



[WWW.OEVSV.AT](http://WWW.OEVSV.AT)

Österreichischer Versuchssenderverband



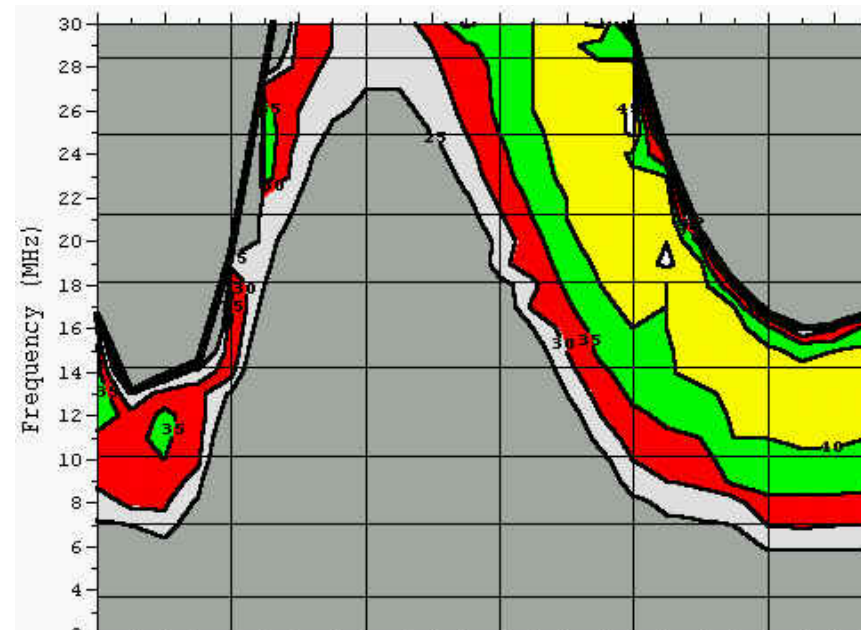
# Robust Packet Radio

OFDM und AX25 auf Kurzwelle

*Michael Zwingl, OE3MZC*

# Eigenschaften des Hf-Kanals

- Geringe Bandbreite <3kHz
- Rauschen und andere Störsignale
- Schwund, Fading
- Mehrwegausbreitung
- Laufzeiten
- Phasenverschiebung
- ständig wechselnde Bedingungen



# Bisherige Modulationsarten

- AFSK AX25
- PSK31
- PACTOR

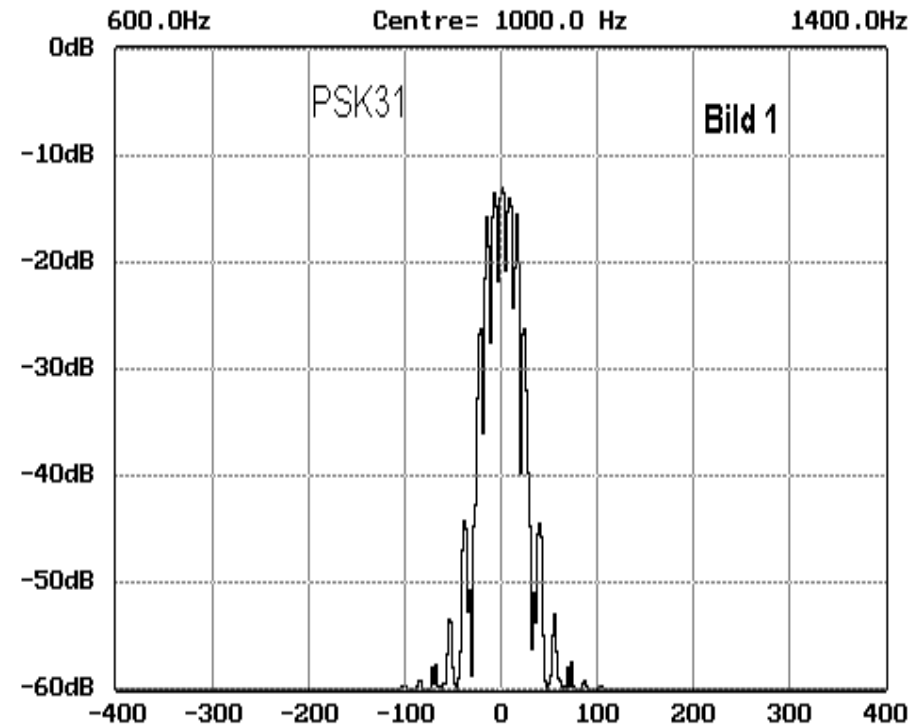


# AFSK 300Baud HF Packet

- Einfache Modulation
- FSK / AFSK
- Unzuverlässig auf HF
- Fehlerkorrektur, CRC, Overhead
- Protokoll AX25
- Mehrfachzugriff theoretisch möglich
- Kein FEC, keine Faltung
- Nicht geeignet für Mehrwegausbreitung
- Langsam, ineffiziente Belastung des HF-Kanals

