

■ Empfang auf allen Kanälen

Damit ein Smartphone Verbindung zur Außenwelt aufnehmen kann, benötigt es verschiedene Antennen.

Das Smartphone ist ein treuer Begleiter im Alltag. Damit es all die Informationen und Funktionen bereitstellen kann, die wir zu brauchen glauben, muss es Daten per Funk senden und empfangen können. Die drahtlose Datenübertragung erfolgt auf sehr unterschiedlichen Frequenzen und mit unterschiedlichen Reichweiten: über die Mobilfunknetze GSM, UMTS und LTE, per Wi-Fi-Standard in WLANs, per Bluetooth auf kurze Distanzen von Gerät zu Gerät sowie per NFC fürs mobile Bezahlen auf noch kürzeren Distanzen (Tabelle). Zudem muss das Smartphone das GPS-Signal empfangen können und bei manchen Geräten UKW-Radiofrequenzen. Alles in allem hält ein Smartphone in mehr als zehn Frequenzbändern Kontakt zur Außenwelt. Diese liegen im elektromagnetischen Spektrum zwischen rund 90 Megahertz und fünf Gigahertz. Keine einzelne Antenne ist in der Lage, all diese Frequenzen effizient abzudecken. Stattdessen sind mehrere Antennen notwendig, um alle Frequenzen möglichst gut bedienen zu können. In Mobiltelefonen sind Antennen immer ein Kompromiss zwischen verfügbarem Platz und guter Abstrahlung bzw. gutem Empfang. Der verfügbare Platz beschränkt nicht nur die physischen Dimen-



ArtisticCaptures / iStockphoto

Mit einem Smartphone kann man deutlich mehr als telefonieren. Dafür enthält

es mehrere Antennen, die auf engstem Raum verteilt sind.

sionen der Antennen, sondern auch ihren Abstand untereinander.

Die Grundform einer Antenne ist der elektrische oder magnetische Dipol. Ein elektrischer Dipol hat im einfachsten Fall die Form eines Stabs, ein magnetischer Dipol die Form einer Schleife. Beim Senden wandelt eine Antenne leitungsgebundene elektromagnetische Wellen in Freiraumwellen um, beim Empfang die ankommenden elektromagnetischen Freiraumwellen in leitungsgebundene. Die Länge einer Antenne bestimmt maßgeblich, für welche Frequenz oder welchen Frequenzbereich sie diese Wandlung am wirkungsvollsten leistet. Der klassische Fall ist eine Ausdehnung von einer halben Wellenlänge der zu empfangenden bzw. zu sendenden elektromagnetischen Strahlung. Bei den für Smartphone-Antennen relevanten Frequenzen liegen die Wellenlängen zwischen einem halben und knapp 40 Zentimetern (Tabelle). Die Wellenlängen von NFC und UKW sind noch deutlich größer. Diese Werte verdeutlichen bereits, dass sich in Smartphones aus Platzgründen keine Antennen mit physischen Ausdehnungen von einer halben Wellenlänge unterbringen lassen –

ein Problem, das auch viele andere kleinvolumige Geräte haben.

Verkürzen lässt sich eine Antenne bei gleichbleibender effektiver Strahlungslänge auf verschiedene Weisen. Grundsätzlich kann die physische Dimension einer Antenne bis auf ein Zehntel der Wellenlänge schrumpfen, ohne dass der Wirkungsgrad – also das Verhältnis von abgestrahlter zu zugeführter Leistung – allzu stark leidet. Zudem trägt zur Wirkung einer Antenne im Smartphone nie allein die physische Antenne bei, sondern immer auch ein Teil des Geräts, zum Beispiel Platinen oder Teile des Gehäuses. Dies macht sich durch eine zusätzliche parasitäre Kapazität bemerkbar, die den „Schwingkreis Antenne“ sozusagen verstimmt. Auch eine geschickte Leitungsführung kann eine parasitäre Kapazität erzeugen.

Bei Antennen, die direkt in Leiterplatten geätzt worden sind, lässt sich ausnutzen, dass die Wellenlänge der elektromagnetischen Wellen im Substrat kürzer als in der Luft ist. Die relative Dielektrizitätszahl des Mediums – bei Leiterplatten sind es häufig spezielle Kunststoffe oder auch Keramiken mit großer relativer Dielektrizitätszahl – legt

Frequenzbereiche für Smartphones

	Anwendung	Frequenzbereich (typische Wellenlänge)
GSM	Mobilfunk	890 – 915 MHz (33 cm), 1710 – 1785 MHz (17 cm), 1805 – 1880 MHz (16 cm)
UMTS	Mobilfunk	1920 – 1980 MHz (15 cm), 2110 – 2170 MHz (14 cm)
LTE	Mobilfunk	800 MHz (37,5 cm), 1,8 GHz (17 cm), 2 GHz (15 cm), 2,6 GHz (12 cm)
Bluetooth	Kurzstreckenfunk (Reichweite einige Meter)	2,402 – 2,480 GHz (12 cm)
Wi-Fi	WLAN	2,4 GHz (12,5 cm), 5 GHz (6 cm)
GPS	Positionsbestimmung	1575,42 MHz (19 cm)
NFC	Kurzstreckenfunk (Reichweite wenige Zentimeter)	13,56 MHz (22 m)
UKW	Rundfunk	87 – 108 MHz (3,4 – 2,8 m)

fest, um wie viel sich die Wellenlänge dadurch ändert. Mit diesen Verfahren lassen sich die Antennen fürs Smartphone ausreichend verkleinern, ohne dass ihr Wirkungsgrad zu stark sinkt.

