

L1+L5 mit F10 & Co. – Welche Antenne(n)?

Leipziger Landkreis, im Mai 2024

Wer die fundamentale Bedeutung der Antenne in einer GNSS-Messeinrichtung unterschätzt oder gar missachtet, kann nur auf das Glück des Zufalls hoffen, um letztlich nicht mit einem Exemplar messen zu müssen, welches das Leistungspotenzial seines Empfängers erheblich schmälert oder vielleicht sogar gänzlich blockiert.

Dies mag wie eine Binsenweisheit klingen, ist in der Praxis zahlreicher GNSS-Anwender jedoch leider ein so häufiges und folgenreiches Problem, dass mich daran mittlerweile v.a. die Frage beschäftigt, warum nicht bereits die primären Anbieter von Empfangssystemen größere Anstrengungen im Sinne möglichst gut informierter Verbraucher unternehmen, um schließlich ein Scheitern oder zumindest doch unnötig verminderte Resultate im Praxiseinsatz ihrer Produkte besser vermeiden zu können.

Die kanadische Antennenlegende *Tallysman Wireless* (seit 2020 Teil der *Calian Group Ltd.*) ist eine höchst rühmliche Ausnahme, obschon selbst kein Empfängerhersteller, sondern seit jeher gänzlich auf die Entwicklung und Herstellung von GNSS-Antennen spezialisiert, deren Leistungsmerkmale und Fertigungsqualitäten ihnen stets eine weit aus der gesamten Industrie herausragende Alleinstellung verschafften, wobei m.E. nur die - zumeist vielfach teureren - Produkte der namhaftesten Weltmarken wie z.B. NovAtel oder Trimble qualitativ auf Augenhöhe sind, wenngleich auch kaum jemals mit einem auch nur annähernd ähnlich attraktiven Preis-Leistungs-Verhältnis ...

Bereits vor ca. zehn Jahren brachte es Tallysman mit den folgenden Worten so deutlich auf den Punkt:
**„GNSS receivers are at the mercy of the quality of the signal presented by the antenna.
No receiver can fully mitigate the effects of a poor antenna.“**

<https://www.optimalsystem.de/os/docs/Tallysman-Accutenna-Technology.pdf>

Professionelle und dabei nicht zuletzt auch hinreichend finanzstarke GNSS-Anwender, die sich bisher der hochpreisigen Produkte jener etablierten Marken (z.B. des Hexagon-Konzerns) bedienen konnten, wurden diesbezüglich meist bereits dank der üblicherweise vom Fachhändler kuratierten Bündelung ihrer Empfangseinrichtungen mit einer hochwertigen Antenne des jeweiligen Markensortiments davor bewahrt, aus Unkenntnis bzw. Vernachlässigung grundlegender Antennenparameter in die Falle eines letztlich unzureichend funktionierenden Gesamtsystems zu geraten.

Diese Gefahr droht heutzutage jedoch vielen Interessenten, die sich aus einem m.E. nur sehr schwer überschaubaren Markt von GNSS-Einzelkomponenten mit z.T. atemberaubenden Preisunterschieden selbst eine Antennen-Empfänger-(Kabel-)Kombination zusammenstellen.

