

*Hermann Schumacher, DF2DR*

---

**FreeDV**

Digitaler Sprechfunk  
als Open Source

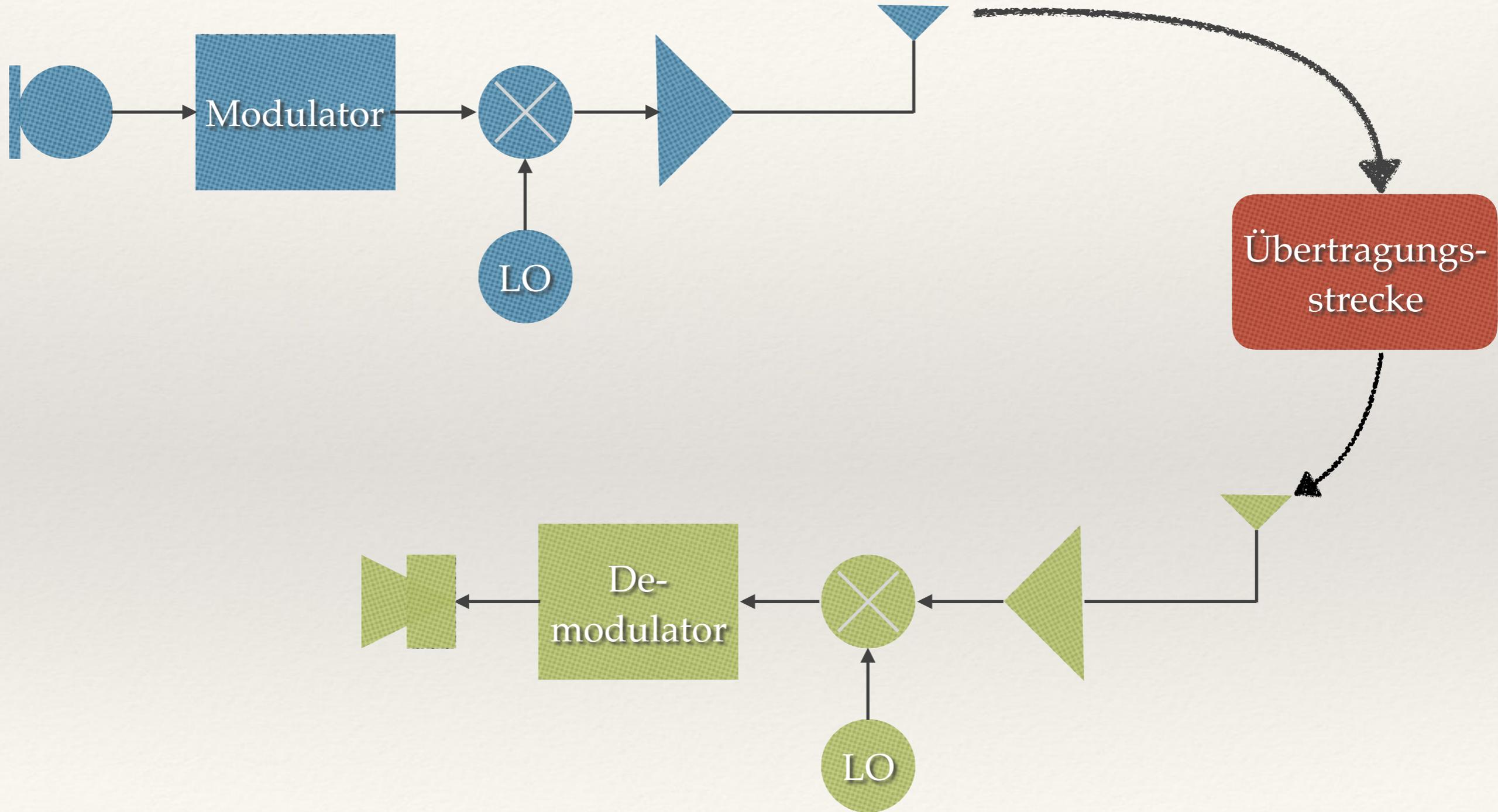
# 100% Amateurfunk

- ❖ Kreative Beschäftigung mit Funktechnik
- ❖ Stand der Technik, und darüber hinaus
- ❖ **Alle** Komponenten eines Funksystems

