

LoRa-APRS.

LoRa APRS – mehr als nur ein Weekend-Project !

- DC1NF 19.04.2021 -

Vorgeschichte

Anlässlich der wöchentlichen EDQH-(Technik)-Runde am Montagabend hat uns Ralph, DG5NET über seine Experimente mit APRS-LoRa berichtet. Ich war selbst einige Zeit aktiv im „historischen“ APRS-Umfeld tätig (Digipeater/ iGate DB0ADS im Steigerwald) aber Ralphs interessanter Bericht ließ aufhorchen. Kurzum, die nötigen Zutaten wurden kurzfristig beschafft, das folgende (Oster-) Wochenende war für ein Weekend-Project ideal. Im Folgenden mein Kurzbericht über die Technik und erste Erfahrungen.

1. Grundsätzliches

APRS (Automatic Position Reporting System) ist im Amateurfunk nicht neu. Bob Bruninga entwickelte die ersten Strukturen bereits 1982. Auf Basis der AX.25 Protokollstrukturen und der zivilen Verfügbarkeit von GPS (ca. 1983) war die Basis für Funkamateure geschaffen nicht nur feste Objekte, z.B. das eigene QTH, sondern auch mobile Objekte (Portabel, Mobil) zu übertragen und anderen damit zu Kenntnis zu geben. Wichtig zu erwähnen, Bruninga hatte auch immer die Aspekte der Notfall-Kommunikation im Focus.

Im Laufe der Zeit wurden, um der steigenden Anzahl von Positions- und Baken-Meldungen gerecht zu werden, einige Anpassungen im Routingprotokoll vorgenommen.

LoRa-APRS.

War in der Anfangszeit die notwendige Technik in der Regel „homemade“, bestehend aus Funkgerät, Modem und GPS-Empfänger, so hat die Geräteindustrie diese Komponenten zwischenzeitlich komplett in Hand- und Mobilfunkgeräte integriert. Ebenfalls verändert hat sich die Netzstruktur: Waren in der Anfangszeit die „Transportwege“ ausschließlich Funkstrecken so hat sich mit zunehmender Internet-Verfügbarkeit die Transportebene in das Internet verlagert. War es ursprünglich notwendig die Positionsdaten ausschließlich über Funk zu beschaffen, so ist dies heute nahezu ausschließlich über Datenbanken (Clouds) im Internet und dies in Realzeit, gelöst.

Kommerzielle Entwicklung: Mit zunehmender Ausweitung von IT-Prozessen auch „in die Fläche“ besteht zunehmend der Bedarf nach der IT-Einbindungen von Prozessen und Vorgängen, dies auch für Lokationen ohne Energie- und Kommunikationsanschluss (**Internet of Things**). Eine funkbasierende Lösung muss also störungsfrei Reichweiten von einigen Kilometern bei geringem Energiebedarf leisten. Diese Vorgaben lassen sich u.a. mittels Spread Spectrum Technik lösen. Etwas despektierlich könnte man dieses Verfahren auch als „langsam aber sicher“ umschreiben.

1. Technik

1.1 Spread Spektrum (Frequenzspreizung):

Das Verfahren ein schmalbandiges Signal in ein Signal größer als die notwendige Bandbreite „aufzuspreizen“ stammt aus dem militärischen Umfeld. Bei gleichbleibender Sendeleistung und immer breiter werdenden Übertragungskanal kommt der Punkt, in welchem das Signal im Rauschen „verschwindet“. Im militärischen Umfeld wurde zusätzlich der Spreizcode verschlüsselt, nur die Teilneh-

LoRa-APRS.

mer kannten den aktuellen Code. Abhörer hatten nicht nur das Problem das Signal im Rauschen zu erkennen, sondern auch den Spreizcode, möglichst in Realzeit, zu entschlüsseln.

Im zivilen Umfeld ist die durch die Spreizung erzielte „Immunität“ gegen schmalbandige Störungen gefordert. Im Umfeld von **Internet of Things** mit in der Regel geringem Datenvolumen (Fernwirken) ergibt sich die Forderung nach „langsamer und störsicherer“ Übertragung über mehrere Kilometer, dies bei geringem Energiebedarf.

Vom Regulator sind für den kommerziellen und lizenzfreien Einsatz Frequenzen um 868MHz allokiert. Sendeleistungen und die zeitliche Kanalbelegung (Duty Cycle) sind definiert.

