

Digitale Sprachübertragung im Amateurfunk

D-Star, C4FM, DMR und Vernetzung

Mark Wahl, DL4YBG, Y35

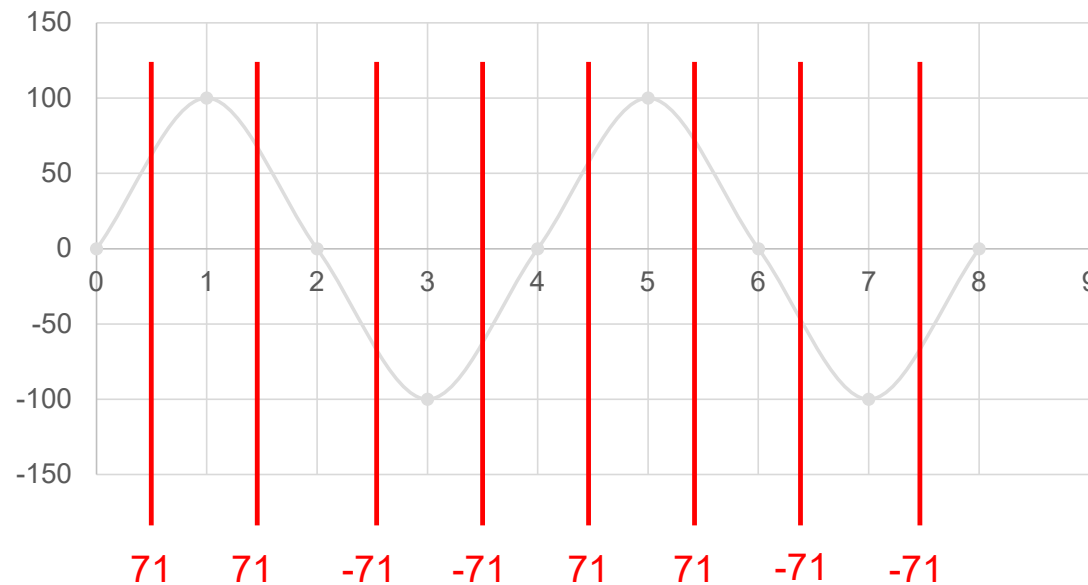
Digitale Sprachübertragung im Amateurfunk



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

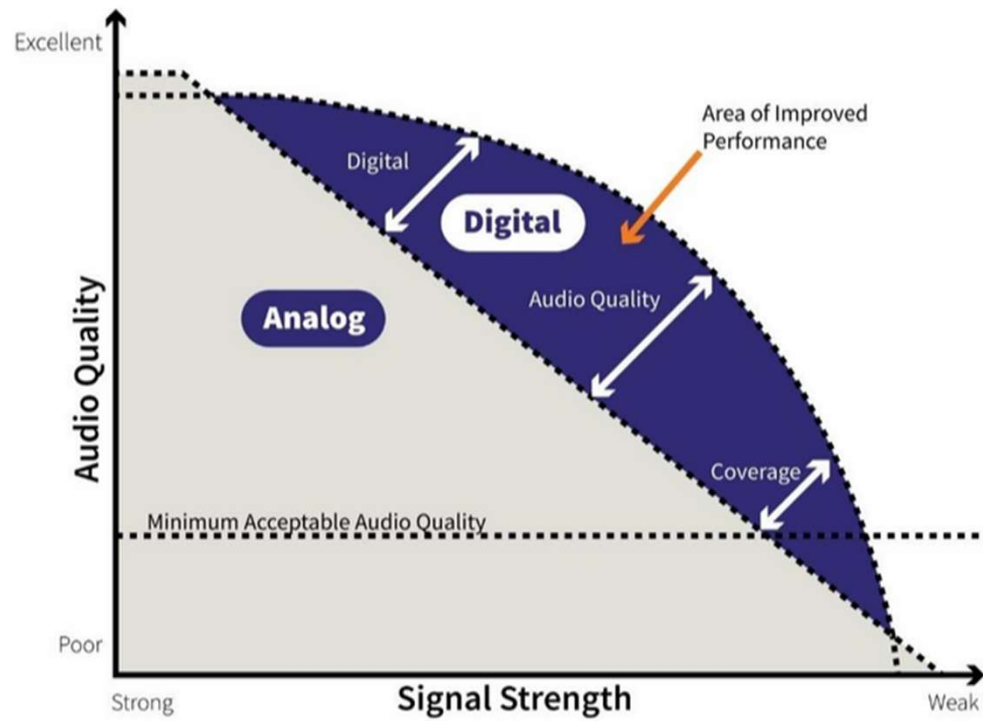
Signal	Bandbreite (kHz)	Abtastrate (kHz)	Kanäle	Datenrate (kBit/s)	1 Minute (kByte)
HiFi/CD (Stereo)	22	44,1	2	1411,2	~ 10000
Sprache (Mono)	~ 3	8	1	125	~ 938

