

3G+C: Hochpräzisions-Navigationsantenne

Made in Germany

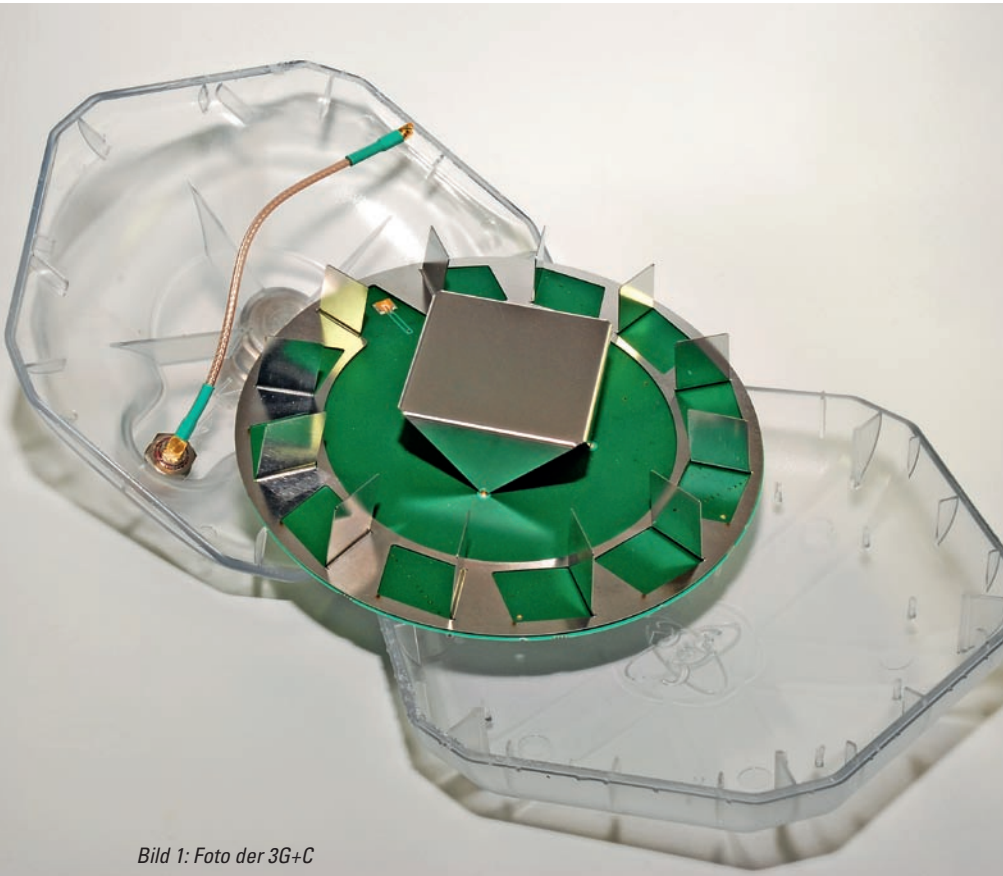


Bild 1: Foto der 3G+C

Technologie der letzten Stunde garantiert höchste Genauigkeit

Viele Navigationsanwendungen im Bereich des Bauwesens, der Landwirtschaft und der Landvermessung benötigen eine hohe Präzision und Integrität. Genau dies wurde mit dem innovativen Antennenkonzept des Fraunhofer IIS erreicht. Dank einer optimalen Form der Richtcharakteristik hinsichtlich Keulenbreite, Omnidirektionalität und Mehrwegeunterdrückung kann die 3G+C-Antenne Satellitensignale auch bei tiefen Elevationswinkeln problemlos empfangen.

Würde auch Paris–Dakar überstehen

Ob Wüstensand oder Polareis: Das qualitativ hochwertige Kunststoffgehäuse der 3G+C widersteht Kratzern, Schlägen, Vibrationen und extremen Temperaturen. Deshalb wurde auf schwere und brüchige Keramiksubstrate verzichtet. Es wurden

leichte Materialien verwendet, die sich stark beanspruchen lassen. Die 3G+C-Antenne ist absolut wasserdicht.