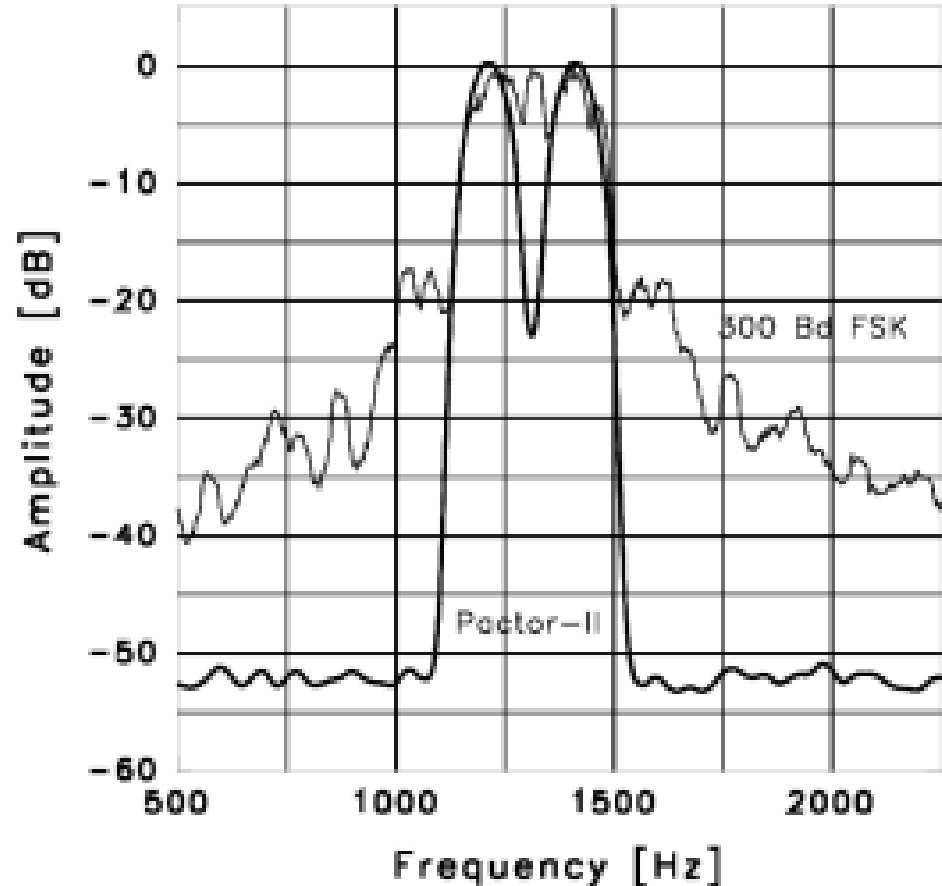
# PSK31

- Schmalbandig (50Hz)
- Langsam (ca. 31 Baud)
- Effizient für Textübertragung
- Kein FEC
- Keine Fehlererkennung/korrektur
- Nicht transparent
- Kein Mehrfachzugriff
- Gut geeignet für Low Power
- Geringe Kanalkapazität
- Kein „Carrier Detect“ (DCD)



# PACTOR

- 200 bis 1200 Baud
- Adaptives ARQ- Verfahren
- Variable Bandbreite
- Fehlererkennung/korrektur
- Effiziente Nutzung des HF-Kanals
- Kein Mehrfachzugriff
- Schnelle TX-Umschaltung
- Spezielle Hard- u. Software



# Neu: ROBUST PACKET

- 500Hz Bandbreite
- OFDM, 8 Träger
- Faltung, FEC
- AX-25 Framesammler
- Mehrfachzugriff
- 200Baud/600Baud netto
- Fehlerkorrektur, CRC
- Connected / Unproto



# Robust Packet

- Sehr robuster Paketsynchronisations-Algorithmus auf die Paket-Präambel.
- Jedes Paket besitzt eine 160msec. lange Präambel, die aus 64 DPSK-Symbolen besteht, verteilt auf die 8 Träger.
- Die Präambel belegt auf jedem der 8 Träger 8 Symbole
- mittlere Symbol-Dauer  $T = 20\text{msec.}$



# Robust Packet

- Hochgenaue, sofortige Frequenz- und Zeitschätzung
- Frequenzfangbereich:  $\pm 240$  Hz
- Algorithmus funktioniert bis ca.  $-10$  dB SNR (bezogen auf 3 kHz Bandbreite).



# Robust Packet

- Pakete sind durchweg mit einem "Random-Interleaver" über die gesamte Länge verwürfelt.
- Fehlerbursts werden dadurch in Einzelbitfehler zerlegt und können somit leichter vom Faltungscode korrigiert werden.

# Robust Packet

- Jedes Paket ist mit einem k=9-Faltungscode mit  $R=1/2$  oder  $R=3/4$  geschützt.
- Nötiger Mindeststörabstand ca. -7 dB in AWGN-Kanal (bezogen auf 3 kHz Bandbreite).