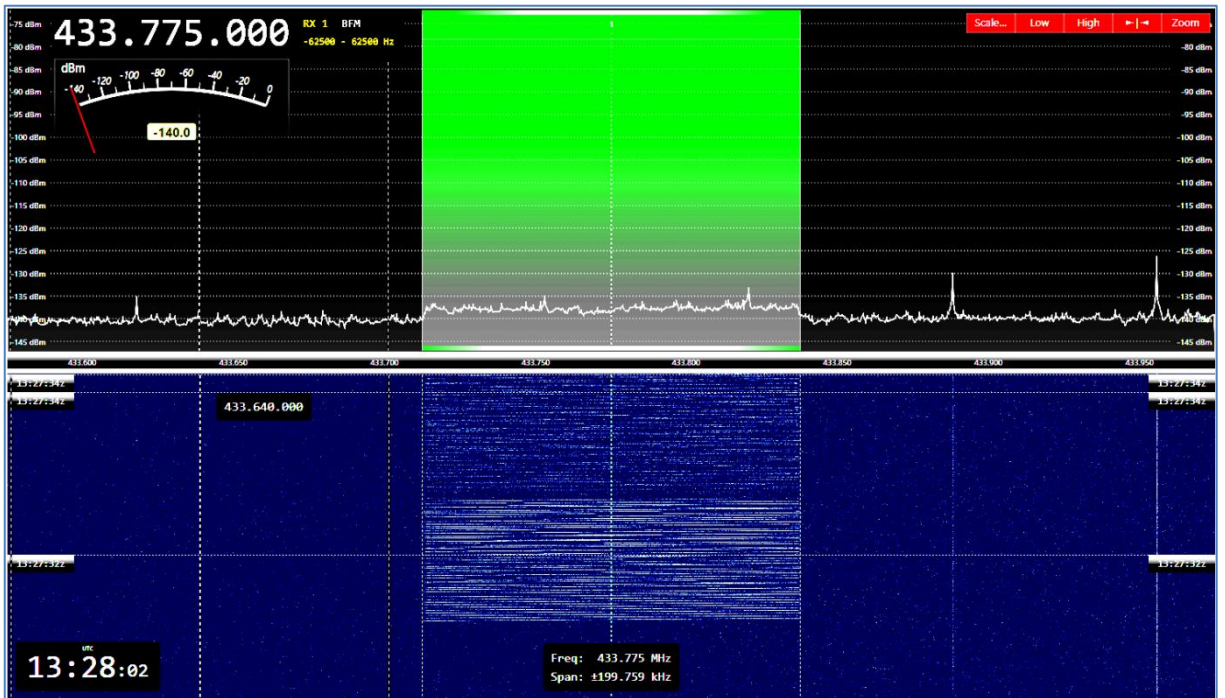
Für den Amateurfunk ist der ISM-(Industrial Scientific Medical) Bereich um 433 MHz nutzbar. Die Limitierung der Sendeleistung von 10 mW ERP gilt nicht für uns. Obwohl dem Amateurfunk „primärer Charakter“ eingeräumt ist, sollte die gemeinsame Nutzung nicht durch Ausschöpfen der maximalen Sendeleistung (750 W PEP) gestört werden

Für den Amateurfunk werden TRX-Module verwendet, welche im CCS **Chirp Spread Spectrum**-Verfahren arbeiten. Dabei werden Impulse gesendet, welche über die Zeit in der Frequenz kontinuierlich gespreizt werden, die Information liegt in der zeitlichen Aneinanderreihung der Impulse.

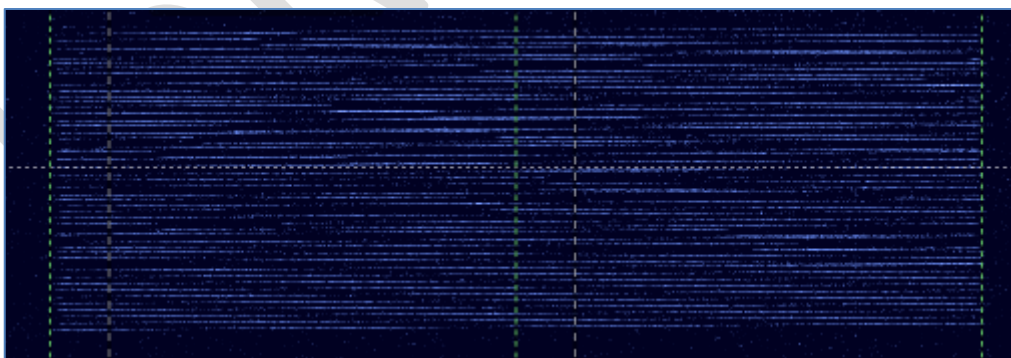
Näheres zu CSS:

https://de.wikipedia.org/wiki/Chirp_Spread_Spectrum

LoRa-APRS.



