

# AfuTUB-Kurs

## Technik Klasse A 15: Übertragungstechnik

DK0TU  
Amateurfunkgruppe der TU Berlin

<https://dk0tu.de>

WiSe 2017/18 – SoSe 2018

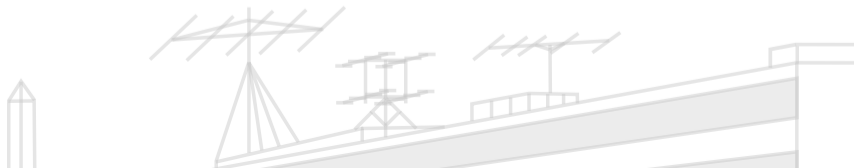


This work is licensed under the *Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 License*.

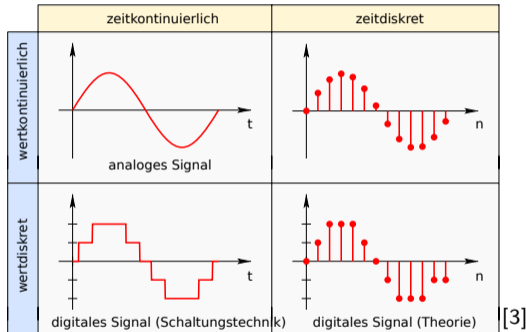
Amateurfunkgruppe der Technische Universität Berlin (AfuTUB), DKØTU, Stand: Thu Jul 5 13:33:12 2018 +0200

# Einleitung / Umleitung

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



# Analog-Digital-Wandlung (ADC)



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

Abtastung zeitkontinuierlich  $\rightarrow$  zeitdiskret

Quantisierung wertkontinuierlich  $\rightarrow$  wertdiskret

## Nyquist-Shannon-Abtasttheorem

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

$T_A$ : Abtastabstand

$f_{max}$ : Maximale

Informationsfrequenz

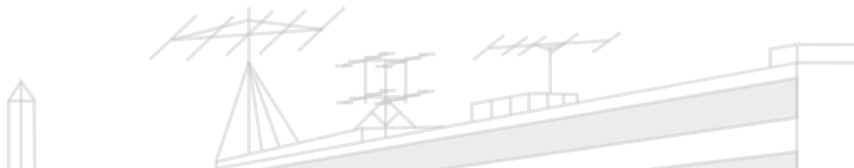
Übersicht kontinuierliche und diskrete Signale

# 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



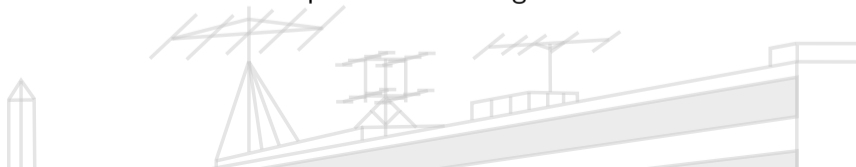
# Übertragungsgeschwindigkeit / Baudrate

Anzahl der Schritte pro Sekunde

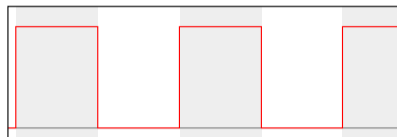
$$1200 \text{ Bd} \equiv 1200 \frac{\text{Schritte}}{\text{Sekunde}}$$

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

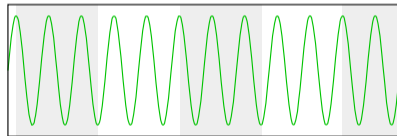
Es gibt Möglichkeiten, mehrere Zustände gleichzeitig pro Schritt zu übertragen. Dadurch erhöht sich die Zahl der Bits pro Sekunde bei gleicher Baudrate.