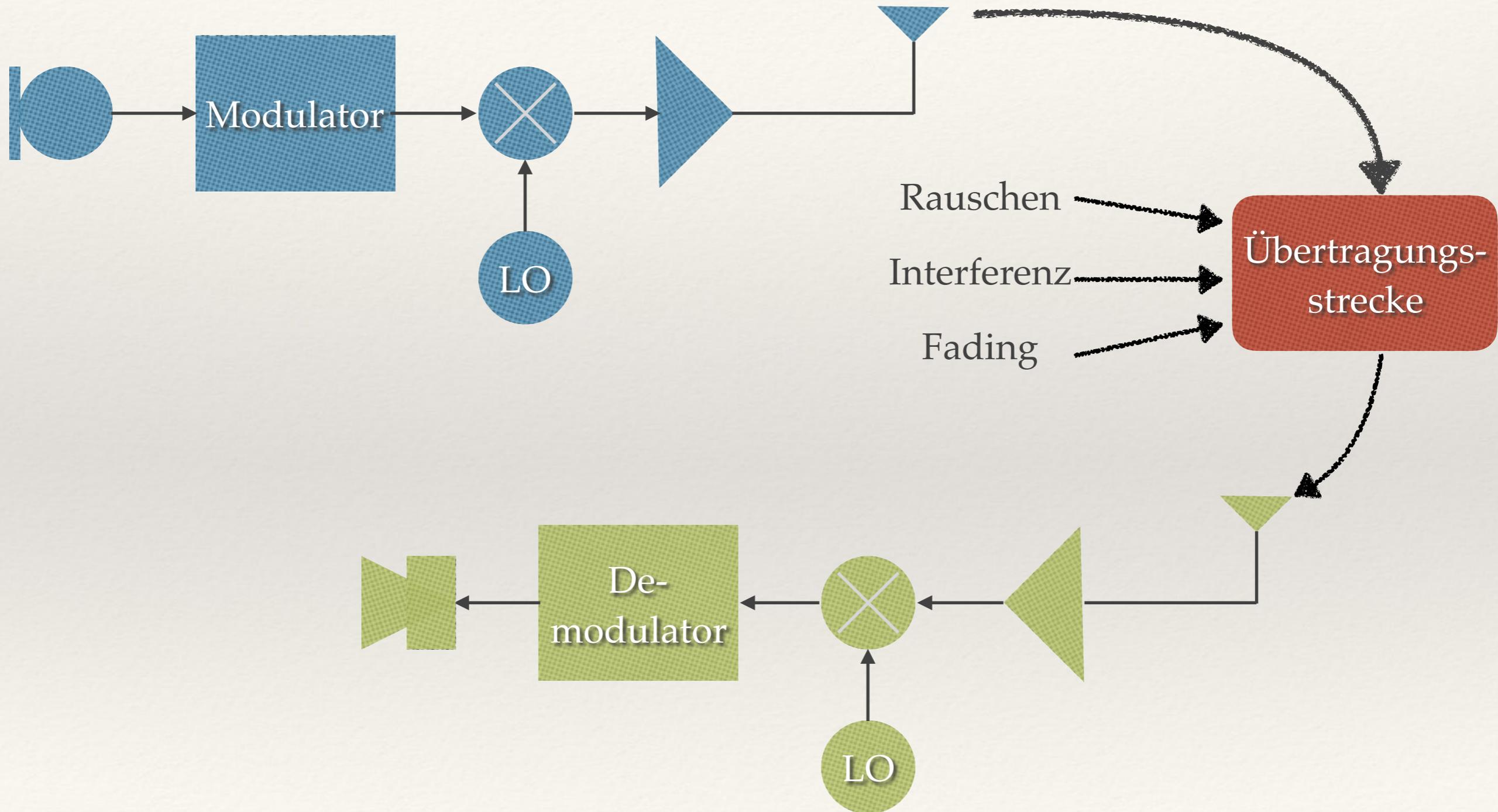


CC BY 3.0 — Cardiff Council Flat Holm Project

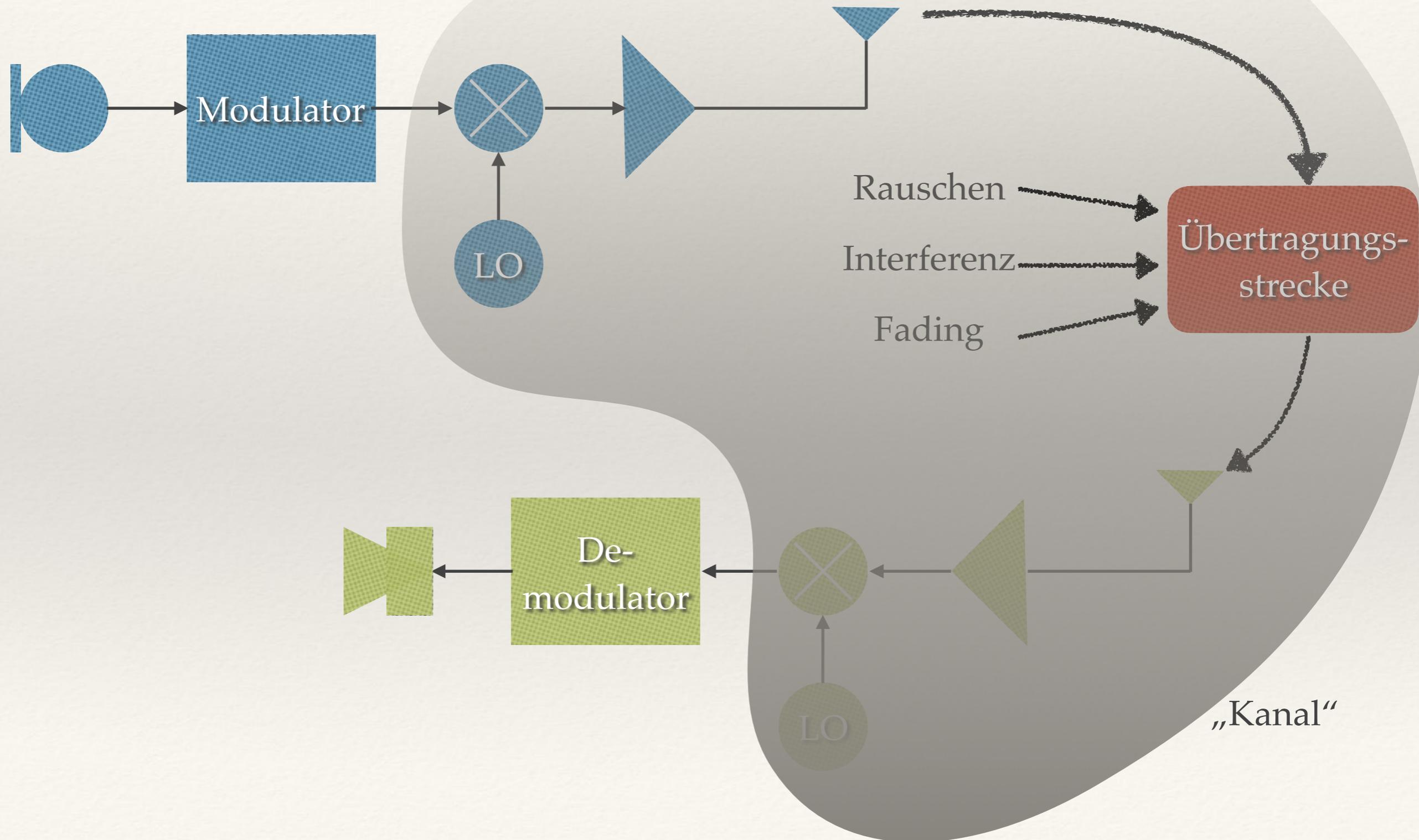
# Analoges Funksystem



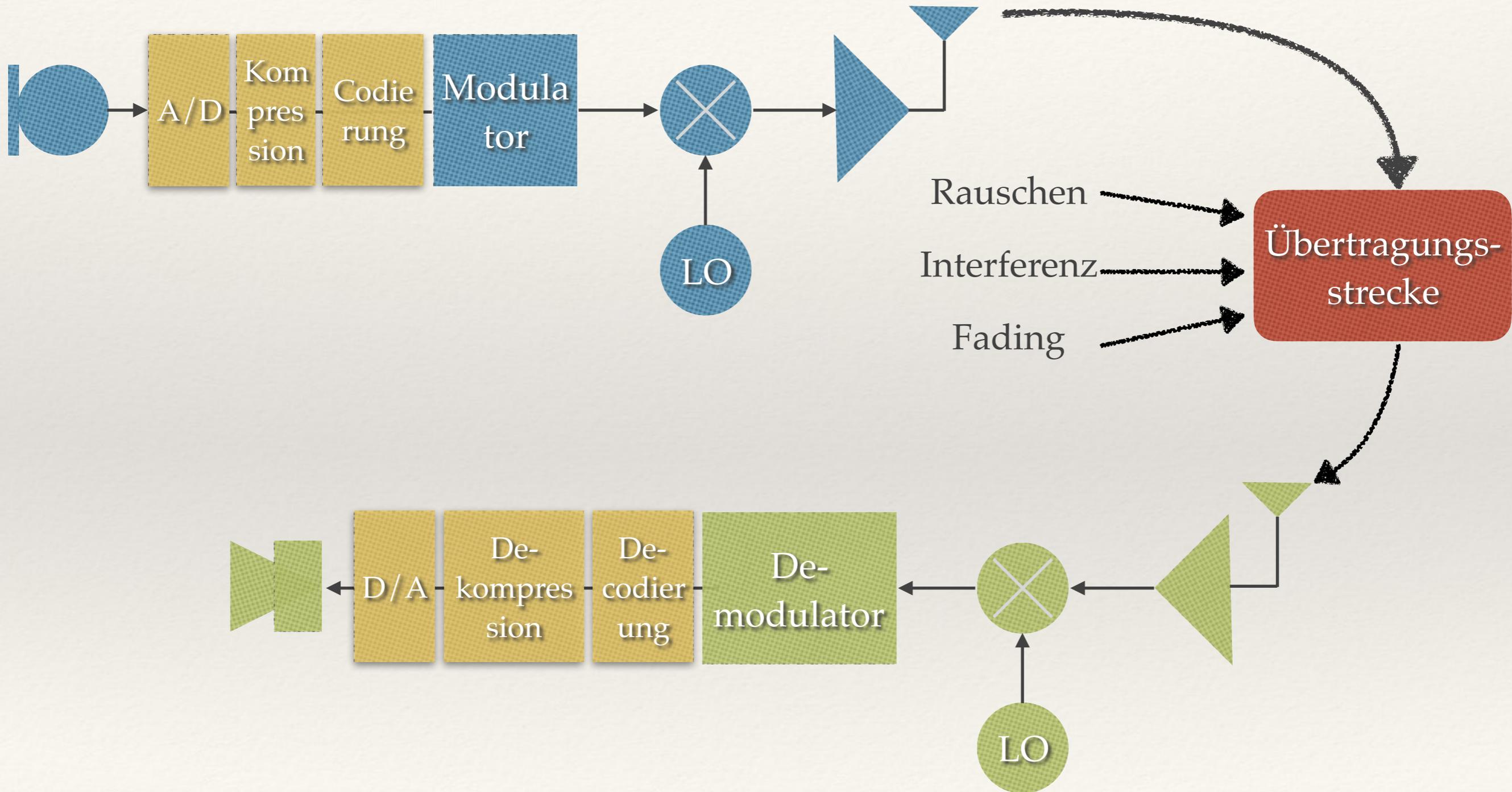
# Analoges Funksystem



# Analoges Funksystem



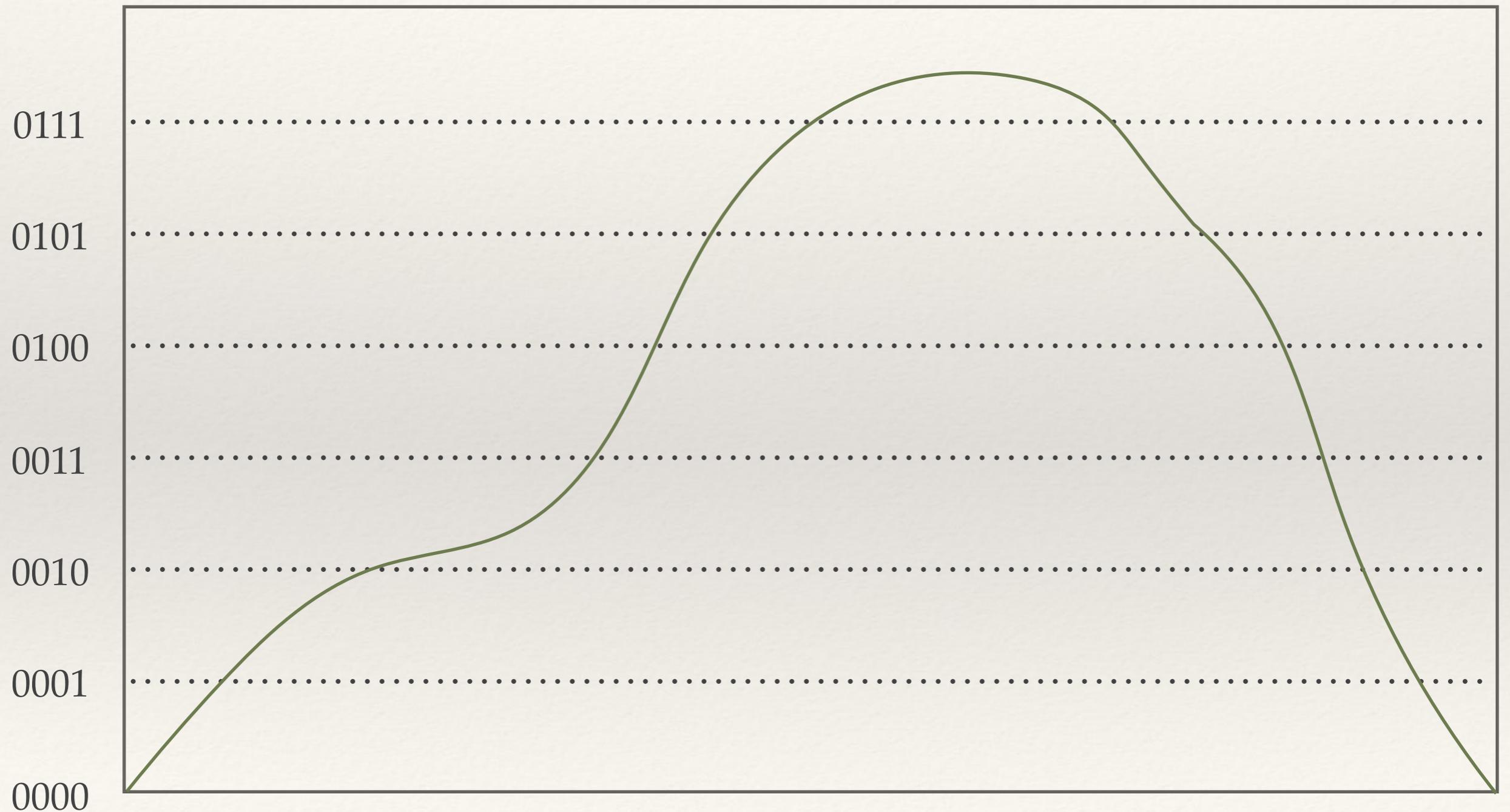
# Digitales Funksystem



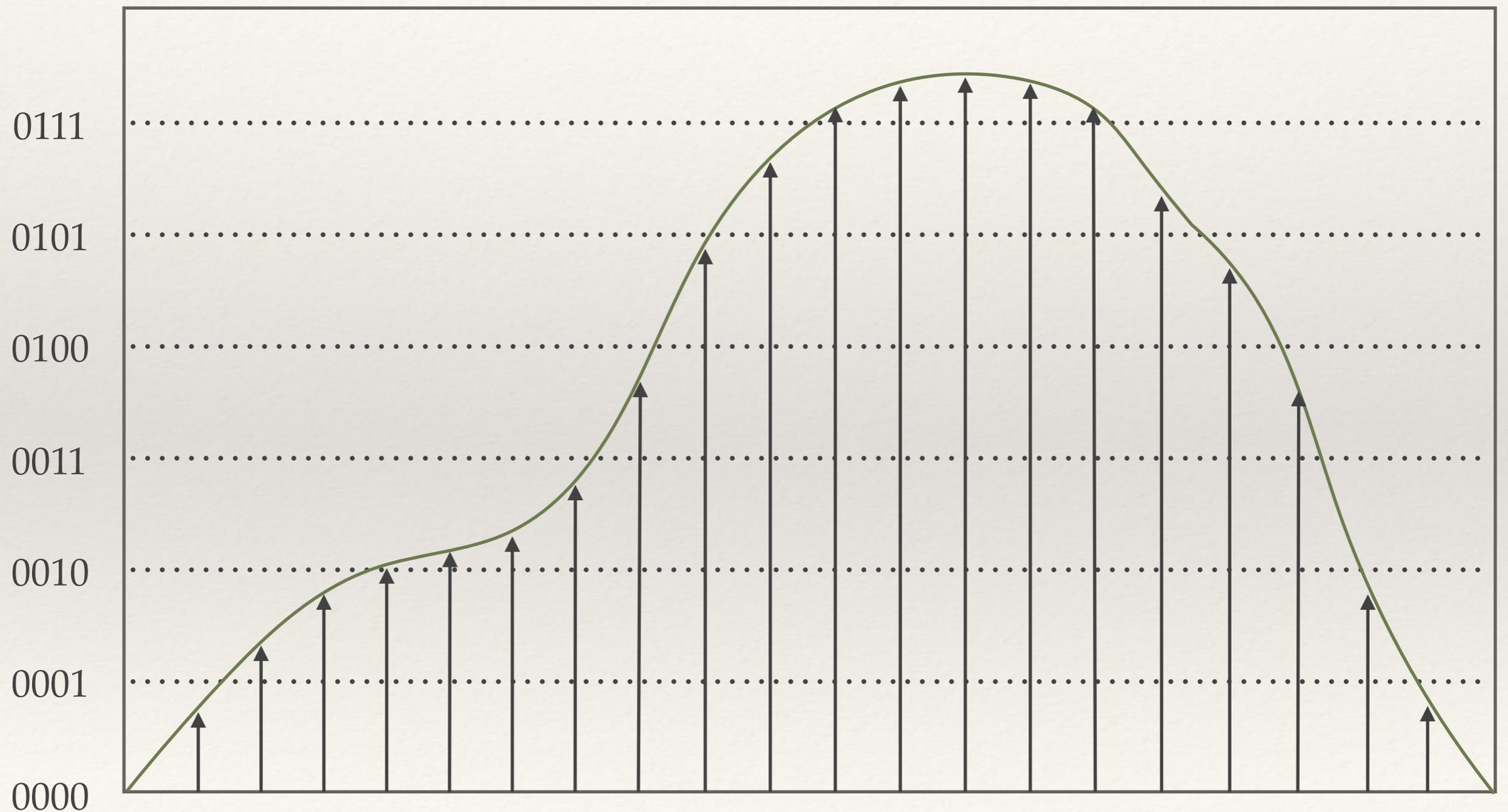
---

# Digital = zeit- und wertdiskret

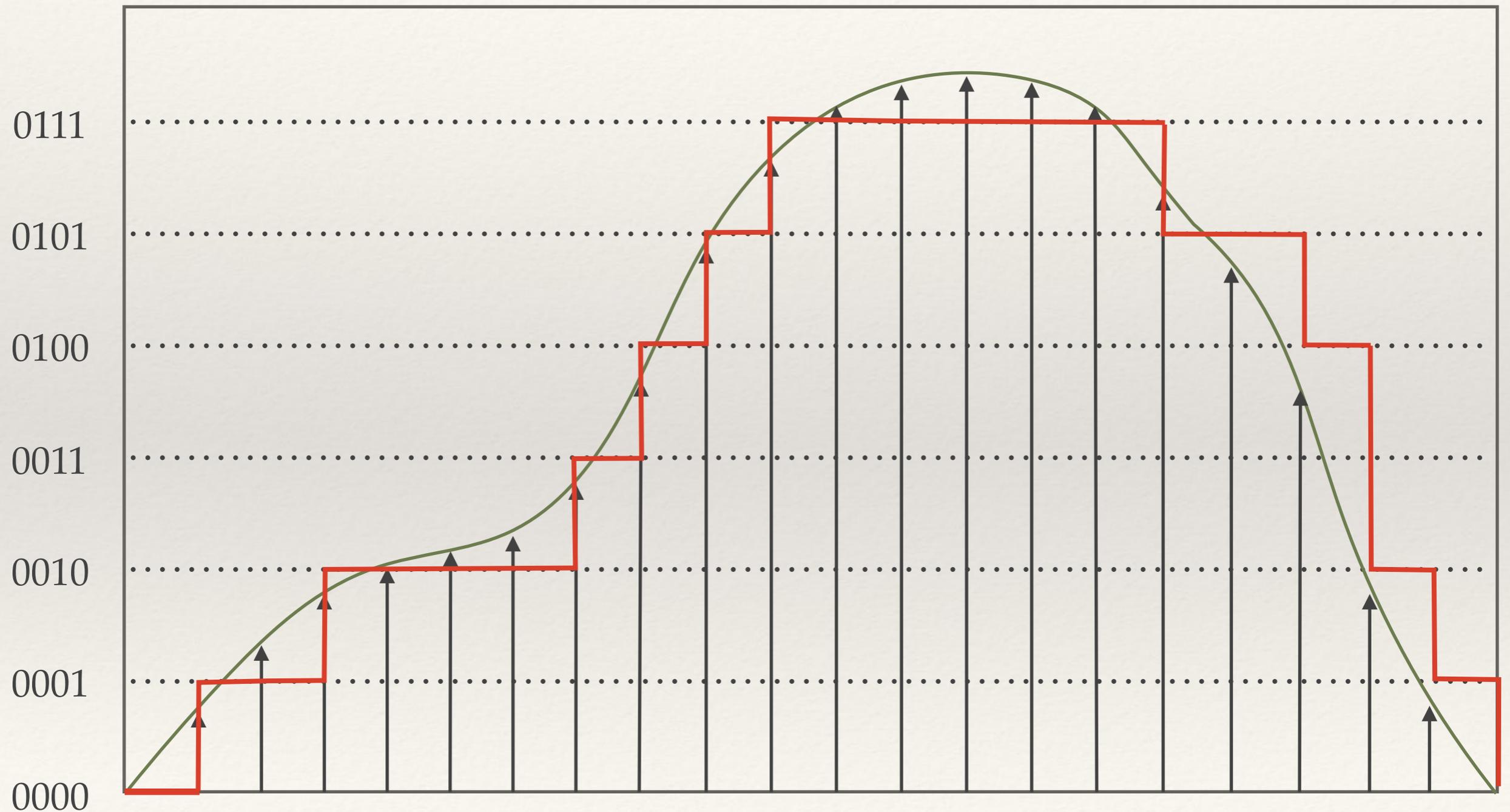
---



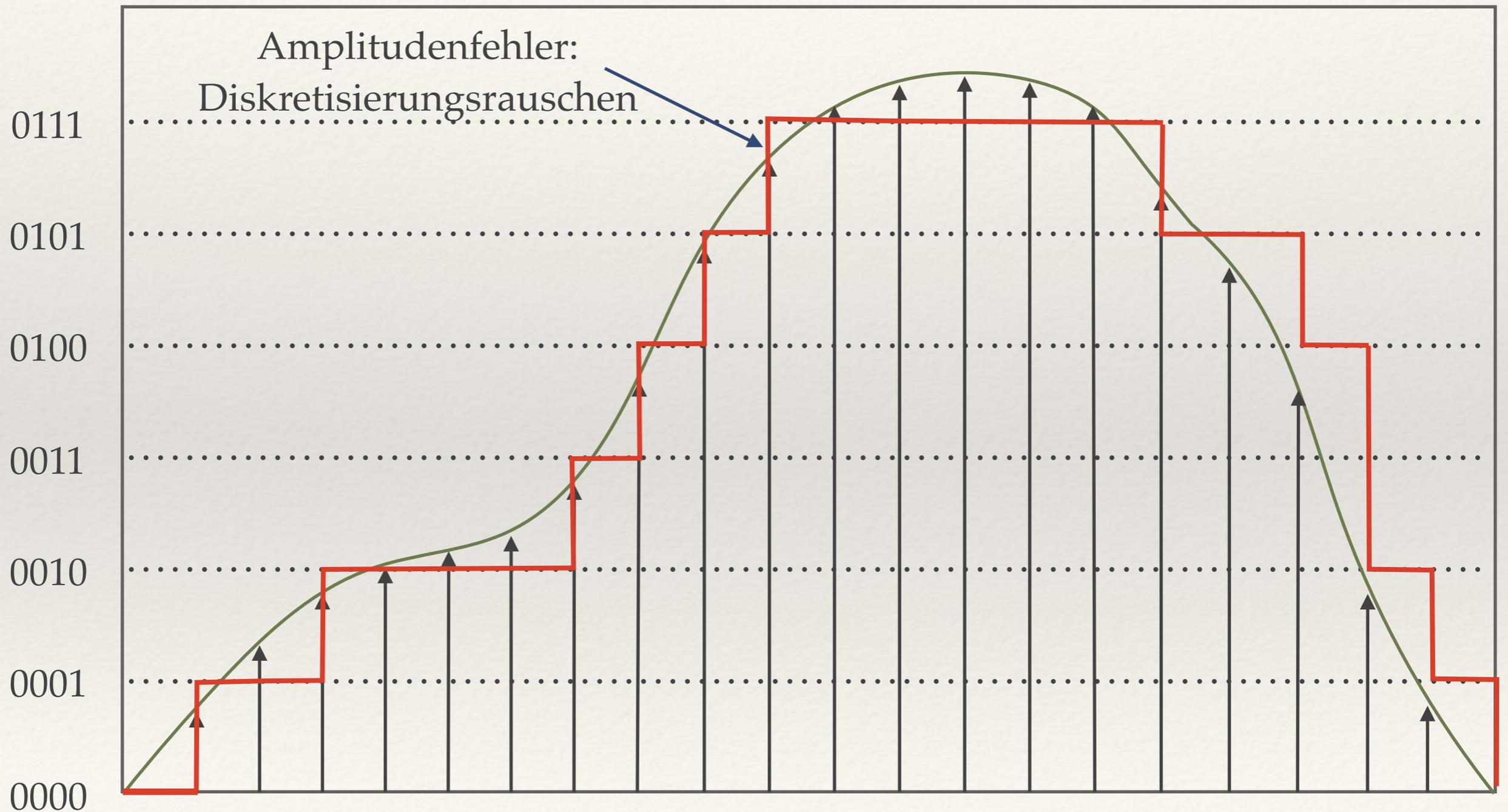
