

L1+L5 in Häuserschluchten – Ein Praxistest mit dem neuen F10N

Leipziger Landkreis, im April 2024

Beinahe sieben Jahre sind nun schon vergangen, seit sich eine weitere Revolution im GNSS-Markt mit ersten konkreten Produktankündigungen anbahnte.

Sowohl im Hinblick auf das weltweite Marktgeschehen als auch nur aus der Perspektive potenzieller Anwender in Deutschland bzw. sogar in einzelnen deutschen Bundesländern gab es bereits einige als durchaus revolutionär wirksame Neuerungen für zivile GNSS-Nutzer - seinerzeit zunächst beginnend mit der GPS-Befreiung vom anfänglich noch künstlich beaufschlagten Fehler („*Selective Availability*“) zum 1.5.2000, womit zahlreiche zivile Anwendungsfälle überhaupt erst möglich bzw. sinnvoll wurden.

Nachdem es dann über etliche Jahre hinweg eine relativ strikte Trennung zweier erstaunlich separater Marktsegmente gab (sehr teure Produkte für Präzisionsanwendungen industrieller und institutioneller Kunden einerseits, demgegenüber vergleichsweise spottbillige reine L1-Technik für den Massenmarkt v.a. in Mobilgeräten für Privatkonsumenten), wodurch satellitenbasierte Positionsbestimmungen mit höheren Genauigkeiten als in Fehlerdimensionen von etlichen Metern für potenzielle Anwender allein aus Kostengründen unerreichbar blieben, wurde das zweite Jahrzehnt des neuen Jahrtausends doch viel erfreulicher.

In wenigen Stichworten dessen prägende Meilensteine: RTKLIB, L1-Empfänger mit Rohdatenausgabe, preisgünstige GNSS-Module mit integrierter RTK-Funktion zunächst nur für L1 und etwas später auch für L1+L2 bis hin zum weltmarktprägenden ZED-F9P von u-blox, SAPOS HEPS in deutschen Ländern kostenfrei ...

Siehe auch: <https://www.optimalsystem.de/os/docs/GIL-Jahrestagung-2013-Beitrag-Piotraschke.pdf>

Während das klassische RTK-Verfahren somit eine ungeahnte Renaissance erfuhr, PPP-Endgeräte mit „vollautomatischer Zentimetergenauigkeit“ dank Korrekturdaten via L-Band jedoch leider noch immer nur bei finanzstärksten Endanwendern verbreitet sind, gewann L1+L5 bislang v.a. in den SoC (*System on Chip*) von Smartphones und Tablets eine relativ unauffällige Verbreitung im Massenmarkt.

Unauffällig aus mehreren Gründen: Qualcomm & Co. verbesserten die Positionsbestimmungen auch schon in früheren SoC-Generationen von reinem L1-GNSS mit erstaunlich guten Ergebnissen (u.a. mit Sensorfusion, Triangulation mit ortsbekanntem WLAN- und Mobilfunk-Gegenstellen), das je mit einem gegebenen GNSS-Empfänger theoretisch erreichbare Leistungsniveau wird in Smartphones u.ä. stets durch zu kleine und oft ungünstig ausgerichtete Antennen blockiert, technische Details wie z.B. die in GNSS-Positionsbestimmungen mit zusätzlicher L5-Verarbeitung zu erwartende Leistungssteigerung werden für typische Werbeaussagen im Massenmarkt evtl. schon als zu kompliziert wahrgenommen.

Darüber hinaus vernahm ich bzgl. früher Solitärmodule für L1+L5 von anderen Herstellern als u-blox bisher doch einige kritische Stimmen, wodurch mir das Warten auf die Schweizer etwas leichter fiel...

Denn schon seit weit mehr als einem Jahrzehnt waren es m.E. stets konkrete Module von u-blox, die für die o.g. Meilensteine besonders prägnant wurden (6P, 7P, M8, M9, F9 und nun also F10), und gar in gänzlich globaler Perspektive war und ist eben einzig und allein u-blox so herausragend neben einer guten Handvoll anderer Hersteller mit zumindest relativ ähnlichen Produkten!

Nach meinerseits etwas unerwartet vielen Jahren bis zum Erscheinen eines entsprechenden Modells von u-blox (die zwischenzeitlich erschienene F9P-Variante mit L1+L5 statt des bisher üblichen L1+L2 ist m.E. etwas außerhalb dieser Betrachtung) wurden deren erste F10-Modelle nun endlich verfügbar.