# Robust Packet

- Selbstadaptives Verfahren: Automatische Umschaltung zwischen zwei "Speedlevel"
- je nach Kanalbedingungen
- Bandbreite beider Speedlevel ist identisch

Speedlevel 1: DBPSK, Faltungscode mit  $R=1/2$ ;

Speedlevel 2: DQPSK, Faltungscode mit  $R=3/4$ ;

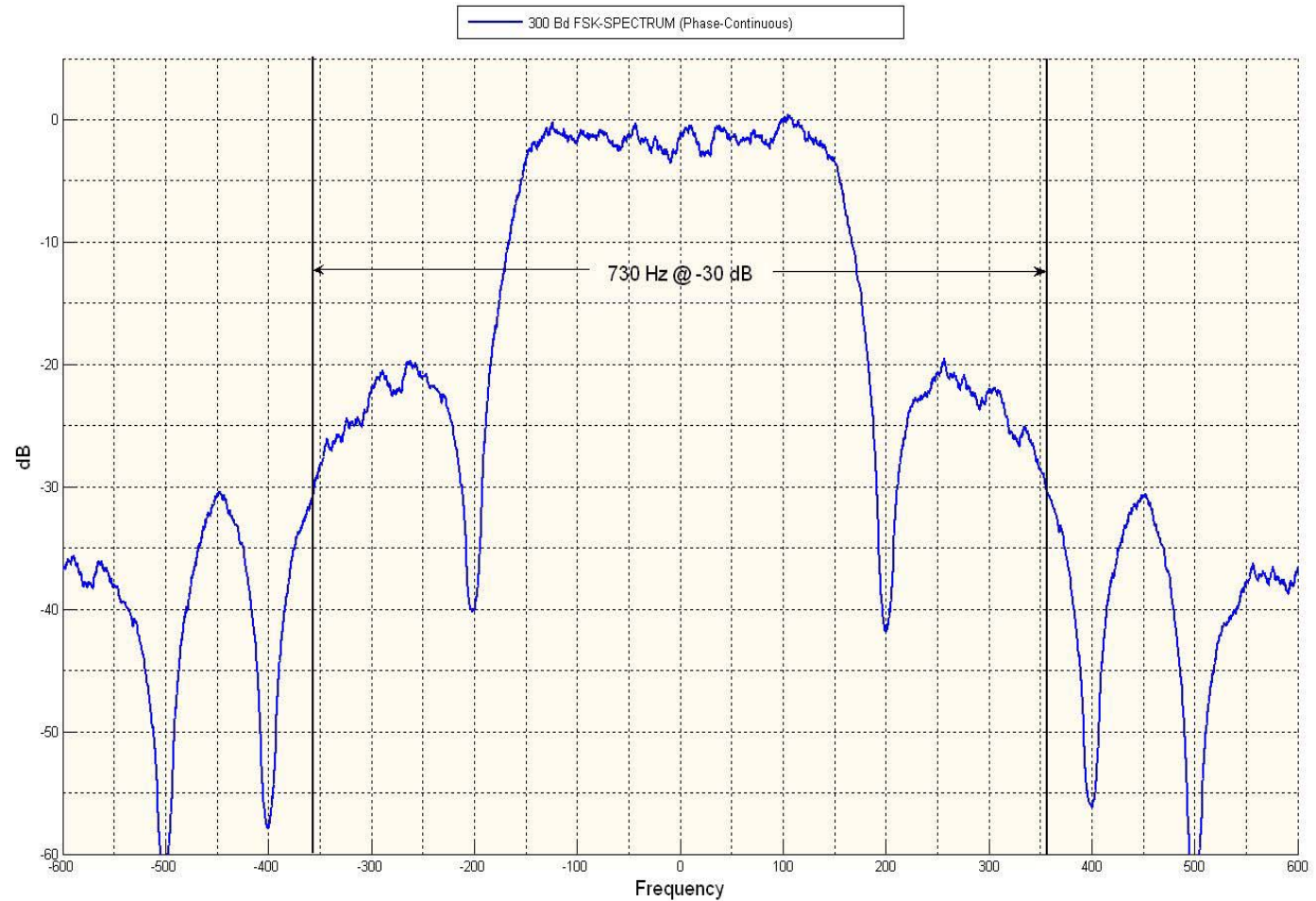
# Robust Packet

- RPR arbeitet mit 8 Trägern mit jeweils 60 Hz Tonabstand und mit 50 Bd Schrittgeschwindigkeit.
- Die Mittenfrequenz (Audio) beträgt immer 1500 Hz.
- Im Weißen Rauschen (AWGN, bei 3 kHz Referenzbandbreite) kann man mit RPR (Speedlevel 1, 200 Bit/sec netto) bis ca. -6 dB SNR praktisch alle Pakete noch decodieren, bei -8 dB sind fast alle Pakete dagegen nicht mehr aufnehmbar. Der Übergangsbereich von "perfektem Empfang" und "völligem Ausfall" des Empfangs ist also schmal und liegt zwischen -6 und -8 dB. Die Robustheit im AWGN ist aber gar nicht so entscheidend, sondern die hohe Zuverlässigkeit unter kurzwellentypischen Bedingungen (Mehrwegeausbreitung, QRN, QRM).
- Schlechtes SNR kann man notfalls mit mehr Sendeleistung kompensieren, prinzipielle Kurzwellenuntauglichkeit leider nicht.

