

# Digitale Sprachübertragung im Amateurfunk

D-Star, C4FM, DMR und Vernetzung

Mark Wahl, DL4YBG, Y35

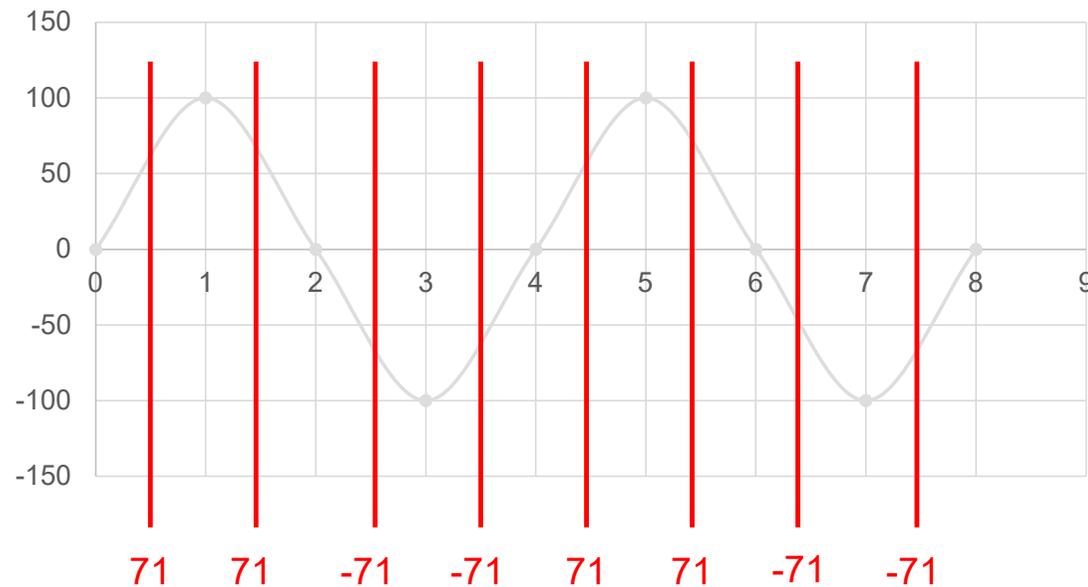
# Digitale Sprachübertragung im Amateurfunk



## Inhalt

- Grundlagen
- Warum Digitalisierung?
- Problem Datenmenge bei Funkübertragung
- Verwendung von Datennetzwerken
- Digitale Modes
  - D-Star
  - C4FM
  - DMR
- Multimode-Netzwerke
- MMDVM und Hotspots
- Einstieg über Internet
- Die Relaisfunkstelle DB0JB

- Digitalisierung: Aus einer analogen Signalquelle wird eine Folge von Pegelwerten erzeugt (Sampling, Abtastung)



- Damit das Originalsignal wieder hergestellt werden kann, muss die Abtastfrequenz doppelt so hoch sein wie die höchste vorkommende Signalfrequenz

