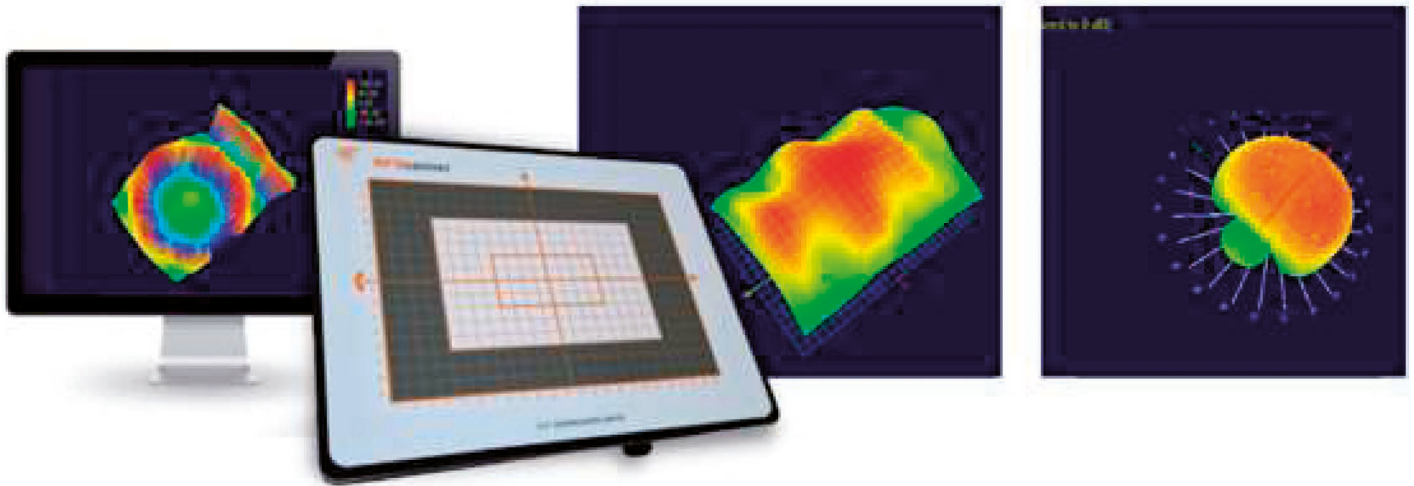


# Antennenparameter ermitteln mit Nahfeld-Scanning-Technologie

Mit der hier beschriebenen Nahfeld-Scanning-Technologie gelingt die Messung aller Arten von Antennen.



Antennen, die nicht den vorgegebenen Design-Kriterien, gesetzlichen Anforderungen oder den Kundenwünschen entsprechen, landen entweder schnell auf dem Schrotthaufen oder verursachen kostspielige Verzögerungen. Wenn eine solche Antenne auf den Markt kommt und Verbraucher ein Problem feststellen, kann dies zu einem Altraum werden. Die Entwickler müssen daher eine Antenne charakterisieren, um Abstrahlungs- und Impedanzeigenschaften gemäß Bild 1 festzumachen.

### Hürden und Herausforderungen

Die herkömmliche Antennencharakterisierung erfordert umfassende Fernfeldtests oder das Sammeln von Nahfelddatensätzen zur Projektion von Fernfeldmustern (Bild 2). Leider liefert jedoch die planare Abtastung, die schnellste und

kostengünstigste traditionelle Nah- oder Fernfeldtechnik, nur für Richtantennen zuverlässige Ergebnisse. Omnidirektionale Antennen müssen derzeit im sphärischen Modus in einer ausreichend großen, abgeschirmten Prüfkammer abgetastet werden, um eine mögliche Kopplung zu vermeiden. Für eine omnidirektionale Antenne im Test (AUT) benötigt ein solches System außerdem ein dreiachsiges (X, Y und Z) Robotersystem und viele Abtastpunkte. Jede herkömmliche Antennenprüfmethode erfordert daher auch einen geschulten Techniker. Diese Anforderungen erweisen sich als kostspielig. Um diese Hürden zu überwinden, wurde eine neuartige Nahfeldtechnologie entwickelt, die auf einem Sondenarray basiert, das die AUT auf einer ebenen Fläche bei 2,5 cm Abstand abtastet. Die AUT

kann entweder direktional oder omnidirektional sein. In einem schnellen, mehrstufigen internen Prozess, der für den Benutzer nahtlos erscheint, projiziert das Gerät Nahfelddaten auf Fernfelddaten unter Verwendung etablierter Algorithmen.