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

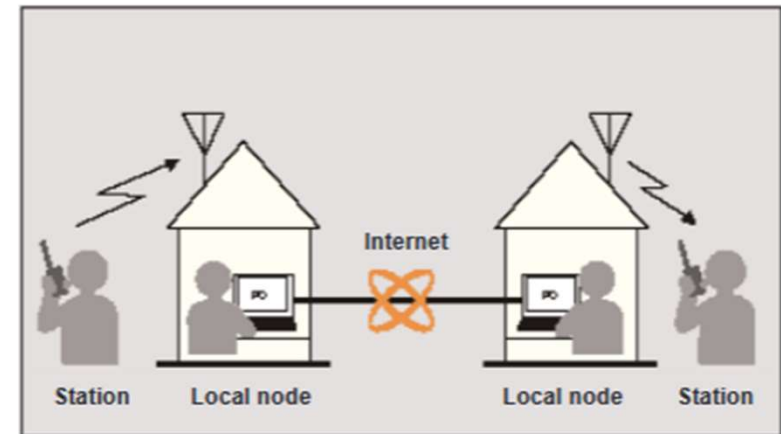


- Datenrate bei Sprache 125 kBit/s
- Funkkanal maximal 10 kBit/s
- => Reduzierung der Daten notwendig!

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

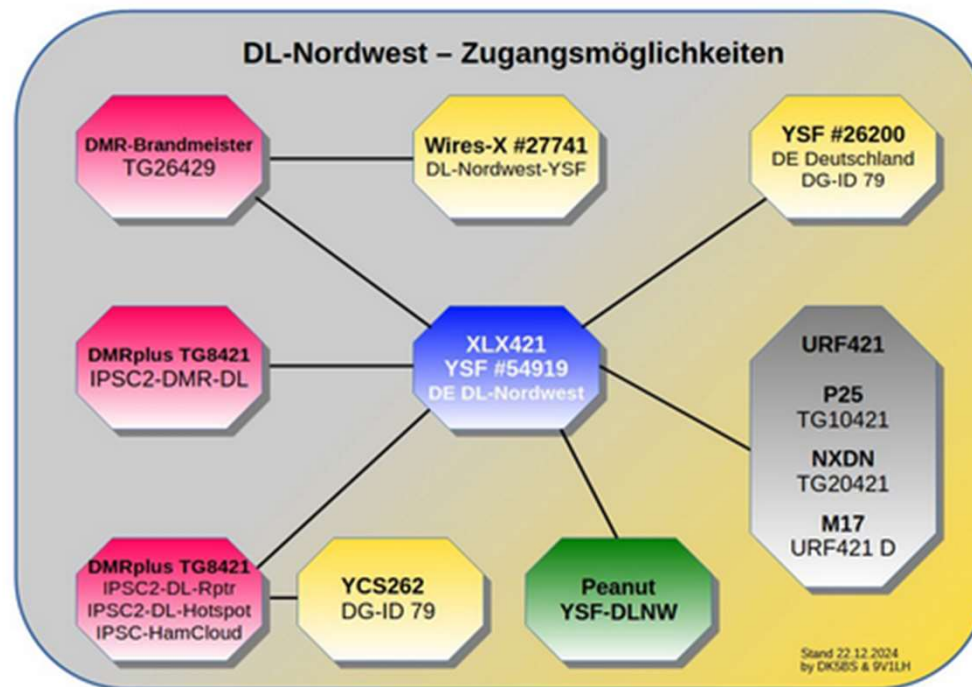
Multimode-Netzwerke