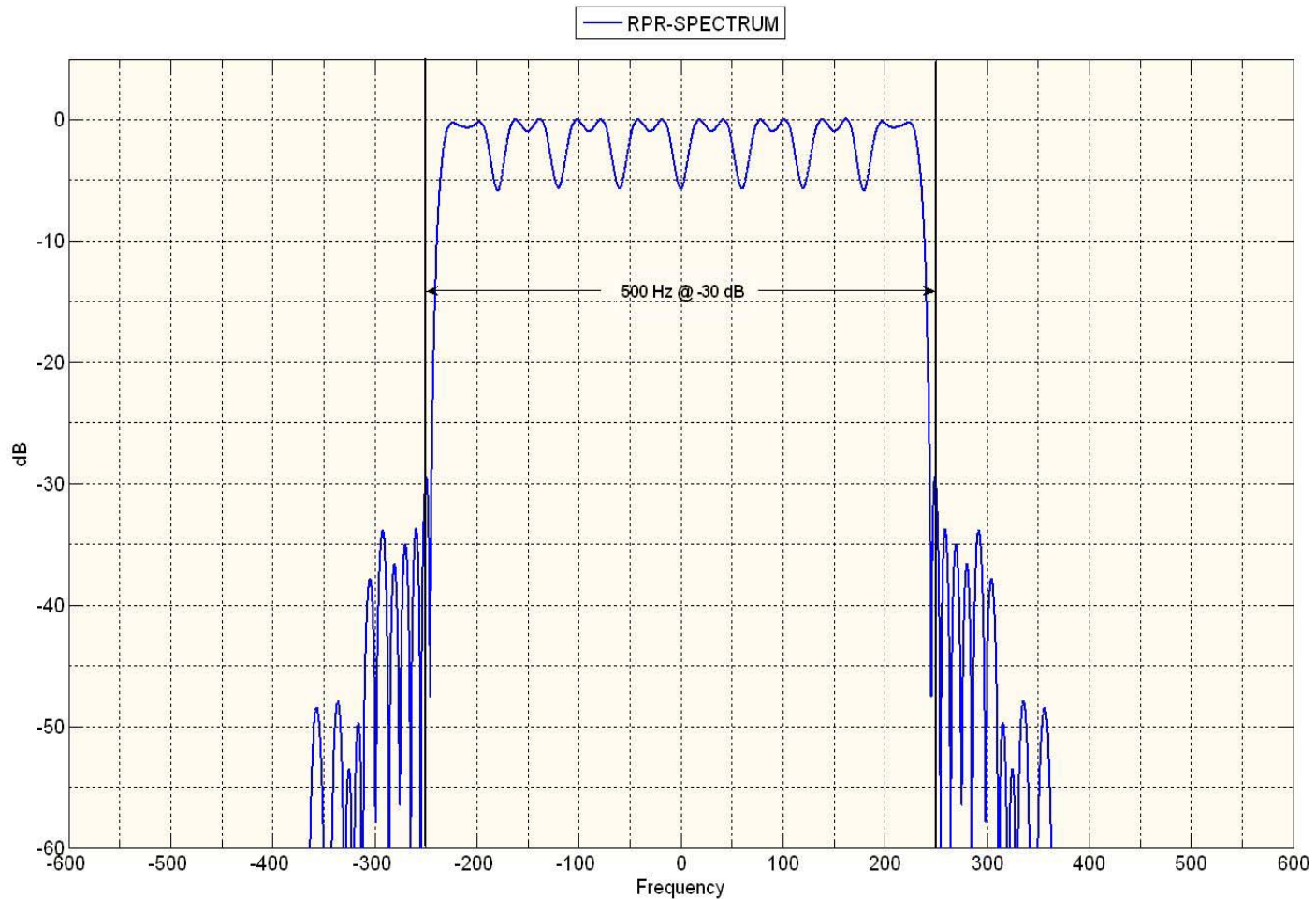
# OFDM versus AFSK

- OFDM: Mittlere Symboldauer 20 msec,
- AFSK: ca. 3.3 msec bei 300 Bd FSK,
- OFDM daher wesentlich robuster gegen Mehrwegeausbreitung ("Intersymbol-Interferenzen" durch Verschmierung der Symbole und gegenseitige destruktive Interferenz.)

# Spektrum von HF-Packet



# Spektrum von RPR





# Netto Datenrate

- Nach Faltungsdecoder (Netto-Datenrate vor AX.25-Overhead):

Speedlevel 1: 200 bps.

Speedlevel 2: 600 bps.

# Kompression

- Die AX.25-Rufzeichenfelder werden stark komprimiert, außerdem spezielle „Multiframes“ gebildet.
- Es wird nur 1 CRC sowie nur 1 Rufzeichenfeld pro Multiframe, das mehrere AX.25-Frames beinhalten kann, übertragen der Rest wird auf der Empfangsseite rekonstruiert.
- In der Praxis bringt dies bis +30% effektiven Geschwindigkeitszuwachs.