### Mehr zu traditionellen Testmethoden

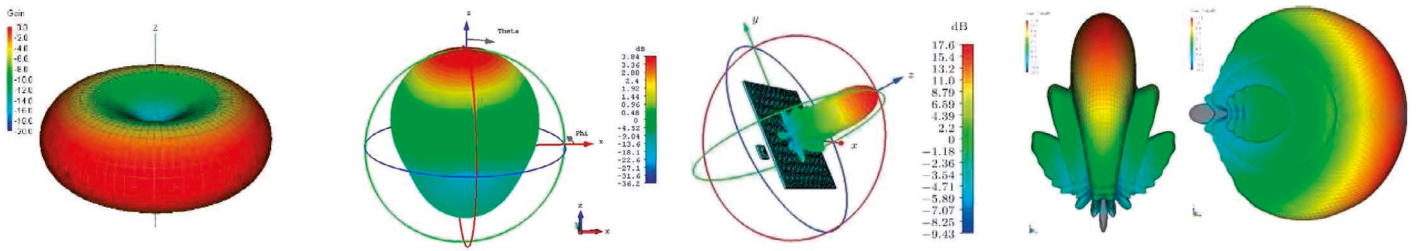
Derzeit sieht man unterschiedliche Testmethoden mit zwei verschiedenen Regionen, um darin die Antennen zu vermessen: Der Fernfeldbereich, auch als Abstrahlbereich bezeichnet oder einfach als Fernfeld, ist – obwohl es keine strenge Definition des Fernfeldes gibt – eine gängige Näherung für elektrisch große Antennen mathematisch der Bereich

$$d = 2D^2/\lambda$$

Radiation Properties		Impedance Properties	
Pattern	Directivity	Return Loss	S11
Gain	Beamwidth	Bandwidth	Efficiency
Polarization		VSWR	

Quelle:  
Antenna Parameters Testing  
with Near-Field Scanning  
Technology  
Y.I.C. Technologies  
www.yictechnologies.com

übersetzt von FS **Bild 1: Zu messende Eigenschaften**



**Bild 2: Mögliche Strahlungsdiagramme**

mit  $d$  = Abstand zwischen Antenne und Sensor,  $D$  = größte Abmessung der Antenne und  $\lambda$  = Wellenlänge. Eine weitere gängige Näherung ohne Hinweis auf die Antennengröße ist  $d > 10 \lambda$ .

Die Antennenhersteller führen nur selten den kostspieligeren und ressourcenintensiven Fernfeldtest durch.

Im Gegensatz dazu ist das Nahfeld, formal als strahlendes Nahfeld bezeichnet, der Ausbreitungsbereich, der von Antennenherstellern am häufigsten bei Tests benutzt wird. Wie der Name schon vermuten lässt, wird bei Nahfeldmessungen buchstäblich die gemessene Fläche auf ein kleineres Feld verkleinern, was eine kleinere Kammer ermöglicht. Sobald die Nahfeldergebnisse vorliegen, projiziert ein etablierter Transformationsalgorithmus die Ergebnisse auf das Fernfeld. Theoretisch gibt es trotz der Projektion aus dem Nahfeld keinen Informationsverlust bei den projizierten Fernfeldergebnissen. Da das Ziel darin besteht, genaue Fernfeld-

messungen zu erhalten, müssen Nahfeldkammern eine kontrollierte und konsequent abgeschirmte Umgebung bieten. Andernfalls können Reflexionen und externes Rauschen die Genauigkeit stark beeinträchtigen.

Wie das Fernfeld, so ist auch das Nahfeld nicht formell definiert, sondern nur alles, was nicht das Fernfeld ist. Das bedeutet, dass es mathematisch als

$$d < 2D^2/\lambda$$

dargestellt werden kann. Weniger formell wird das Nahfeld als das Drei- bis Zehnfache der Wellenlänge angesehen. Durch die Anwendung einer Fourier-Transformation auf die Nahfeldmessungen ergibt sich die gewünschte Fernfeldprojektion. Die Fourier-Transformation wird als „Transformation von der planaren Aperturverteilung in ein Winkelspektrum“ bezeichnet. Diese Methode zur Projektion von Nahfeldergebnissen auf das Fernfeld wird von den meisten Aufsichtsbehörden anerkannt.