Vielseitig einsetzbar

Aufgrund dieser robusten Eigenschaften ist die 3G+C nicht nur für Anwendungen in der hochpräzisen Vermessung geeignet, sondern kann ebenso in Fahrzeugsteuerungen, z. B. im Bereich der Land- und Bauwirtschaft sowie Logistik, integriert werden (Navigation und Ortung).

Kopieren verboten

Neuartige Produkte, hinter denen jahrelange Forschungsarbeit steckt verleiten zum Nachbau. Deshalb ist in jede 3G+C ein RFID-Transponder integriert (RFID steht für Radio Frequency Identification). Mit dem Einsatz dieser Transponder wird jeder 3G+C eine eindeutige Identität gegeben, womit sie jederzeit identifiziert und lokalisiert werden

Die Wissenschaftler vom Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS in Erlangen haben mit der 3G+C eine aktive, hochpräzise Antenne entwickelt, die Signale von allen existierenden Globalen Satellitennavigationssystemen (GNSS) im L-Band empfangen kann. Das sind derzeit GPS, GLONASS, Galileo und COMPASS – daher der Name der Antenne.

3G+C wird vom Berliner Unternehmen navXperience GmbH hergestellt, vermarktet und verkauft und ist somit ein durch und durch deutsches Produkt. Dafür erwarten die Anwender weltweit auch die berühmte deutsche Präzision, und sie werden nicht enttäuscht.

kann. Diese Technologie schützt gegen die zunehmende Produktpiraterie.

Antennenkonzept für hervorragende Leistung

Die kleine 3G+C-Antenne lässt rein äußerlich nicht erkennen, welcher Entwicklungsaufwand in ihrem Inneren steckt. Das liegt nicht zuletzt an speziellen platzsparenden Techniken, welche die Integration der nachfolgenden Forschungsergebnisse in das ganze 380 g schwere Sechseck mit einem Durchmesser von nur 172 mm ermöglichen (Bild 1).

Der Ansatz des Fraunhofer IIS besteht aus einem breitbandig angepassten und elektrisch kleinen Strahlerelement, das von sog. parasitären Metallelementen umgeben ist. Der Kerngedanke des Antennenkonzepts ist, das Antennendiagramm durch diese parasitären metallischen Elemente zu beeinflussen.

