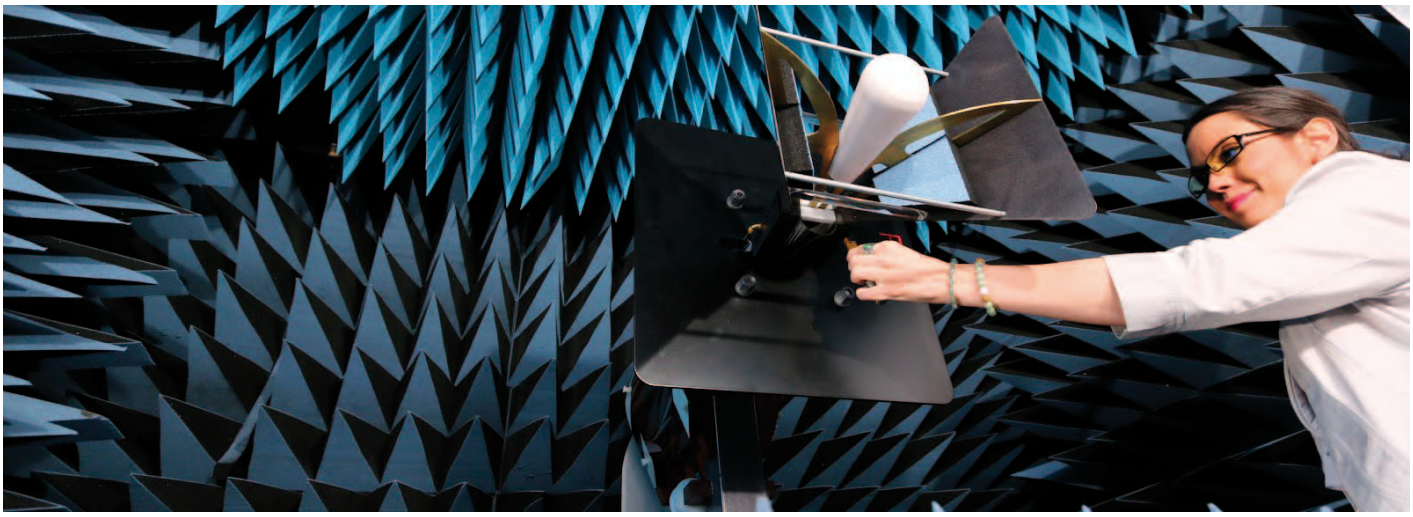
Ganz ohne Mathematik

Bewertung zirkular polarisierter Antennen



In diesem Beitrag werden Details und Beispiele von Testergebnissen an zirkular polarisierten Antennen diskutiert und im Zusammenhang damit die Labortestmethoden vorgesellt.

Ziel ist es, die Konzepte von zirkular polarisierten Antennen und die Details ihrer labormäßigen Bewertung zu vermitteln, ohne die Mathematik bemühen zu müssen. Dies gelingt durch Verwendung konkreter Beispiele und Diagramme.

Hintergrund

Einst waren die zirkular polarisierten Antennen exotische Mikrowellenantennen und wurden fast nur für die Satellitenkommunikation genutzt. Sie gestatteten den Funkverkehr, ohne sich Sorgen um die vertikale bzw. horizontale Ausrichtung der Antennen zu machen, wie es etwa bei linear polarisierten Typen, wie Hornantennen , Stabantennen oder Dipolantennen, der Fall war. Diese Schwierigkeiten rührten von der möglichen Satellitenrotation her und vom sich ständig ändernden „Blickwinkel“ bei der Flugbahn von einer Seite des Horizonts zur anderen. Lineare Antennen mussten daher ständig eine ausgleichende Rotationsbewegung ausführen.

