

AfuTUB-Kurs

Technik Klasse A 15:
Übertragungstechnik

DK0TU

Amateurfunkgruppe der TU Berlin

<https://dk0tu.de>

WiSe 2017/18 – SoSe 2018

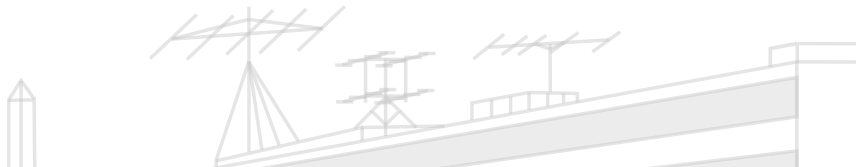


This work is licensed under the *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License*.

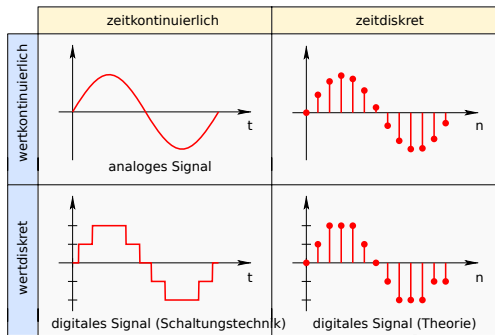
Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DKØTU, Stand: Thu Jan 18 22:10:19 2018 +0100

Einleitung / Umleitung

Aufgrund sehr großer Überschneidungen werden viele Digimodes bereits in der *Lektion E16: (Digitale) Betriebsarten* behandelt.



Analog-Digital-Wandlung (ADC)



Übersicht kontinuierliche und diskrete
Signale (von wdw d ↗ ⊕ ⊕)

Ein analoges Signal wird in ein
digitales Signal über zwei Schritte
umgewandelt

Abtastung zeitkontinuierlich →
zeitdiskret

Quantisierung wertkontinuierlich →
wertdiskret

Nyquist-Shannon-Abtasttheorem

$$T_A \leq \frac{1}{2 \cdot f_{max}}$$

T_A : Abtastabstand

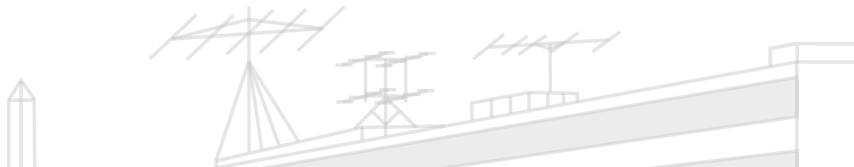
f_{max} : Maximale
Informationsfrequenz

Kodierung

Je größer die Abtastrate und die Kodierung sind, umso genauer entspricht das Digitalsignal dem Analogsignal.

8 Bit 256 unterschiedliche Werte

16 Bit 65536 unterschiedliche Werte



Übertragungsgeschwindigkeit / Baudrate

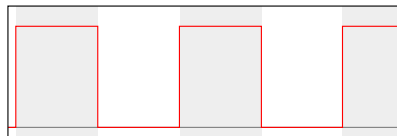
Anzahl der Schritte pro Sekunde

$$1200Bd \equiv 1200 \frac{\text{Schritte}}{\text{Sekunde}}$$

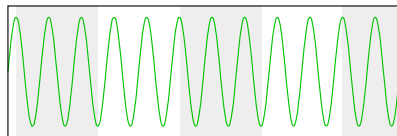
Ein ISO 8859 Zeichen besteht aus 8 Bit. Bei 1200 Baud können $\frac{1200Bd}{8Bit} = 150$ Zeichen pro Sekunde übertragen werden.

Es gibt Möglichkeiten, mehrere Zustände gleichzeitig pro Schritt zu übertragen. Dadurch erhöht sich die Zahl der Bits pro Sekunde bei gleicher Baudrate.

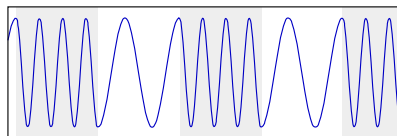
Frequenzumtastung / Frequency Shift Keying (FSK)



Data



Carrier



Modulated Signal

- ähnlich zu FM
- unempfindlich gegenüber Störungen
- einfachste Umsetzung: zwei Frequenzen zum übertragen

Bildung eines binären FSK
Signals (von Ktims

Audio Frequency Shift Keying (AFSK)

Modulation von zwei Tönen, je nach Zustand

RTTY

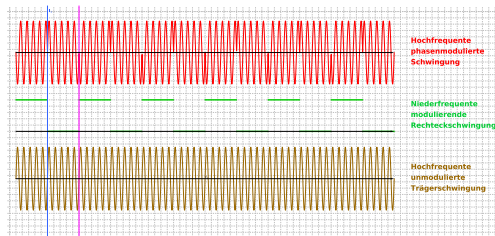
logisch 0 1200 Hz (oder 2100 Hz bei "high tones")

logisch 1 1400 Hz (oder 2300 Hz bei "high tones")

Modulation mit 14100 kHz und SSB ergibt die Frequenzen 14101,200 kHz und 14101,400 kHz.

