

Afu-Kurs

Technik Klasse E 16 & Betriebstechnik/Vorschriften 12: (Digitale) Betriebsarten

DL0XK

AmateurfunkForschungsGruppe der TU Kaiserslautern

<https://www.amateurfunk.uni-kl.de/home/>



This work is licensed under the *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License*.

Amateurfunkgruppe der Technische Universität Kaiserslautern, DL0XK, Stand: Thu Jan 24 12:13:57 2019 +0100
basierend auf dem Kurs der Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DKØTU

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS



Referenzen

DKØTU

Ein- und Umleitung

Aufgrund sehr großer inhaltlicher Überschneidungen der beiden *Moltrecht*-Lektionen, ist die Lektion BV12^[1] in diesen Foliensatz der Lektion Technik E16^[2] integriert.

Prüfungsrelevante Informationen sind in diesem PDF **markiert**

Freut euch auf eine Lektion „Klingeln in den Ohren“ 😊

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU



Betriebsarten

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen:

- analoge Betriebsarten
- digitale Betriebsarten (Digimodes)

Vorweg: In der *Klasse E* liegt der Fokus auf das Kennenlernen und betriebstechnische Grundlagen. Die technischen Grundlagen werden dann im Technikteil der *Klasse A* ausgebaut.

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU



MODEM

Heute im Mittelpunkt: Das MODEM – Was ist das?

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

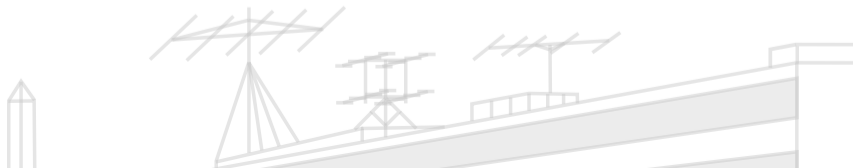
ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU



MODEM

Kofferwort: **MOD**ulate, **DEM**odulate.

→ meist assoziiert mit 56k- bzw. ITU-T Rec.
V.90/V.92-Modem (PCM-codiert)



[7]

Afu-Kurs

 Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

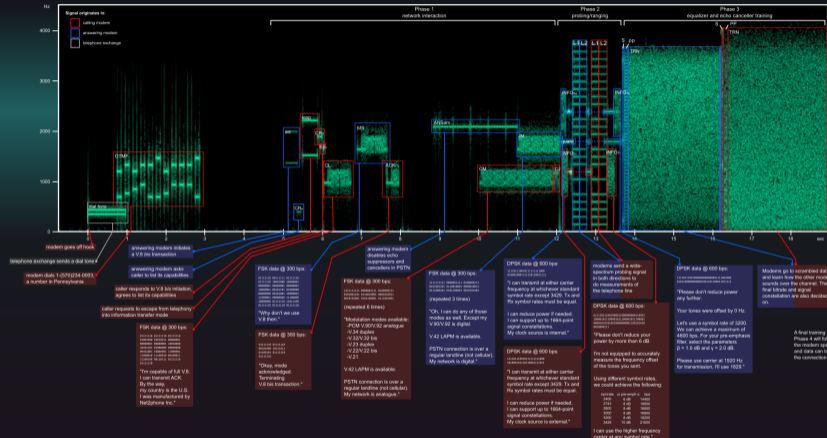
APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

The Sound of the Dialup: an Example Handshake

© Oona Räisänen, windyona@gmail.com
Creative Commons Attribution-ShareAlike 3.0



Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS



Referenzen

DK0TU

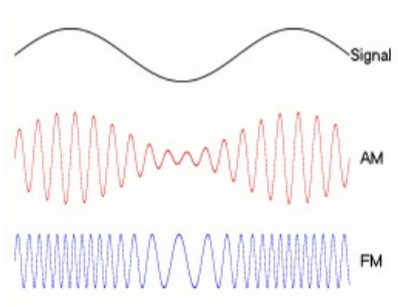
⇒ Full-Spectrum Cyber auf YouTube¹

¹ <https://www.youtube.com/watch?v=abapFJN6glo>

[8]

Grundlegende Modulationsprinzipien

Nochmal ein kurzer Blick auf...



Heutige Verfahren kombinieren Grundarten:

- Amplitudenmodulation
- Winkelmodulation (FM, PM)

⇒ Animation²

² <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amfm3-en-de.gif>

Sprechfunk (Wiederholung)

In E14 „Modulation und Demodulation“ wurde das Thema bereits besprochen.

Der Vollständigkeit halber seien sie noch einmal erwähnt – auch weil die meisten Digimodes im Amateurfunk *SSB* oder *FM* als Hauptträger benutzen.

