

## IGates für APRS und LoRa-APRS- – Einsatz an einem Standort mit vielen Sendeanlagen - Erfahrungsbericht von Heinz, DL3YDP

17.04.2022

**Automatic Packet Reporting System (APRS)** stellt eine spezielle Form von Packet-Radio dar. Das System ermöglicht die automatische Verbreitung von z.B. Positionsdaten, Wetterdaten und kurzen Textnachrichten und wurde vom amerikanischen Funkamateurl Bob Bruninga, WB4APR (silent key 07.02.2022) entwickelt. Die Daten können auf dem 2 m-Band und 70 cm-Band ausgestrahlt werden, mit 1200 Bit/s bzw. 9600 Bit/s. Sogenannte Digipeater routen die Datenpakete ggf. weiter, bis sie auf einen Internet **Gateway (IGate)** stoßen, der die APRS-Datenpakete ins Internet zu speziellen Servern routet. Die Informationen sind somit im Internet einfach per Webbrowser abrufbar.

Seit einiger Zeit verbreitet sich auch die Technologie LoRa (**Long Range**) zunehmend im Amateurfunk zur Übertragung von APRS-Datenpaketen auf dem 70 cm-Band. LoRa ist ein auf Chirp-Spread-Spectrum-Modulation basierendes Übertragungsverfahren der Firma Semtech Corporation.

Auch im O38 stößt LoRa-APRS auf großes Interesse, mehrere Mitglieder haben LoRa-Tracker im Einsatz und betreiben zugehörige IGates.



Antennenplattform Gebäude BB, Blick Richtung Osten

Seit Februar 2022 habe ich, Heinz DL3YDP, am Standort von DF0UD an der Universität in Duisburg ein IGate für APRS auf 144,800 MHz in Betrieb. Im März wurde ergänzend ein IGate für LoRa-APRS auf 433,775 MHz installiert. Beide IGates sind reine Empfänger, die empfangene APRS-Daten in das APRS-Server-Netzwerk einspeisen. Die Informationen sind per Internet z.B. bei [aprs.fi](http://aprs.fi) oder bei [aprsdirect.de](http://aprsdirect.de) abrufbar. Hier können mit dem Webbrowser in einer Kartendarstellung die Positionen von festen und mobilen Stationen und von deren zurückgelegten Wegstrecken abgelesen werden. Bei den festen Stationen gibt es u.a. Wetterstationen, die Informationen zum lokalen Wetter einspeisen. Die Internetseite [aprsdirect.de](http://aprsdirect.de) erlaubt weitere Darstellungen, so kann zum Beispiel die abgedeckte Fläche von Empfangsstationen (Coverage) visualisiert werden und es kann angezeigt werden, welche feste Station (IGate) eine mobile Station empfangen hat. Dabei wird nur die Empfangsstation dargestellt, die die Datenpakete zuerst an das Server-Netzwerk weitergeleitet hat.

Zum Empfang der APRS-Signale wird auf der Antennenplattform des Gebäudes BB in Duisburg in ca. 45 m über Grund eine kleine Dualband-Vertikalantenne für das 2 m- und 70 cm-Band genutzt. Für den Empfang auf 144,800 MHz wird ein DVB-T USB-Stick an einem RaspberryPi mit der Software „Pymutimonaprs“ verwendet. Für LoRa-APRS ist ein System mit einem ESP32 PoE Board (OE5BPA) im Einsatz. Der Aufbau und die Konfiguration dieser Empfangssysteme werden z.B. bei [8], [9], [10] ausführlich beschrieben.

Nachfolgend wird schwerpunktmäßig die HF-Technik des Aufbaus beschrieben, insbesondere die eingesetzten Filter.