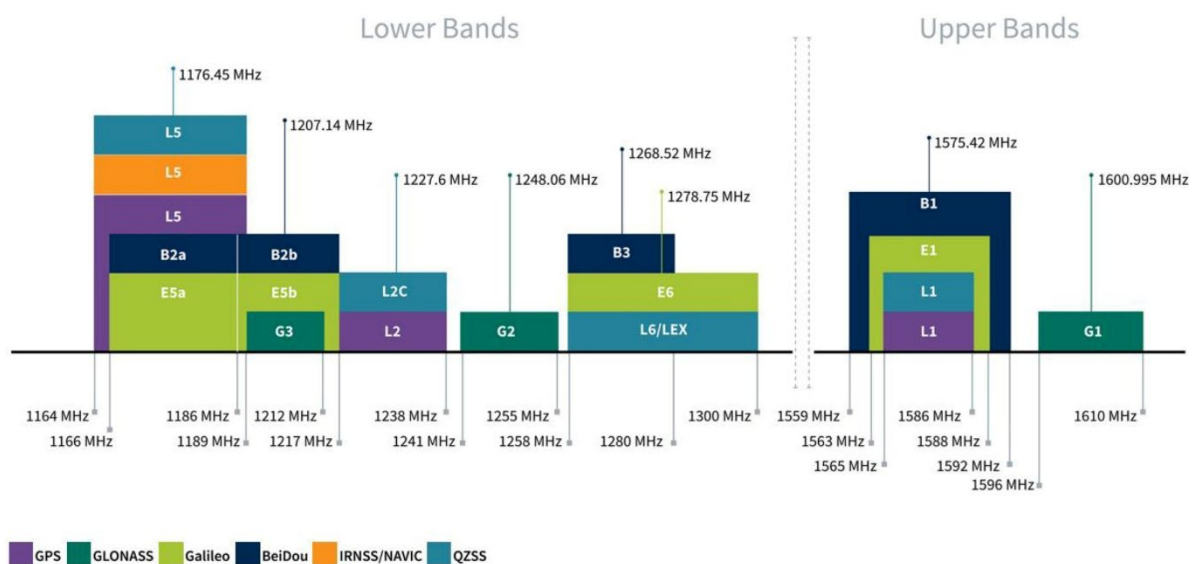
Nur selten wird dann noch ein Fachhändler der etablierten GNSS-Marken den Endanwender vor evtl. katastrophalen Fehlentscheidungen bewahren, schlimmstenfalls gewinnt einen Wettbewerb, der von Laien lediglich als Preisvergleich begriffen werden kann, letztlich beinahe zwangsläufig irgendeine der Handelsplattformen für chinesische Billigartikel im Internet.

Im Marktsegment preisgünstiger GNSS-Hardware (zur Solitärnutzung, also gänzlich ungeachtet der in Smartphones u.ä. Massenware integrierten Bauteile), das bislang relativ strikt vom Marktgeschehen der hochwertigsten Marken geodätischer Qualität separiert war, wurden entsprechend der jeweiligen Verfügbarkeit von Empfängern über einen langen Zeitraum hinweg zunächst beinahe ausschließlich L1-Antennen gehandelt, wobei nicht selten deren Eignung auch für Glonass (dessen L1-Frequenzen etwas neben der von GPS, GAL und BDS identisch gewählten L1-Frequenz liegen) als vordergründiges Verkaufsargument diente.

In ihrer fundamentalen Architektur waren all diese Antennen praktisch ausnahmslos als sogenannte Patch-Antennen realisiert (flache Keramikscheiben mit einer Kantenlänge bzw. einem Durchmesser zumeist zwischen 10 und 50 mm und darauf entweder ein einzelner „Feed“ zur Signalabnahme oder zwei dieser „Silberkügelchen“ für ein sogenanntes „Dual-Feed“-Design).

Mit dem Markteintritt der ersten Low-Cost-Zweibandempfänger (v.a. von NVS, u-blox, Swift, SkyTraq), die stets nur die Verarbeitung diverser L2-Frequenzen mit der von L1 kombinierten, blieb es meist bei Patch-Antennen hierfür, wobei in physikalischer Entsprechung zu den jeweiligen Bandmitten von L1 und L2 dem größeren Patch dann noch ein deutlich kleinerer Patch aufgestapelt wird.

Diese grundlegende Antennengestaltung ermöglicht es, in beiden Bändern (in der englischsprachigen Literatur oft als „Lower Bands“ bzw. „Upper Bands“ bezeichnet) eine möglichst gleich starke passive Empfangsleistung realisieren zu können.