# Digital = zeit- und wertdiskret



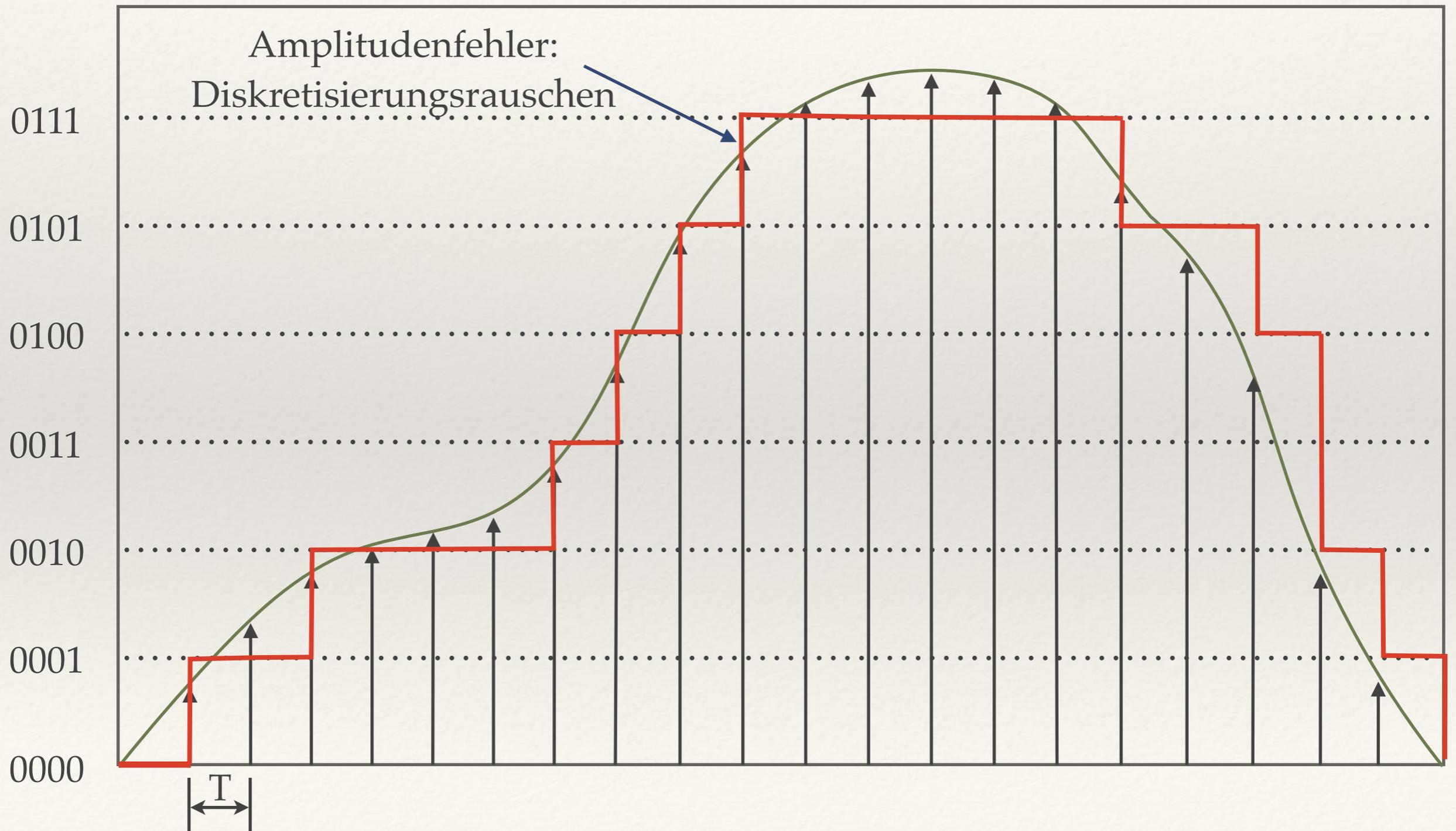
# Digital = zeit- und wertdiskret



# Digital = zeit- und wertdiskret



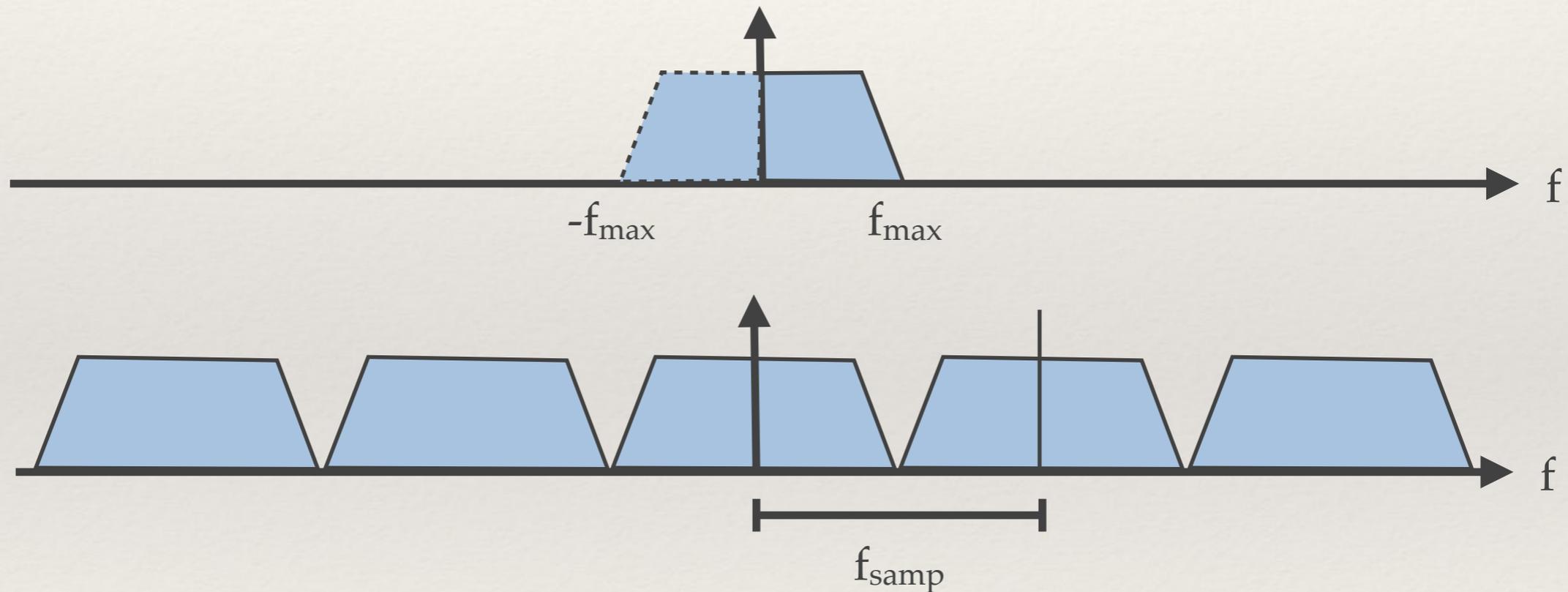
# Digital = zeit- und wertdiskret



# Abtasttheorem

$$f_{\text{samp}} = \frac{1}{T}$$

$$f_{\text{samp}} > 2 \cdot f_{\text{max}}$$



*Bandpass – Signale* :  $f_{\text{samp}} > 2 (f_{\text{max}} - f_{\text{min}})$

---

# Quantisierungsrauschen

---

SNR durch Quantisierung mit N bit: **SNR = N 6.02 dB + 1,76 dB**