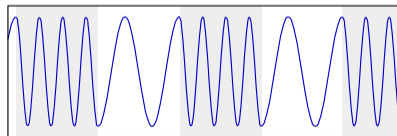
# Frequenzumtastung / Frequency Shift Keying (FSK)



Data



Carrier



Modulated Signal

[4]

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

# Audio Frequency Shift Keying (AFSK)

Modulation von zwei Tönen, je nach Zustand

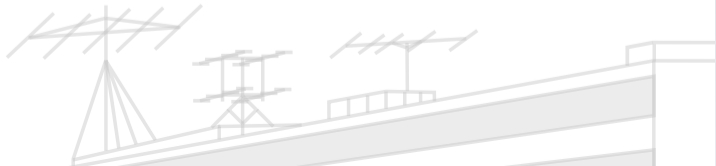
## RTTY

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

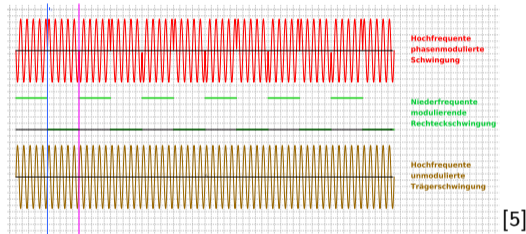
logisch 1 1400 Hz (oder 2300 Hz bei "high tones")

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)

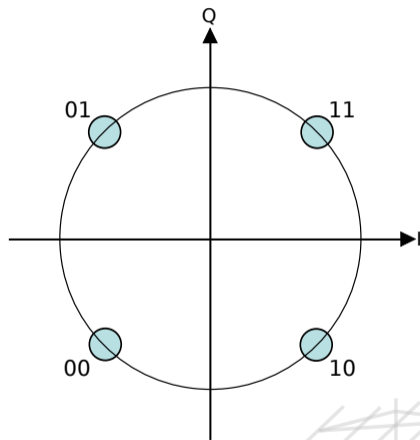


- Welle wird um  $180^\circ$  gedreht
- BPSK enthält nur zwei Zustände (binary)

BPSK mit harter Umtastung



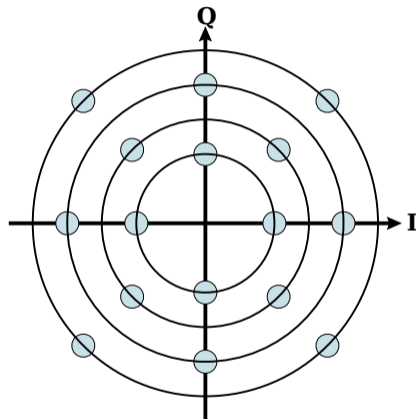
# Quadraturphasenumtastung



Konstellationsdiagramm QPSK ("4-QAM")

- QPSK nutzt Phasensprünge alle  $90^\circ$  (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

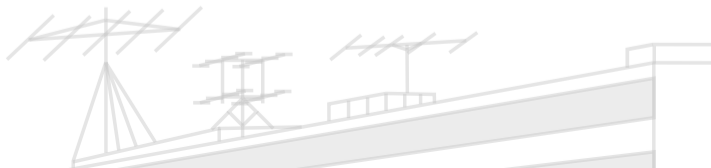


Circular 16QAM

- 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



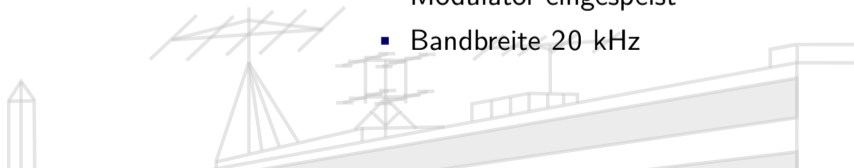
# Packet Radio

## 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

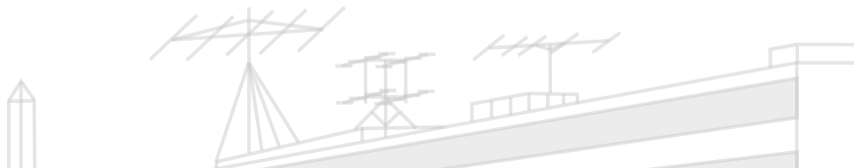
## 9k6-Packet

- 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 senden<sup>1</sup>
- ansonsten kommt es zu Kollisionen
- → *DAMA* (Demand Assigned Multiple Access)
- Stationen werden nacheinander gepollt, ob sie Daten senden möchten<sup>2</sup>

