen kommunizieren, werden automatisch auch andere Geräte gestört. Die Steigerung von Leistungsdichten und Erweiterungen des Frequenzbands macht die Störfestigkeit gegenüber anderen Geräten noch wichtiger. Auch Entwickler, die keine HF-Anwendungen auf ihren Schaltungen haben, können durch andere Geräte von außen gestört werden. Antennen auf Leiterplatten sind Kupferstrukturen, durch die ein Wechselstrom fließt, der ein elektromagnetisches Feld bei bestimmten Frequenzen erzeugt. Gleichzeitig empfängt die Struktur auf den gleichen Frequenzen elektromagnetische Wellen und wandelt diese in Ströme um. Dieses Prinzip gilt für alle leitenden Strukturen auf der Leiterplatte. EMV ist nichts anderes als das ungewollte Empfangen von Energie und die Umwandlung in Ströme, die das Verhalten der elektrischen Schaltung stören. Mit steigender Zahl von drahtlosen Schnittstellen steigen die Anforderungen an Simulation und Prüfung der EMV-Festigkeit jeglicher Elektronik.

### Mehr Informationen bei:

FlowCAD EDA-Software Vertriebs GmbH  
 Dirk Müller  
 Mozartstr. 2, 85622 Feldkirchen  
[www.FlowCAD.de](http://www.FlowCAD.de)