# Präambel

- Relativ kurze Präambel mit fixer Länge ersetzt die auf Kurzwelle übliche "Flag-Orgie" am Framebeginn.
- Keine Flags zwischen aufeinanderfolgenden Frames nötig.

# Memory ARQ ?

- Memory-ARQ, ähnlich zu PACTOR, ist geplant, aber noch nicht implementiert.
- Diese analoge Paketüberlagerung sollte die Robustheit bei sehr schlechten Signalen nochmals deutlich erhöhen (im "linked" Fall, also bei auftretenden Paketwiederholungen).

# Praxis

- In der Praxis erweist sich RPR-Speedlevel 1 auf einem ungestörten Kanal knapp so schnell wie übliches FSK-PR mit theoretischen 300 Bd.
- RPR-Speedlevel 2 liegt zwischen 600 und 1200 Bd im Vergleich zu "normalem" AFSK-PR.

# Anwendungsbeispiele

- Segelschiff, Yacht
- 4WD, Wilderness- Camping Touren
- Positionsbestimmung
- Telemetrie (Temperatur, SWR, Batteriespannung, remote Beacon)
- Mailbox, PMBX
- Keyboard to keyboard

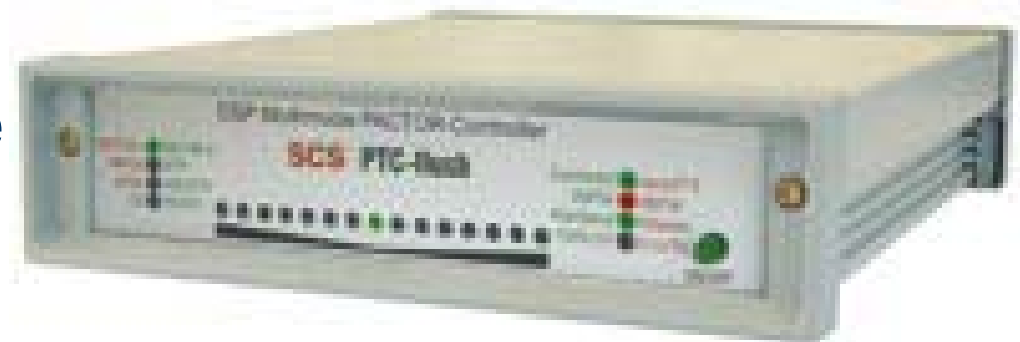


# Geräte

## ■ DSP-TNC Tracker



## ■ PTC-II upgrade Firmware 3.6 Modemplatine



# Tracker-Mode

- GPS direkt anschliessen
- 4800Baud 8N1
- NMEA inkl. Geschwindigkeit/Seehöhe
- Wake-Up externes Relais
- Zukünftig auch NMEA-out zu GPS