Spektrum LoRa APRS 433.775 MHz, belegte Bandbreite 125 kHz



Chirp LoRa APRS, Details aus obigem Mitschnitt

LoRa-APRS.

Die für LoRa-APRS genutzten TRX-Module haben u.a. folgende Spezifikation:

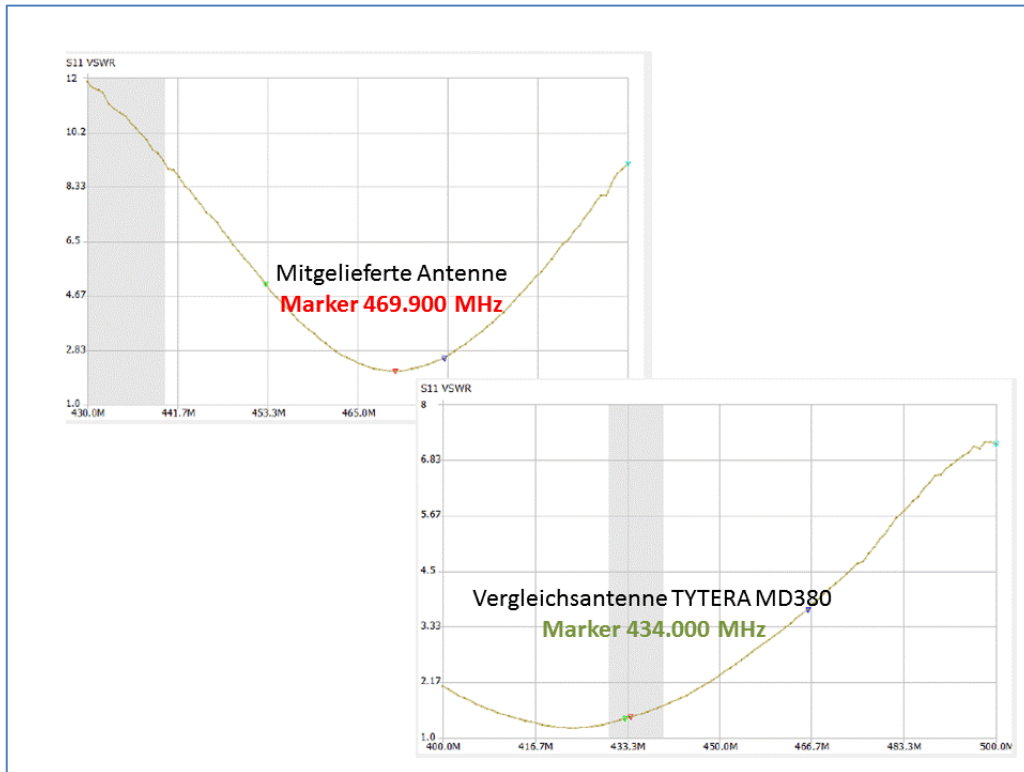
- **Frequenz:** 433,775 MHz
- **Sendeleistung:** 0,1 bis ca. 1 Watt
- **Bandbreite:** 125 kHz
- **Spreading Factor SF:** 12
- **Coding Rate C/R:** 4/5
- **Crypt Air Interface:** keine Verschlüsselung
- **Datarate:** 183 bps
- **Sensitivity:** **-136 dBm**, eine um **20 dB** höhere Empfindlichkeit im Vergleich zu AFSK 1200 (nach Goode TAPR TNC)

1.2 Praktische Erfahrungen:

Hardware: Als erste Plattform wurden Baugruppen des Hersteller **LILYGO Type TTGO T-Beam V1.1 ESP32 433 MHz SX1278** gewählt. Die Baugruppe enthält Prozessor, Speicher (OnBoard), LoRa-TRX-Modul, WLAN, GPS-Empfänger und Ladeeinrichtung für die einsetzbare Li-Ion-Rundzelle. Der Straßenpreis beträgt zwischen 20 € (CN Direkteinkauf) bis ca. 32 € via DL-Zwischenhändler. Im täglichen Betrieb von Vorteil: ein zusätzliches OLED-Display für ca. 6 €. Die Li-Ion Rundzelle 18650 für den Portabelbetrieb kostet ca. 4 €. Wenn gewünschte: ein passendes Gehäuse für ca. 15 € (Gedruckt). Hinweise zur mitgelieferten, ca. 4cm langen Antenne, siehe nächste Sei-

LoRa-APRS.

te.