Im Gegensatz zu einer linear polarisierten Antenne rotiert das Feld einer zirkular polarisierten Antenne, und zwar je nach Konstruktion oder Einspeisung links- oder rechtsdrehend (Left oder Right Hand Circular Polarization, LHCP oder RHCP, siehe Bild 1). Dabei ist es auch möglich, Felder in beiden Drehrichtungen parallel zu nutzen, dies erlaubt eine 2-x-Multiplexing-Frequenzausnutzung zum selben Satelliten, da LHCP und RHCP entkoppelt sind und somit für verschiedene Signale zur Verfügung stehen.

Moderne Mobile-Applikationen

Neben der mit Blick auf Frequenzressourcen vorteilhaften Nutzung zirkular polarisierter Antennen bei Sender und Empfänger ist auch eine Kombination von zirkular und linear polarisierter Antenne möglich. Dabei bleibt im Prinzip der Vorteil der Rotationsunabhängigkeit erhalten. Dies kann sich in hohem Maße bei mobilen Endgeräten auszahlen, wo bei beidseitig linearer (vertikaler oder horizontaler) Polarisation für beste Verbindung eine entsprechende Ausrichtung der Antennen im Raum erforderlich ist. Hier ist

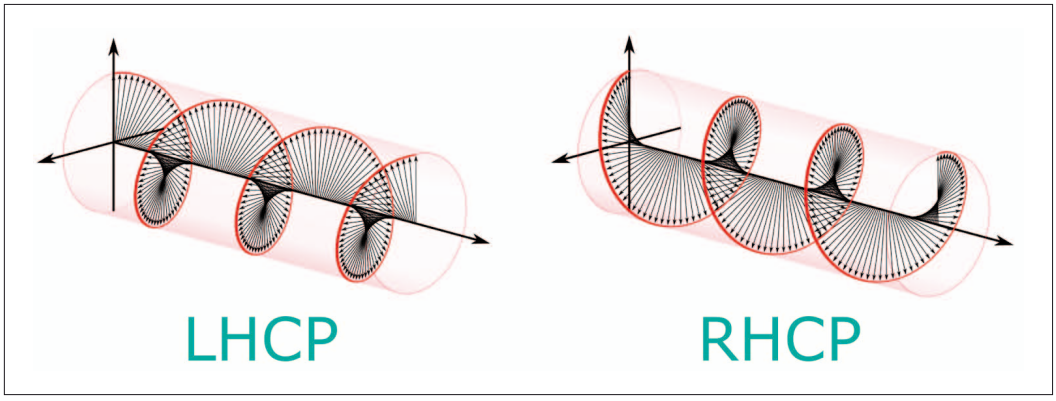


Bild 1: Polarisation links- oder rechtsdrehend (Left oder Right Hand Circular Polarization, LHCP oder RHCP)

Circularly Polarized Antenna Evaluations Explained, Without The Math
by Glenn Robb, Principal Engineer Antenna Test Lab Co.
www.antennatestlab.com
2017 by Antenna Test Lab Co.
gekürzt und übersetzt von FS