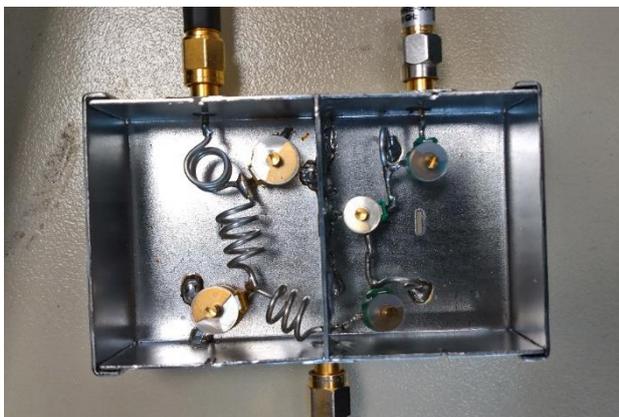
Antennenstandort

LoRa-Empfänger (ESP32 PoE Board)

Raspberry Pi mit RTL-SDR-Stick

Am Standort befinden sich neben einen UKW-Rundfunksender (200 W ERP), einer 70 cm-Relaisfunkstelle (DB0DR) und Baken-Sendern für alle Bänder zwischen 1,3 GHz und 24 GHz noch mehrere Linkstrecken und Benutzereinstiege für HAMNET (DB0GW). Für einen möglichst störungsfreien Empfang müssen daher zusätzliche Filter eingesetzt werden, die nachfolgend beschreiben werden.

Zunächst wird ein sogenannter Diplexer verwendet, der die Signale von der Antenne auf je einen Zweig für 2 m und 70 cm aufteilt. Hierzu wurde ein Diplexer nach DH6TS [5] aufgebaut, der auch im Beitrag von DL6DCA und DO4DY (jetzt DF8DT) auf der Homepage des DARC OV O38 [4] beschrieben wurde. Dieser Diplexer stellt die Kombination von einem Hochpassfilter für das 70 cm-Band und einem Tiefpassfilter für das 2 m-Band dar.