Damit nun endlich zur vorrangigen Aussage dieses Dokuments:

Es ist primär allein diese Passivleistung (in englischsprachigen Datenblättern oft als „Peak Gain“ oder „Gain at Zenith“ benannt, einstelliger dBic-/dBi-/dB-Wert als Entsprechung des Verstärkungsfaktors einer Antennenkonstruktion für bestimmte elektromagnetische Wellenlängen bzw. Frequenzbänder), auf die es bei der Bewertung einer GNSS-Antenne erstmal nur ankommt!

Mich erstaunt - und frustriert - seit jeher, warum dieser Leistungsparameter bei der Vermarktung von konkreten Produkten kaum jemals angemessen hervorgehoben wird.

Stattdessen beschreiben die munteren Verkaufsprofis der meisten Anbieter die Leistungsmerkmale von GNSS-Antennen augenscheinlich ohne Beachtung des fundamentalen Unterschieds zu all jenen Antennen, die heutzutage für unzählige Funktechniken (Mobilfunk, Bluetooth, WLAN, Nahbereichs-Steuerungen usw.) gebräuchlich sind: GNSS-Satelliten sind, verglichen mit den Gegenstellen dieser Antennen, geradezu unvorstellbar weit entfernt.

Jeder GNSS-Empfänger muss also prinzipiell die Hürde bewältigen, in der heutigen Erdatmosphäre voller elektromagnetischer Wellen die vergleichsweise winzige Signalstärke dessen zu verarbeiten, was nach dem so langen Signallaufweg vom jeweiligen GNSS-Satelliten bis hin zu seiner Antenne überhaupt noch anzukommen vermag.

Ist die passive Empfangsleistung (der deutschsprachige Fachbegriff hierfür ist „Antennengewinn“, siehe <https://de.wikipedia.org/wiki/Antennengewinn>) einer GNSS-Antenne schwächer als möglich, können nachfolgende aktive (elektronische) Verstärker das so Empfangene zwar letztlich auch auf den beabsichtigten Signalpegel bringen, verstärken dann jedoch gleichermaßen auch mehr jenes sogenannten Rauschens, unter dem alles zusammengefasst wird, was diese Antenne zwar auch mit im jeweiligen Frequenzband empfängt, jedoch nicht von den beabsichtigten Sendern in Gestalt der jeweiligen GNSS-Satelliten stammt.

Woher dieses Rauschen nun kommen mag, spielt keine Rolle, maßgeblich für den GNSS-Empfänger ist allein dessen Stärke im Verhältnis dazu, wie stark das reine GNSS-Signal ihn erreicht.

Um genau dies möglichst intuitiv wahrnehmen zu können, werden seit jeher v.a. die sogenannten SNR-Pegelwerte (Signal-Noise-Ratio) zur Beurteilung von GNSS-Empfangssituationen je nach Ort, Zeitpunkt und GNSS-Empfangsanlage veranschaulicht.

Die nachfolgende Abbildung zeigt auszugsweise die entsprechenden Werte im Datenblatt einer relativ hochwertigen Patch-Antenne in herkömmlicher Zweiband-Konstruktion, bei der das erst nur auf GPS L2/L2C ausgerichtete Zweitband neben L1 noch zugunsten der G2-Einzelfrequenzen von Glonass erweitert wurde:

TW3870 / TW3872 GPS L1/L2 + GLONASS G1/G2 + BeiDou B1 + Gal
Specifications (Measured a Vcc = 3V, and Temperature=25°C)

Antenna

Patch Architecture	Circular, Dual Feed, Dual Stacked Patch
L2 Gain (100mm ground plane), 1227.6-1246MHz	3.8 dBic Min at Zenith on 100mm Ground Plane
L1 Gain (100mm ground plane), 1575.42MH-1606MHz	4.5 dBic Min at Zenith on 100mm Ground Plane
Axial Ratio, over full bandwidth, both L1 & L2	≤ 2dB typ., 1 dB max. at Zenith, 3dB max at horizon
1dB Bandwidth,	L2: 1227MHz-1250MHz L1: 1557MHz-1606MHz
Polarization	RHCP,

Passive Empfangsleistung der Tallysman TW3870 im L1- und L2-Band

Im Laufe der letzten Jahre verloren diese G2-Frequenzen jedoch an relativer Bedeutung, während stattdessen vielmehr E5b (Galileo) und B2b (BeiDou) immer wichtiger wurden, indem Europa und China ihre GNSS-Erdumlaufbahnen zunehmend verdichteten.