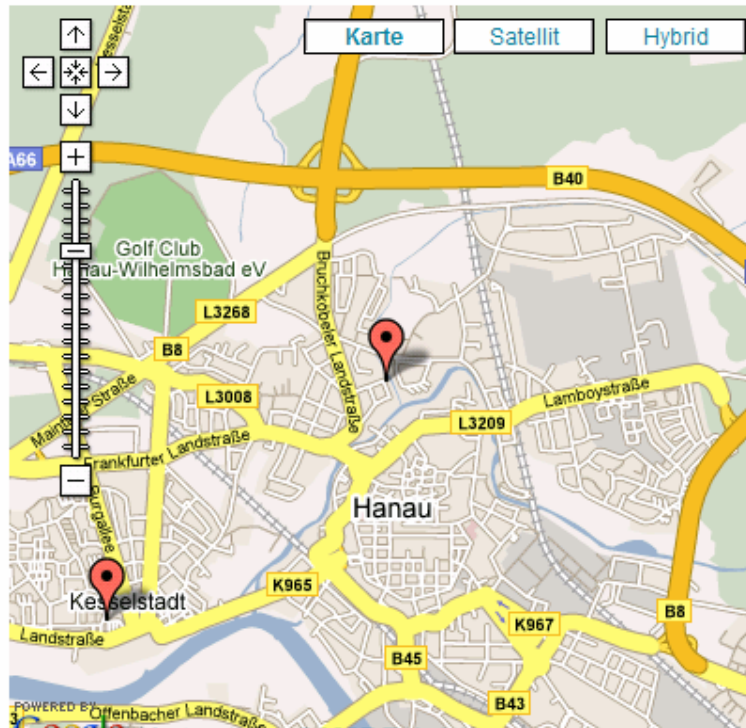


# Praxisbeispiel DB0UAL



## Beispiel

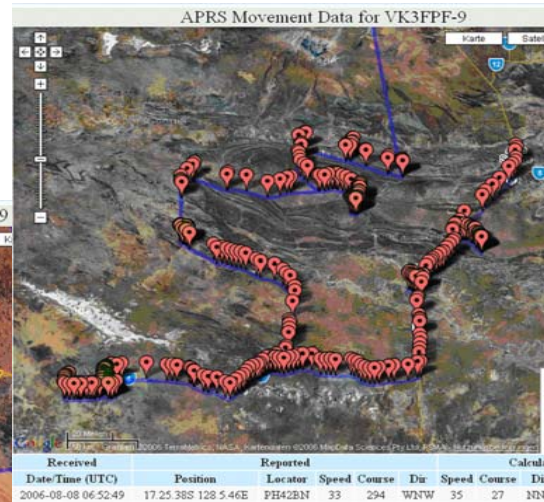
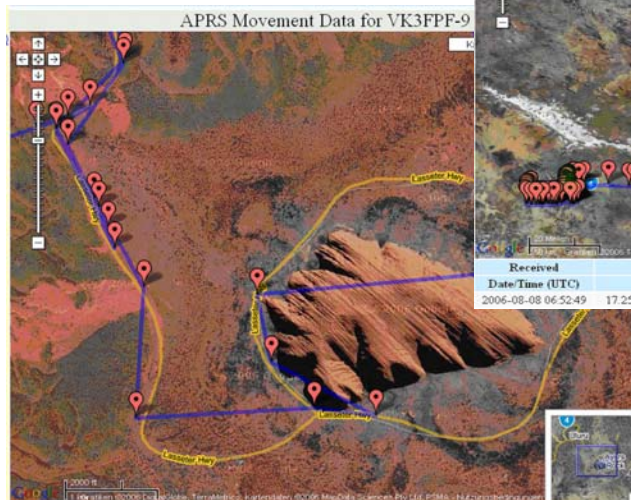
Das Beispiel zeigt die Positionsdaten die über den Amateurfunk-Umsetzer (Digipeater) DB0UAL ausgesendet werden. DB0UAL erreichen Sie auf 3.610 MHz und 14.102 MHz (jeweils USB, Dial).



- DC5KW
- DC5KW-5
- DC7WOL
- DF7ML
- DF7ML-15
- DF8HL
- DG4LO
- DG8PHL
- DG8PHL-1
- DH1TI
- DH1TI-1
- DH1TI-2
- DH1TI-4
- DH1TI-5
- DH7RG
- DJ4WL
- DK5MAX
- DK5MH
- DL1GBB
- DL1ND
- DL1ZAM
- DL2FAK
- DL3FCJ
- DL4AH-4

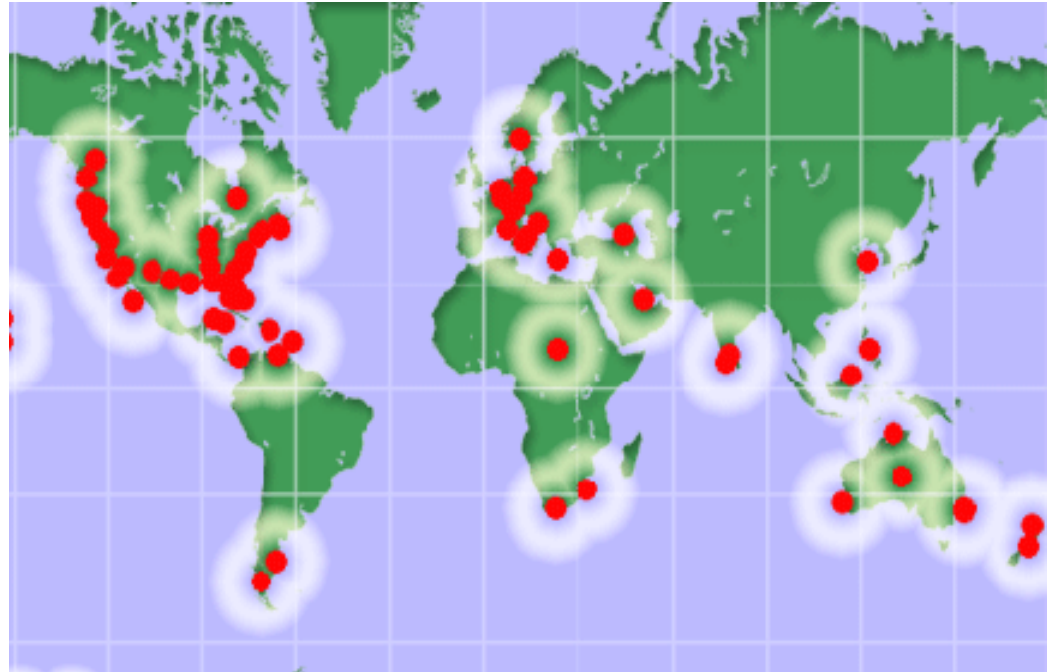
# HF- APRS

- Fahrt durch Outback VK3FPF/8
- 10.000km Westküste und um den Ayers Rock
- 10Mhz GATE