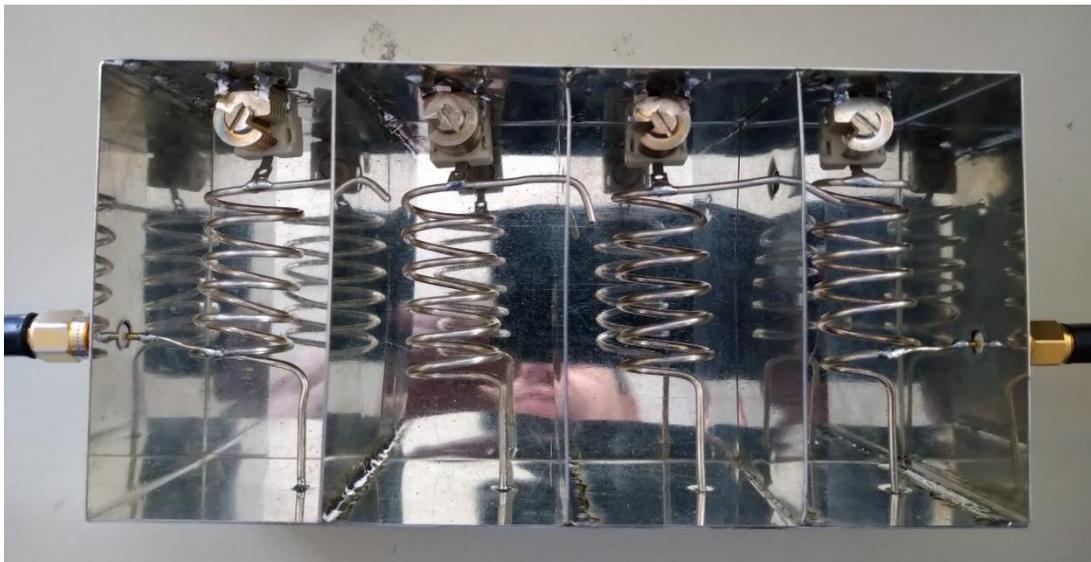
Diplexer ohne Deckel



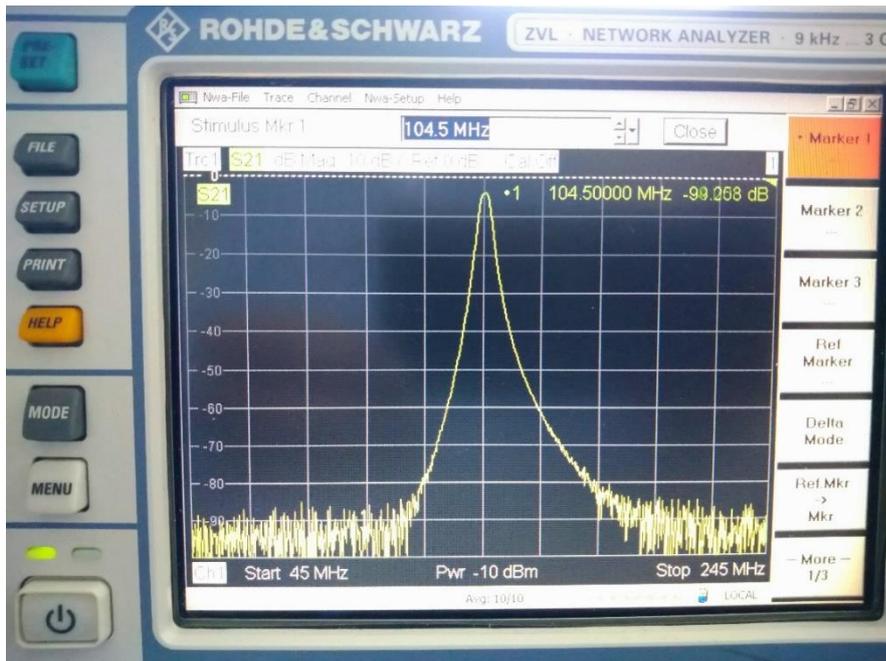
### Filterkurven

Die Durchgangsdämpfung des 2m-Pfades beträgt ca. 0,2 dB, die Sperrdämpfung für 70 cm ist ca. 58 dB. Im 70 cm-Pfad beträgt die Durchgangsdämpfung weniger als 0,4 dB, das 2 m-Band wird um ca. 70 dB unterdrückt.

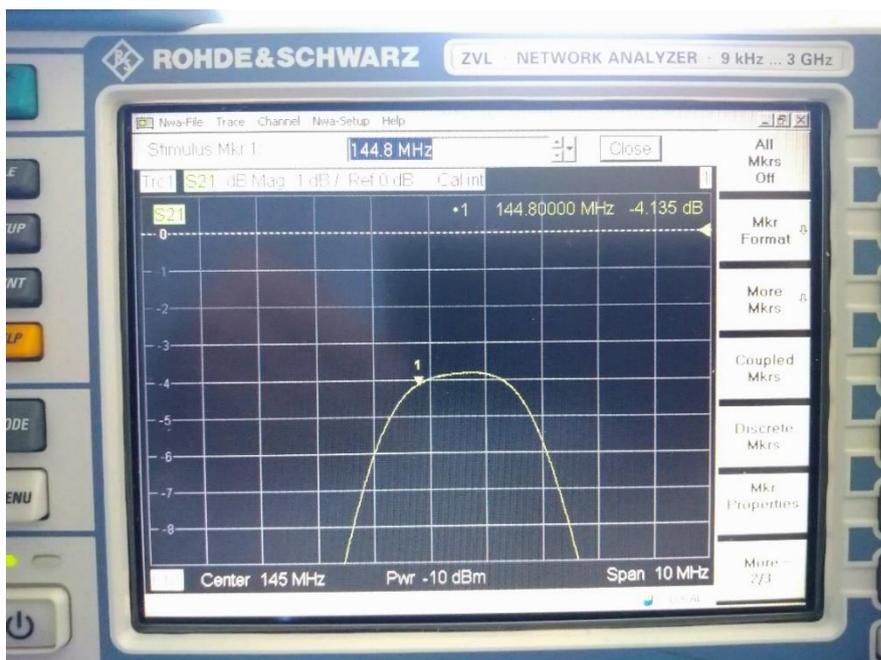
Im Zweig für den Empfang auf 144,800 MHz würde der UKW-Rundfunksender auf 104,5 MHz voll durchschlagen und zu Desensibilisierung des Empfängers führen, zudem verfügt der RTL-SDR-Stick über keinerlei Vorselektion. Daher muss ein entsprechend steilflankiges Bandpassfilter eingesetzt werden. Hierbei wird auf das in der UHF-Unterlage Gesamtausgabe (DJ9HO, 1980) beschriebene Bandpassfilter mit vier kapazitiv gekoppelten Schwingkreisen zurückgegriffen [3]. Die Unterdrückung des UKW-Radio-Bandes liegt bei > 80 dB. Zukünftig ist geplant, statt des RTL-SDR-Sticks einen „richtigen“ FM-Empfänger einzusetzen, der zusätzlich über eigene Vorselektion verfügt und aufgrund größerer Empfindlichkeit bessere Empfangsergebnisse (größere Coverage) liefern müsste.