Im sehr nahen Feld (Very-Near-Field), ein neuer Begriff, misst man die AUT so nahe an den

Sensoren, dass diese die Leistung der AUT beeinflussen. Das sehr nahe Feld kann tatsächlich im reaktiven Bereich liegen, im Gegensatz zum Nahfeld, das diesen Bereich stets meidet.

Herkömmliche Messmethoden bringen AUTs für gewöhnlich nicht in die reaktive Region, die mathematisch definiert werden kann als

$$d = \lambda/6,28$$

für kleine Antennen oder als

$$d < 6,62 \sqrt{D^3/\lambda}$$

Innerhalb des reaktiven Nahfeldbereichs sind die elektrischen und magnetischen Felder stark gekoppelt, und ihr Verhalten lässt sich nicht vollständig mit den einfachen Strahlungsmustern, die mit dem Fernfeldbereich assoziiert werden, beschreiben.

Der elektrische NF-Grenzabstand kann wie folgt berechnet werden:

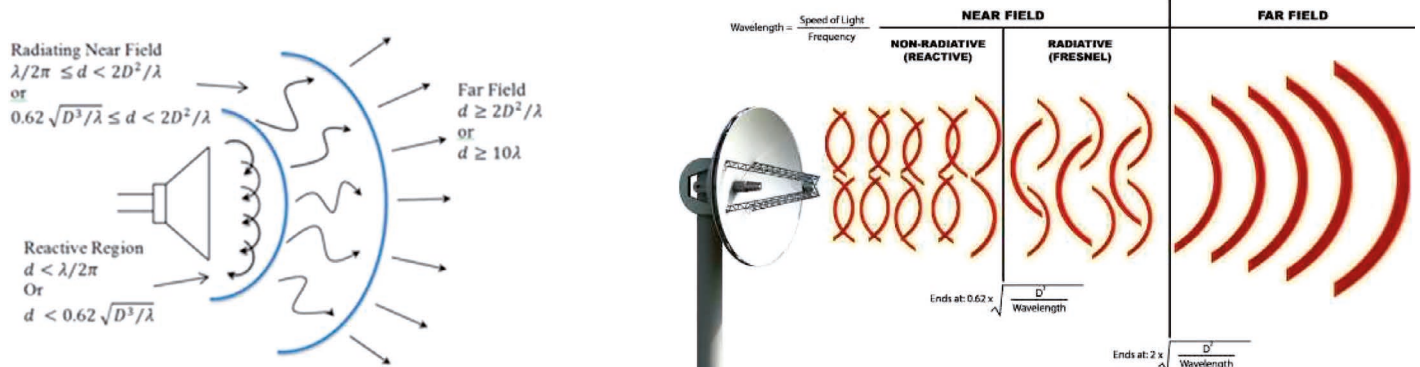
$$\text{ENFB} = 0,62 \sqrt{D^3/\lambda}$$

Der magnetische NF-Grenzabstand kann wie folgt berechnet werden:

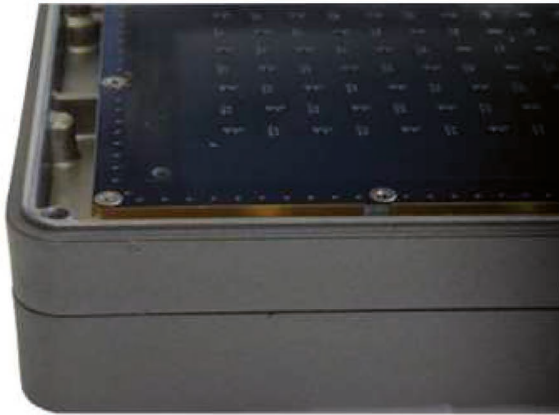
$$\text{MNFB} = 0,8 \sqrt{D^3/\lambda}$$

Bild 3 informiert über die genannten drei Felder. Um als Messgerät für sehr nahe Felder erfolgreich zu sein, muss das Gerät den Kopplungseffekt minimieren und vorhersehbar machen. Dazu gehört ein statisches Array von Sonden, das die gesamte Scanfläche abdeckt und zunächst die Daten erfasst (Bild 4). Da sich die Sonden während der Messung nicht bewegen, erfasst das Gerät die Daten im Nahfeld unglaublich schnell. Ein weiterer Vorteil der Bewegungsfreiheit ist, dass die Kopplung zwischen der AUT und dem Sondenarray während des gesamten Messvorgangs gleichbleibt. Auch bei diesem Ansatz kann keine einzelne Methodik das Kopplungsproblem vollständig lösen, da die Kopplung von der Form der AUT abhängig ist. Allerdings ist eine vernünftige Annäherung an den Effekt auch für unbekannte Antennen möglich.