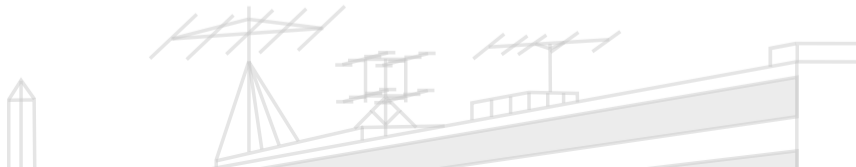
---

<sup>1</sup>wie im 10BASE2-Netzwerk oder mit Hubs

<sup>2</sup>fast wie bei Token Ring

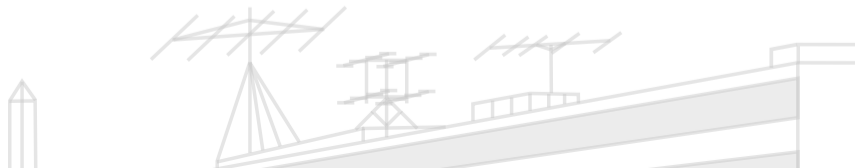
# Automatic Packet Reporting System (APRS)

- 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

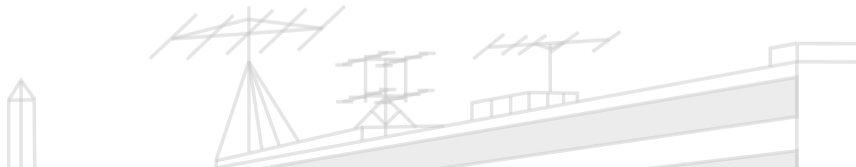




# AMTOR

## Amateur Microprocessor Teleprinting Over Radio

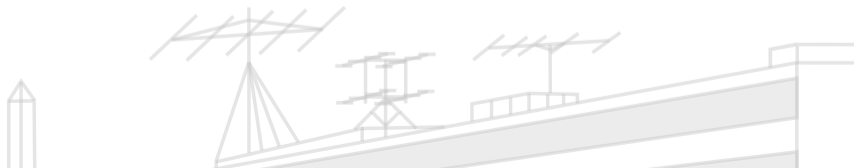
- hohe Übertragungssicherheit
- nach drei Zeichen wird eine Quittierung eingefordert
- → ARQ (automatic repeat request)
- 7 Bits, von denen nur die 38 Kombinationen mit 4 Einsen und 3 Nullen verwendet werden
- abgelöst durch PACTOR



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

Abbildungen:

- [3] Abtastung: 

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3A%C3%9Cbersicht\\_kontinuierliche\\_und\\_diskrete\\_Signale.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3A%C3%9Cbersicht_kontinuierliche_und_diskrete_Signale.svg)

- [4] FSK: 

<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Fsk.svg>

- [5] PSK: 

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phase\\_modulation\\_\(PHM\).svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Phase_modulation_(PHM).svg)

- [6] QPSK: 

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:QPSK\\_Gray\\_Coded.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:QPSK_Gray_Coded.svg)

[7] 16-QAM: 

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Circular\\_16QAM.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Circular_16QAM.svg)

AfuTUB-Kurs

DK0TU

Digitalsignal

FSK

AFSK

PSK

QPSK

QAM

Packet Radio

APRS

PSK31

AMTOR

PACTOR

Referenzen