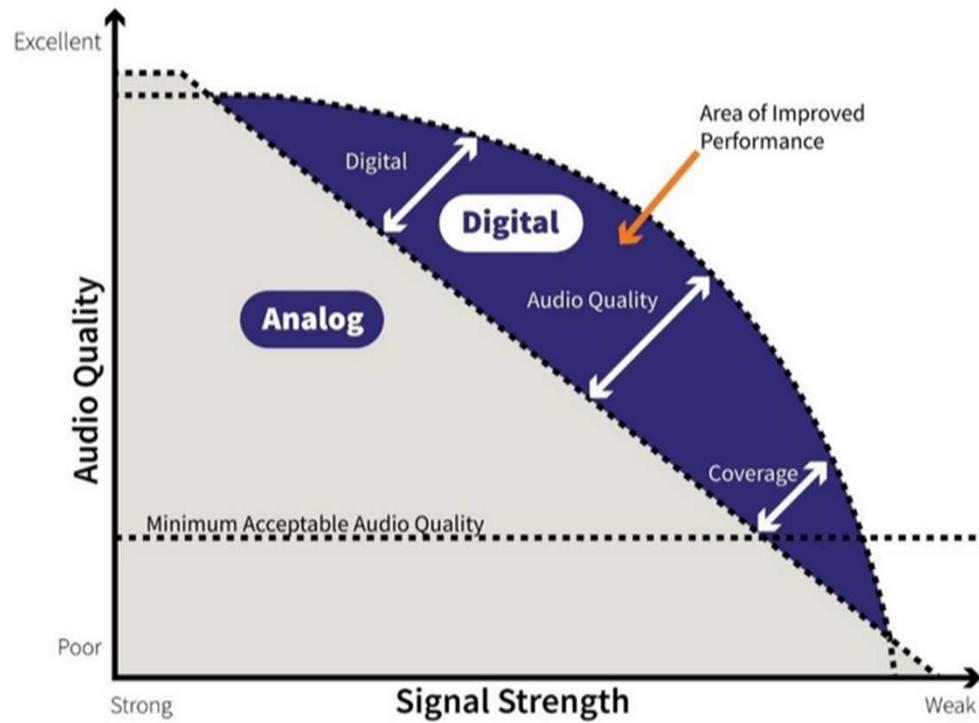
Signal	Bandbreite (kHz)	Abtastrate (kHz)	Kanäle	Datenrate (kBit/s)	1 Minute (kByte)
HiFi/CD (Stereo)	22	44,1	2	1411,2	~ 10000
Sprache (Mono)	~ 3	8	1	125	~ 938

## Warum Digitalisierung?



- Auswirkung von Störungen und geringen Signalstärken
  - Analog
    - Sprachverständlichkeit durch Störsignal/Rauschen reduziert
  - Digital
    - Abtastwert kann nicht (mehr) dekodiert werden
- Vorteil Digital:
  - Durch Ergänzung von Prüfsummen, Forward Error Correction (FEC) und anderen Techniken kann die Dekodierung auch unter schlechten Bedingungen sichergestellt werden
  - Gelingt die Dekodierung, ist das Signal störungsfrei

# Warum Digitalisierung?



<https://www.expertmobile.ca/blog/learning-matters-4/analog-vs-digital-two-way-radios-69>

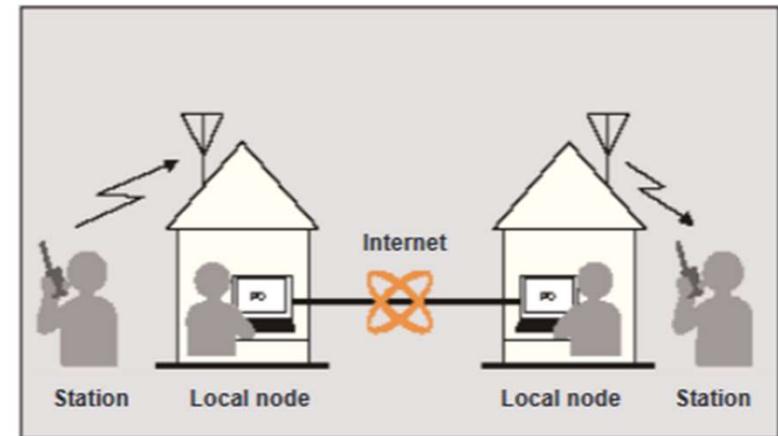
## Problem Datenmenge bei Funkübertragung



- Datenrate bei Sprache 125 kBit/s
- Funkkanal maximal 10 kBit/s
- => Reduzierung der Daten notwendig!
  