# HF-Paket

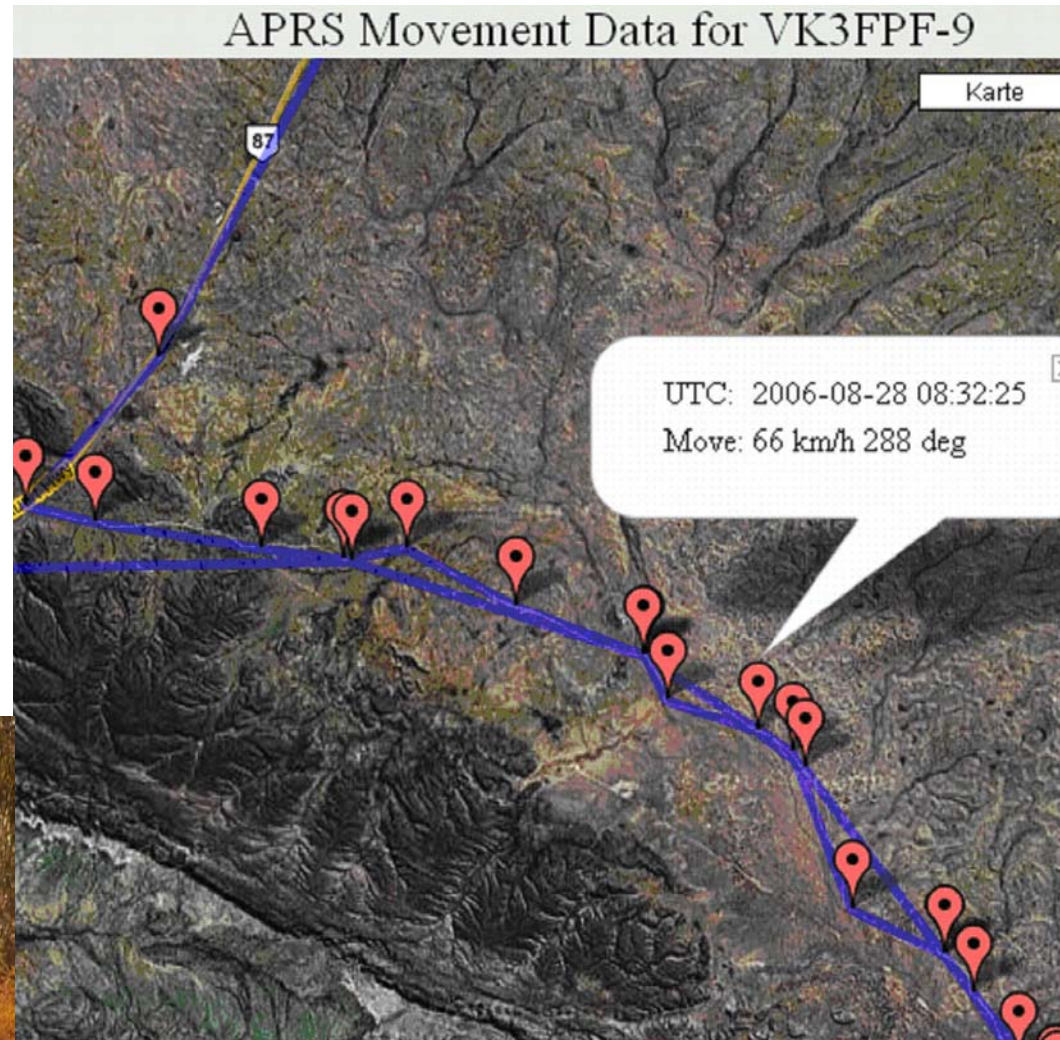
- BBS, MBO
- Sailmail
- Winlink2000
- Bushmail
- Gateway
- Telpac