Die 200 Hz Frequenzabstand wird *Shift* genannt.

Phase Shift Keying (PSK)

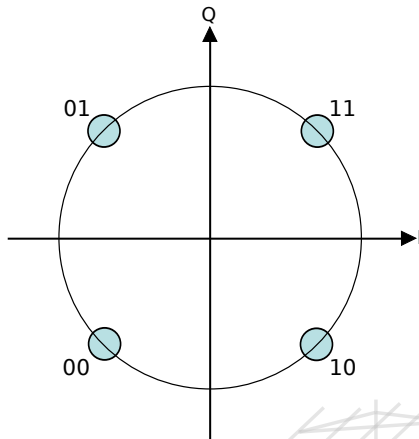


BPSK mit harter Umtastung (von L31n42 ↗)

©

- Welle wird um 180° gedreht
- BPSK enthält nur zwei Zustände (binary)

Quadraturphasenumtastung

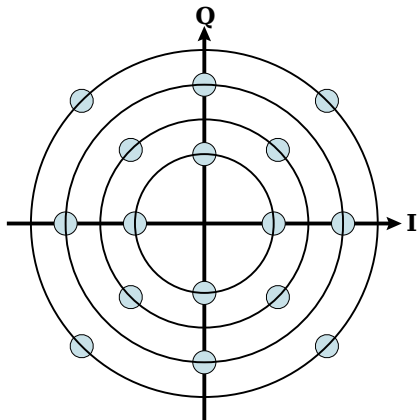


Konstellationsdiagramm QPSK ("4-QAM")

(von Splash ↗ © ⓘ ⓘ)

- QPSK nutzt Phasensprünge alle 90° (quadrature)
- → Übertragung von 2 Bits zur gleichen Zeit
- Verwendung bei *PSK31* und *Pactor*
- Darstellung als Konstellationsdiagramm mit *I* für *In-phase component* und *Q* für *Quadrature Component*

Quadraturamplitudenmodulation



Circular 16QAM (von Life of Riley [↗](#) [©](#) [©](#))

- Kombination von Phase und Amplitude für Datenübertragung
- Mehrere Bits können zur gleichen Zeit übertragen werden
- Anwendung bei Modems, DSL, DVB etc.
- *Beispiel:* [↗](#) 4 Bit 16-QAM Demo
- DVB-C2 G.hn (HomeGrid) nutzen 12 Bit 4096-QAM

Packet Radio

- ... ist tot
- ... aber dummerweise noch Prüfungsbestandteil
- meist im UHF-Band, geht aber auch in VHF, KW oder SHF
- höhere Übertragungsraten als RTTY (i. d. R. 1200 oder 9600 Baud)
- Fehlerkorrektur
- Digipeater als Zwischenstationen
- Mailboxen für Speicherstellen

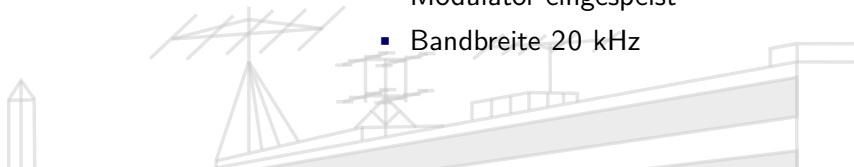
Packet Radio

1k2-Packet

- 1200 Baud
- NF-Töne bei 1200 Hz und 2200 Hz (1000 Hz Shift)
- Mittenfrequenz bei 1700 Hz
- → AFSK-Signal mit 12 kHz Bandbreite

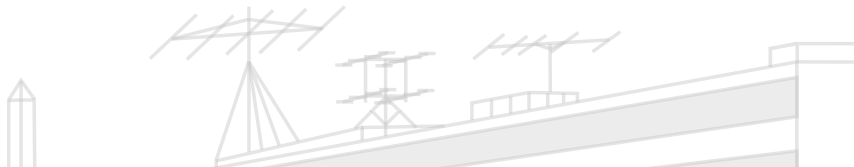
9k6-Packet

- 9600 Baud
- Optimierung der Übertragung von vielen 1en oder 0en durch "Scrambling" (abwechselnde Invertierung)
- hohe Rechteckfrequenzen von 4800 Hz werden statt über den NF-Eingang direkt in den Modulator eingespeist
- Bandbreite 20 kHz