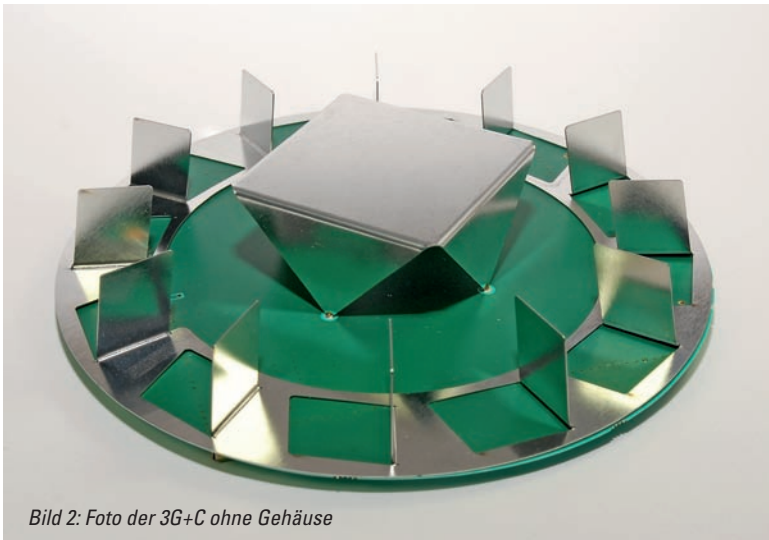


Bild 2: Foto der 3G+C ohne Gehäuse

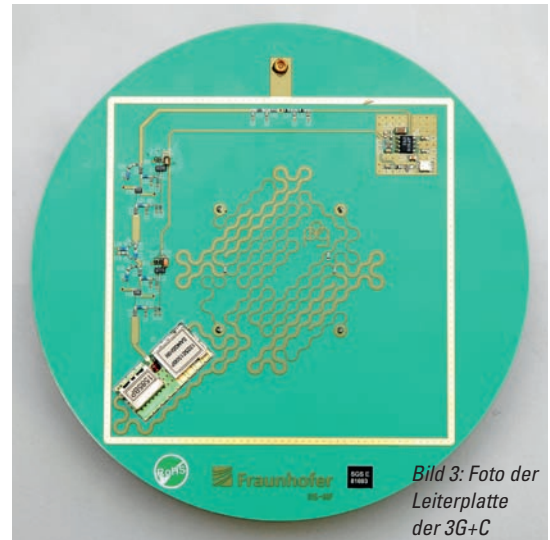


Bild 3: Foto der Leiterplatte der 3G+C

Dadurch lässt sich eine weitgehende Frequenzunabhängigkeit bezüglich Keulbreite, Antennengewinn und Phasenzentrum erzielen. Der Strahler und die parasitären Elemente können dabei sehr günstig durch ein Stanz-Biege-Verfahren realisiert werden.

Ein weiterer zentraler Bestandteil der 3G+C ist ihr Speisernetzwerk, das die vom Strahler aufgenommene Energie eines rechtshändig zirkular polarisierten Signals zum rauscharmen Verstärker (Low Noise Amplifier, LNA) führt. Um eine möglichst hohe Polarisationsreinheit und Phasenzentrumsstabilität zu erreichen, wird das Antennenelement an vier Punkten gespeist. Die Realisierung des Speisernetzwerks erfolgte mit Mikrostreifen-Leitungstechnik auf hochwertigem Substratmaterial, das eine sehr gute Reproduzierbarkeit der Antenneneigenschaften, insbesondere des Phasenzentrums gewährleistet. Trotz einer sehr komplexen Struktur konnte das Speisernetzwerk dank einer am Fraunhofer IIS ent-

wickelten Miniaturisierungstechnik sehr platzsparend realisiert werden.

Die 3G+C wurde im hauseigenen Antennenmessraum des Fraunhofer IIS auf ihre Richtcharakteristik vermessen. Dabei werden bei 1.160 MHz und 1.610 MHz jeweils ein Elevationsdiagramm bei einem Azimutwinkel von 90° und ein Azimutdiagramm bei einem Elevationswinkel von 15° gezeigt. Man erkennt einen breiten Empfangsbereich von 150° bei 1.610 MHz und knapp 180° bei 1.160 MHz. Die Welligkeit im Azimutdiagramm ist bei beiden Frequenzen kleiner als 2 dB. Der Maximalgewinn der Antenne beträgt im gesamten Frequenzbereich ca. 3,5 dBic.

Phasenzentrumsstabilität: eine der wichtigsten Antenneneigenschaften

Hochpräzise GNSS-Anwendungen erfordern eine Empfangsantenne mit einem stabilen Phasenzentrum – möglichst unabhängig von Einfallswinkel und Frequenz. Die Variation des Phasenzentrums sollte dabei

einige Millimeter nicht überschreiten.

Als Phasenzentrum einer Antenne bezeichnet man den tatsächlichen oder scheinbaren Punkt der Antenne, welcher der Mittelpunkt einer (kugelförmigen) Äquiphasenfläche der jeweiligen Komponente des abgestrahlten Feldes ist.

Im Idealfall wird ein stabiles, punktförmiges, richtungsunabhängiges und unveränderliches Phasenzentrum gefordert. Es ist jedoch physikalisch nicht möglich, eine zirkular polarisierte Antenne mit einem gleichbleibenden Phasenzentrum zu bauen: Das Phasendiagramm einer zirkular polarisierten Antenne bei Elevation gleich Null stellt eine Archimedische Spirale dar, da das Feld linear polarisiert ist. Mathematisch lässt sich für eine solche Spirale kein Zentrum definieren. Mit anderen Worten, eine zirkular polarisierte Antenne besitzt bei Elevation gleich Null kein Phasenzentrum.