Bandpass-Filter für 144,800 MHz ohne Deckel



Durchlass-/Sperrbereich: 145 MHz, +/- 100 MHz



Durchlass-/Sperrbereich: 145 MHz, +/- 5 MHz

Die Einfügedämpfung im Durchlassbereich ist mit ca. 4 dB noch nicht optimal. In der UHF-Unterlage werden etwa 1,5 dB Dämpfung angegeben. Über die Kopplung der einzelnen Filterkreise wird die Bandbreite und Durchgangsdämpfung des gesamten Filters festgelegt und eingestellt. Ziel war eine möglichst hohe Unterdrückung von Außer-Band-Signalen und ein schmaler Durchlassbereich, daher ist ein Kompromiss zwischen Bandbreite und Dämpfung erforderlich.

Im Zweig für das 70 cm Band ist der UKW-Rundfunksender aufgrund des Hochpasses im Diplexer bereits mit > 70 dB unterdrückt, aber der Sender des 70 cm-FM-Relais (439,350 MHz) schlägt wegen der Nähe zu der Empfangsfrequenz von LoRa-APRS (433,775 MHz) voll auf den Empfänger durch und führt zu Blocking bzw. Desensibilisierung. Es muss daher wiederum ein Bandpassfilter für die Nutzfrequenz aufgebaut werden. Aufgrund der relativen Frequenznähe muss ein Filter mit hoher Güte der Schwingkreise zum Erreichen eines schmalen Durchlassbereiches und hoher Flankensteilheit ausgesucht werden. Zunächst wurde hierzu ein vorhandenes Duplexfilter mit unsymmetrischer Auslegung mit 2 bzw. 3 Topfkreisen für die beiden Zweige eingesetzt. Es wird der Pfad mit den drei Filtern genutzt und der ungenutzte Anschluss mit 50 Ohm abgeschlossen. Durch Abgleich aller Filterkreise kann ein Kompromiss zwischen tolerierbarer Einfüge-Dämpfung und Filterwirkung erreicht werden. Ersichtlich ist hierbei eine hohe Flankensteilheit oberhalb von 433,775 MHz, unterhalb ist geringere Dämpfung zu verzeichnen. Es soll später noch untersucht werden, ob ein ähnliches Filter wie im 2 m-Band Pfad, mit ebenfalls vier kapazitiv gekoppelten Schwingkreisen, vergleichbare Ergebnisse liefert.