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

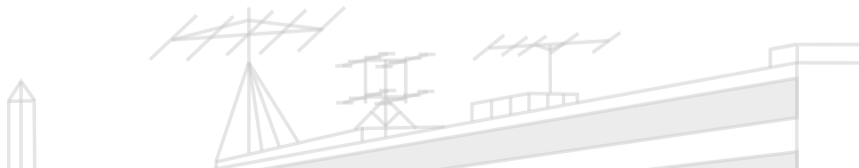
ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

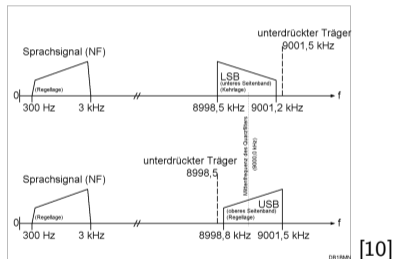
Referenzen

DKØTU



Sprechfunk (Wdh.) / SSB

- $B_{SSB} < \frac{1}{2} B_{DSB} = \frac{1}{2} B_{AM}$
- ~ 2.7 kHz durchgängiges (da analoges) Spektrum³



³ ca. 300 Hz bis 3 kHz – hier: SSB-Erzeugung mit Filtermethode (stark vereinfacht)

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

Sprechfunk (Wdh.) / FM

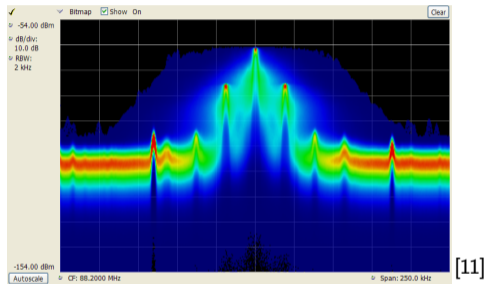
Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)
Sprechfunk (Wdh.)
Hell
SSTV
ATV

digital

CW
RTTY
PSK31
WSPR
Baudrate
WSJT
ARQ-Protokolle
Verfahren
AMTOR
AX.25
Packet Radio (PR)
APRS



[11]

Durchgängiges Spektrum⁴ – für NBFM:
Je 2x Hub (3 kHz) + NF-Signal (2.7 kHz) um Träger herum
→ Gesamtbandbreite ca. 12 kHz (12.5 kHz Kanalraster)

⁴ hier: DPX-Graph (Wie oft wird eine bestimmte Signalstärke auf einer Frequenz erreicht)

Hellschreiber aka Typenbildfernsehreiber

- 1929 von Rudolf Hell patentiert
- Fernschreibgerät für störanfällige Übertragungen
- Verwendung bis in die 1980er Jahre

```

CQ CQ CQ DE DC4LW DC4LW DC4LW PSE K
CQ CQ CQ DE DC4LW DC4LW DC4LW PSE K

```

- Schriftzeichen im Raster von 7x7 Pixeln
- 8,5 Zeichen (in einer Spalte) pro Sekunde (420bit/s)

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

Hellschreiber aka Typenbildfernreiber

```
DC4LW DC4LW DE DL7BST DL7BST DL7BST KN
DC4LW DC4LW DE DL7BST DL7BST DL7BST KN
```

Abb. 1: unverraushtes & synchrones Bild

- Bei der Decodierung wird eine Schneckenwalze auf Papierband gedrückt
- zwei Zeilen pro Schnecke; bei Asynchronität verläuft das Schriftbild

→ in Hardware⁵

→ in Software: *fldigi*-Demo

⁵ <https://www.youtube.com/watch?v=luc6QmNyPZ4>

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

SSTV / Historie

Slow Scan Television

- 1958 durch US-HAMs veröffentlicht
- Übertragung von **Bildern (d.h. kein Video)** in 3 kHz SSB-Kanal
- damals Darstellung auf Katodenstrahlröhre mit hoher Nachleuchtdauer
 - 120 px × 120 px (b/w) in 8 s
 - *elektromechanischer SSTV-Empfänger GIFed*⁶



[12]

Afu-Kurs

 Technik E 16
 B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

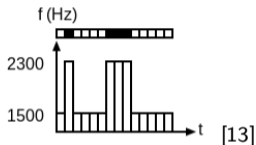


Referenzen

DKØTU

⁶ https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mechanical_glow_drum_slow_scan_television_monitor.gif

SSTV / Technik



- heute Software-MODEM via Soundkarte
 - Quasi-Standard: 320x240 (x zeilenweises RGB) Bildpunkt in 120s
 - zunehmend ziehen digitale Verfahren mit Fehlerkorrektur ein, z.B. *MT63* [3]
- SSTV-Norm: NF-Frequenz 2300Hz weiß, 1500Hz schwarz, 1200Hz Sync
- an Prä-/Postambel & Bildsynchronisierimpuls kann man Modulation erkennen

→ Demo: *qsstv*

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU



SSTV / Betriebstechnik

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU



Nachricht meist Fotos von der Funkstation und Text im Bild codiert

SSTV / Betriebstechnik

Nach der Übertragung:



Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

16

SSTV / Betriebstechnik

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU



QSO-Beispiele. RST → RSV...

SSTV / Rappportsystem

Rappportsystem **RSV**^{[1][3]}: Readability, Signal Strength, Video

- V1 = Nur Synchronisation zu sehen
- V2 = Großes Call lesbar
- V3 = Große Details zu erkennen
- V4 = Kleine Details zu erkennen
- V5 = rauschfreies Bild

Rapport wird ebenfalls im Bild eingefügt ...