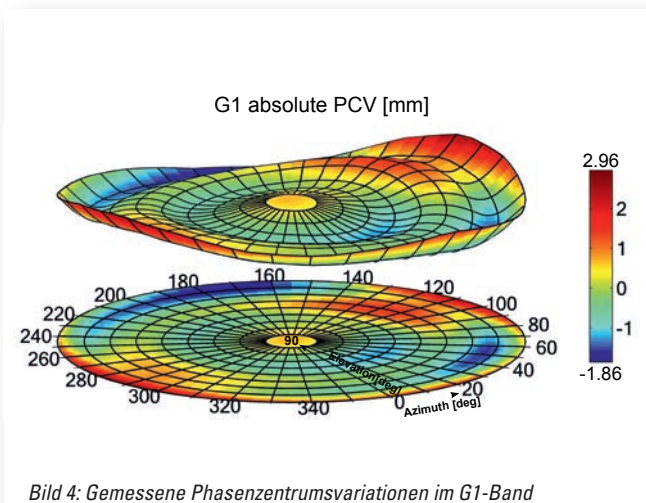


Bild 4: Gemessene Phasenzentrumsvariationen im G1-Band

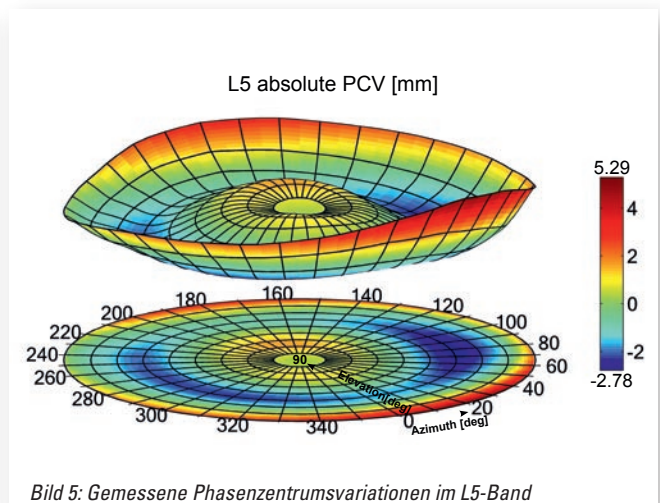


Bild 5: Gemessene Phasenzentrumsvariationen im L5-Band

Dennoch kann meist ein Punkt gefunden werden, bei dem die Winkelabhängigkeit des Phasenzentrums möglichst gering ist. Das bezeichnet man als mittleres Phasenzentrum. Das mittlere Phasenzentrum ist der Mittelpunkt der im Sinne des kleinsten Fehlerquadrats approximierten Phasenfront der tatsächlichen Äquiphasenfläche.

Die durch die Approximation bedingten Abweichungen der Phasenfront werden als Phasenzentrumsvariationen bezeichnet (Phase Center Variation, PCV). Die PCV spielen dabei eine zentrale Rolle, sie führen zu unterschiedlichen Koordinaten bei unterschiedlichen Satellitenkonstellationen. Diese Fehler werden durch eine Ab-solutkalibrierung von Antennen festge-

stellt. Die 3G+C wurde am Institut für Geodäsie und Geoinformation der Uni Bonn kalibriert.

Man sieht, dass die Lage des mittleren Phasenzentrums in z-Richtung im gesamten Frequenzbereich auf $0,5(62,00-58,53) = 1,735$ mm stabil ist.

Im Falle der Lage (x-y-Ebene) variiert das Phasenzentrum noch weniger: $0,5(1,56+0,78) = 1,17$ mm.