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	Theta	Phi	1000 MHz Vert Gain (dBi)	1000 MHz Vert Phase (deg)	1000 MHz Horiz Gain (dBi)	1000 MHz Horiz Phase (deg)	1000 MHz LHCP Gain (dBi)	1000 MHz RHCP Gain (dBi)	1000 MHz Axial Ratio (dB)		1025 MHz Vert Gain (dBi)	1025 MHz Vert Phase (deg)	1025 MHz Horiz Gain (dBi)	1025 MHz Horiz Phase (deg)	1025 MHz LHCP Gain (dBi)	1025 MHz RHCP Gain (dBi)	1025 MHz Axial Ratio (dB)
2	0	0	-4.89	359.48	-9.48	258.05	-15.08	-3.91	4.94		-7.83	333.26	-6.14	231.97	-21.14	-3.98	2.42
3	2	0	-4.89	359.64	-9.44	258.4	-15.13	-3.9	4.9		-7.84	333.44	-6.12	232.54	-21.2	-3.96	2.4
4	4	0	-4.89	359.54	-9.4	258.47	-15.19	-3.88	4.85		-7.86	333.31	-6.09	232.85	-21.25	-3.96	2.39
5	6	0	-4.89	359.42	-9.37	258.42	-15.24	-3.87	4.81		-7.87	333.13	-6.07	232.98	-21.27	-3.95	2.38
6	8	0	-4.9	359.35	-9.36	258.36	-15.27	-3.87	4.79		-7.89	332.9	-6.06	232.98	-21.28	-3.95	2.38
7	10	0	-4.91	359.33	-9.34	258.21	-15.31	-3.87	4.77		-7.9	332.57	-6.06	232.84	-21.3	[illegible]	2.37
8	12	0	-4.93	359.26	-9.32	257.98	-15.37	-3.88	4.74		-7.92	332.13	-6.07	232.53	-21.3[illegible]	[illegible]	[illegible].37
9	14	0	-4.96	359.11	-9.31	257.6	-15.43	-3.89	4.72		-7.95	331.47	-6.08	232.02	-21.3[illegible]	[illegible]	[illegible].37
10	16	0	-4.98	359.02	-9.29	257.26	-15.48	-3.91	4.69		-7.98	330.85	-6.08	231.58	-21.3[illegible]	[illegible]	[illegible].37
11	18	0	-5.02	359.03	-9.28	257.09	-15.55	-3.92	4.67		-8	330.29	-6.07	231.28	-21.33	[illegible]	2.38
12	20	0	-5.06	358.86	-9.29	256.82	-15.62	-3.95	4.64		-8.03	329.52	-6.05	230.93	-21.3	-4	2.38

Tabelle 1: Beispielhafter Screenshot mit elf Richtungen (Rows) und zwei Testfrequenzen

die Drehrichtung der zirkularen Antenne unerheblich! Und wenn die Lage der mobilen Antenne von vertikal zu horizontal verändert wird, bleibt die Verbindungsqualität erhalten! Der Signalverlust von theoretisch 3 dB gegenüber Empfang mit einer zirkular polarisierten Antenne ist akzeptabel. Dies sind die Gründe, weshalb zirkular polarisierte Antennen bereits in vielen drahtlosen Applikationen zur Anwendung kommen. Sie haben auch eine Bedeutung für die zukünftige 5G-Technologie.

Mobile Endgeräte werden immer kleiner und nutzen deshalb verstärkt linear polarisierte Antennen. Dennoch kann man bei den Basisstationen oder Gateways im HF-Link zirkular polarisierte Antennen vorteilhaft einsetzen. Bei der Firma Antenna Test Lab Co. sieht man jedenfalls mehr und mehr zirkular polarisierte Antennen.

GPS und andere Navigationssatelliten nutzen RCHP-Downlinks, während sich in den Empfängern einfache linear polarisierte Antennen befinden. Um den erwähnten theoretischen Verlust von 3 dB zu vermeiden, nutzen anspruchsvollere GPS-Empfänger RHCP-Antennen. Damit erzielen sie noch einen weiteren Vorteil: LHCP-Reflexionen und daraus resultierenden Überlagerungen/Verzerrungen werden vermieden. Zirkular polarisiert ausgestrahlte Signale kehren nämlich ihre Drehrichtung bei Reflexion um. Daher kann eine RHCP-Antenne störende Signale, entstanden durch Reflexionen etwa an großen Gebäuden, unterdrücken.

Messverfahren

Bei der Firma Antenna Test Lab Co. nutzt man die Substitutionsmethode, um den Antennengewinn zu ermitteln. Die Antenne erhält dazu ein definiertes HF-Signal und befindet sich in einer Absorberkammer. Neben der Feldstärke wird im Vergleich mit einer Referenzantenne auch die Phasenlage angeglichen. Als Referenzantenne kommt eine viereckige Vivaldi-Hornantenne zum Einsatz, optimiert für Frequenzen zwischen 0,3 und 30 GHz.