Duplexfilter



Filterkurve 1: 10 MHz – 1 GHz



Filterkurve 2: Nahansicht Durchlass-/Sperrbereich

Eventuell ist der Aufbau eines Baken-Senders für den Schmalband-Bereich 70 cm-Band (432,4xx MHz) am gleichen Standort geplant. Dies verschärft die Anforderungen an das Bandpassfilter für LoRa-APRS nochmals. Es müssten somit auch Signale nur 1,3 MHz unterhalb ausreichend unterdrückt werden. Zudem ist der Baken-Sender im Gegensatz zu einer Relaisfunkstelle im dauernden Sendebetrieb. Hier sind zunächst weitere Experimente mit verschiedenen Realisierungsmöglichkeiten von Bandpassfiltern erforderlich.

Was muss noch beim Gesamtsystem berücksichtigt werden, bzw. was hilft die Störsituation zu verbessern?

Zum einen ist der Abstand der Sende- und Empfangsantennen zu berücksichtigen, jeder Meter Abstand trägt zur Entkopplung bei. Der Abstand zwischen „APRS“-Antenne und den Sendeantennen der Relaisfunkstelle und des Rundfunksenders beträgt mindestens 8 Meter. Zum anderen hilft orthogonale Polarisation ebenfalls Störungen zu vermindern. Der UKW-Rundfunksender strahlt horizontal polarisiert, die Antenne der 70 cm-Relaisfunkstelle und die Empfangsantenne für APRS sind hingegen beide vertikal polarisiert, ein Bakensender im 70 cm Schmalband-Bereich würde auch horizontal polarisiert abstrahlen. Weiterhin laufen die Zuleitungen aller Antennen von der Antennenplattform zum darunter liegenden Betriebsraum in einem ca. 4 m langen Kabelkanal parallel zueinander nach unten. Da alle verwendeten Koaxialkabel aber mindestens 80 dB Schirmdämpfung (bei 1 GHz) aufweisen, ist hier keine nennenswerte Überkopplung zwischen den Kabeln zu erwarten.

Zur abschließenden Beurteilung aller Maßnahmen sollen später noch mittels Spektrumanalysator die Pegel aller Signale an den APRS-Empfängern mit und ohne Filter gemessen werden.

Rückfragen, Anmerkungen und Verbesserungsvorschläge sind gern gesehen.

73 de Heinz, DL3YDP

[DL3YDP@darc.de](mailto:DL3YDP@darc.de)

- [1] Wikipedia APRS: [https://de.wikipedia.org/wiki/Automatic\\_Packet\\_Reporting\\_System](https://de.wikipedia.org/wiki/Automatic_Packet_Reporting_System)
- [2] Bob Bruninga, WB4APR: <https://www.qrz.com/db/WB4APR>
- [3] UHF-Unterlage (Gesamtausgabe), Karl Weiner, DJ9HO
- [4] Diplexer 2m/70cm, Bericht von DL6DCA und DO4DY  
[https://www.darc.de/fileadmin/filemounts/distrikte/o/ortsverbaende/38/Infos\\_links\\_o\\_An/Bericht\\_Diplexer\\_2m\\_70cm.pdf](https://www.darc.de/fileadmin/filemounts/distrikte/o/ortsverbaende/38/Infos_links_o_An/Bericht_Diplexer_2m_70cm.pdf)
- [5] Diplexer, DH6TS: <http://www.dh6ts.de/downloads/Diplexer.pdf>
- [6] Amateurfunk Universität Duisburg(-Essen): <https://www.uni-due.de/hft/amateurfunk.php>
- [7] LoRa Alliance: <https://lora-alliance.org/about-lorawan/>
- [8] APRS iGate mit RaspberryPi und Pymultimonaprs: <https://www.aronaut.at/2021/01/aprs-igate-mit-raspberry-pi-rtl-sdr-stick-und-pymultimonaprs/>
- [9] LoRa APRS iGate mit ESP32 PoE Board: <https://www.aronaut.at/2021/07/lora-aprs-igate-mit-esp32-poe-board/>
- [10] LoRa-APRS Gateway mit ESP32 Boards: <https://www.aronaut.at/2020/11/lora-aprs-gateway-mit-esp32-boards/>