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk



Referenzen

DKØTU

SSTV / Rapportsystem

Übertragung der ISS, empfangen mit einem HfG (Gummiwurst) & Smartphone:



RSV 594

(einwandfrei lesbar, S?, kleine Details erkennbar)



RSV 292

(zeitweise lesbar, S?, großes Call lesbar)

Da starkes Signal, Demodulation sehr einfach – mehr Infos im ARISS-Blog. ^[15]

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AFG
AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

SSTV / "NF over Ackerschnacker"



Abb. 2: SSTV über Feldtelefon⁷ *Lange Nacht der Wissenschaften 2014*

⁷ Ebenfalls getestet: Rohrpostsystem „Seidenstraße“ auf dem Chaos Communication Congress

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AFG
AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

ATV

Amateurfunk-Fernsehen, analog ATV



[16]

- technisch wie klassisches analoges Fernsehen: **Video, kein Standbild**
- $BW = 6,5\text{MHz}$ – logischerweise nichts für HF und VHF
- auch hier liegt der Fokus inzwischen auf digitaler Übertragung
 - Schmalband ATV (SATV, 1MHz) im Prinzip \equiv DVB

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)
Sprechfunk (Wdh.)
Hell
SSTV
ATV

digital

CW
RTTY
PSK31
WSPR
Baudrate
WSJT
ARQ-Protokolle
Verfahren
AMTOR
AX.25
Packet Radio (PR)
APRS

Digitale Betriebsarten

Digital bedeutet die Verwendung quantisierter bzw. diskreter Werte.

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

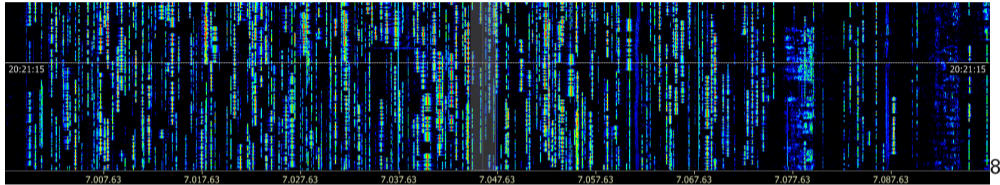
APRS



Referenzen

DKØTU

Morsetelegrafie (CW)



A1A aka *ASK* (*amplitude shift keying*) – Mutter aller Betriebsarten – ja, digital!

- „menschlesbarer“ Digimode mit ausreichend Training
- Bandbreite je nach Geschwindigkeit & Qualität⁹ ca. 200 – 500Hz → besserer *SNR* bei gleicher Leistung als z.B. *SSB*

⁸Wasserfalldiagramm *CQ WW Contest 2013*

⁹Interessante Ausführungen zu Bandbreite und *SNR* von DK5KE^[18]

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)
Sprechfunk (Wdh.)
Hell
SSTV
ATV

digital

CW
RTTY
PSK31
WSPR
Baudrate
WSJT
ARQ-Protokolle
Verfahren
AMTOR
AX.25
Packet Radio (PR)
APRS

Ohren gespitzt... es spricht für Sie: *Fldigi*

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

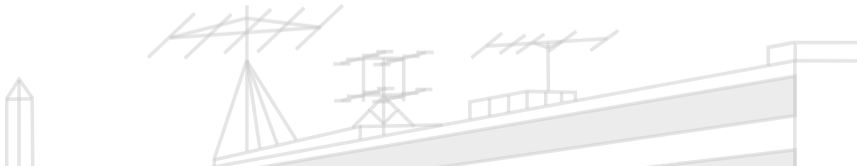
Packet Radio (PR)

APRS



Referenzen

DKØTU



Funkfern-schreib-Telegrafie (RTTY)



[17]

- Radio TeleTYpe
- simplex oder semiduplex auf einer Frequenz
- früher:
 - TX: elektromechanische Fernschreiber mit kontaktierter Schreibmaschinentastatur
 - RX: Fernschreibdrucker
- heute: Software – klar.

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)
Sprechfunk (Wdh.)
Hell
SSTV
ATV

digital

CW
RTTY
PSK31
WSPR
Baudrate
WSJT
ARQ-Protokolle
Verfahren
AMTOR
AX.25
Packet Radio (PR)
APRS

RTTY / Technik

- fünf Kontakte → Baudot 5-Bit-Code¹⁰:
 $2^5 = 32$ Zeichen – mehr Zeichen durch umschaltbare Register möglich
- *AFSK*¹¹: 1 und 0 → Mark- und Space-Frequenz
- Abstand = Shift = 2x Hub
- Kurzwellenshift 170 Hz, UKW 850 Hz
- mehr technische Details: Technik Klasse A (A15)

¹⁰ später CCITT-1 bzw. Baudot-Murray-Code CCITT-2

¹¹ Audio Frequency Shift Keying

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute



Referenzen



DKØTU

RTTY / Demo

Ohren gespitzt... es spricht für Sie: *Fldigi*

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

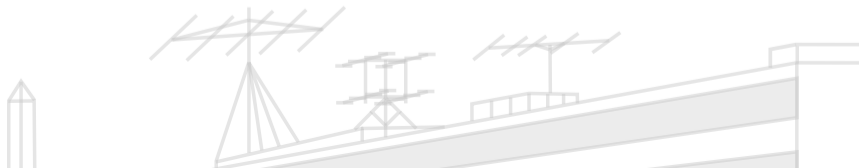
ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU



RTTY / Demo

Ohren gespitzt... es spricht für Sie: *Fldigi*

Für Interessierte: Teletype mit Dampf – “Steam Powered Telegraphy (24C3)” [19]