**Winlink! 2000**

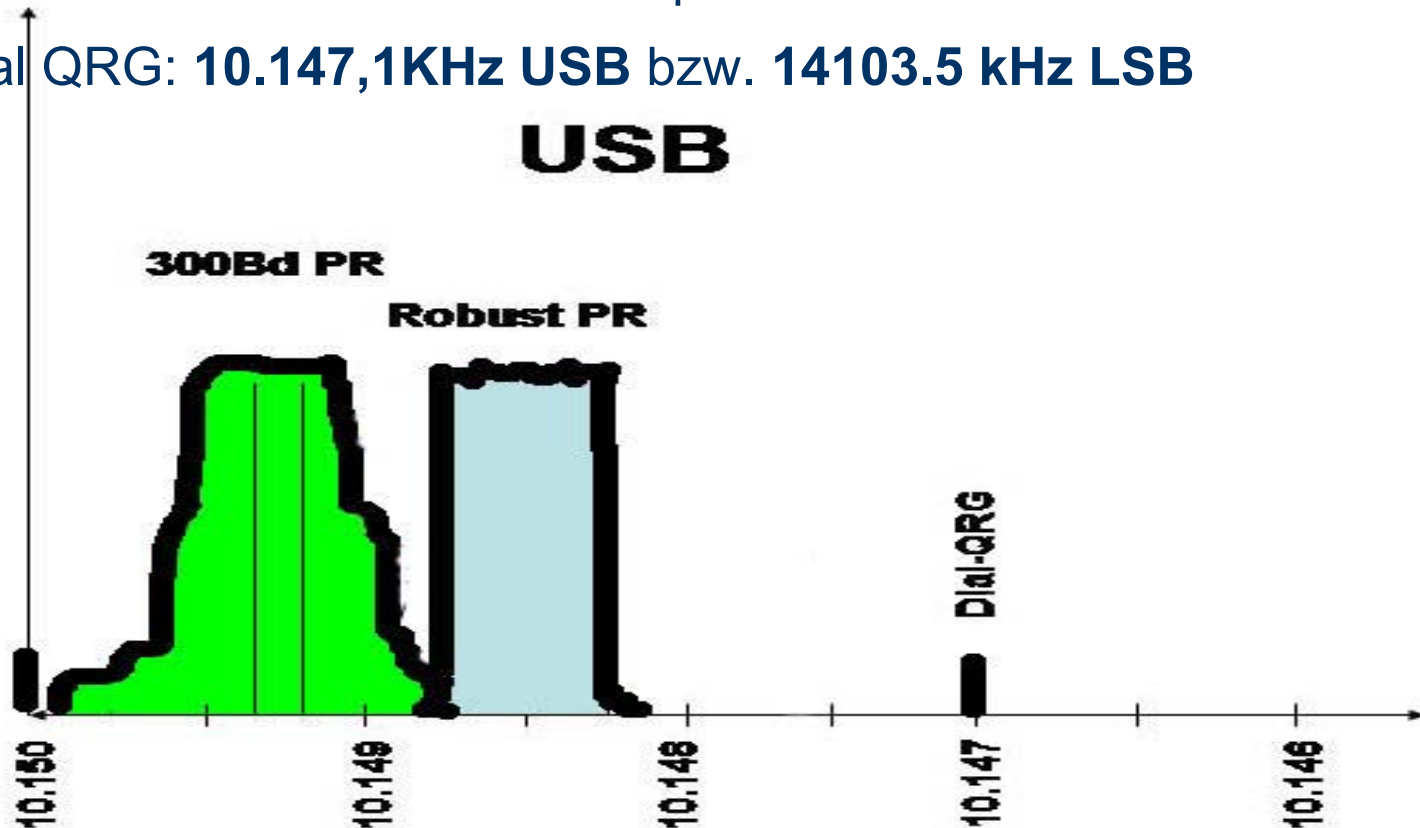
# Frequenzen

- DB0UAL  
3.610 kHz USB  
14.102 kHz USB
- HF-APRS  
10.147,6 kHz USB



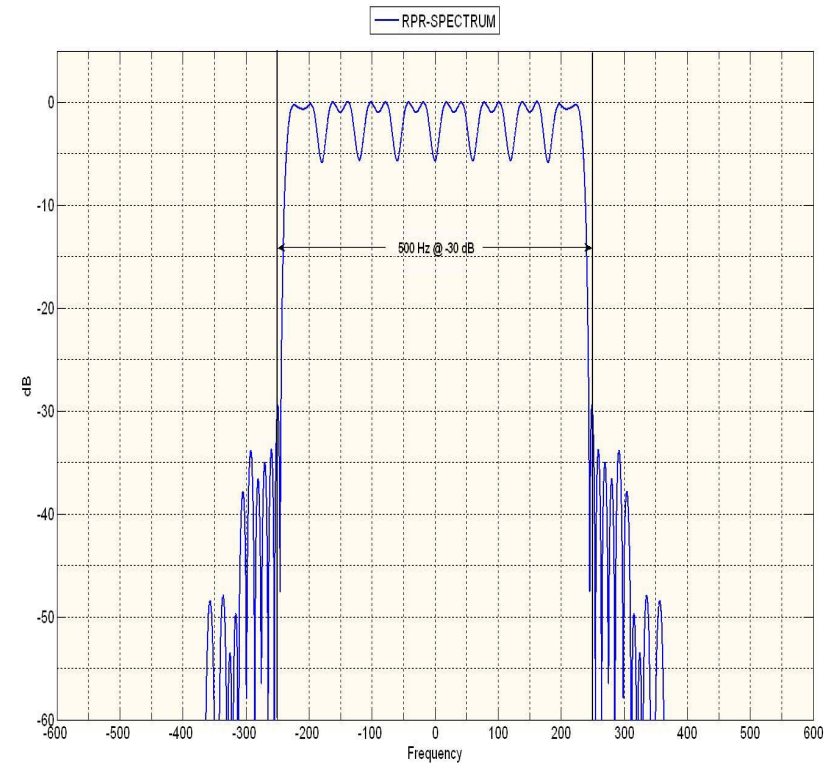
# Vorschlag für APRS-Kanal

- Spektrum auf 10Mhz und 14Mhz staffeln
- %F- Befehl für AFSK-Mittelfrequenz auf 2200Hz
- Dial QRG: 10.147,1KHz USB bzw. 14103.5 kHz LSB



# Vorteile von RPR

- Sehr gut geeignet für Kurzwelle
- Fixe Bandbreite 500Hz
- FEC für APRS (unproto)
- AX25 kompatibel
- Digipeaterfunktion



# Informationen

- Links
- <http://www.scs-ptc.com/controller.html>
- <http://www.qsl.net/db0ual/>
- <http://www.aprs.de/aprs.html>
- <http://www.winlink.org/>
- [http://de.wikipedia.org/wiki/Packet\\_Radio](http://de.wikipedia.org/wiki/Packet_Radio)

# Fragen?

# oe3mzc@qsl.net