- Beispiel mp3:
  - Daten werden mit Kenntnis des menschlichen Gehörs so reduziert, dass kein Unterschied wahrgenommen wird
- Im Funkbereich Advanced Multi-Band Excitation (AMBE):
  - Auch Unterdrückung von Hintergrund- und Störgeräuschen
  - Patentiertes Verfahren
  - Resultierende Datenrate 2 – 9,6 kBit/s

# Verwendung von Datennetzwerken

- Zur Erweiterung der Verbindungsmöglichkeiten können Funkstationen („Nodes“) über ein Datennetzwerk (z.B. Internet) verbunden werden
- Bereits in Kombination mit analogen Modulationsarten verfügbar: Echolink, SVXLink, Yaesu WIRES-II, u.a.
  - Zur Übertragung wird das analoge Signal in ein digitales Signal und am Ziel wieder in ein analoges Signal gewandelt
  - Keine Datenreduktion nötig
  - Steuerung über DTMF-Töne
  - Direkte Anwahl von anderen Stationen oder Konferenzräumen
  - Aber: Zugang aus dem Internet darf nur für Funkamateure möglich sein



Quelle: Yaesu WIRES-X Dokumentation

## Digitale Modes D-Star



- 1999-2001 vom japanischen Amateurfunkverband (JARL) entwickelt
- Offener Standard, aber: verwendet das patentgeschützte AMBE als Komprimierung
- Geräte nur von ICOM, ab 2016 auch von Kenwood
- Netzwerksoftware zuerst nur von ICOM
- Inzwischen auch andere Lösungen von Funkamateuren entwickelt und betrieben



Quelle: ICOM

# Digitale Modes

## D-Star



	D-Star
<b>Geräteerkennung</b>	Alphanumerisch (Rufzeichen)
<b>Anwahl Repeater</b>	Ja
<b>Anwahl Zielstation</b>	Ja (CCS-ID)
<b>Anwahl Gruppe</b>	Ja
<b>Steuerung</b>	DTMF Zielrufzeichen Gerätemenu
<b>Qualität</b>	Mittel (AMBE alt)
<b>Standort</b>	Interface APRS
<b>Weiteres</b>	Textnachrichten, Datenübertragung

# Digitale Modes

## C4FM

- Modulationsart von der TIA standardisiert, auch verwendet bei P25 (USA BOS-Netz)
- Protokollentwicklung von Yaesu: „System Fusion“, ab 2013
- Geräte und Repeater nur von Yaesu
- Netzwerk (Yaesu)
  - Auf Basis WIRES-II: Neues System WIRES-X
  - Von Yaesu betrieben
  - Repeater und Räume wählbar
  - Anmeldung für Repeater notwendig
  - Keine Verbindung in andere Netzwerke!
- Netzwerk (YSF, offen)
  - Unabhängige Repeaterhardware (MMDVM)
  - Unabhängige Netzwerke von Funkamateuren entwickelt und betrieben
  - Nachbildung der WIRES-X-Funktionalität
  - Keine Verbundung zu WIRES-X!
  - Verbindung in andere Netzwerke



Quelle: Yaesu

# Digitale Modes

## C4FM



	D-Star	C4FM
<b>Geräteerkennung</b>	Alphanumerisch (Rufzeichen)	Alphanumerisch (Rufzeichen)
<b>Anwahl Repeater</b>	Ja	Ja
<b>Anwahl Zielstation</b>	Ja (CCS-ID)	Nein
<b>Anwahl Gruppe</b>	Ja	Ja
<b>Steuerung</b>	DTMF Zielrufzeichen Gerätemenu	DTMF Gerätemenu
<b>Qualität</b>	Mittel (AMBE alt)	Gut (AMBE neu)
<b>Standort</b>	Interface APRS	In Protokoll integriert
<b>Weiteres</b>	Textnachrichten, Datenübertragung	Text-, Bild- und Sprachnachrichten

# Digitale Modes

## DMR

- Standard ETSI 2006 für digitale Funkanwendungen im Behördenbereich und von professionellen Nutzern
- Große Anzahl an Herstellern und großes Angebot auch preisgünstiger Geräte
- Unveränderte Nutzung im Amateurfunk
- Nur numerische IDs, Beantragung notwendig (<https://www.radioid.net/>), Datenbank Rufzeichen zu ID
- Vernetzung
  - Von Funkamateuren entwickelte und betriebene Netze
    - Brandmeister (<https://brandmeister.network>)
    - DMR+ (<http://dmr-dl.net/>)
  - Netze haben andere Konzepte und Bedienung, sind aber miteinander verbunden
  - Momentaner Standort des Gerätes wird vorgehalten
- 2 Timeslots, damit 2 unabhängige Gespräche auf der gleichen QRG
- Personal Calls und Group Calls