Passend dazu gibt es von u-blox selbst (bzw. zumindest unter deren Label) mit der neuen ANN-MB5 auch eine sehr preisgünstige Antenne, auch wenn ich deren Leistungsmerkmale schon deutlich am unteren Rand der m.E. empfehlenswerten Bandbreite von Modellen diverser Hersteller sehe, die dem Potenzial von F10-Empfängern möglichst kein allzu enges Korsett aufzwingen.

Doch zur Thematik geeigneter, sinnvoller oder ggfs. sogar besonders empfehlenswerter Antennen für F10-basierte Messeinrichtungen sollen erst nach dem folgenden Testbericht noch einige Details zu betrachten sein, ebenso wie zu der prinzipiellen Frage, ob bzw. wie sehr ein F10-Rover nicht nur in engen Häuserschluchten, sondern z.B. auch in dicht belaubtem Wald vorteilhaft wäre ...

Nun jedoch endlich dazu, mit eigenen Augen einen F10N v.a. in Passagen zwischen steilen Fassaden die von bisherigen L1-GNSS leider nur allzu sattsam gewohnten Positionsfehler souverän vermeiden sehen zu können!

u-blox bewirbt insbesondere diese Vorteilhaftigkeit mit der überwältigenden Offensichtlichkeit zweier verschiedenfarbiger Tracks auf derselben Fahrspur (schnurgerader F10-Track vs. L1-Schlangelinie):
<https://content.u-blox.com/sites/default/files/documents/GPS-signals-migration-wp.pdf>

Noch stärker auf den wesentlichsten Punkt gebracht hat u-blox die F10-Vorzüglichkeit hier:
<https://www.u-blox.com/en/technologies/multipath-mitigation>

Unerfahrene Leser mag die dort von u-blox so mutig benannte L1-Fehlerdimension von 30 m in einer städtischen Umgebung mit engen Häuserschluchten wohl überraschen, wer jedoch schon selbst mit entsprechender GNSS-Technik in solcherlei Verhältnissen unterwegs war und einen etwas genaueren Blick auf reine GNSS-Positionsbestimmungen (v.a. ohne zwar nachträgliche, aber noch innerhalb der jeweiligen Messeinrichtung z.B. mittels WLAN-Triangulation oder typischen Bewegungsmustern vom Messgerät selbständig vorgenommene Übersteuerungen) legen konnte, wird diese Erfahrung leider nur allzu gut bestätigen können.

Mutig ist diese Aussage von u-blox insbesondere angesichts der sonstigen Vorgehensweise praktisch aller GNSS-Empfängerhersteller, sich bei der Bezifferung von Fehlerdimensionen bisher doch relativ strikt auf die unrealistischen Idealwerte zu verbarrikadieren, die z.B. ein L1-DGNSS nur mit teuersten Antennen unter absolut freiem Himmel in einer Umgebung ohne jegliche Reflektionsflächen mit einer deutlichen Störwirkung zu erreichen vermag: eben jene in Datenblättern typischerweise mit ca. 1,5 m aufgeführte Größenordnung.

Dieser Mut relativiert sich allerdings mit der Intention, in einer Gegenüberstellung jener realistischen Fehlerdimension mit den vergleichsweise so viel besseren Messwerten der neuartigen Empfänger für L1+L5 ihre neuen Produkte jetzt besonders schlagkräftig bewerben zu können. :-)

Gleichwohl ist diese Ausgangslage auch aus meiner langjährigen Erfahrung mit zahllosen Geräten der unterschiedlichsten Preis- und Leistungsklassen völlig korrekt, was mich in meiner Neugier natürlich nur bestärken konnte, ob es mit L1+L5 nun wirklich so deutlich besser wird ...

Eines ist jedoch von vornherein absolut klar: Derartige Vorteile werden quasi-autonome GNSS-Rover (also v.a. ohne RTK mit Referenzstation bzw. PPP mit Korrekturdaten, sondern lediglich mit Korrektur via EGNOS o.ä.) mit L1+L5 kaum unter freiem Himmel aufzeigen können, es bedarf hierfür am besten einiger wirklich enger Häuserschluchten!