In der grundlegenden Gestaltung von Zweiband-Patchantennen blieb hierbei die Dimensionierung des Patches für das Zweitband neben L1 gleichwohl zumeist primär auf L2/L2C ausgerichtet, die Abgrenzung des Bandes nach oben/unten wird hingegen elektronisch (mittels Bandpass) variiert.

Schon in der „guten alten Zeit“ also, in der Low-Cost/Dual-Band eigentlich stets erstmal nur L1+L2 bedeutete, gab es bereits einige potenzielle Stolperfallen oder gar Fallstricke hinsichtlich konkreter Empfangsleistungen auf bestimmten Einzel Frequenzen, in der tatsächlichen Praxis blieb dies jedoch zum Glück meist unproblematisch.

Mit ersten relativ preisgünstigen Dreiband-Empfängern (neben chinesischen Produkten derzeit v.a. das „Mosaic“-Modul von Septentrio) sowie bereits diversen Empfängermodulen für L1+L5 (worunter m.E. die F10-Modellreihe von u-blox besonders attraktiv erscheint), sind hinsichtlich der Eignung von GNSS-Antennen hierfür die Karten nun allerdings neu gemischt.

Patchantennen könnten dann bauartbedingt ggfs. eine erheblich schwächere L5-Empfangsleistung aufweisen, selbst wenn ihr Hersteller sie als Dreibandmodell vermarktet:

TW7972 Triple Band GNSS Antenna + L-band Correcti Specifications (Measured a Vcc = 3V, and Temperature=25°C)

Antenna

Patch Architecture			Circular, Dual Feed, Dual Stacked Patch
E5a/L5 Gain (100mm ground plane)			-1.5dBic Min at Zenith
E5b/G3 Gain (100mm ground plane)			2.5 dBic Min at Zenith
L2 Gain (100mm ground plane)			4.0 dBic Min at Zenith
G2 Gain (100mm ground plane)			2.5 dBic Min at Zenith
E1 Gain (100mm ground plane)			4.0 dBic Min at Zenith
L1 Gain (100mm ground plane)			4.0 dBic Min at Zenith
G1 Gain (100mm ground plane)			3.0 dBic Min at Zenith
Typical Axial Ratio @ zenith			
L5/E5ab	<2dB	L2/B2	<1.5dB
G2	<2dB	L-Band	<1dB
L1/E1	<1dB	G1	<1.5dB

Schwächere L5-Empfangsleistung einer als Dreibandmodell vermarkteten Patchantenne

Es gibt Dreiband- bzw. „Allband“-Modelle einiger Hersteller, in denen die jeweilige Empfangsleistung auf allen drei Hauptbändern relativ gleich stark ist (üblicherweise mit „Multi-Feed“-Signalabnahme), aber diese Modelle sind zumeist doch deutlich größer und schwerer - sowie oft auch noch erheblich teurer - als jene sonst üblichen Patchantennen für zwei Bänder mit stets einem kleineren Patch über einem größeren.

Wer mit seinem Empfänger tatsächlich eine Dreibandantenne benötigt, sollte m.E. am besten gleich auf eine solche Low-Cost-Patchantenne verzichten, um nicht von vornherein erhebliche Schwächen im L5-Band in Kauf nehmen zu müssen.

Ein höheres Preisniveau dürfte für Dreibandantennen mit gleichermaßen starken Empfangsleistungen auf allen drei Hauptbändern vermutlich ohnehin unumgänglich werden, wenn jedoch v.a. das höhere Gewicht der o.g. „Multi-Feed“-Modelle problematisch ist (z.B. zur Nutzung auf Drohnen o.ä. in puncto Nutzlast heikler Szenarien), könnte eine gänzlich andere Antennenarchitektur konkurrenzlos attraktiv sein: der sogenannte Kreuzdipol (<https://de.wikipedia.org/wiki/Kreuzdipol>).