Die meisten Antennen in Smartphones müssen lediglich relativ schmalbandige Frequenzbereiche abdecken und arbeiten daher in Resonanz, um einen möglichst hohen Wirkungsgrad zu erreichen. Nur die NFC-Antenne wird weit außerhalb der Resonanzfrequenz betrieben, weil sie dann sehr einfach zu fertigen ist. Zudem sind bei ihr die Anforderungen an Reichweite und Wirkungsgrad sehr gering. Typischerweise findet NFC beim bargeldlosen Bezahlen oder bei der Zugangskontrolle Anwendung. Dafür muss NFC nur sehr nahe an einem Terminal eine stabile Verbindung ermöglichen und lediglich sporadisch geringe

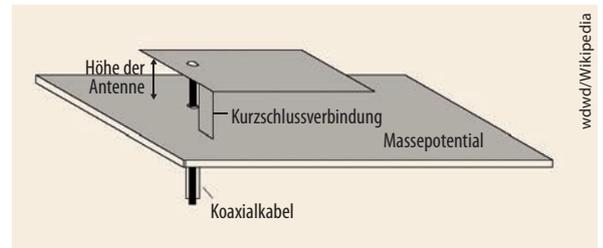


Mit Hilfe der Laser-Direkt-Strukturierung lassen sich Antennen direkt auf den Kunststoffträger aufbringen. Zu sehen sind LTE-Antennen, wie sie u. a. in Smartphones Verwendung finden.

Datenmengen übertragen. NFC-Antennen bestehen daher bloß aus einer oder wenigen Leiterschleifen und besitzen damit im Smartphone die einfachste Bauform. Ein weiterer Sonderfall ist die Antenne für den UKW-Empfang, den manche Smartphones bieten: Hierbei dient das lange Kabel des Kopfhörers als Antenne.

Sehr gut mit einer einzigen Antenne abdecken lassen sich die Mobilfunknetze GSM und UMTS. Die GSM-Frequenzen liegen in Deutschland in drei Frequenzbereichen. Beim höchsten Bereich um 1800 Megahertz ist die Frequenz halb so groß wie beim niedrigsten, sodass die Antenne einfach die Grundschwingung und die erste Oberschwingung empfangen oder abstrahlen können muss. Auch UMTS-Frequenzen, die nochmals um 100 bzw. 300 Megahertz höher als das höchste GSM-Band liegen, sind durch gezieltes Verstimmen mit derselben Antenne erreichbar. Die Frequenzen des LTE-Standards liegen zwar teilweise in ähnlichen Bereichen wie die von GSM und UMTS, allerdings müssen bei LTE häufig unterschiedlich polarisierte Funkwellen empfangen werden, um störende Signal-Interferenzen zu verringern. Daher ist für den LTE-Empfang meist eine weitere, separate Antenne für eine zweite Polarisationsrichtung erforderlich.

Die Polarisation ist – neben der



Planare Inverted-F-Antennen, die sich in vielen Smartphones finden, bestehen aus zwei parallelen leitfähigen Flächen, von denen die größere als Masse dient. Die Geometrie und die Anordnung der elektrischen Leiter bestimmen die Eigenschaften der Antenne. Sie arbeiten in Resonanz. Komplexer gestaltete PIF-Antennen mit Schlitzen in der oberen Fläche oder zusätzlichen Kurzschlussverbindungen funktionieren in mehreren Frequenzbändern.

Bandbreite der Antenne und den ihr nachgeschalteten Filtern – ein komfortables Mittel, um Signale bei ähnlichen Frequenzen klar zu trennen. Eine andere Möglichkeit ist die eingangs erwähnte räumliche Anordnung der Antennen im Smartphone: Sind sich die Frequenzbereiche zweier Antennen sehr ähnlich, lassen sich durch den räumlichen Abstand zwischen ihnen ähnliche Signale besser voneinander trennen. In Mobiltelefonen ist zwar immer ein Kompromiss zwischen verfügbarem Platz und guter Abstrahlung nötig, aber dafür bieten Smartphones verhältnismäßig viel Platz – früher dagegen mussten Mobiltelefone mit jeder Generation immer kleiner werden.

Michael Vogel

+) Ich danke Mario Pauli vom Karlsruher Institut für Technologie (KIT) für hilfreiche Erläuterungen.