Die Implementierung dieses Ansatzes besteht aus einem Array von kleinen Schleifen, die das Magnetfeld (H-Feld) unter Einbeziehung der



**Bild 3: Unterscheidung der verschiedenen Felder**



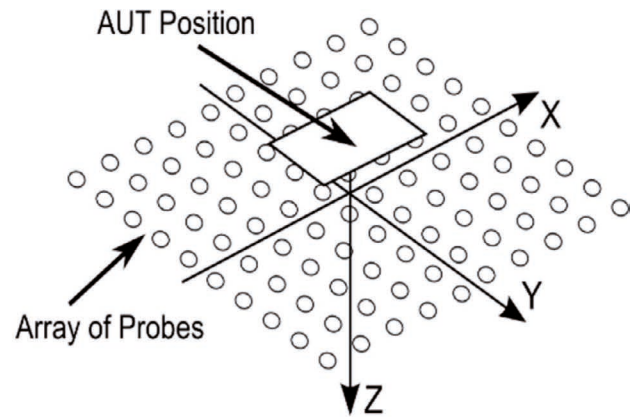
**Bild 4: Statisches Array von Sensoren**

Sondenkopplungseffekte misst und diese Daten auf das Fernfeld projiziert, indem es die planare Verteilung in ein Winkelspektrum oder ein ebenes Wellenspektrum umsetzt (PWS-Transformation, Planar Wave Spectrum). Ein zweiter benutzerdefinierter Algorithmus passt dann die Fernfeldprojektion an, um die vorhersehbaren Kopplungseffekte der Messanordnung zu eliminieren. Diese Vorhersage des Kopplungseffekts ist mit einem gewissen Fehler verbunden, da sie von der Form der AUT abhängt. Dieser Fehler ist normalerweise sehr klein, aber da er für eine bestimmte Form festgelegt ist, ist die Wiederholbarkeit und die Fähigkeit, differenzierte Ergebnisse für ein bestimmtes Antennenmodell zu erbringen, extrem gut.

## Parameter der Antennenmessung

Das primäre Ziel bei der Messung einer Antenne ist es, eine Leistung zu ermitteln, die eng mit den Fernfeldergebnissen korreliert. Zu den grundlegenden Messungen gehören Strahlungsdiagramm/Gewinn, Wirkungsgrad, Strahlbreite und Polarisation. Komplexere Anwendungen, wie z.B. 4G LTE, setzen mehrere Antennen ein, um Geschwindigkeit und Qualität der Übertragungen zu verbessern. Diese Anwendungen können auch fortschrittliche Messungen, wie die Hüllkurvenkorrelation, erfordern.

Das Achsenverhältnis charakterisiert zirkular polarisierte Antennen, wie sie für GPS, Nachrichtensatelliten und einige terrestrische Antennen verwendet werden. Strahlformung für



Gruppenantennen und Radar hält Einzug in kommerzielle Anwendungen. Strahlformungsmessungen können auch zur Behebung von Nahfeldproblemen verwendet werden wie z.B. Identifizierung eines oder mehrerer fehlerhafter Elemente in einer großen Antennengruppe, Identifizierung unbeabsichtigter Resonanzen in einem Gerät und Identifizierung von Energieverlusten in Nicht-Antennenbereichen des Geräts.

## Traditionelle Testmethoden

Die beiden traditionellen Antennenprüfverfahren nehmen Daten in drei Modi auf, planar, zylindrisch und kugelförmig. Bild 5 vergleicht die verschiedenen Messparameter jedes Modus' in allgemeiner Form. Kurzgefasst, planare Nahfeldsysteme sind ideal für die Messung von Richtantennen, wie z.B. für Satellitensender.

Obwohl traditionelle planare Nahfeldimplementierungen die Kopplung ignorieren, ist sie in der Praxis immer vorhanden, wird aber so weit minimiert, dass sie nur eine geringe Auswirkung auf die berechneten Ergebnisse hat. Das heißt, die Reduzierung des Scanbereichs für traditionelle Nahfeldmessungen führt zu abgeschnittenen Nahfeldmessungen, die zu einer Ungenauigkeit der Fernfeldwerte führen. Um gute Fernfeldergebnisse zu erhalten, muss die Prüfmethodik einen internen Abtaststandard

von  $\lambda/2$  und einen ausreichenden Scanbereich einhalten.