Vom Leipziger Landkreis aus läge hierfür vielleicht Berlin am nächsten, wo es solche Durchfahrten an hohen Fassaden gibt, die den in diesem Sinne wohl markantesten Metropolen in Ostasien oder auch Nordamerika ähneln, bereits die Altstadt des Städtchens Grimma bietet dazu jedoch eine Alternative im „Hobbit-Format“ an: extrem schmale Gassen zwischen mehrgeschossigen Wohnhäusern. :-)

Diese Gassen sind z.T. so eng, dass selbst schlanke Fußgänger hier kaum aneinander vorbeikommen, und wer mit einem L1-(D)GNSS-Empfänger hindurch geht, dürfte seine Positionsbestimmungen auch nur selten darin sehen können:



Gemessen wurde an zwei aufeinanderfolgenden Tagen Ende April 2024, also v.a. noch lange vor dem Eintreffen des stärksten Sonnensturms seit über 20 Jahren, der u.a. solche GNSS-Daten um den 10.5. evtl. sehr stark verfälschen würde.

Das F10N-Empfängermodul hatte ich dazu in einem handlichen Mobilgerät von der Form verbaut, wie sie z.B. von MagicMaps seit einigen Jahren für diverse Module von u-blox bei mir beauftragt wird, eine Kabelverbindung war somit lediglich zwischen der GNSS-Antenne und dem Gerät als von TNC zu TNC und somit eben auch relativ robust erforderlich, während die NMEA-Datenausgabe des F10N via SPP (BR/EDR bzw. Bluetooth „Classic“) auf einem einfachen Windows-Tablet mit der „FeldLog“-Software aufgezeichnet wurde.

Als Antennen wurden zwei verschiedene Modelle in klassischer „UFO“-Bauform (Diskus mit zentraler 5/8-11-UNC-Gewindeaufnahme) verwendet, um mir v.a. eine möglichst komfortable Handhabung am Stativ oder Stab zu ermöglichen, wobei deren jeweilige GNSS-Leistungsparameter nicht wesentlich waren, jedoch keinesfalls ergebnismindernd sein sollten. Beide Modelle, konkret eine bereits etwas ältere „Pinwheel“-Antenne unter Leica-Markenflagge sowie ein relativ großes Produkt chinesischer Provenienz, waren also in Relation zu praxistypischen Szenarien mit F10N-Empfängern wohl schon ein wenig überdimensioniert, stellten jedoch bereits v.a. eine jeweils sehr starke L5-Passivleistung zur Verfügung (die im Datenblatt einer GNSS-Antenne als Zenit-Wert für ein konkretes Frequenzband aufgeführte einstellige dB-Zahl).

Die Bedeutung der jeweiligen Antennen in GNSS-Messeinrichtungen wird von Laien leider allzu oft in z.T. fatalem Ausmaß fehl- bzw. unterschätzt, daher werde ich zur Thematik von geeigneten Antennen für F10N-Rover später noch einige Erläuterungen und Empfehlungen anfügen. Im direkten Kontext zu den hier gezeigten Messungen soll jedoch die Aussage genügen, dass die verwendeten Modelle nicht zu schwach waren, um das Leistungspotenzial des F10N zeigen zu können, es demgegenüber jedoch auch niemals möglich ist, Empfänger mit „zu guten“ Antennen über ihr Potenzial hinaus zu bringen.

Während der Messungen (z.T. am Stab im Rucksack, v.a. jedoch zugunsten meiner Bequemlichkeit am Gepäckträger eines Fahrrads) war die Antenne zumeist auf oder sogar noch unter Kopfhöhe, die hieraus evtl. resultierenden Empfangsminderungen wurden von mir aber in Relation zum primären Umgebungsmerkmal der engen Gassen als vernachlässigbar angesehen.