Durch die Phasendaten wird die Gewinnangabe besonders aussagekräftig. Es gibt im Web viele Erklärungen zur Nutzungen orthogonaler („rechtwinkliger“, vertikaler/horizontaler) Gewinn-Phase-Daten. Sie nutzen alle die Vektorrechnung. Dies ist nicht immer hilfreich oder erforderlich, um neue Konzepte zu verstehen.

Die viereckige Vivaldi-Hornantenne lässt sich nutzen, um die vertikale und die horizontale Komponente der Empfangsenergie zu trennen. Die zusammengehörenden Werte der vertikalen und horizontalen Komponente (etwa die Spitzenwerte) der zirkular polarisierten Welle sind um ¼ Umdrehung versetzt. Dies ist messbar als 90°-Phasenshift im Labor. Ob die vertikale oder die horizontale Komponente um 90° voreilt, informiert über die Drehrichtung. Die Phasendaten bei vertikalen/horizontalen Messungen informieren auch über das Verhältnis von Umdrehungsgewinn (Rotating Gain) oder Non-Rotating Gain. Oft ist die Phasenshift geringer als 90°, weil reale Antennen keine perfekten zirkularen Antennen sind, also einige lineare Komponenten aufweisen. Das Verhältnis dieser

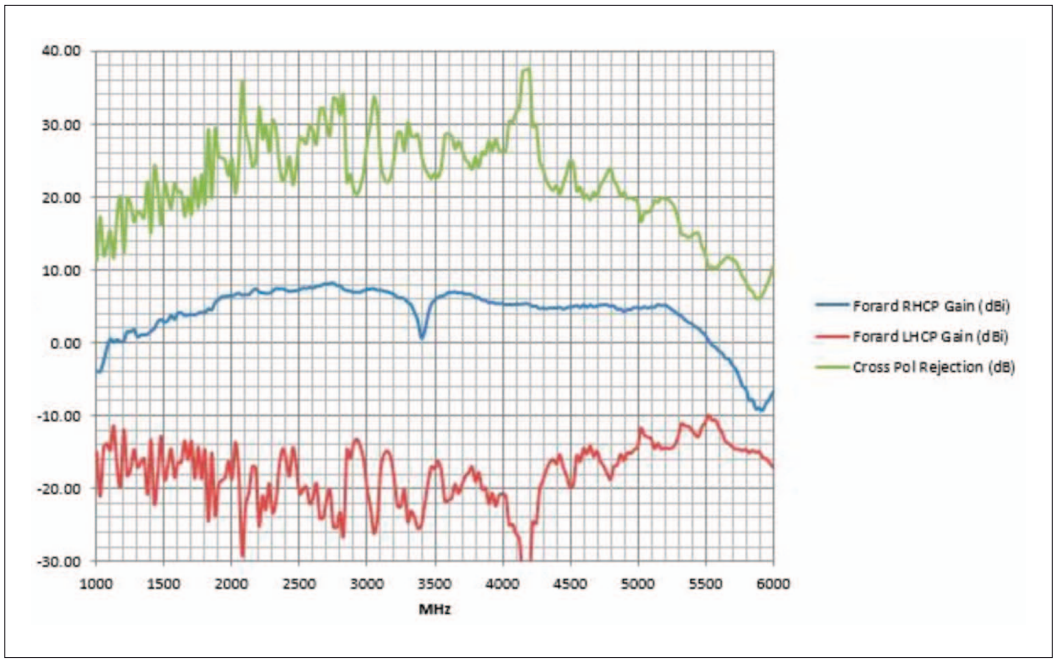


Bild 2: Darstellung von zirkularen Gewinnen am Beipiel einer RHCP-Antenne, s. Text