Das zylindrische Nahfeldprüfverfahren wird für Antennen verwendet, die in einer Ebene arbeiten sollen, wie z.B. Basisstationsantennen. Das kugelförmige Nahfeld ist am besten für die Messung von Rundstrahlantennen geeignet, die für die mobile Kommunikation, WiFi, Bluetooth und ähnliche Verfahren eingesetzt werden.

Die Nahfeld-Testmethoden sind noch einmal in Bild 6 skizziert.

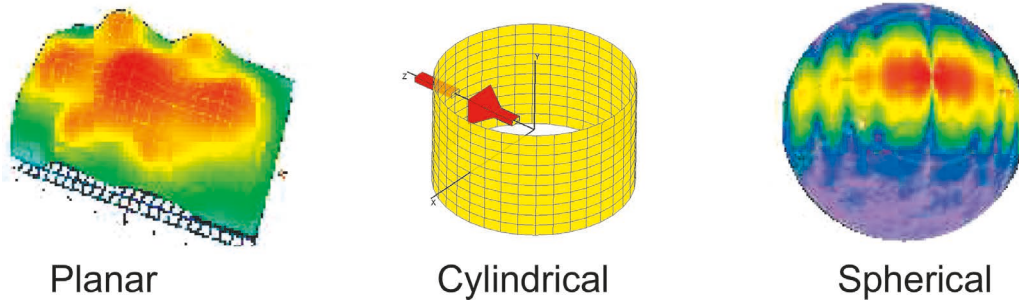
## Herausforderungen durch herkömmliche Antennenmesstechniken

Fernfeld: Die größte Herausforderung bei Fernfeldmessungen ist schon in der Bezeichnung „Fernfeld“ enthalten. Fernfeldmessungen erfordern einen großen physischen Raum. Bei Messungen im Freien kann die ungeschirmte Messung durch Umgebungsgeräusche verunreinigt werden. Wenn sie in Innenräumen durchgeführt werden, erfordern Fernfeldmessungen große Räume mit vollständiger Abschirmung aus teurem Funkwellenschwamm. Darüber hinaus erfordern Fernfeldtechnologien einen hohen Zeitaufwand, da die Sonde in drei Achsen (X, Y und Z) sehr genau positioniert werden muss. Im Vergleich dazu erfordert die planare Methode nur eine genaue Messung in zwei Achsen (x und y). Infolgedessen können Fernfeld-

	Planar	Cylindrical	Spherical
High Gain	****	***	***
Omnidirectional	*	**	***
Low Frequency	*	*	***
Cost	\$	\$\$	\$\$
Speed	***	**	*
Ease of Setup	****	**	*

**Bild 5: Allgemeiner Vergleich von Antennentestmethoden**





**Bild 6: Die Nahfeld-Testmethoden**

messungen mehrere Stunden oder länger dauern und erfordern einen geschulten Techniker. Zur Durchführung von sphärischen oder zylindrischen Prüfungen benötigen Fernfeldmessungen einen teuren Präzisions-Dreiaachsen-Roboter. Zusammenfassend lässt sich sagen, dass Fernfeldmessungen sowohl aus Sicht der Investitions- als auch der Betriebskosten kostspielig sind.

Nahfeld: Nahfeld-Messtechnologien stellen fast die gleichen Herausforderungen wie ihre Vettern aus dem Fernfeld, mit der möglichen Ausnahme, dass die Kammer kleiner sein kann. Obwohl schneller als bei der Fernfeldmessung, benötigen selbst die schnellsten Lösungen immer noch mehrere Minuten.

Darüber hinaus kann die Nichtberücksichtigung von Kopplung zu Mess- und Projektionsfehlern führen. Und wie bei den Fernfeldtechnologien auch, ist die Nahfeldmesstechnik immer noch kostspielig in Anschaffung und Betrieb.

Nachhallkammern: Obwohl sie einige der Herausforderungen der Nah- und Fernfeldtechnologien angehen, haben Hallräume erhebliche Einschränkungen. Sie liefern keine Informationen über Richtwirkung oder Fernfeldpolarisation. Sie liefern Ergebnisse für einige wenige Messungen sehr schnell, obwohl die Abwägung zwischen Messgenauigkeit und Testgeschwindigkeit schwierig ist.

Diversitätsgewinn, MIMO-Kapazität für mehrere Antennen, Gesamtstrahlungsleistung und Empfängerempfindlichkeit bei einer bestimmten Bitfehler rate (BER) sind einige der Parameter, die für die Prüfung in Hallräumen geeignet sind. Reflexionskammern sind auch kleiner und kostengünstiger als die schalltoten Räume, die für Nah- und Nah- und Fernfeldmessungen verwendet werden, erfordern aber immer noch eine erhebliche Investition in den entsprechenden Raum.