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

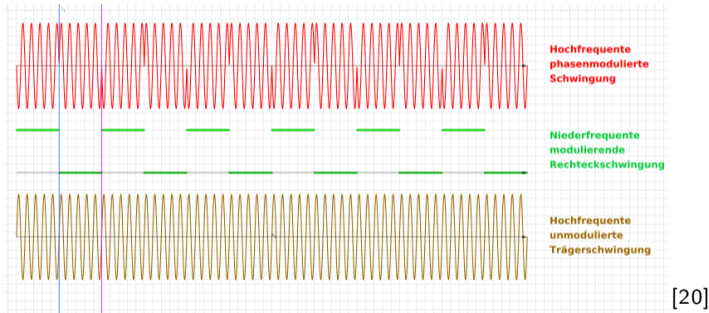
AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

PSK31: (Binary) Phase Shift Keying (31)

Kurzer Ausflug: Zweiwertige Phasenmodulation (BPSK aka 2-PSK)



Andere Darstellungen wie IQ-Diagramm dann in *Klasse A*.

Einleitung

analog

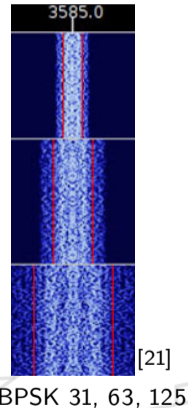
Modulation (Wdh.)
 Sprechfunk (Wdh.)
 Hell
 SSTV
 ATV

digital

CW
 RTTY
 PSK31
 WSPR
 Baudrate
 WSJT
 ARQ-Protokolle
 Verfahren
 AMTOR
 AX.25
 Packet Radio (PR)
 APRS
 ARQ Heute
 Sprechfunk

(B)PSK31

- BPSK31 eine der Standard-QRP-Betriebsarten
 - zwei Phasenlagen (0° , 180°)
 - Bitrate von 31,25 *Bit/s*
 - **Bandbreite** entspricht ca. Bitrate pro Sekunde, **31Hz**
- im Vgl. zu CW ca. $\frac{1}{10}$ Bandbreite \rightarrow $SNR \approx +10dB$ (Filterung & selbe Leistung)
- Modulation/Demodulation mit Software (Soundcard SDR)
- auch QPSK (Quadratur), 8-PSK, ...



Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)
Sprechfunk (Wdh.)
Hell
SSTV
ATV

digital

CW
RTTY
PSK31
WSPR
Baudrate
WSJT
ARQ-Protokolle
Verfahren
AMTOR
AX.25
Packet Radio (PR)
APRS

PSK31 / Demo

Ohren gespitzt... es spricht für Sie: *Fldigi*

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

30



WSPR: **W**eak **S**ignal **P**ropagation **R**eporter

- Bandbreite: 5.9 Hz
- Baudrate: 1.4648 Bd
- Modulation: 4-FSK
- Benötigt ein $\text{SNR} \geq -28 \text{ dB}$: Signal kann geringer als das Rauschen sein!
- Kodierung: Faltungscodierung

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute



Referenzen

DKØTU

Baudrate

Der Vollständigkeit halber:

$$1Bd = 1 \frac{\text{Symbol}}{s} = \text{Symboldauer}^{-1}$$

Bei binären Modulationsverfahren entspricht das der Bitrate. Gibt es mehr als zwei Symbole ist die Bitrate höher als die Baudrate. Beispiele:

- RTTY: Bitrate = ?x Baudrate
- BPSK31: Bitrate = ?x Baudrate
- BPSK63: Bitrate = ?x Baudrate
- QPSK: Bitrate = ?x Baudrate

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

Baudrate

Der Vollständigkeit halber:

$$1Bd = 1 \frac{\text{Symbol}}{s} = \text{Symboldauer}^{-1}$$

Bei binären Modulationsverfahren entspricht das der Bitrate. Gibt es mehr als zwei Symbole ist die Bitrate höher als die Baudrate. Beispiele:

- RTTY: Bitrate = 1x Baudrate
- BPSK31: Bitrate = 1x Baudrate
- BPSK63: Bitrate = 1x Baudrate
- QPSK: Bitrate = 2x Baudrate

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

WSJT (FSK441, JT65, JT9)

Weak Signal communication by K1JT

Soundcard SDR (→ SSB) Open-Source-Projekt für Gruppe von Übertragungsprotokollen, z.B.:

- Meteorscatter (schnell): FSK441¹²
- EME, Troposcatter (schwache Signale): JT65¹³
- Mittel- und Langwelle (schmalbandig): JT9¹⁴

Für mehr Infos Vortrag von DC4LW^[6].

¹²Vierton Frequenzumtastung (FSK) mit 441 Baud

¹³MFSK (Multiple Frequency Shift Keying) mit 65 Tönen

¹⁴ähnlich JT65

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

WSJT / FSK441

Beispiel FSK441:

- Zeichen besteht aus nacheinandergesendeten drei von den vier Tönen
- Übertragungsgeschwindigkeit 147 Buchstaben/s → **Meteorscatter**
- Ping ca. $\frac{1}{10}$ s (100km über der Erde) → 15 Zeichen
- 144,370 MHz Anruf-QRG, ab Kontaktaufnahme QSY
- Rapporte nach speziellem Kurzzystem

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute



Referenzen

DKØTU

ARQ-Protokolle / Verfahren

Automatic Repeat reQuest

zuverlässige Datenübertragung durch Sendewiederholungen:

- erfordert ein Verfahren zur Fehlererkennung, z.B. Checksummen
- Feedback: *ACK/NAK*-Signale¹⁵
- ggf. Wiederholung der Nachricht

In Kombination mit Kanalcodierung (Hinzufügen von Redundanz, wie z.B. *FEC*¹⁶) genauer: Hybride *ARQ-Protokolle*.