Die mitgelieferte Kurzantenne mit 4 cm Strahlerlänge **ist für 433 MHz nicht geeignet**. Hier im Vergleich mit einer 70cm Antenne (TYTERA MD380).

- 1.3 Zur Software:** Das notwendige Toolset **PlatformIO** unter **Visual Studio Code** (Windows) kann frei aus dem Internet bezogen werden. Ebenso die vorbereiteten Bibliotheken, in der Regel unter GitHub. In meinem Fall habe ich für meine ersten Versuche die Tracker bzw. Gateway-Versionen von OE3CJB genutzt. Nach Anpassung der Sketche (z.B. Rufzeichen etc.) erfolgt

LoRa-APRS.

das Kompilieren mit PlatforIO, anschließend das „Hochladen“ des Codes auf den Prozessorspeicher. Jede weitere Änderung bedarf des erneuten Kompilierens und Ladens, aber nach optimaler Anpassung ist dies im Weiteren nicht mehr notwendig. Dieser Vorgang, Kompilieren und Flashen dauert gerade mal 2 Minuten, dafür erhält man ein pflegeleichtes Mikroprozessorsystem welches man nach Herzenslust an- und abschalten kann.

1.3.1 SW-Installation

Gelegentlich wurden Images nach Änderungen nicht auf den Prozessor übernommen. Nachdem der Speicher mit der Funktion PlatformIO, Project Tasks, **Erase Flash**“ explizit gelöscht und erst dann geflashed wurde ist dies nicht mehr aufgetreten.

Die Funktion „**Monitor**“, ebenfalls unter PlatformIO, ist sehr gut zur Fehleranalyse geeignet. Hierbei kann z.B. erkannt ob die Verbindung zum lokalen WLAN aufgebaut wird. Im Normalbetrieb, z.B. des Gateways, werden hier ankommende APRS-Pakete unter Nennung von Feldstärke (RSSI) und Signalqualität (S/N) angezeigt.

1.4 Praxiserprobung:

Tracker: Software wie beschrieben, mitgelieferte Kurzan-
tenne mit 4 cm Strahlerlänge, Li-Ion-Akku.

Portabel-Standort: Nördlicher Banzer Forst, leicht ange-
hobene Lage, **Tracker in der Jackentasche.**

Gegenstation: Gateway LoRa APRS, IGATE **DB0DRH** in
der Nähe von Drossenhausen (HAMNET-Standort, ca. 3

LoRa-APRS.

km vor der Landesgrenze zu Thüringen.). Antenne ca. 10 m über Grund. **Entfernung ca. 22 km.**

Mit identischer Konfiguration, Portabelstandort: Spitzberg (Nachbar zum Staffelberg), Top Position. Gegenstation erneut DB0RH, **ca. 28 km**, Gegenstation quittiert (im Internet) mit RSSI= -109 dBm und SNR= 14 dB. Ergo: **Da sind noch Reserven enthalten.**

Funktion Wetterstation im Tracker: Der Tracker kann bei Bedarf mit Sensoren zur Messung der Temperatur bzw. der Luftfeuchte erweitert werden (Sensoren ca. 5 €). In meinem Fall habe ich den BME280 von BOSCH verwendet. Bei im Gehäuse montierten Sensoren ergibt sich eine Temperatur-Fehlmessung von plus 8 Grad, hervorgerufen durch die von der Elektronik erzeugten Wärme bzw. Strahlungswärme. Es ist also zu empfehlen den Sensor, z.B. mit Verlängerungskabel außerhalb des Gehäuses anzubringen, ggf. mit einem Klinkenstecker. Die Konfiguration lässt folgende Funktionen zu: Tracker, WX-Tracker, WX-Move und WX-Fixed. Für die Bake der Wetterstation wird eine eigene (WX)-SSID vergeben.