Faustformel für Telefon: SNR = 30 dB

—> N > 4,69

---

# Digitalisierung eines Sprachsignals

---

Bandbreite:  $f_{\min}=200$  Hz,  $f_{\max}=4$  kHz

—>  $f_{\text{samp}} > 7,6$  kHz

SNR=30 dB —> N=5 bit

—> Datenrate unkomprimiert: mindestens 38 kbit/s

... plus Redundanz für Kanalcodierung / Fehlerkorrektur

# Digitalisierung eines Sprachsignals

Bandbreite:  $f_{\min}=200$  Hz,  $f_{\max}=4$  kHz

—>  $f_{\text{samp}} > 7,6$  kHz

SNR=30 dB —> N=5 bit

—> Datenrate unkomprimiert: mindestens 38 kbit/s

... plus Redundanz für Kanalcodierung / Fehlerkorrektur

Quellcodierung / Datenkompression  
ist der Schlüssel!

---

# AMBE regiert ...

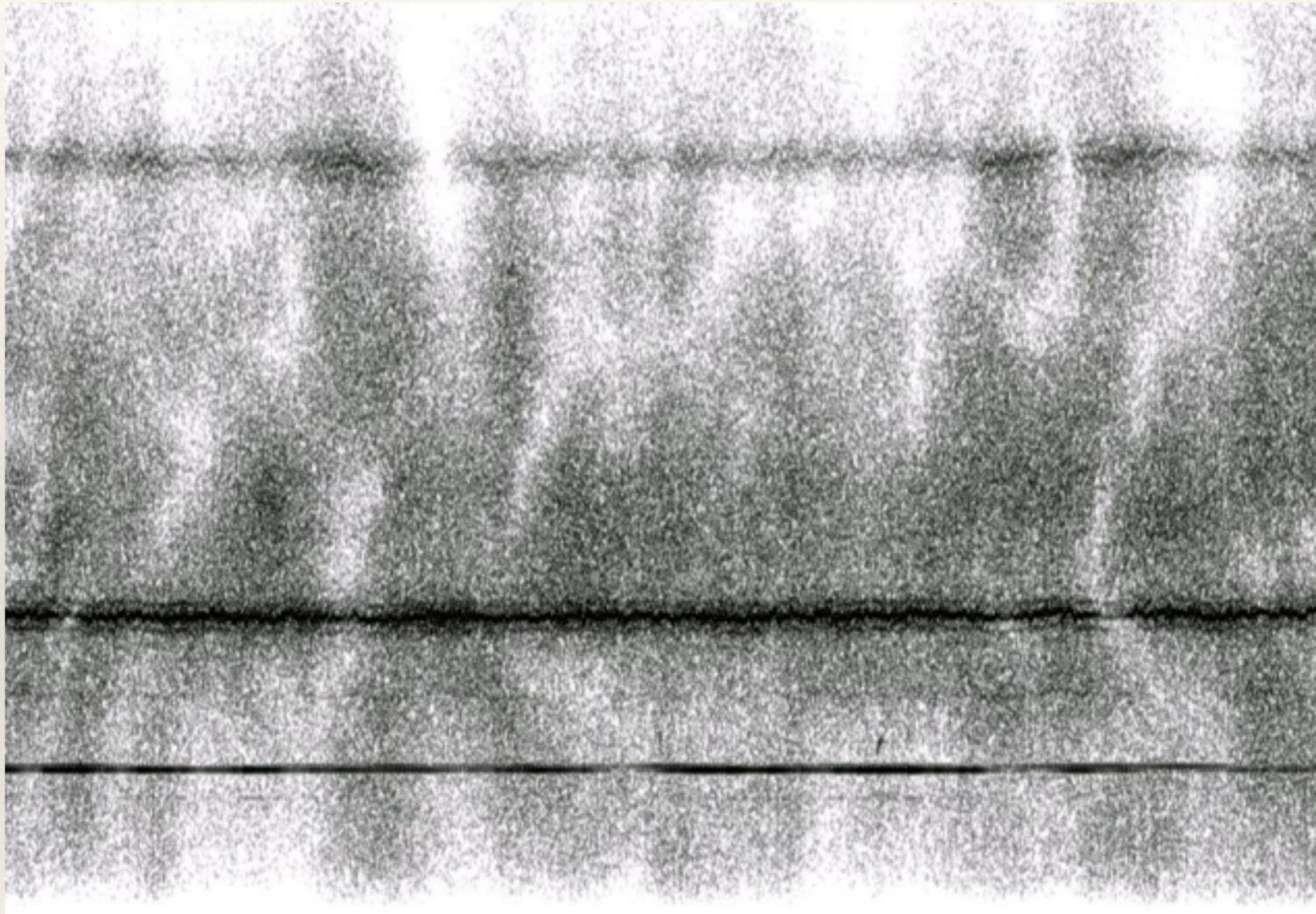
---

System	Codec	Patentinhaber	Bandbreite
Yaesu System Fusion	AMBE	DVSI	12,5 kHz
P25 Phase 1	IMBE	DVSI	12,5 kHz
P25 Phase 2	AMBE	DVSI	12,5 kHz
TETRA	ACELP	VoiceAge	25 kHz (4 Zeitschlitz)
DMR	AMBE	DVSI	12,5 kHz (2 Zeitschlitz)
D-STAR	AMBE	DVSI	6,5 kHz