Als GNSS-Antennen sind Kreuzdipol-Konstruktionen historisch zwar noch relativ neu, nun aber sogar schon in höchstklassigen Neuentwicklungen das Mittel der Wahl:

<https://www.tallysman.com/app/uploads/2019/09/Tallysman-VeraPhase-6000-White-Paper-v3.0.pdf>

Zum Glück gibt es mittlerweile auch für gewichts- und/oder preissensitive Interessenten Modelle mit Kreuzdipolen, wobei m.E. insbesondere Taoglas (bisher wohl v.a. als „Hidden Champion“ für unzählige viele Miniaturantennen in diversen Geräten anderer Elektronik-Hersteller weltmarktbeherrschend) als empfehlenswert zu nennen wäre:

<https://www.taoglas.com/datasheets/XAHP.50.A.301111.pdf>

Der m.E. alles überragende Vorteil von Kreuzdipolen für Drei- bzw. Allband-GNSS-Antennen ist deren bauartbedingte Möglichkeit, auf allen Bändern sehr hohe Empfangsleistungen zu realisieren, und v.a. im direkten Gegensatz zu jedweden Patch-Konstrukten auch noch für sehr tief am Horizont stehende Satelliten. Ebenso gegensätzlich zur Patch-Architektur deren geradezu magersüchtiges Gewicht ohne Gehäuse – selbst mit 10 cm RG174 und SMA-Stecker (beides von schlankeren Alternativen ersetzbar) gerade mal 31 Gramm:

<https://www.taoglas.com/datasheets/EAHP.50.01.0100D.pdf>

Zwar sollte kein Drohnenpilot so leichtsinnig sein, mit einer „nackten“ EAHP.50 fliegen zu wollen, ein Wetterschutz wäre m.E. jedoch auch schon mit nur sehr wenig Mehrgewicht möglich, z.B. mit dünner Lackierung (bzw. Gummierung) oder einer leichtgewichtigen Plastikhaube, wobei ich für die letztere Option dann noch einen Druckausgleich deren Innenvolumens empfehlen würde (z.B. via Membran).

Frequency (MHz)	1176.45	1227.6	1278.75	1561	1575.42	1602
VSWR (max.)	1.3:1	1.3:1	1.5:1	1.5:1	1.5:1	1.4:1
Passive Antenna Efficiency (%)	44.3	50.6	48	53	59	59
Passive Antenna Gain at Zenith (dBi)	4.3	4.5	3.9	4.7	5.1	4.6
Average Gain (dB)	-3.5	-3	-2.8	-2.7	-2.3	-2.3

Gleichmäßig hohe Passivleistung in allen Bändern der Kreuzdipol-Antenne EAHP.50

Als letzte der drei fundamental unterschiedlichen Architekturen von heutigen GNSS-Antennen, wobei ich solche Konstrukte von extrem miniaturisierten Modellen wie z.B. Chip- oder Flex-PCB-Antennen aufgrund ihrer äußerst schwachen Empfangsleistungen ohnehin bereits gänzlich ausschließe, soll an dieser Stelle die sogenannte Helix-Bauform wenigstens noch kurz angesprochen werden.

Gern würde ich zwar auch Helix-Antennen an sich ebenso ignorieren wie o.g. Miniaturtypen, da deren Empfangsleistung typischerweise so viel schwächer ist als die von Kreuzdipol- oder auch nur etwas besseren Patch-Modellen, selbst wenn sogar Tallysman die Chuzpe hat, ihre Helix-Produkte mit der Floskel „*excellent gain*“ zu lobpreisen:

<https://www.tallysman.com/technology/helix-technology/>

Dass ich hier jedoch trotzdem etwas ausführlicher auf die Helix-Architektur eingehe, ist v.a. meinem Ärger darüber geschuldet, bei dieser nun schon seit einigen Jahren einen regelrechten „Hype“ erleben zu müssen - einschließlich etlicher eigener Kunden, die ich nur mit viel Überredungskraft wieder von ihrer Idee abbringen konnte, unbedingt eine Helix-Antenne zu bevorzugen. So klein und leicht, selbst mit Gehäuse, und dann sogar noch so gutmütig darin, schief oder gar nach unten gehalten zu werden!