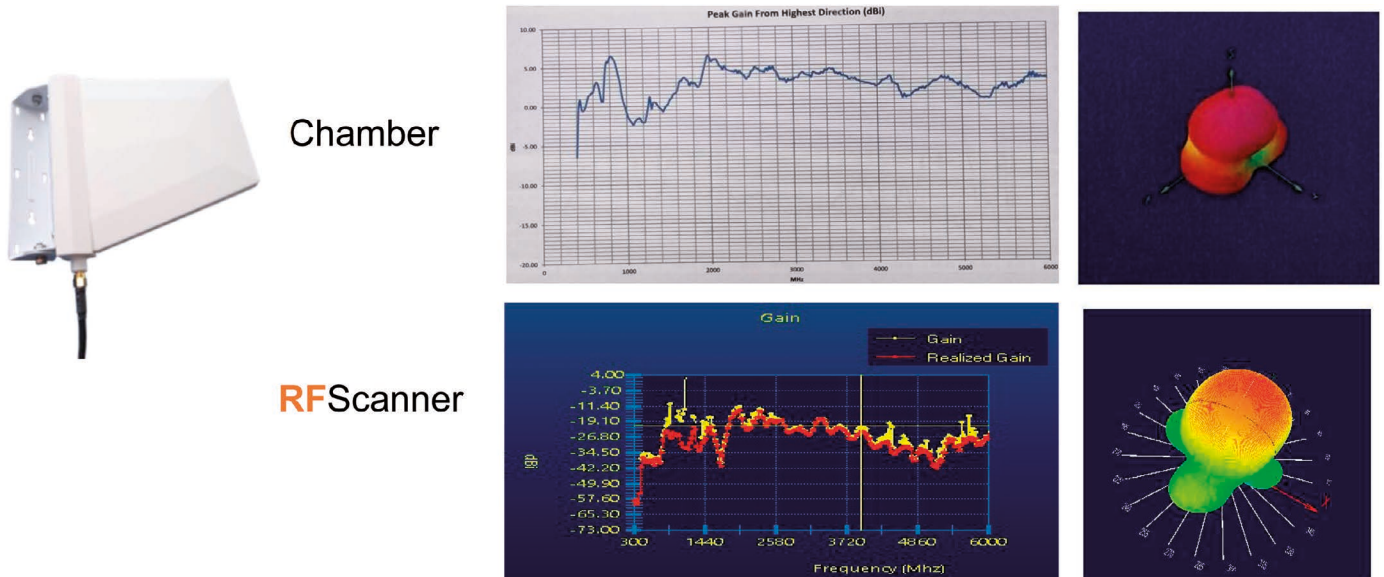
Nahfeldmessgeräte wie der RF-Scanner müssen aussagekräftige Projektionen liefern, die eng mit den gemessenen Fernfeldergebnissen korrelieren. Obwohl viele verschiedene Antennen-

Designs von Nahfeldmessungen profitieren, liefern Antennen mit einer planaren Struktur, wie Patch-Antennen, und Antennen mit planaren Öffnungen, wie Hornantennen, die genauesten Ergebnisse.

Ein gutes Beispiel hierfür sind die Antennen in mobilen Geräten. Die Unternehmen, die mobile Geräte herstellen, messen mehrere Antennenparameter, um die gesetzlichen Anforderungen zu erfüllen und die Leistungsspezifikationen zu überprüfen einschließlich Richtwirkung und Antenneneffizienz.

Die Antenneneffizienz ist besonders wichtig, denn je höher der Wirkungsgrad der Antenne ist, desto geringer ist der Stromverbrauch, was wiederum die Lebensdauer der Batterie verlängert.

Testergebnisse zeigen, wie in Bild 7 zu sehen, dass sich die Projektionen im Nahfeld mit den tatsächlichen Fernfeldergebnissen vergleichen lassen. Variationen zwischen den beiden Ergebnissen zeigen einen konsistenten Bereich von  $\pm 1,5$  dB. ◀



**Bild 7: Die Oscar-20A-Antenne ist eine Quadband-G3/G4- und 5G-LTE-Antenne mit hohem Gewinn und mit erweiterter Frequenzabdeckung für Konnektivität in abgelegenen Umgebungen.**