---

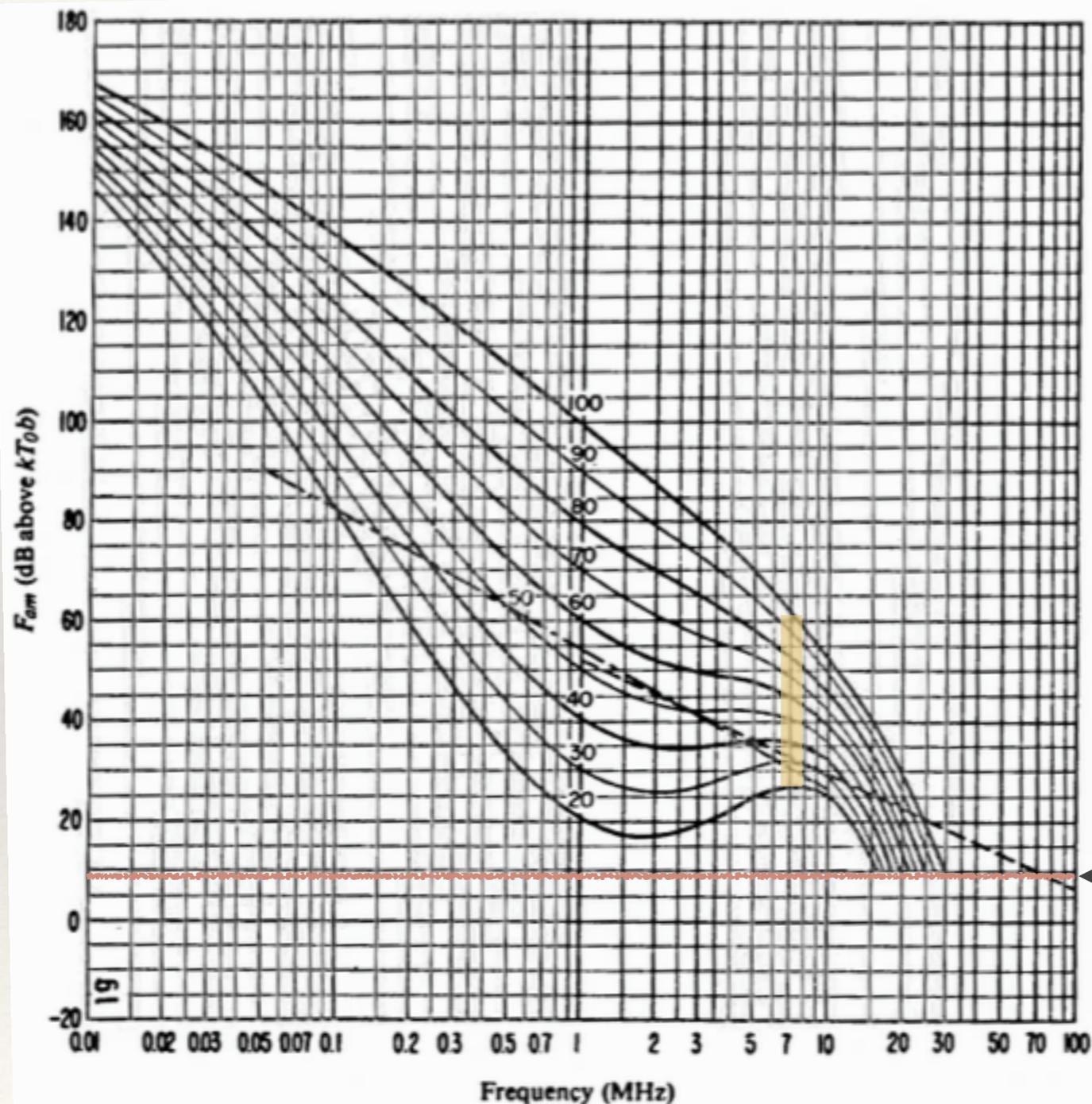
# Kurzwellenkanal: Selective Fading

---



**Kurzwelle: extreme zeitvariante Mehrwege-Ausbreitung  
—> selektives Fading durch destruktive Interferenz.**

# Kurzwellenkanal: Rauschen



Genf, Schweiz

FIGURE 19b – Variation of radio noise with frequency (Summer; 2000-2400 h)

- Expected values of atmospheric noise
- · - · - Expected values of man-made noise at a quiet receiving location
- - - - Expected values of galactic noise

7 MHz: atmosphärischen Rauschen  
15-50 dB über Empfängerrauschen!

10 dB Empfängerrauschzahl

---

# Digitale Sprache auf Kurzwelle

---

Hohe externe Rauschleistungsdichte, selektives Fading:

—> möglichst geringe Bandbreite!

Amateurfunk - rasche Mikrofonwechsel:

—> geringe Latenzzeiten!

Verfügbar auf vielen Plattformen, Experimentalfunk

—> komplett offene Lösung!

---

# FreeDV: Codec2

---

Komplett offen (Lizenzmodell LGPL 2.1)

Modi: 3200 bit/s 2400 bit/s, 1400 bit/s, 1200 bit/s, 700 bit/s

Eng verwandt mit den xMBE Codecs, aber patentfrei.

**Im Weiteren: Implementierung in FreeDV 1600**

---

# FreeDV 1600

---

1600 bit/s Übertragungsrate:

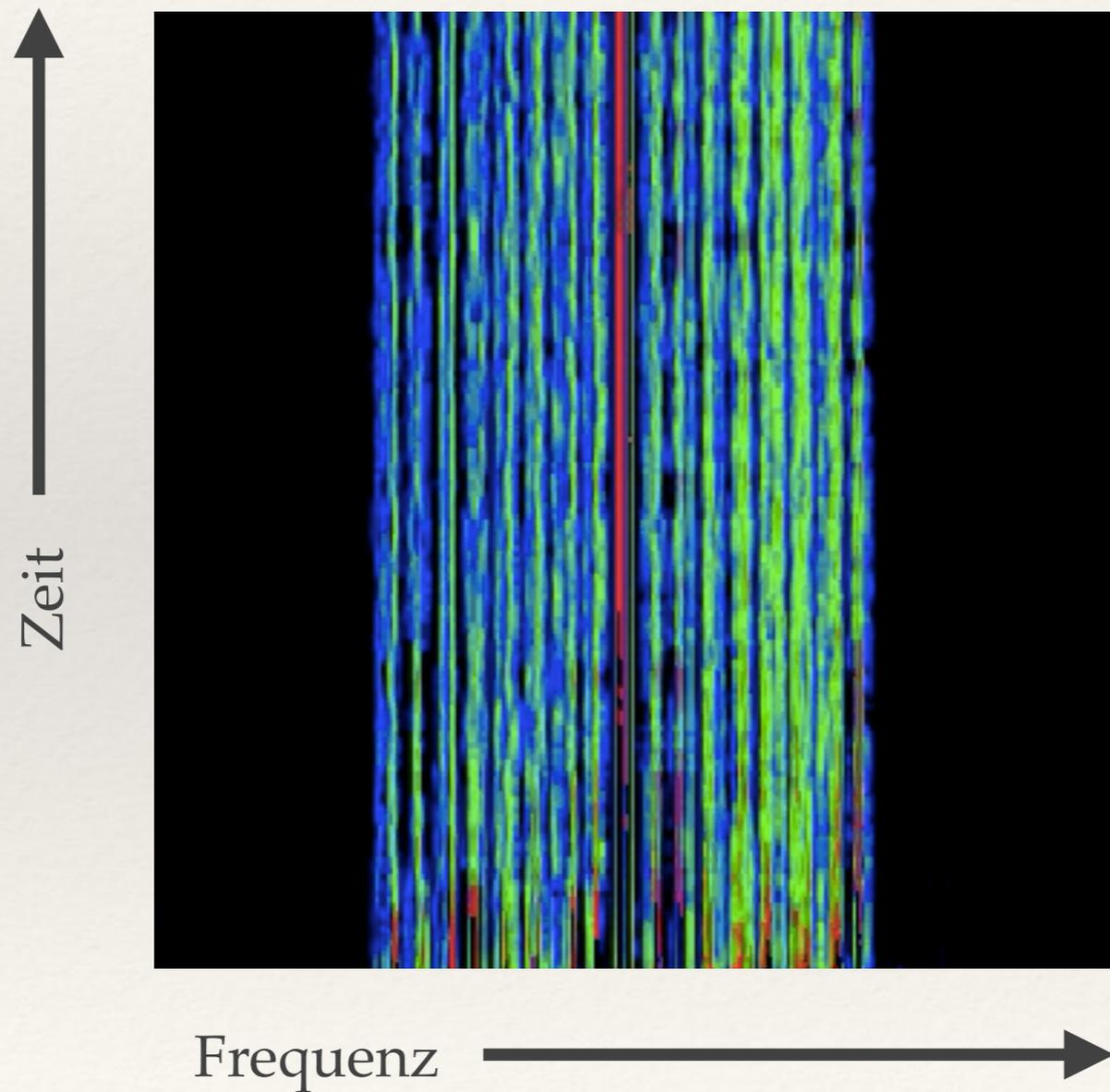
- ❖ 1275 bit/s Sprache
- ❖ 25 bit/s ID / Rufzeichen
- ❖ 300 bit/s FEC (Forward Error Correction)