Aus dieser Perspektive eines unbedarften Interessenten: offensichtlich nur Vorteile, nicht wahr? Und vonseiten der Anbieter - Nachtijall, ick hör dir trapsen... - gleichfalls ein buntes Strauß an Vorzügen von sicherlich sehr geringen Material- und Fertigungskosten, verglichen etwa mit einer hochwertigen Patchantenne, wohl gemerkt auf m.E. relativ gleichem Preisniveau der jeweiligen Endprodukte. :-)

Daher hiermit mein einsamer Ruf in dieser Marketing-Wüste: Liebäugeln Sie höchstens nur dann mit einer Helix-Antenne, wenn Ihre vorhersehbare Praxisanwendung es tatsächlich unmöglich macht, die Antenne wenigstens halbwegs waagrecht halten zu können!

Es mag einige (wenige) Fälle geben, in denen die Helix-Bauform sinnvoll ist (z.B. die zum Wandern und Mountainbiking so gern genutzten Garmin-Handgeräte der GPSMAP-Modellreihe), ansonsten ist aber auch das Gewichtsargument hinfällig, wenn der Kreuzdipol eine ähnlich leichtgewichtige Alternative mit jedoch viel stärkerer Empfangsleistung bietet.

Und dass sich eine Helix-Antenne auch „nach unten offen“ zeigt (ihr maßgebliches bzw. gar einziges Alleinstellungsmerkmal zu allen anderen Architekturen), sollte m.E. bereits mit kurzem Nachdenken nicht mehr als Vorteil glänzen können, sondern vielmehr als Büchse der Pandora gelten müssen.

Damit nun aber genug des Exkurses zu den drei grundsätzlich diversen Architekturen, denn es ließe sich hierin nur allzu leicht immer weiter ausschweifen ... :-)

Bleiben wir stattdessen beim guten alten „*Dual Stacked Patch*“ - bislang praktisch ausnahmslos in allen der preisgünstigsten Zweiband-Produkte zu finden (auch wenn manche davon als „Dreiband“ vermarktet werden).

Wie bereits erläutert, für Dreiband-Empfänger wohl kaum das Mittel der ersten Wahl, zumal hier auch preislich ohnehin schon ein etwas höheres Niveau erreicht ist, umso mehr jedoch die Vorzüglichkeit solcher Patch-Konstrukte für die derzeit den Markt betretenden Low-Cost-DGNSS-Empfängermodule mit L1+L5.

Allerdings eben nur dann, wenn der Patch für das Zweiband neben L1 tatsächlich auf L5 optimiert ist!

Ansonsten gilt natürlich für L1+L5 ebenso das, was auch schon bei Patchantennen für L1 sowie L1+L2 quasi naturgesetzlich wurde:

- Je größer die Patches (Fläche bzw. Kantenlänge oder Durchmesser, wobei letztere im jeweiligen Datenblatt zu finden sein sollten), desto besser! Im Weltmarkt der kostengünstigsten Zweiband-Patchantennen gibt es unzählige Modelle zwischen 10 und 50 mm (zum größeren Ende hin nicht mehr viele und unter diesen auch leider kaum noch wirklich billige), gleichwohl die Empfehlung für mindestens 30-35 mm, am besten jedoch möglichst ≥ 40 mm.
- „Dual-Feed“ ist „Single-Feed“ stets haushoch überlegen.
<https://www.tallysman.com/technology/accutenna-technology/>
- Kreisrunde Patches sind wohl besser als quadratische, jedoch nur sehr selten zu finden.
- Das vorrangige Leistungsmerkmal ist m.E. grundsätzlich immer der passive Antennengewinn (Zenit-Wert bzw. „Peak Gain“), gleichermaßen für beide zur Anwendung vorgesehenen Bänder.