TX-Delay

- Sender braucht einige Zeit zum einschwingen
- Geräte brauchen Zeit, um von Empfang auf Sendung zu schalten
- Abhilfe schafft das einstellbare *TX-Delay* am Computer, der Soundkarte oder dem TNC
- → mit der Datenübertragung wird einige Millisekunden gewartet



Packet Radio Netzwerk

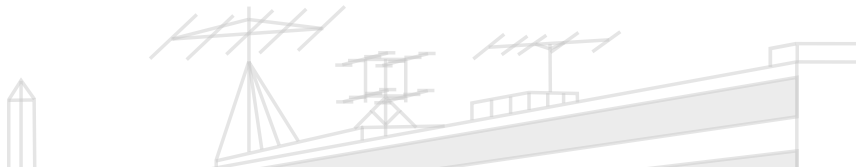
- es kann immer nur eine Station gleichzeitig senden¹
- ansonsten kommt es zu Kollisionen
- → *DAMA* (Demand Assigned Multiple Access)
- Stationen werden nacheinander gepollt, ob sie Daten senden möchten²

¹wie im 10BASE2-Netzwerk oder mit Hubs

²fast wie bei Token Ring

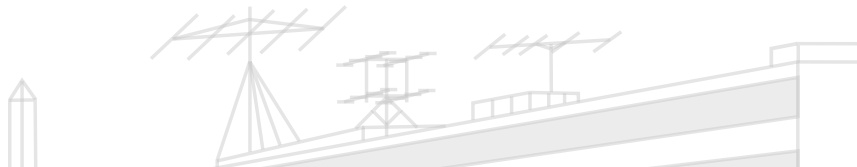
Automatic Packet Reporting System (APRS)

- sendet kurze Datenpakete ohne Bestätigung
- Inhalte sind Wetterdaten, Positionsmeldungen und andere Messwerte
- ganz häufig GPS-Koordinaten des eigenen Fahrzeugs mit Rufzeichen
- ↗ Darstellung mit Karte von Berlin
- QRG ist 144,800 MHz



PSK31

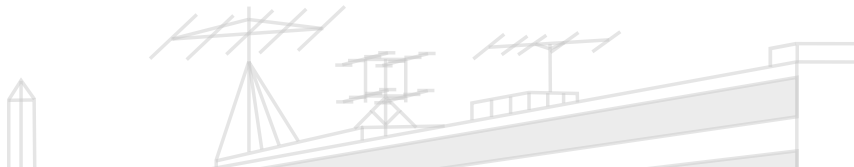
- 1999 von G3LPX entwickelt
- Bitrate von 31,25 Bit/s – Bandbreite somit 31 Hz
- → 1/10 der Bandbreite von Telegraphie!
- mit guten Filtern reichen 10 W für weltweiten Funkverkehr
- Subarten BPSK und QPSK (mit Fehlerkorrektur auf zweitem Kanal)
- Hilfsträger bei 1000 Hz



AMTOR

Amateur Microprocessor Teleprinting Over Radio

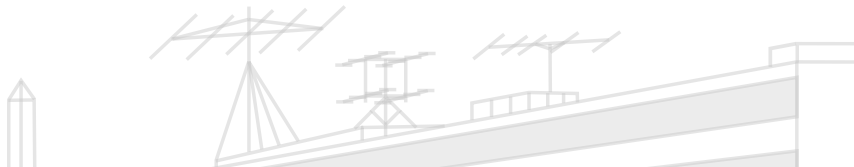
- hohe Übertragungssicherheit
- nach drei Zeichen wird eine Quittierung eingefordert
- → ARQ (automatic repeat request)
- 7 Bits, von denen nur die 38 Kombinationen mit 4 Einsen und 3 Nullen verwendet werden
- abgelöst durch PACTOR



PACTOR

Packet Teleprinting Over Radio

- Weiterentwicklung von AMTOR durch DF4KV und DL6MAA in 1990
- für störungsbehaftete Übertragung auf Kurzwelle geeignet
- 8-Bit Code zzgl. CRC-Check
- Weiterentwicklung aktuell bei PACTOR 4 mit 10500 bps
- Controller ist gebrauchsmustergeschützt und recht teuer



Referenzen/Links

[1] DARC Online-Lehrgang Lektion A15:

<https://www.darc.de/der-club/referate/ajw/lehrgang-ta/a15/>

[2] Fragenkatalog Bundesnetzagentur Technik Klasse A:

https://www.bundesnetzagentur.de/SharedDocs/Downloads/DE/Sachgebiete/Telekommunikation/Unternehmen_Institutionen/Frequenzen/Amateurfunk/Fragenkatalog/TechnikFragenkatalogKlasseAf252rId9014pdf.pdf?__blob=publicationFile&v=3