¹⁵ *Acknowledgement* / Negative Acknowledgement

¹⁶ Forward Error Correction

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute



Referenzen

DKØTU

AMTOR

Amateur Teleprinting Over Radio

- 1978 veröffentlicht, in der Seefahrt wurden ähnliche Verfahren benutzt
- erstes einfaches ARQ-Protokoll nach Schema "Stop-and-Wait"
 - hohe Übertragungssicherheit: in 450ms-Sendelücke TX von drei Kontrollzeichen (240ms) Quittung
 - ergo: Halbduplexbetrieb auf einer "Simplex-QRG" unter Berücksichtigung vom *TX Delay*
- Modulation sonst im Prinzip wie RTTY: FSK mit gleichen Tönen und gleicher Shift
- allerdings 7-Bit-Code und Geschwindigkeit 100 Baud
- implementiert auch bereits eine *FEC*

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

AX.25

8-Bit-Standard¹⁷ für Pakete (Frames) mit Adressierung und Prüfsumme:

Flag	Adresse	Kontrollinfo	Daten	CRC	Flag
01111110	112/224 Bits	8/16 Bits	n * 8 Bits	16 Bits	01111110

U(nprotocol) oder S(upervisory) Datenpaket

[23]

Abb. 3: Ax25-US-Paket

- Sicherungsschicht (Data Link Layer)¹⁸
- Anpassung des *ITU-T X.25*-Standards (Layer 1-3)¹⁹ aus den 1970ern
- verbindungsorientiert; Übertragung von verbindungslosen Daten zulässig

¹⁷1984 v2.0 standardisiert

¹⁸ *OSI (Open Systems Interconnection Model)*-Layer 2

¹⁹ Bitübertragungsschicht, Sicherungsschicht, Vermittlungsschicht

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Packet Radio (PR)

Paketbasiertes "Radio" - Grundlage: AX.25

Daten werden paketweise gesendet

- Kennt einer (noch) *GPRS*?

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS



AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

Packet Radio / Technische Grundlagen (Duplex)

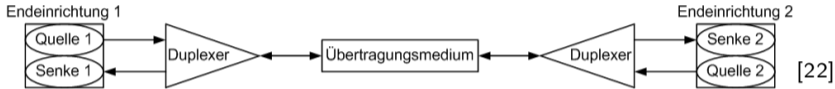


Abb. 4: Duplex-Prinzip

- Mehrere Verbindungen teilen sich ein Medium
- Frequenz oder Zeitduplex
- Auch: Codeduplex, Polarisationsduplex

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)
 Sprechfunk (Wdh.)
 Hell
 SSTV
 ATV

digital

CW
 RTTY
 PSK31
 WSPR
 Baudrate
 WSJT
 ARQ-Protokolle
 Verfahren
 AMTOR
 AX.25
 Packet Radio (PR)
 APRS

Packet Radio / Technische Grundlagen (Duplex)

Duplex (Zeit- und ggf. Frequenzduplex), mit Fehlerkorrektur

- mehrere Stationen auf einer QRG (Timeslots)
- verschiedene Hin- und Rückfrequenzen möglich
→ Unterscheidung:
 - Simplex²⁰-Digipeater (Halbduplex, selbe QRG)
 - Duplex-Digipeater (2 QRGs²¹)
- Digipeater-“User” im Halbduplex:
 - RX (Ausgabefrq.)
 - TX (Eingabefrq.)

²⁰ Afu-Simplex “Senden bzw. Empfangen auf der gleichen Frequenz”!

²¹ 70-cm: Ablage 7,6 MHz oder 9,4 MHz höher

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute



Referenzen

DKØTU

Packet Radio / Technische Grundlagen (Baudraten)

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk


 AFG

Referenzen

DKØTU

41

Viel höhere Datenraten als RTTY:

- **1k2 Bd**: AFSK²²-Subträger
(Bandbreite 1x 12,5kHz-Kanal, NF-BW 3000Hz)
- **9k6 Bd**: FSK direkt aufmoduliert ²³
(Bandbreite 20kHz → 1x 25kHz-Kanal)

→ VHF/UHF (eher unüblich: HF 300Bd)

²² 1200 & 2200Hz

²³ Leitungscodierung ist auch anders (Manchester-Code?)