- Die aktive (elektronische) „LNA“-Verstärkung sollte zu Empfänger und Anschlusskabel passen. Allein dieses Merkmal könnte schlagartig seitenlange Exkurse zur Hochfrequenztechnik auslösen, daher nur dieser etwas vage Hinweis, ergänzt jedoch immerhin um die m.E. äußerst lobenswerte Eigenschaft der neuen F10-Module von u-blox, deren LNA-Verstärkung via Firmware (bzw. Befehl von außen) beliebig oft zwischen normal, schwächer und unverstärkter Durchleitung umschalten zu können, womit der sachkundige Praktiker ein äußerst starkes Werkzeug für Empfangssysteme mit bestens aufeinander angepassten Hauptkomponenten (Antenne, Kabel, Empfänger) in seine eigenen Hände bekommt. :-)
- Die Speisespannung für o.g. LNA sollte heutzutage problemlos sein. Praktisch alle Empfänger am Markt liefern ca. 3,3 V (und genug Strom hierbei), alle aktuellen Antennen sollten damit auch gut funktionieren. Etwaiger Spannungsabfall auf langen Kabeln, ansonsten stets ein Sorgenkind aller Stromtransporte, ist angesichts der wenigen Milliampere für GNSS-LNA sowieso kein Thema. Ein paar wenige Empfängermodelle liefern 5 V an ihrer Antennenbuchse, das sollten m.E. aber auch alle handelsüblichen Antennen gefahrlos verkraften.
- Ideale Grundplatten könnten ggfs. erschreckend groß sein, so nennt z.B. Taoglas für die EAHP.50 tatsächlich Maße von 30 x 30 cm! Aber auch schon die von Tallysman üblicherweise für viele ihrer Modelle genannten 100 mm oder der von u-blox im Datenblatt der ANN-MB5 erwähnte Wert von 12 cm führen stets zum gleichen Schluss: Das jeweilige Produkt ist eigentlich noch unvollständig! Hoffnungsvolle Laien glauben oft nur allzu gern, solche zusätzlichen Grundplatten bewirken wohl Wunder gegen den bösen Multipath (Mehrwegeempfang, v.a. für RTK nicht selten gar ein geradezu tödliches Problem), was jedoch leider noch nicht mal den kleinsten Placebo-Effekt ermöglicht. Stattdessen sorgt eine Grundplatte in der richtigen Größe (deren alleinige physikalisch passende Relation zur jeweiligen Antennenkonstruktion) lediglich für die bestmögliche „Abstimmung“ der Antenne an sich - was gleichwohl nicht unterschätzt oder gar ignoriert werden sollte.
- Produktmerkmale wie „klein“ und „leichtgewichtig“ sind prinzipiell kaum als Vorteile anzusehen, sondern vielmehr als Warnsignale für vermutlich geringere Empfangsleistungen zu werten.

Ansonsten gilt zudem auch noch folgender Grundsatz (nicht nur für Patch-Konstruktionen):

Die rein äußerliche Bauform (z.B. klassischer weißer „UFO“-Diskus, kleine schwarze Magnetfuß-„Maus“, spitzhütige Timing-Modelle usw.) ist noch lange kein Indiz für hohe Empfangsleistung eines konkreten Antennenmodells, umgekehrt sind jedoch einige plausible Schlussfolgerungen möglich: Winzige Antennen niemals empfangsstark, Kreuzdipole kaum je in sehr flachen Gehäusen usw. ...