Gateway: Die Basistechnik ist die **gleiche Platine** wie beim Tracker. Eben mit einer anderen Software. Hier sind im Sketch die Angabe für das lokale WLAN einzutragen, sowie der persönliche Passcode für den Zugang zum APRS-Internet-Server.

Zum Thema „**Digipeat**“ nun etwas Theorie. Die Aussendung eines APRS-konformen Paketes dauert im LoRa,

LoRa-APRS.

nach eigener Messung **ca. 3,4 Sekunden**. Dies ist im Kontrast zu AX.25 mehr als die 3-fache Zeit, letztendlich der niedrigen LoRa-Bitrate geschuldet. Weiter: Nehmen wir an die Teilnehmerstationen senden ihre Baken im 60 Sekundenabstand. **Theoretisch** könnten also $60/3,4 = 17$ Stationen konfliktfrei arbeiten. Um Kollisionen zu vermeiden kennen die LoRa-Module ein „Hören“ vor dem Senden, bei größeren Distanzen zwischen den Stationen ist dies keinesfalls sichergestellt. Darüber hinaus haben wir bei APRS kein koordinierendes Zugriffsverfahren (z.B. Polling der Teilnehmer durch die Zentralstation). Damit ergibt sich, aus den Erfahrungen mit dem AX25 APRS, eine **Kanalbelegung von maximal 30% der theoretisch möglichen Kapazität** Bei noch intensiverer Belegung kommt es zu verstärkten Kollisionen, der Durchsatz sinkt sehr rasch ab. Demnach ergibt sich für unsere „Kollisionsdomäne“ (ist gleich dem Hörbereich des Gateways) eine max. Teilnehmeranzahl von 30% von 17 = **5 Stationen**.

Die Funktion **Digipeat** würde diese Werte nochmals dramatisch verschlechtern. Und: Digipeat ist in heutiger Zeit auch nicht mehr notwendig. Diese Funktion stammt aus der Zeit der APRS Netze bei welchen die Funktion der Standortübermittlung ausschließlich über Funk erfolgen musste. Mit Verfügbarkeit des Internets und der Datenbanken in Form von Clouds kann gelten: ist ein Standort einmal im Netz bekannt ... so muss er über Funk nicht weiter vermittelt werden, zumindest nicht bei Gateways im urbanen Bereich. Gateways in ruralen Arealen können, unter Kontrolle der Kanalbelegung die Pakete auch noch via Funk digipeaten, notwendig ist dies nicht.

LoRa-APRS.

Ergo: Digipeat bei LoRa nur ein vereinzelt Sonderfällen, z.B. wenn sich Teilnehmer in Bereichen bewegen in welchen sich keine Internet-gekoppelten Gateways befindet. Hier werden die Pakete aus diesem Bereich „herausgetragen“ ... bis ein Internet-IGATE diese übernimmt. Diese Funktion könnte auch ein „Multi-APRS“ Digi 2m/70cm übernehmen.

2) Lokation von LoRa Gateway-Stationen.

In der unter 1) genannten AX25-Vorzeit waren IGATE idealerweise an prominenten, funktopologisch guten Standorten mit hoher Reichweite platziert. Betrachten wir nun nochmals den Begriff Kollisionsdomäne am Beispiel DB0VOX. Aus den bei aprs.fi geführten Statistiken lässt sich eine Grafik der Funkreichweite für die VOX erstellen. Hierbei erkennen wir eine Versorgung mit einem Radius von ca. 50 km. Daraus ergibt sich eine Versorgungsfläche von 7.850 km². Unter den oben genannten Bedingungen ergibt sich für diese große Versorgungsfläche eine Teilnehmeranzahl von (nur) 5 Stationen ... um nicht in ansteigende Kollisionen zu geraten.

Ergo:

Prominente „Hoch“-Standorte sind für LoRa eher kontraproduktiv, zumindest bei steigender LoRa-Nutzung!

Durch die höhere Systemempfindlichkeit erweitert sich die Funkreichweite, die mögliche Anzahl der Teilnehmer im versorgten Bereich steigt ... und damit die Kollisionsgefahr.

LoRa-APRS.