Packet Radio / Packaging

Zusammensetzen der Pakete am Ziel zur Nachricht

- Leerzeiten ohne Aussendung, kann von anderen Stationen genutzt werden
 - eine Übertragungsstrecke für viele gleichzeitige Verbindungen
- Problem: Kollisionen verschiedener Pakete trotz "sensing"²⁴
- Lösungen:
 - zufällige Wartezeit beider TX
 - DAMA²⁵: Digipeater fragt Stationen ab
 - Overhead, aber Kollisionen werden vollständig vermieden

²⁴wenn QRG frei: TX

²⁵Demand Assigned Multiple Access

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute


 ARQ Heute
 Sprechfunk
 AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

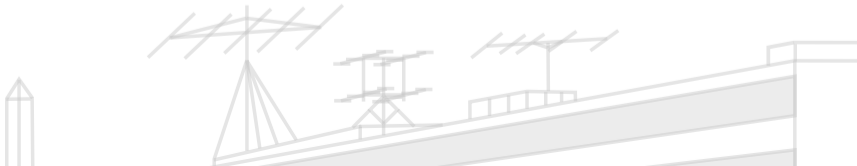
Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS



Packet Radio / Vernetzung & Routing

Netzstruktur durch Digipeater²⁶ (Digital Repeater), digitale Zwischenstationen/Relais

- teilweise mit "Linkstrecken"²⁷ oder weltweit (Internet & Co) untereinander vernetzt
- Datenpakete von Sender zu Empfänger und ggf. weiter im Verbindungsnetz
- es gibt z.B.
 - Speicher für Nachrichten (Mailboxen)
 - DX-Cluster via telnet
 - IRC Channel

²⁶ "unbesetzte, fernbediente feste Amateurfunkstellen für Packet Radio"

²⁷ Prüfungsfrage: "Linkstrecken sind fest eingerichtete Funkverbindungen zur Vernetzung von Relaisfunkstellen oder Digipeatern."

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU



Packet Radio / Vernetzung & Routing

Fragen:

Wozu dient ein "Auto-Router" im Packet-Radio-Betrieb?

Was versteht man unter "Forwarding" im Packet-Radio-Betrieb?

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

44

Packet Radio / Vernetzung & Routing

Fragen:

Wozu dient ein "Auto-Router" im Packet-Radio-Betrieb?

Eine Einrichtung, die es ermöglicht automatisch ein Zielrufzeichen zu erreichen.

Was versteht man unter "Forwarding" im Packet-Radio-Betrieb?

Automatisches Weiterleiten von Nachrichten an andere Mailboxen

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AFG
AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

Packet Radio / Begriffe

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

Zum Merken: Begriffe im Amateurfunk-Sprechgebrauch

Repeater

Digipeater

Mailbox

Relais

Packet Radio / Begriffe

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

Zum Merken: Begriffe im Amateurfunk-Sprechgebrauch

Repeater unbesetzte, fernbediente feste Amateurfunkstellen für Telefoniebetrieb

Digipeater unbesetzte, fernbediente feste Amateurfunkstellen für Packet Radio

Mailbox Datenbank mit allgemeinem Zugriff zum Abspeichern und Auslesen von Informationen

Relais Funkstelle zur Umsetzung von Funksignalen

Packet Radio / Praxis

Man braucht: PTT, TX, RX – Hardware-MODEM und Controller, ein *TNC* (*Terminal Node Controller*) oder Software-*TNC*

TX-Delay des PTT 50 bis 250ms - Wozu?

Afu-Kurs

 Technik E 16
 B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

46

Packet Radio / Praxis

Man braucht: PTT, TX, RX – Hardware-MODEM und Controller, ein *TNC* (*Terminal Node Controller*) oder Software-*TNC*

TX-Delay des PTT 50 bis 250ms - Wozu?

- so kurz wie möglich, sonst wird Übertragungszeit verschwendet – ökonomische Nutzung der Kanalkapazität auf der Frequenz
- so lang wie nötig, da sonst Daten bei der Umschaltung “verschluckt” werden

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

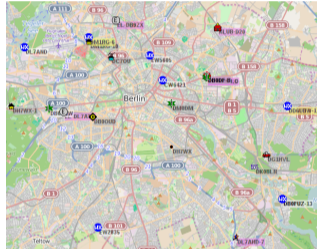
AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

APRS

Automatic Packet Reporting System



[24]

- Positionsmeldungen, Wetterdaten, Messwerte, ...
- Modulation Packet Radio, in "echtes Simplex"
- Backbone: Packet Radio Digipeater-Netzwerk bis zum Erreichen eines APRS-Digipeaters

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Amateurfunk ForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

ARQ Heute

Hervorgegangen aus *AMTOR* und *Packet Radio*, auf Kurzwelle z.B. *PACTOR*²⁹ und *WINMOR*³⁰

- 8 Bit als Basis für alle Betriebsarten
- + verschiedene Fehlerkorrekturverfahren
- + verschiedene Modulationsarten je nach Kanaleigenschaften
- auch bei sehr schwachen Signalen im Rauschen noch nutzbar

PACTOR Rant: Man braucht einen teuren TNC, der gebrauchsmustergeschützt ist – Selbstbau nicht (mehr) möglich.