Jamming (sowie ggfs. auch Spoofing) ist derzeit v.a. im Kontext der russischen Aggression gegen seine Nachbarländer als Politstrategie zur Machterhaltung der dortigen Kleptokratie ein mancherorts (z.B. in der Umgebung des ehemaligen Königsbergs oder inzwischen sogar auch schon an den Westküsten des Schwarzen Meeres) so heftig in Erscheinung tretendes Problem, dass ein Flugplatz im Baltikum keine GNSS-gestützten Landeanflüge mehr absichern kann. Es gibt bestimmte Sonderbauformen von GNSS-Antennen, die gegen solche Störmanöver einen gewissen Schutz bieten können, diese Modelle sind jedoch zumeist nicht nur relativ groß und schwer, sondern nicht zuletzt auch so teuer, dass es zu ihrem Erwerb gewiss einer expliziten Begründung bedürfen sollte.

Abschließend noch ein wenig zur neuen ANN-MB5, die u-blox selbst als passend zu und zeitgleich mit den ersten F10-Empfängermodellen ins Sortiment genommen hat und anhand der sich einige all jener Aspekte dahingehend, wie attraktiv eine Antenne für L1+L5 sein kann, m.E. schon gut zeigen lassen.

Beginnend damit, was „Otto Normalverbraucher“ zunächst zu Gesicht bekommen mag: ein äußerst erfreulich geringer Preis. :-)

Dann vielleicht schon ein Blick ins Datenblatt (oder auch nur ins „*Product Summary*“ UBX-21047823): „Peak gain“ (Zenith) 4,5 dBic im L1- bzw. 4,0 dBic im L5-Band!

Klingt sehr ordentlich - und ist es auch, erst recht natürlich angesichts des gegebenen Preisniveaus.

Etwas Kundigere ahnen bereits (bzw. schlussfolgern zwangsläufig), hier kann kein Patch ≤ 25 mm enthalten sein, und tatsächlich sind darin dann auch anständig große Keramikscheiben zu finden.

Ich habe einen meiner filigransten Seitenschneider gezückt und die eigentliche Patchantenne der ANN-MB5 von ihrem „Plastik-Sarkophag“ befreit, primär aus reiner Neugier auf deren Innenleben, darüber hinaus jedoch auch zugunsten meines Anwenderkomforts (dazu ggfs. später noch mehr).

So enthüllte sich dies mit anständig aufgebrauchten Serien- und Produktnummern (letztere lauten „GPSLX09N-S6-3636-L-L1L5-PS-00-V3“ bzw. „GPSLX06G-S6-00-A“) als ein Produkt des chinesischen Herstellers INPAQ (<https://www.inpaqgp.com>), der dieses Modell selbst jedoch nicht auflistet, also vielleicht auch nur exklusiv an u-blox liefert.

Als altgedienter Tallysman-Haudegen sehe ich nicht nur die „Single-Feed“-Signalabnahme auf dem oberen Patch (das markante „Silberkugelchen“ auf dessen Oberfläche), sondern natürlich auch die Material- und Fertigungsqualität, für die das seit jeher von Tallysman gewohnte Niveau unerreichbar hoch entfernt erscheint. Allerdings, gedenke des geschenkten Gauls: So billig gibt es noch lange nix von Tallysman mit bereits so ordentlich hoher Empfangsleistung! Dass neuerdings eine Alternative aus ganz anderem Hause verlockt, die preislich kaum über der ANN-MB5 liegt, in den wesentlichen Leistungsmerkmalen jedoch schon deutlich darüber (45 mm Patch, Dual-Feed), werde ich in Kürze etwas ausführlicher erläutern ... :-)

Zu guter Letzt noch eine kleine Bildfolge, wie ich das nackte Innenleben einer ANN-MB5 erst auf eine Grundplatte mit 125 mm Durchmesser (einseitig kupferbeschichtetes Hartpapier) montiert und ihre Kabelherausführung sauber mit einer TNC-Buchse verlötet habe, um diese Kombination schließlich in einem klassischen „UFO“-Gehäuse (mit zentraler 5/8-11-UNC-Gewindeaufnahme, Druckausgleich via *GORE PolyVent XS*) zu verbauen:



Metamorphose des Innenlebens einer ANN-MB5 mit 125-mm-Grundplatte in ein „UFO“-Antennengehäuse