Wichtig ist eine gute Reproduzierbarkeit oder Wiederholbarkeit der PCV. Stichproben haben gezeigt, dass diese bei der 3G+C im Submillimeterbereich liegt. Um den Einfluss der Anordnung des Antennenkabels auf die Reproduzierbarkeit der PCV zu minimieren, wurde die TNC-Buchse senkrecht zum Antennengehäuse montiert.

Die PCV sind insgesamt relativ klein: -2,78 bis 5,29 mm im gesamten Frequenzbereich.

Ein weiteres Untersuchungsergebnis ergab, dass sich ab 10° Elevation ein sehr symmetrisches azimutales Verhalten zeigt. Das ist gerade in der Raumfahrt und für Roveranwendungen besonders wichtig, da dort eine Nordausrichtung nicht erfolgen kann.

Die maximale PCV bei Elevationen zwischen 10° und 90° beträgt bei der 3G+C nur 2,78 mm.

3G+C Antenne – technische Daten

- Unterstützte Signale: E1, E2, E4, E5, E6, L1, L2, L5, G1, G2, G3, B1, B2, B3 (Galileo, GPS, GLONASS, COMPASS)
- Polarisation: RHCP
- Passiver Antennengewinn: ~ 3,5 dBic
- 10 dB Keulenbreite: 150° – 180° . Verfolgung auch tiefstehender Satelliten.
- Achsenverhältnis: < 3 dB
- Reproduzierbarkeit der Phasenzentrumsvariation: < 1 mm
- Impedanz: 50 Ohm
- VSWR < 2:1
- LNA-Verstärkung: 29 dB 1@ L2, 27 dB 1@ L1
- Rauschzahl: < 2 dB
- Versorgung: 3,3–20 V, 50 mA
- Anschluss: TNC-Buchse
- Größe: Höhe 72 mm, Durchmesser 172 mm
- Gewicht: 380 g
- Betriebstemperatur: -30 bis $+85^\circ$ C
- Wasser- und Staubsichtigkeit: IP 67 und MIL-Std 810f
- Montage: 5/8"-11 UNC-2B

Es wurden folgende Werte für das mittlere Phasenzentrum (mm) ermittelt:

	X	Y	Z
G01 (GPS L1):	-0,77	-0,60	62,00
G02 (GPS L2):	0,38	0,57	60,52
G05 (GPS L5):	0,07	0,36	59,91
R01 (GLONASS G1):	-1,45	-1,56	61,44
R02 (GLONASS G2):	0,42	0,71	59,62
E01 (Galileo E1):	-0,77	-0,60	62,00
E05 (Galileo E5a):	0,07	0,36	59,91
E08 (Galileo E5):	0,21	0,39	58,83
E07 (Galileo E5b):	0,11	0,51	59,29
E06 (Galileo E6):	0,41	0,78	58,53