Kein Zeit-Interleaving — geringe Latenz

---

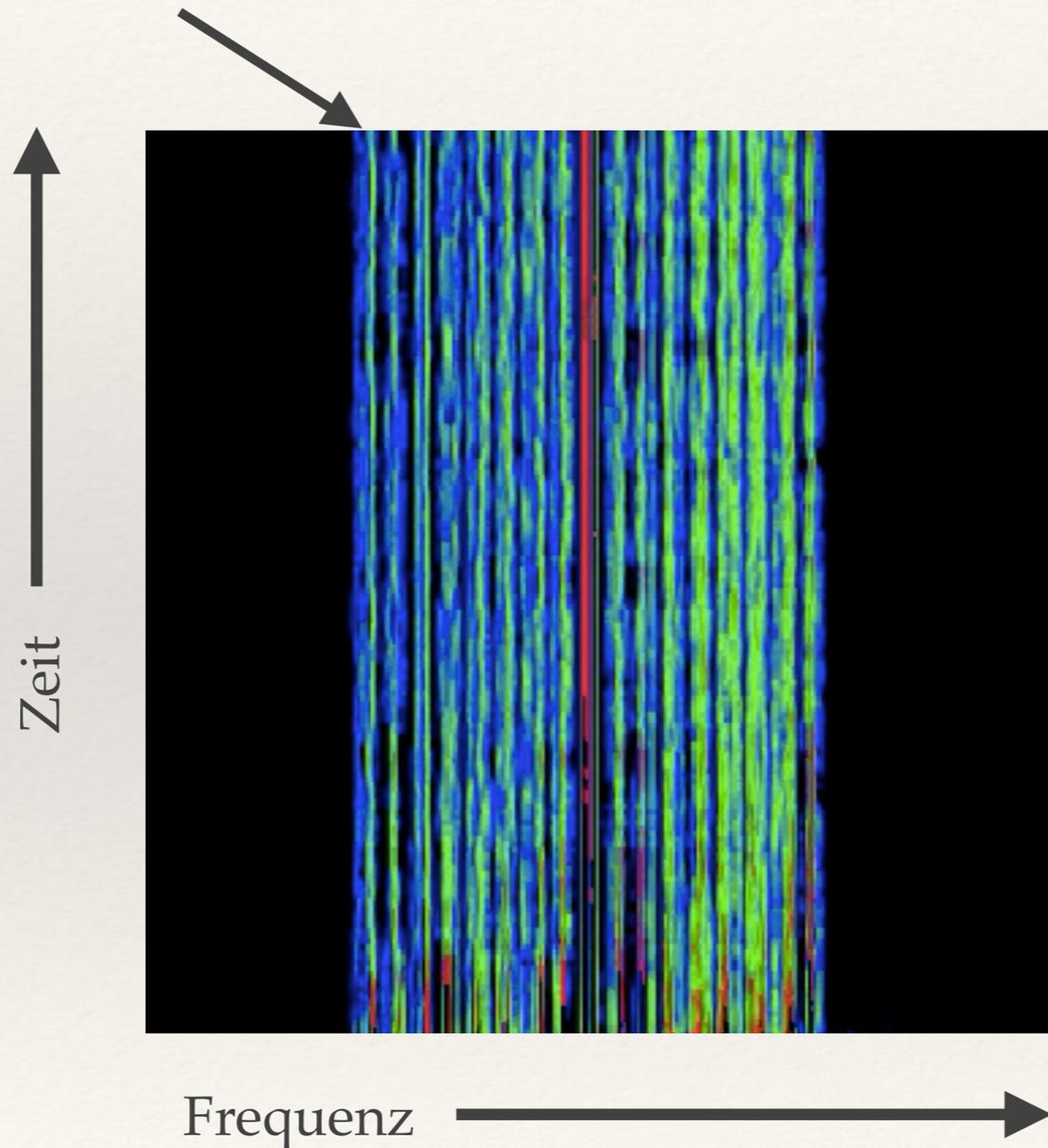
# FreeDV 1600

---



# FreeDV 1600

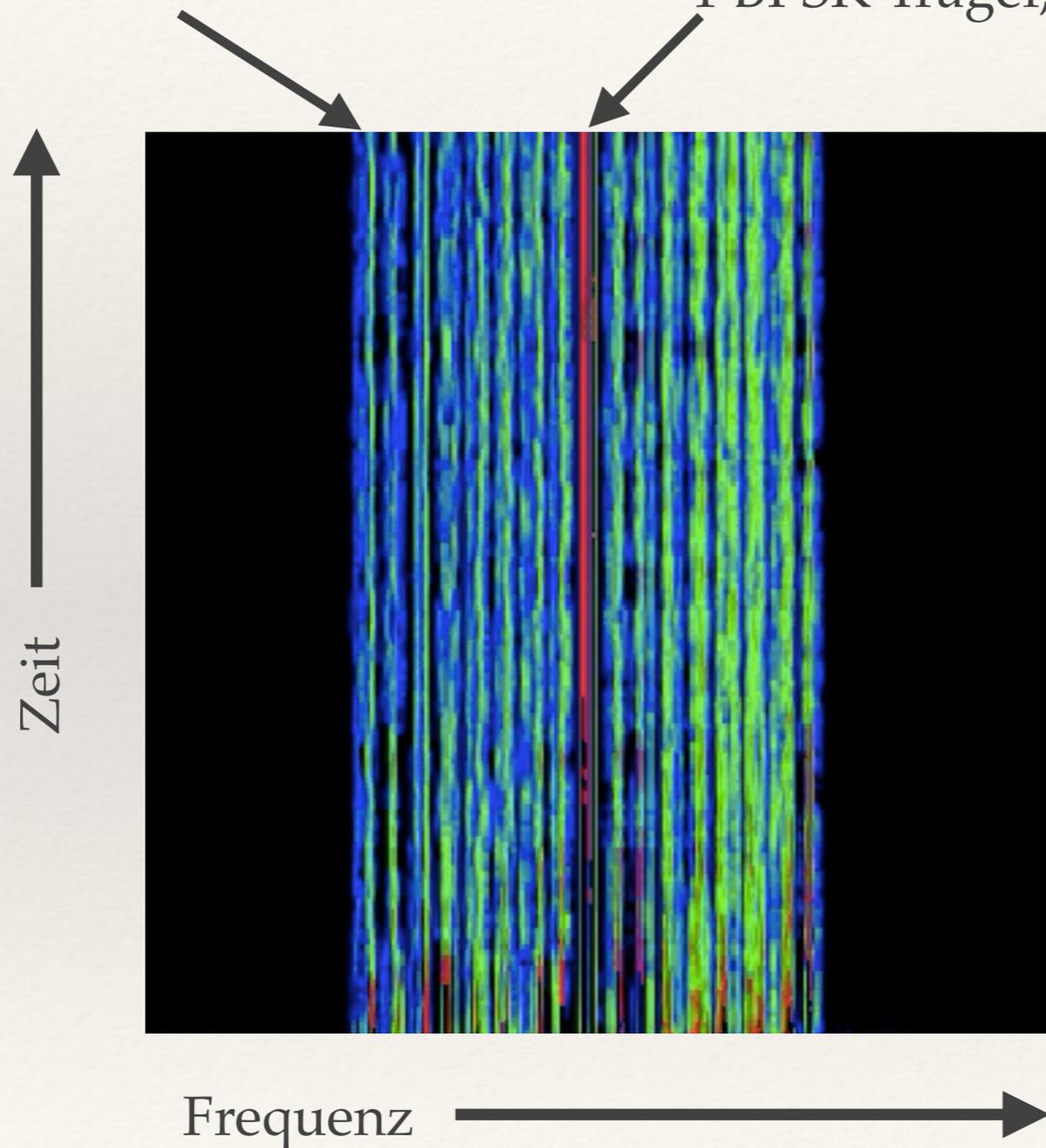
16 DQPSK Träger, 50 Symbole/s (100 bit/s)



# FreeDV 1600

16 DQPSK Träger, 50 Symbole/s (100 bit/s)

1 BPSK Träger, 50 bit/s, +3dB

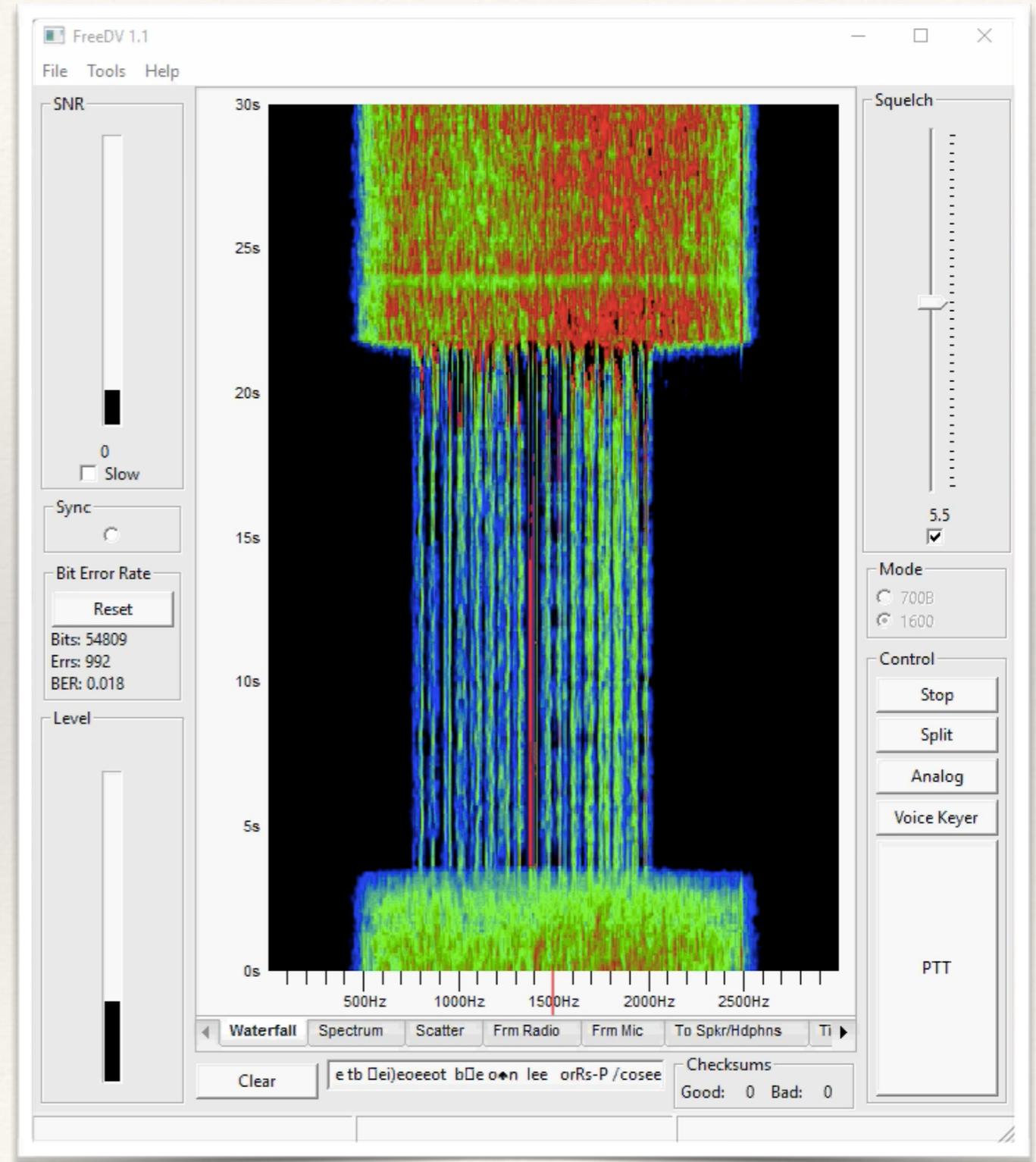


# Software-Lösungen

FreeDV 1.1:

- ❖ Open Source
- ❖ Windows
- ❖ Linux
- ❖ OS X (Mac)

braucht zwei  
Soundkarten!