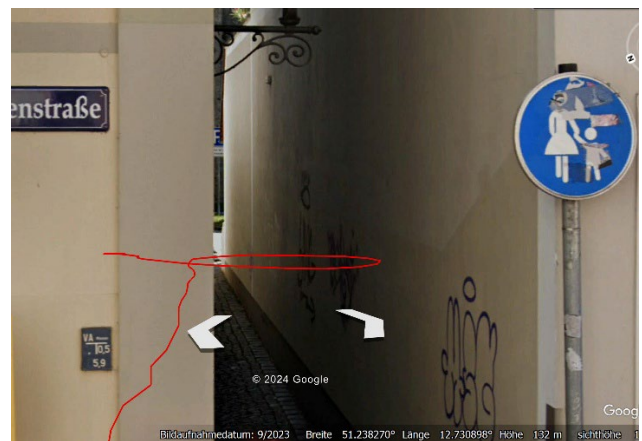
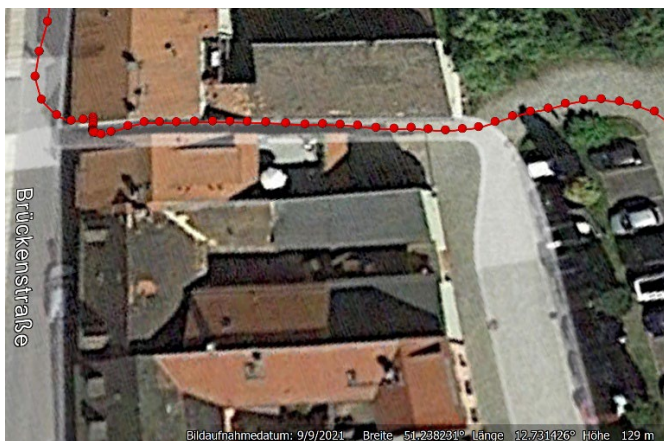
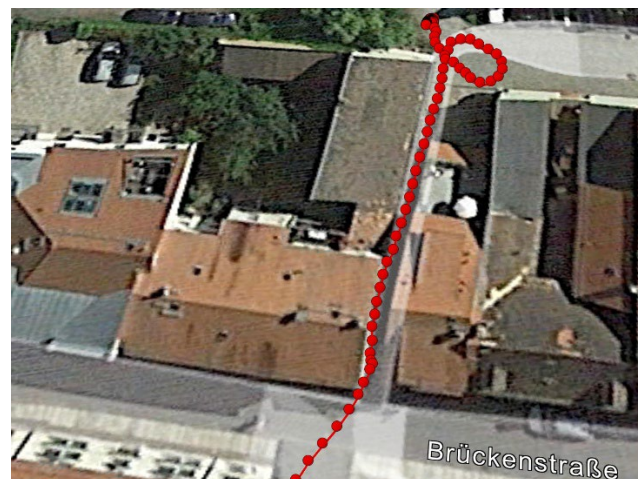
Viel wichtiger hingegen erschien mir die Vorgehensweise, meine Messungen insbesondere im Bereich dieser Gassen mit möglichst geringer Geschwindigkeit durchzuführen, um jegliche evtl. noch im F10N selbst den reinen GNSS-Positionsberechnungen überlagerten „Track-Begradigungen“ zu vermeiden.

Auch auf dem Fahrrad wurden daher die Gassen mit der geringsten noch fahrbaren Geschwindigkeit durchquert und waren dort somit auch in der Dimension einer langsamen Schrittgeschwindigkeit.

All diese Durchquerungen fanden mindestens zweimal statt (Hin- und Rückweg), die engste Gasse an der Brückenstraße wurde sogar noch öfter passiert, um evtl. Ausreißern noch mehr Möglichkeiten zu bieten.

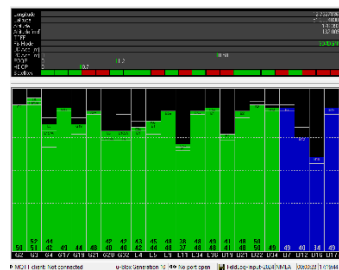
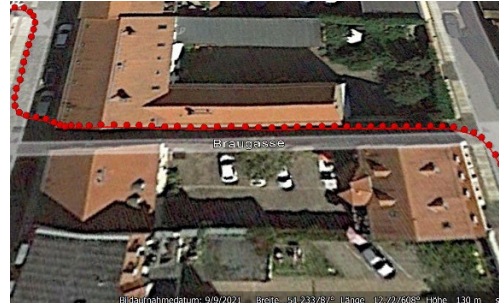
Aufgezeichnet wurde währenddessen der vollständige Ausgabedatenstrom vom F10N (konfiguriert auf viele Standard-NMEA- und einige PUBX-Nachrichten je Sekunde) als binärer Bytestream, der so jedoch lediglich ASCII-Text beinhaltete.