Quelle: Anytone



Quelle: Motorola

# Digitale Modes

## DMR



	D-Star	C4FM	DMR
<b>Geräteerkennung</b>	Alphanumerisch (Rufzeichen)	Alphanumerisch (Rufzeichen)	Numerisch (DMR-ID)
<b>Anwahl Repeater</b>	Ja	Ja	Ja
<b>Anwahl Zielstation</b>	Ja (CCS-ID)	Nein	Ja (DMR-ID)
<b>Anwahl Gruppe</b>	Ja	Ja	Ja
<b>Steuerung</b>	DTMF Zielrufzeichen Gerätemenu	DTMF Gerätemenu	Group call Personal call
<b>Qualität</b>	Mittel (AMBE alt)	Gut (AMBE neu)	Gut (AMBE neu)
<b>Standort</b>	Interface APRS	In Protokoll integriert	Interface APRS
<b>Weiteres</b>	Textnachrichten, Datenübertragung	Text-, Bild- und Sprachnachrichten	2 Timeslots pro Funkkanal, Textnachrichten

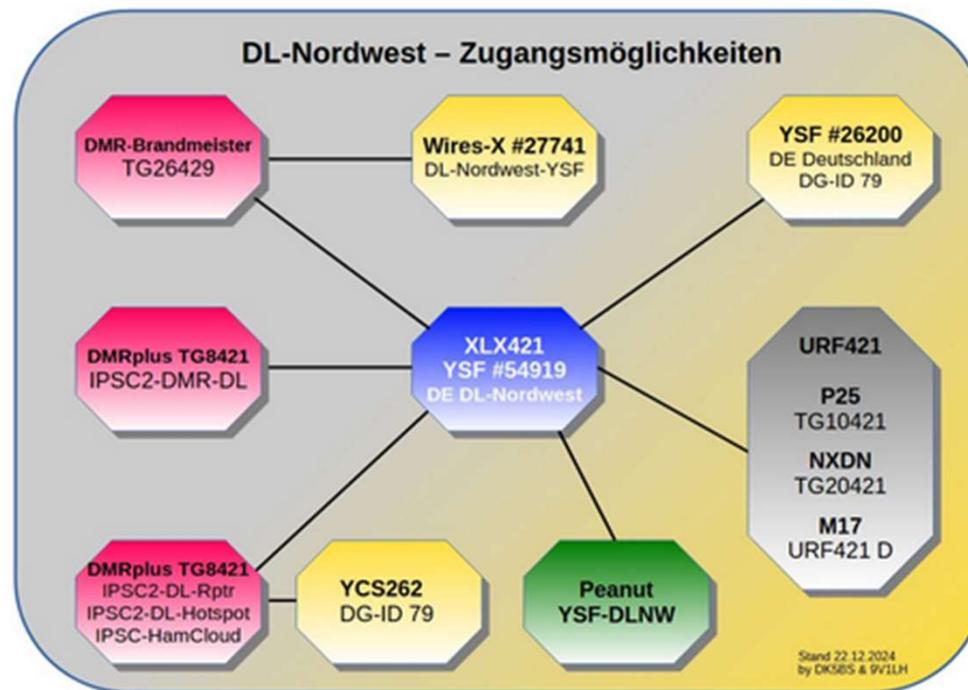
# Multimode-Netzwerke



- Verbindungen zwischen Nutzern unterschiedlicher Betriebsarten ermöglichen
- Herausforderungen
  - Netzwerke haben unterschiedliche und inkompatible Protokolle
  - Sprachdaten müssen zwischen D-Star und C4FM/DMR transkodiert werden (andere AMBE-Version), AMBE-USB-Sticks werden benötigt
  - Transkodierung reduziert die Sprachqualität
  - Laute DMR-Signale (> 80%) sind in C4FM verzerrt
  - Yaesu verbietet den Anschluss von anderer Technik an das WIRES-X-Netzwerk!
- Lösung
  - Multimode-Software XLX verbindet D-Star, C4FM (YSF) und DMR
  - Brandmeister hat eine bisher geduldete Anbindung an WIRES-X (Dafür muss ein Yaesu HRI-200 beschafft werden, dessen ID verwendet wird)
- Beispiele
  - DL-Nordwest, Pegasus