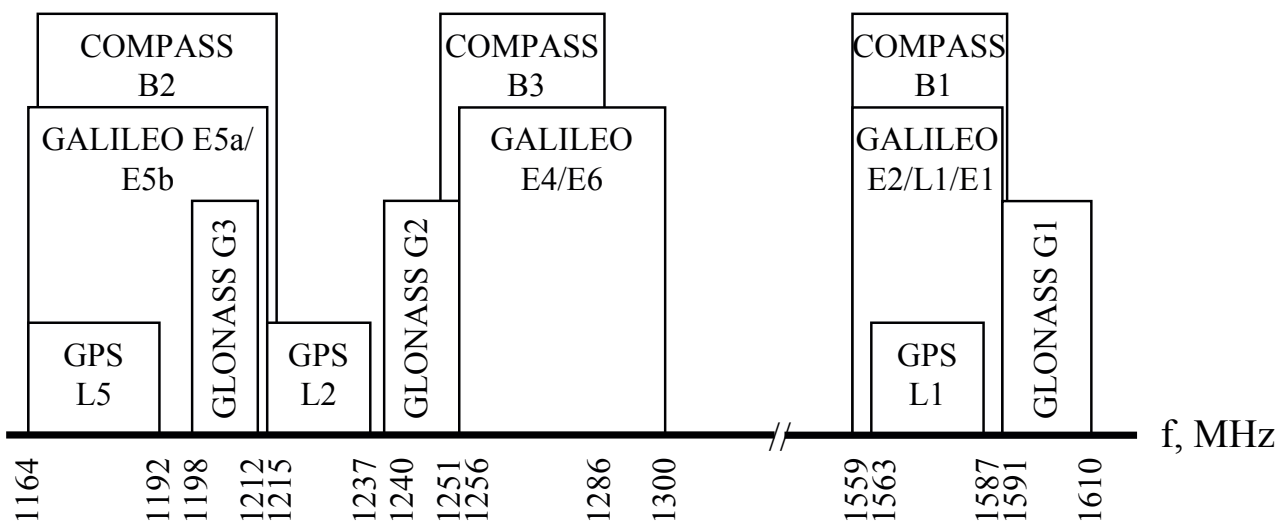


Bild 6: GNSS-Frequenzplan

Bild 7

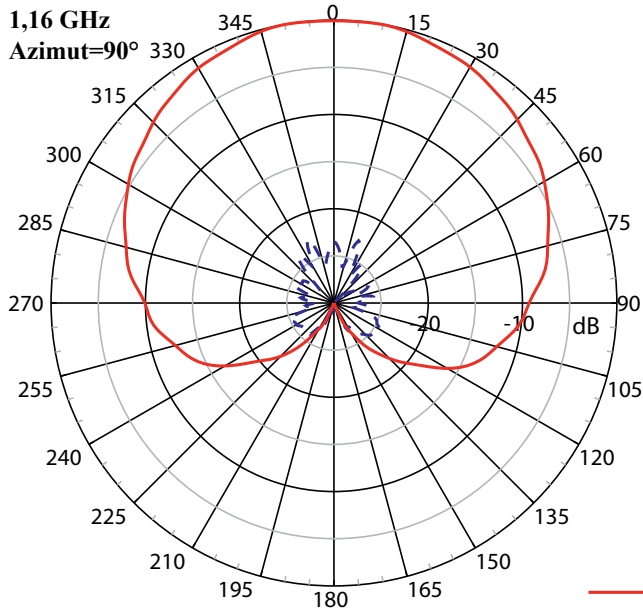
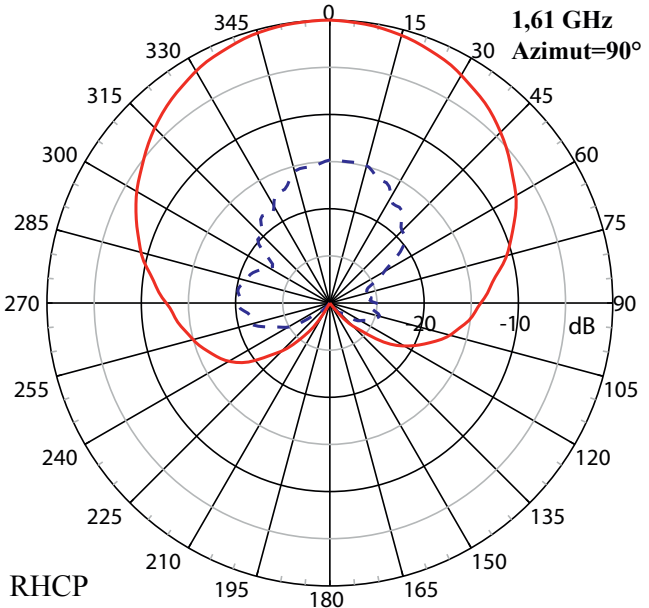