²⁹ **PAC**ket **Tele**printing **O**ver **R**adio

³⁰ **Win**Link **M**ail **O**ver **R**adio

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

Referenzen

ARQ Heute / Netzwerke

- globales HF-Mailboxsysteme mit der Möglichkeit Forwarding per Internet-E-Mail, z.B. *WinLink2000*
- *HAMNET (Highspeed Amateurradio Multimedia NETwork)* benutzt *IEEE 802.11*-Technologie im *GHz*-Bereich

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk


 AFG
AmateurradioForschungsGruppe

Referenzen


 DKØTU

ARQ Heute / HAMNET-Knoten

Einleitung

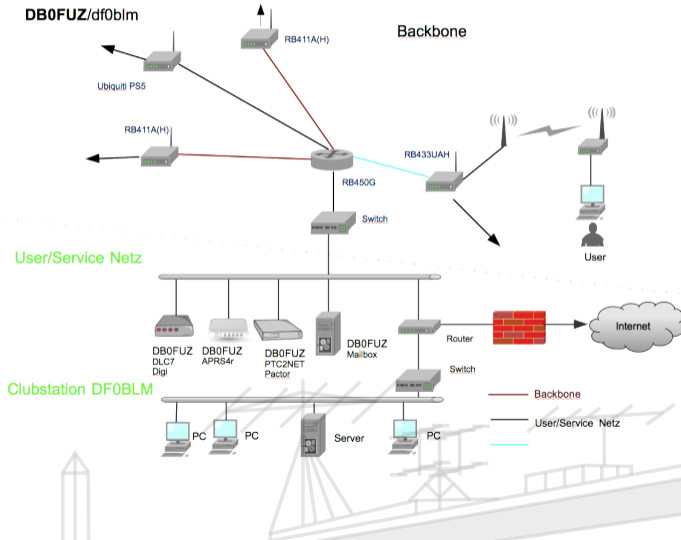
analog

- Modulation (Wdh.)
- Sprechfunk (Wdh.)
- Hell
- SSTV
- ATV

digital

- CW
- RTTY
- PSK31
- WSPR
- Baudrate
- WSJT
- ARQ-Protokolle

- Verfahren
- AMTOR
- AX.25
- Packet Radio (PR)
- APRS



ARQ Heute / HAMNET-Backbone

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute


 AFG
AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen


 DK0TU

52



→ aktueller Ausbau siehe Hamnet-DB Map³¹

³¹ https://hamnetdb.net/lsp_map.cgi

ARQ Heute / WinLink2000

Einleitung

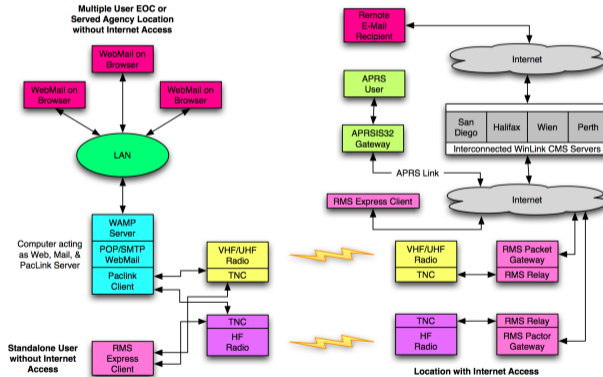
analog

- Modulation (Wdh.)
- Sprechfunk (Wdh.)
- Hell
- SSTV
- ATV

digital

- CW
- RTTY
- PSK31
- WSPR
- Baudrate
- WSJT
- ARQ-Protokolle
- Verfahren
- AMTOR
- AX.25
- Packet Radio (PR)
- APRS

WinLink Topology



WGSL - 06/08/2011

[26]

Sprechfunk (digital)

Der Vollständigkeit halber: Digitale Betriebsarten für den Sprechfunk gibt es zunehmend, z.B. *FreeDV*³² für Kurzwelle oder *DMR*³³ für UHF/VHF.

³²Free Digital Voice

³³Digital Mobile Radio

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute



Referenzen

DKØTU

Zusammenfassung

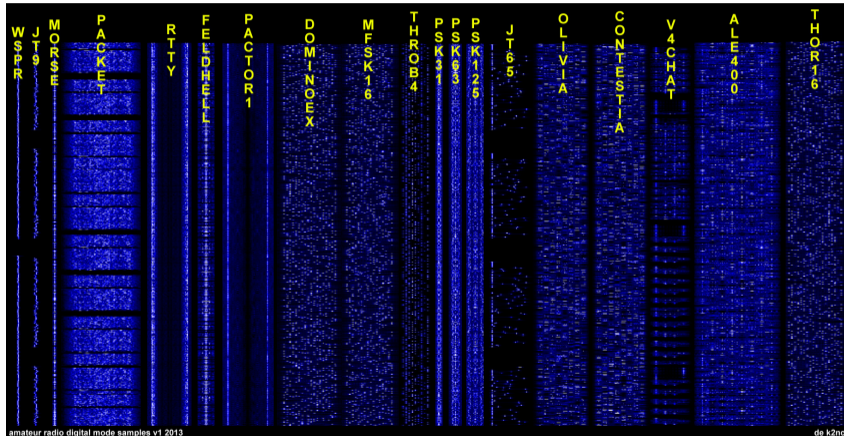


Abb. 5: "Digital Rosetta Stone" by K2NCC

Einleitung

analog

- Modulation (Wdh.)
- Sprechfunk (Wdh.)
- Hell
- SSTV
- ATV

digital

- CW
- RTTY
- PSK31
- WSPR
- Baudrate
- WSJT
- ARQ-Protokolle
- Verfahren
- AMTOR
- AX.25
- Packet Radio (PR)
- APRS

Quiz: Verständnis

Welche Betriebsarten sind für QRP-DX-Betrieb auf Kurzwelle am besten geeignet?