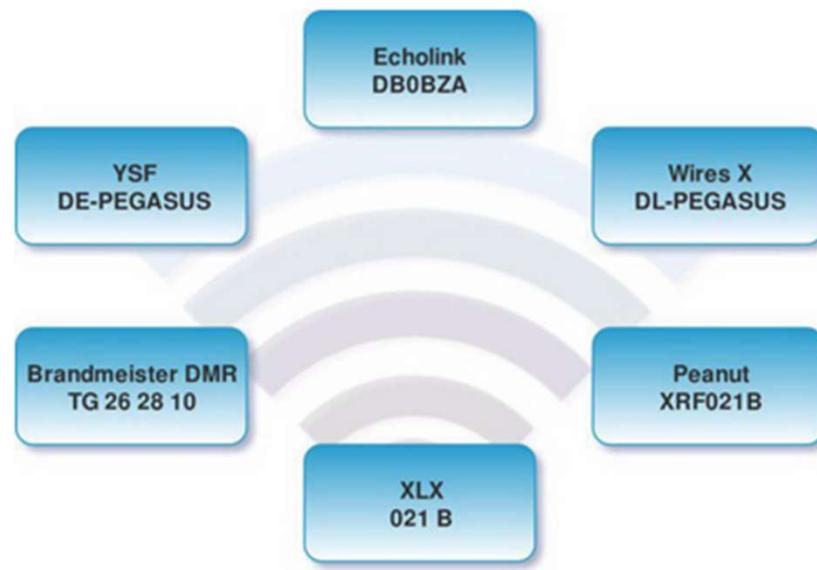
# Multimode-Netzwerke

- DL-Nordwest (<https://dl-nordwest.com/>)



# Multimode-Netzwerke

- Pegasus (<https://projekt-pegasus.net/>)



## MMDVM und Hotspots

- Kommerzielle Relaisfunkstellen sind teuer, technische Experimente und Modifikationen sind nur begrenzt möglich
- Ausweg: MMDVM (Multi-Mode Digital Voice Modem) von Jonathan Naylor, G4KLX
  - Hardware und Software ersetzt die Relaischnik und erlaubt die Nutzung normaler FM-Funkgeräte
  - Unterstützt D-Star, DMR, System Fusion (C4FM), NXDN, P25, M17, FM, AX.25 und POCSAG
  - Preiswert, Standard-Hardware, auch Fertigplatinen
  - Freie Software für Amateurfunkzwecke
  - Zusatzsoftware, z.B. Web-basierte Dashboards, fertige Images für Raspberry Pi (Pi-Star)



<https://www.repeater-builder.com/products/stm32-dvm.html>

# MMDVM und Hotspots

- Ergänzt man MMDVM mit einem einfachen TRX-Modul, so erhält man einen Hotspot, einen privaten Repeater
- Zusatzplatine für Raspberry Pi
- Open Hardware entwickelt von Funkamateuren
- Fast nur noch Angebote aus China, manchmal in schlechter Qualität
- Herausforderungen
  - Kein Plug&Play, auch wenn es so versprochen wird
  - Man ist Relaisbetreiber und muss sein System konfigurieren
  - Meistens über das überbelegte 2,4 GHz-WLAN angebunden: Verbindungsprobleme, Paketverluste, TX-Kollisionen
  - Quarze von wechselnder Qualität: Frequenz muss auf Funkgerät abgeglichen werden, Langzeitstabilität manchmal schlecht



<https://www.dvmega.nl/euronode/>



<https://de.aliexpress.com>

## MMDVM und Hotspots

- Auch kommerzielle Hotspots verfügbar, nur teilweise auf Basis MMDVM, z.B.