Gehen wir mit den Standorten also nach „**unten**“ ... dafür benötigen wir natürlich eine höhere Anzahl von iGates. Und hier helfen nun die günstigen Preise für das LoRa-Equipment. War es früher notwendig ein hochwertiges Funkgerät, TNC's, Modems oder Raspberry Pi's und eine blitzgeschützte Antenne etc. zu installieren, auch noch bei ordentlichen Stromkosten ... so reicht heute ein LoRa- iGate , wir haben es gehört, **für ca 50 €**. Ideal wäre es wenn ein Teil der OM's welche sich einen Tracker beschaffen auch gleich ein LoRa-IGATE bei sich zuhause installieren. Und da wir auch nicht mehr „**digipeaten**“ **ist auch eine Lizenz für „eine unbediente Funkstation“** mit einmaligen Lizenzkosten von 200 € nicht mehr notwendig.

Wie gut das bereits heute funktioniert hat Ralph in einer Mail beschrieben. DH4NBB fährt von Nürnberg bis nach Ipsheim und wird dabei auf einer Strecke von ca. 50 km lückenlos von drei LoRa-IGATE's „bedient“ (DG5NET, DL1ND, DH4NBB).

3) Die kritischen Aussagen zur „Kollisionsdomäne“ lassen sich durch kluge Baken-Raten nochmals deutlich entschärfen. Fest- und Wetterstationen sind auch mit 20 Minuten Baken-Intervall gut vertreten. Und bei Mobilstationen: Steht das Fahrzeug ... reichen 20 Minuten, in der Fahrt, geschwindigkeitsabhängig minimal eine Minute. Dies gilt für einen eingeschwungenen Netzzustand, aktuell können wir für Tests selbstverständlich auch Baken im Minutenabstand senden. Immer mit einem Auge auf die (lokale) Verkehrslast.

LoRa-APRS.

LoRa APRS Design-Prämissen, verdichtet

- Kein Digipeat
- iGates als „Kleinzelle“
- Bakenintervall mit Augenmaß

1.5 Sonstiges:

Die Installation eines lokalen LoRa-Gateways kann auf ein simples Problem stoßen. Da das Gateway möglichst 24 x 365 aktiv sein sollte ist eine Stationsantenne ständig belegt, eine weitere Antenneninstallation ist aufwendig.

Lösung: das „komplette“ Gateway verschwindet in einem DIN-Abwasserrohr, einschließlich eines kompakten Strahlers oder einer Aktivantenne. Die Montage erfolgt am Mast oder einer anderen geeigneten Stelle, ein Zweidrahtkabel für die 5 Volt-Versorgung führt zum Netzteil welches nicht im Shack positioniert sein müsste. Da die Anbindung zum Internet über WLAN erfolgt ist keine weitere Aktion notwendig. Und: die „**Fernwartung**“ des Gateways kann über FTP vom Shack aus erfolgen (via WLAN).

LoRa-APRS.

1.6 Zukünftiges: Die aktuelle LoRa-Technik **ist preisgünstig** und sie **ist jetzt verfügbar**. Zukünftige Optimierungen können im Bereich des Energiebedarfes für den Tracker geschehen, so wie im kommerziellen Umfeld bereits geschehen. Gleichzeitig kann höher integriertes Silicon zu einer sehr kompakten Bauform, ähnlich dem DB7NO 2m Tracker führen.



Tracker (Standort und/ oder Wetterstation), gedrucktes Leergehäuse, TTGO-Baugruppe

LoRa-APRS.

1.7 Ausblick:

Die Inbetriebnahme von Tracker und iGate lassen sich binnen Stunden realisieren, ggf. mit Unterstützung SW-affiner OM's. Eine Gelegenheit für OM's welche sich bislang **wegen der Kosten oder des technischen Aufwandes nicht mit APRS beschäftigt haben.**

Übrigens: auch bei Ausflügen, bei Wanderungen oder einer Radtour ist das kleine Gerät ein interessantes Experimentierfeld.

Kurz zum Einsatz von LoRa im **Notfunk**: Die hohe Systemempfindlichkeit hätte auch hier Vorteile, **die hohe Reichweite, der geringe Energiebedarf.** Andererseits, eine echter Trade Off, steht die geringe Datenrate im Widerspruch. Da es bereits LoRa Software mit KISS-Schnittstelle gibt, wäre auch ein Experiment mit WINLINK greifbar nahe. **Und:** LoRa kennt weitere Kombinationen aus Empfindlichkeit und Datenrate, ein Feld zum Experimentieren

.
Mal sehen.

Dank nochmals an Ralph, DG5NET, für seine „Initialzündung“ und die durchgeführten Experimente.