- 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

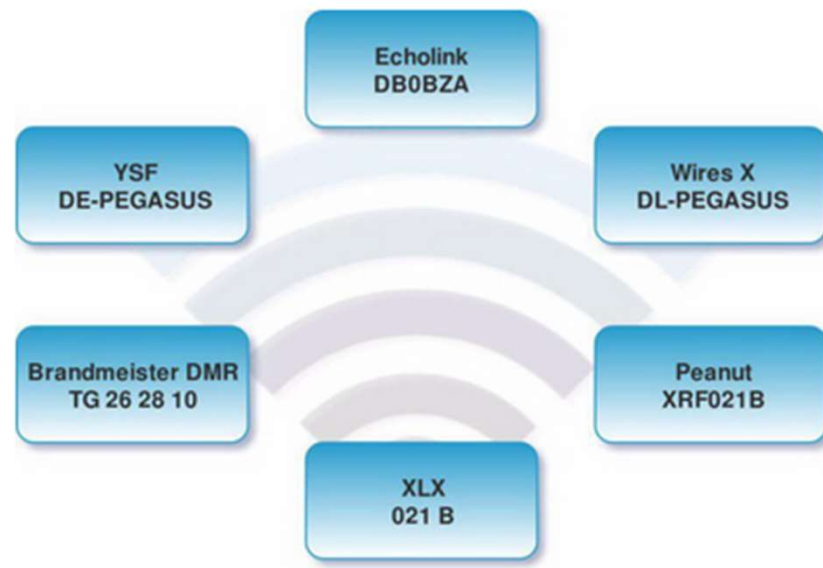
Multimode-Netzwerke

- 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.



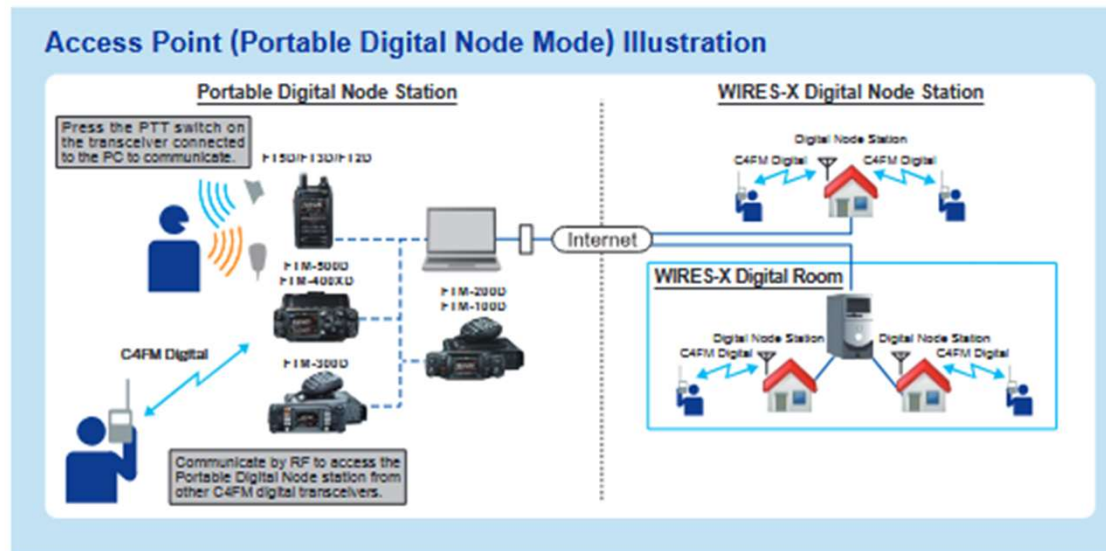
<https://www.dvmega.nl/euronode/>



<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