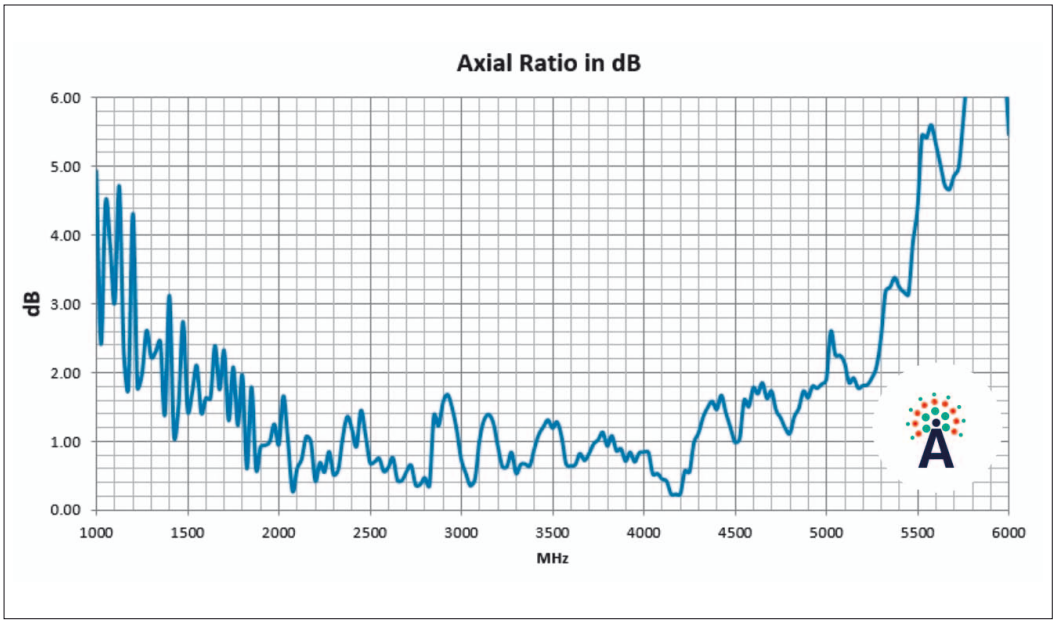


Bild 3: Axial Ratio in Richtung der Hauptachse

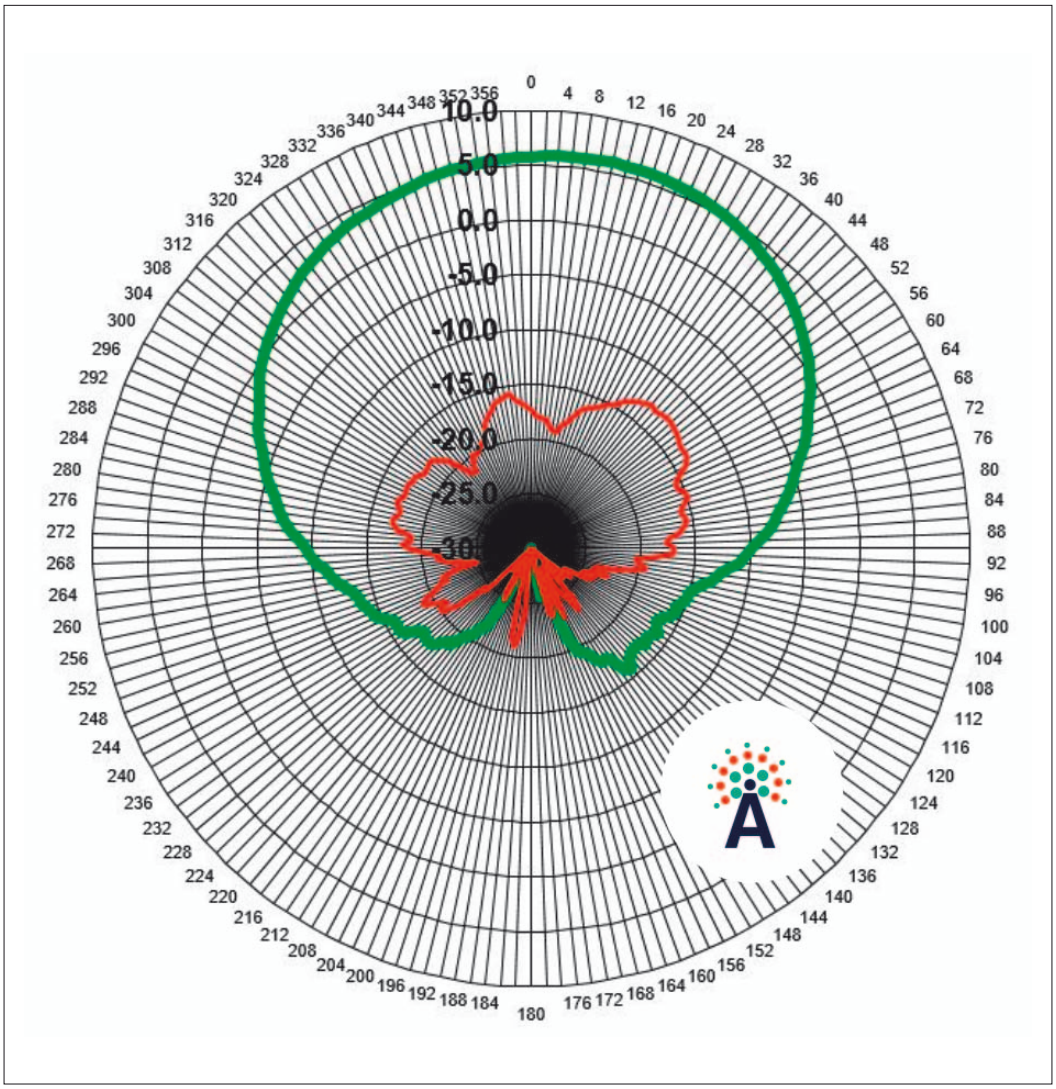


Bild 4: Horizontaldarstellung der Gewinne bei RHCP (grün) und LHCP (rot)

beiden Typen von Gewinn wird errechnet und als Axial Ratio bezeichnet als Antennenparameter angesehen.

Testmöglichkeiten

Antenna Test Lab Co. bietet einen umfassenden Service auch für zirkular polarisierte Antennen, etwa mit 2D- oder 3D-Pattern in hunderten von Richtungen und mit hunderten von Frequenzen:

- LHCP & RHCP Gains in dBi
- Total Gain Magnitude in dBi
- Axial Ratio in dB
- Graphs für LHCP, RHCP und Axial Ratio vs Frequenz
- orthogonaler Vektorgewinn und Phasendaten

Tabelle 1 ist ein beispielhafter Screenshot mit nur elf Richtungen (Rows) und zwei Testfrequenzen. Ersichtlich wird z.B., dass der RHCP-Gewinn viel höher als der LHCP-Gewinn ist. Der Vorteil von Excel-Spreadsheets ist hier, dass jede nachträgliche Änderung oder Spezialisierung leicht dokumentiert werden kann. Damit lässt sich dann jeder Plot erzeugen einschließlich überlagerter Co-Polarisation oder Cross-Polarisation.

Bild 2 bringt die grafische Darstellung von zirkularen Gewinnen am Beipiel einer RHCP-Antenne. Unten der leicht hinzunehmende, da sehr geringe LHCP-Gewinn, darüber der erwünschte RHCP-Gewinn, der bis zu 9 dBi erreicht und oben die Unterdrückung der unerwünschten Cross-Polarisation; das Cross Polarization Rejection Ratio ist lediglich die Differenz zwischen RHCP- und LHCP-Gain. Der Plot betrifft die Vorzugsrichtung der Antenne.

Der Graph in Bild 3 zeigt das Axial Ratio in ebendieser Richtung (auf der Hauptachse). Eine Darstellung kann ebenso für jede beliebige Richtung erfolgen. Schließlich zeigt Bild 4 eine Standard-Horizontaldarstellung der Gewinne bei RHCP (grün) und LHCP (rot) in Überlagerung. ◄