Anschließend fand eine Konvertierung dieser Tracks in das KML-Datenformat statt, um insbesondere die Durchquerungen enger Gassen als Überlagerung auf georeferenzierten Luftbildern (mittels Google Earth Pro) veranschaulichen zu können:



Angesichts ihrer besonderen Enge ist natürlich v.a. die Gasse an der Brückenstraße von Interesse, und selbst ein nur flüchtiger Blick auf deren zeitversetzte Durchquerungen genügt, um sofort davon begeistert zu sein, wie gut es ein F10N hier tatsächlich - ohne jegliche Ausreißer - hinbekommt!

Die Durchquerungen weiterer Gassen zeigen diese Bravour des F10N dann gleichermaßen:



Fazit: u-blox hat sich erstaunlich viel Zeit gelassen mit dem ersten einfachen DGNS-Modul für L1+L5 (vom zwischenzeitlich noch herausgebrachten ZED-F9P-15B als L5-Variante des schon seit mehreren Jahren angebotenen RTK-Moduls für L1+L2 einmal abgesehen), aber offensichtlich hat sich das lange Warten auch wirklich gelohnt. Was deren Werbung für die augenscheinlich praxistauglichen Vorteile einer zusätzlichen L5-Verarbeitung v.a. in großstädtischen Umgebungen uns bereits auf so prägnante Weise anzukündigen vermochte, überzeugte auch in den engsten Grimmaer Altstadtgassen als eben einfach so funktionierend. Obschon mein kleiner Praxistest kaum mehr als ein Schnappschuss sein konnte und damit natürlich einer Leistungsprüfung mit auch nur annähernd wissenschaftlicher Güte noch nicht einmal ansatzweise zu entsprechen vermag, war es mir dennoch wichtig, dies in praxi mit eigenen Augen sehen zu können.

Neben einigen jetzt noch geplanten Beobachtungen dahingehend, wie stark sich Antennen möglichst unterschiedlicher Preis- und Leistungsklassen auf die Ergebnisse eines F10N in maximal diversen Umgebungen auswirken (Hypothese: deutlich weniger als nur mit L1), werde ich mich demnächst jedoch v.a. der Frage widmen, ob bzw. wie sehr ein F10N-Rover nicht nur in der Umgebung von Häuserschluchten, sondern auch an Waldrändern sowie ganz im Wald unter dichter Belaubung die Größenordnung von Positionsfehlern verringern kann.

Im Hinblick auf das potenzielle Marktvolumen für den F10N-Absatz adressiert u-blox wohl nur die Abermillionen von Kraftfahrzeugen in all den Metropolen weltweit, ich hingegen fand im Laufe der bisherigen Jahrzehnte einen weiteren Fokus auf die klassischen professionellen GNSS-Anwender des ländlichen Raums: Forst- und Landwirte sowie Biologen u.ä. Naturwissenschaftler, die je nachdem, wie ihre Messungen unter dichten Laubkronen stattfinden, regelmäßig an die Grenze gelangen, ab der dann auch die teuerste Ausrüstung keinen zuverlässigen RTK-Fix mehr zu leisten vermag.

Daher war es z.B. für einen Förster bisher ggfs. ratsam, ein vorgegebenes Investitionsbudget für die Beschaffung eines sinnvollen GNSS-Rovers (v.a. für die Dokumentation bzw. möglichst eindeutige Identifizierung einzelner Bäume) besser auf einen L1-Empfänger wie den M9N in Kombination mit einer höchstmöglich leistungsstarken Antenne zu verwenden als beispielsweise auf ein RTK-System mit einer vergleichsweise weniger empfangsstarke Antenne.

Vermuten lässt sich m.E. schon jetzt, dass derlei Abwägungen mit dem F10N nun wohl ganz andere Resultate haben werden.

Last but not least: Es sieht so aus, als habe u-blox dem Timing-Modul seiner F10-Modellreihe (F10T) die seinerzeit in den „PPP“-Modulen NEO-6P und NEO-7P so wohltuend wirksame Funktionalität der sogenannten Phasenglättung („*carrier smoothing*“) spendiert, was bei Positionsbestimmungen unter freiem Himmel durchaus noch etwas bessere Genauigkeiten bewirken könnte, auch wenn das für ein v.a. zu reinen Zeitmessungen (z.B. auf Mobilfunk-Sendemasten) vorgesehenes GNSS-Modul natürlich nur eine Art „unbeabsichtigter Kollateralnutzen“ wäre ... :-)