Bild 8



— RHCP
- - - LHCP

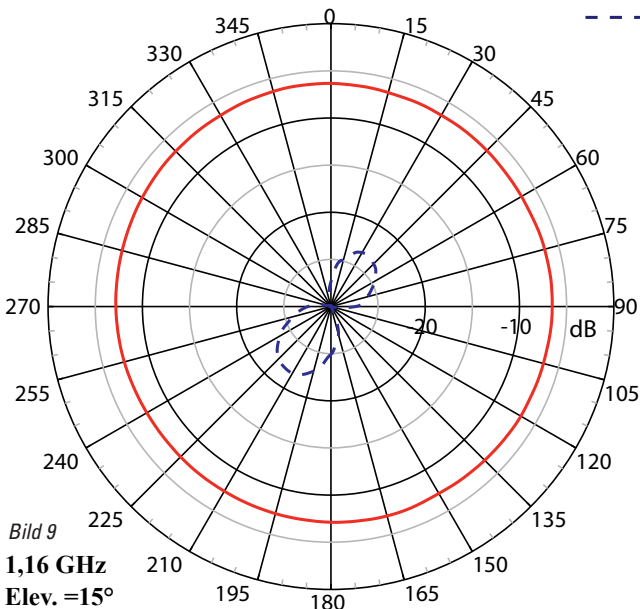


Bild 9

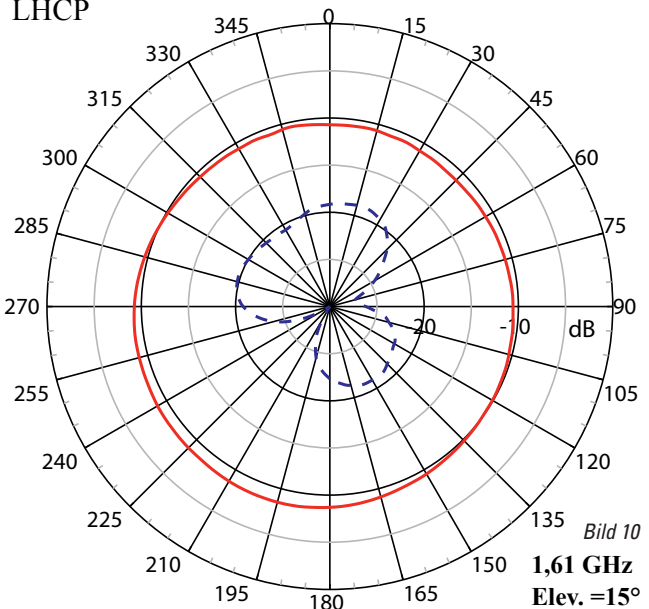


Bild 10

Bild 7: Elevationsdiagramm bei 1,16 GHz und einem Azimutwinkel von 90°

Bild 8: Elevationsdiagramm bei 1,61 GHz und einem Azimutwinkel von 90°

Bild 9: Azimutdiagramm bei 1,16 GHz und einem Elevationswinkel von 15°

Bild 10: Azimutdiagramm bei 1,61 GHz und einem Elevationswinkel von 15°

Literatur

[1] Popugaev, A. E. /Wansch, R. /Urquijo, S. F. : A Novel High Performance GNSS Antenna for High Precision Applications, 2nd European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2007), Proceedings, CD-ROM: 11–16 November 2007, EICC, Edinburgh, UK, 11–16 Nov. 2007, 5 pp.

[2] WO/2008/092592, Antenna Apparatus for Transmitting and Receiving Electromagnetic Signals

[3] Popugaev, A. E. /Wansch, R. : A Novel Miniaturization Technique in Microstrip Feed Network Design, 3rd European Conference on Antennas and Propagation (EuCAP 2009), Proceedings, CD-ROM: 23–27 March 2009, Berlin, Germany, Berlin: VDE-Verlag 2009, pp. 2309–2313

Information

info@navXperience.com
www.navXperience.com

Autoren

M. Sc. Alexander E. Popugaev
Dipl.-Ing. Rainer Wansch
Fraunhofer-Institut für Integrierte Schaltungen IIS
Am Wolfsmantel 33
91058 Erlangen
Deutschland
alexander.popugaev@iis.fraunhofer.de
rainer.wansch@iis.fraunhofer.de