# FreeDV ohne PC

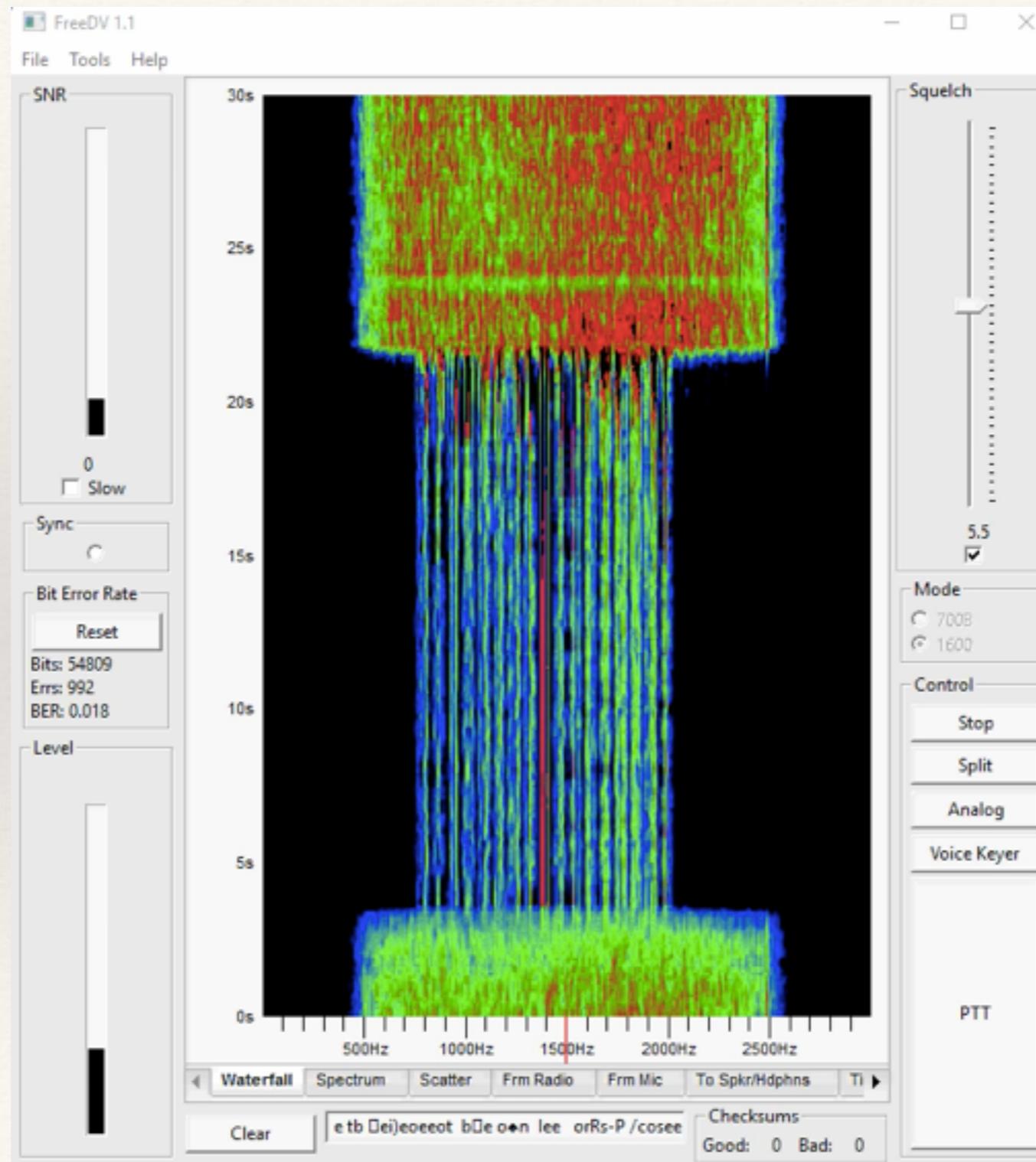
- ❖ Codec und Demodulator
- ❖ NF zu / von SSB-Transceiver
- ❖ als „Lautsprecher-Mikrofon“ konzipiert
- ❖ FreeDV 1600
- ❖ Open Source: DSP-Chip frei programmierbar



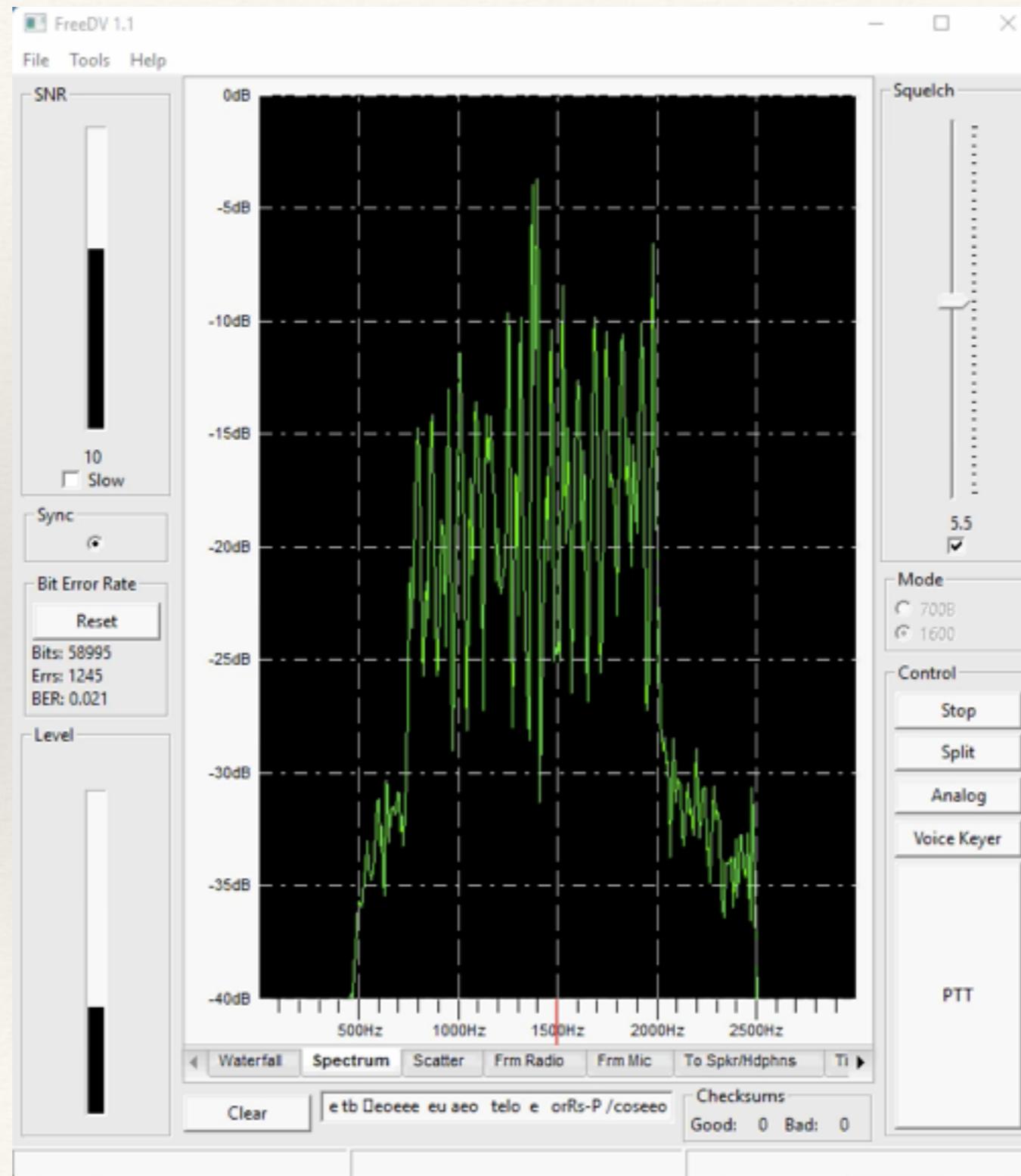
*Bildquelle: Rowetel Website,*

*[http://www.rowetel.com/blog/?page\\_id=3902](http://www.rowetel.com/blog/?page_id=3902)*

# FreeDV-Signal im Wasserfalldisplay



# FreeDV 1.1 - Signal: Spektrum



# FreeDV-Signal: Scatter Plot