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute
Sprechfunk
AFG
AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

Quiz: Verständnis

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute

Sprechfunk

AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen

DKØTU

Welche Betriebsarten sind für QRP-DX-Betrieb auf Kurzwelle am besten geeignet?

In den Prüfungsantworten: CW, Pactor, PSK31

- Bandbreiten?
- Wie viele habt ihr herausgefunden?

Quiz: Akustisch

Afu-Kurs

Technik E 16
B/V 12

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

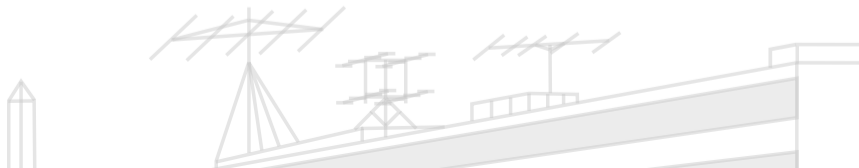
Packet Radio (PR)

APRS



AFG
AmateurfunkForschungsGruppe

Referenzen



Referenzen/Links

[1] Moltrecht B/V 12:

<http://www.amateurfunkpruefung.de/lehrhg/bv12/bv12.html>

[2] Moltrecht E 16:

<http://www.darc.de/referate/ajw/ausbildung/darc-online-lehrgang/technik-klasse-e/technik-e16/>

[3] Wikipedia DE:

<https://de.wikipedia.org/wiki/RST-System>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Hellschreiber>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Einseitenbandmodulation>

http://de.wikipedia.org/wiki/Slow_Scan_Television

<http://de.wikipedia.org/wiki/MT63>

<http://de.wikipedia.org/wiki/Amateurfunk-Fernsehen>

<http://de.wikipedia.org/wiki/PSK31>

<https://de.wikipedia.org/wiki/Baud>

<https://de.wikipedia.org/wiki/WSJT>

<http://de.wikipedia.org/wiki/ARQ-Protokoll>

<http://de.wikipedia.org/wiki/AMTOR>

<http://de.wikipedia.org/wiki/AX.25>

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

- [4] Wikipedia EN:
https://en.wikipedia.org/wiki/Terminal_node_controller
- [5] <http://www.nonstopsystems.com/radio/radio-sounds.html>
- [6] https://media.ccc.de/v/eh15_-_11_-_de_-_saal_-_201504051730_-_wspr_und_wsjt_-_pylon

Abbildungen:

- [7] Ein Stapel Modems: (©) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Modems.jpg>
- [8] Spectrogram of a typical modem handshake: (CC BY ND) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dial_up_modem_noises_explained_final.png
- [9] Modulationsarten: (CC BY ND) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Amfm3-en-de.gif>
- [10] Erzeugung SSB-Signal: (©) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ssb-de.png>
- [11] DPX Graph of FM Transmission: (CC BY ND) <https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Dpx-fm-radio.png>
- [12] Elektromagnetischer SSTV-Empfänger: (©) https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mechanical_glow_drum_slow_scan_television_monitor.gif

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)
 Sprechfunk (Wdh.)
 Hell
 SSTV
 ATV

digital

CW
 RTTY
 PSK31
 WSPR
 Baudrate
 WSJT
 ARQ-Protokolle
 Verfahren
 AMTOR
 AX.25
 Packet Radio (PR)
 APRS

- [13] SSTV Frequenzen: (GPL)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Sstv_frequencies.svg
- [14] SSTV Signal: (©)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:SSTV_signal.jpg
- [15] ARISS-Blog: <http://ariss-sstv.blogspot.de/>
- [16] Amateurfunk-Fernsehen:
<http://www.svecs.net/SVECS-atv16.JPG>
- [17] Krypto-Funkfernseher:
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:KFF_IMG_1431.JPG
- [18] Ausführungen zu Bandbreite und SNR: <http://www.qsl.net/dk5ke/a1a.html>
- [19] Teletype mit Dampf – “Steam Powered Telegraphy (24C3)”
https://media.ccc.de/v/24c3-2338-en-steam_powered_telegraphy
- [20] Phasenmodulation: (CC0)
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phase_modulation_\(PHM\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phase_modulation_(PHM).svg)
- [21] BPSK-Signale: (CC BY ND)
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:BPSK_31_63_125.jpg
- [22] Duplex-Prinzip: (CC BY ND)
<https://de.wikipedia.org/wiki/Datei:Duplex.png>

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

[23] Ax25 US-Paket: (CC BY ND)

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ax25-US-Paket.png>

[24] aprs.fi (Screenshot vom 22.01.2015) <http://aprs.fi>

[25] HAMNET-Knoten:

<http://hamnet.funkzentrum.de/berliner-hamnet/backbone/hamnet-knoten.html>

[26] WinLink-Topologie:

<http://letarc.org/main/2011/06/08/packet-modes-and-winlink-2000/>

[27] HAMNET-Backbone:

<http://hamnet.funkzentrum.de/berliner-hamnet/backbone.html>

Einleitung

analog

Modulation (Wdh.)

Sprechfunk (Wdh.)

Hell

SSTV

ATV

digital

CW

RTTY

PSK31

WSPR

Baudrate

WSJT

ARQ-Protokolle

Verfahren

AMTOR

AX.25

Packet Radio (PR)

APRS

ARQ Heute