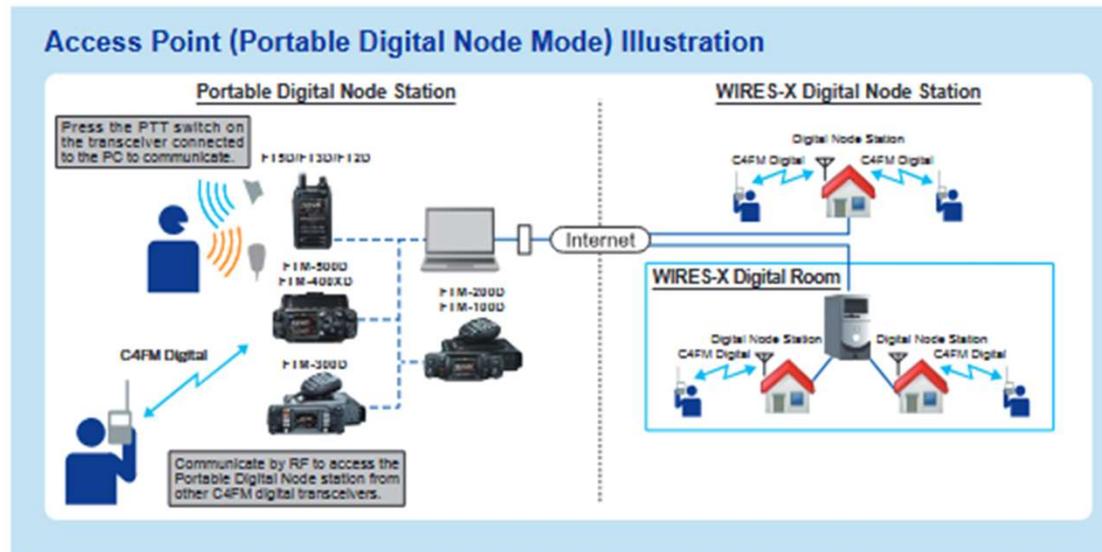
<https://www.dvmega.nl/euronode/>



<https://www.sharkrf.com/products/openspot4/>

# MMDVM und Hotspots

- Auch Yaesu ermöglicht die Umwandlung einiger Geräte mit Zusatzkabel und Computer in einen *WIRES-X Portable Digital Node*, vergleichbar mit der Funktion eines Hotspots



Quelle: Yaesu

## Einstieg über Internet



- Datenübertragung zwischen Relaisfunkstellen und Hotspots sowieso über Internet
- Statt Funkgerät mit Relais und Hotspot kann Sprache direkt digitalisiert werden  
*Funken ohne Funkgerät*
- Anforderungen
  - Zugang nur für Funkamateure
  - Sprachkodierung mit AMBE
- Verschiedene Lösungen, z.B.
  - Standalone-Geräte (z.B. DVMega Cast, <https://www.dvmega.nl/dvmega/>)
  - Programm und Zusatzhardware zum Computer (BlueDV, <https://www.pa7lim.nl/bluedv/>, DVStick: USB-Stick mit AMBE-Chip, <https://www.dvmega.nl/dvstick30/>)
  - Computer-/Handy-App mit Server-Infrastruktur (Peanut, <https://www.pa7lim.nl/peanut/>)

## Die Relaisfunkstelle DB0JB

- Am 08.04.2022 erstmals in Betrieb genommen
- 439,1375 Mhz, Ablage -7,6 MHz, C4FM (#96885)
- Standard-Netzwerkverbindung zu DL-Nordwest-YSF (#27741)
- Alternativ lokaler Raum DB0JB-ROOM (#06885), nur aus WIRES-X erreichbar
- Auswahl aller anderen WIRES-X-Repeater und -Räume
- Planungen
  - Umbau auf MMDVM
    - Kein Windows-Rechner mehr
    - Optional andere Modes als C4FM
    - Mehr Möglichkeiten als WIRES-X-Netzwerk
  - Eigenes Multimode Netzwerk statt DL-Nordwest



Ansprechpartner



**Mark Wahl, DL4YBG**

**Ortsverband Luckenwalde (Y35)**

E-Mail: [dl4ybg@darc.de](mailto:dl4ybg@darc.de)