

# Systeme II

## 8. Die physikalische Schicht (Teil 2)

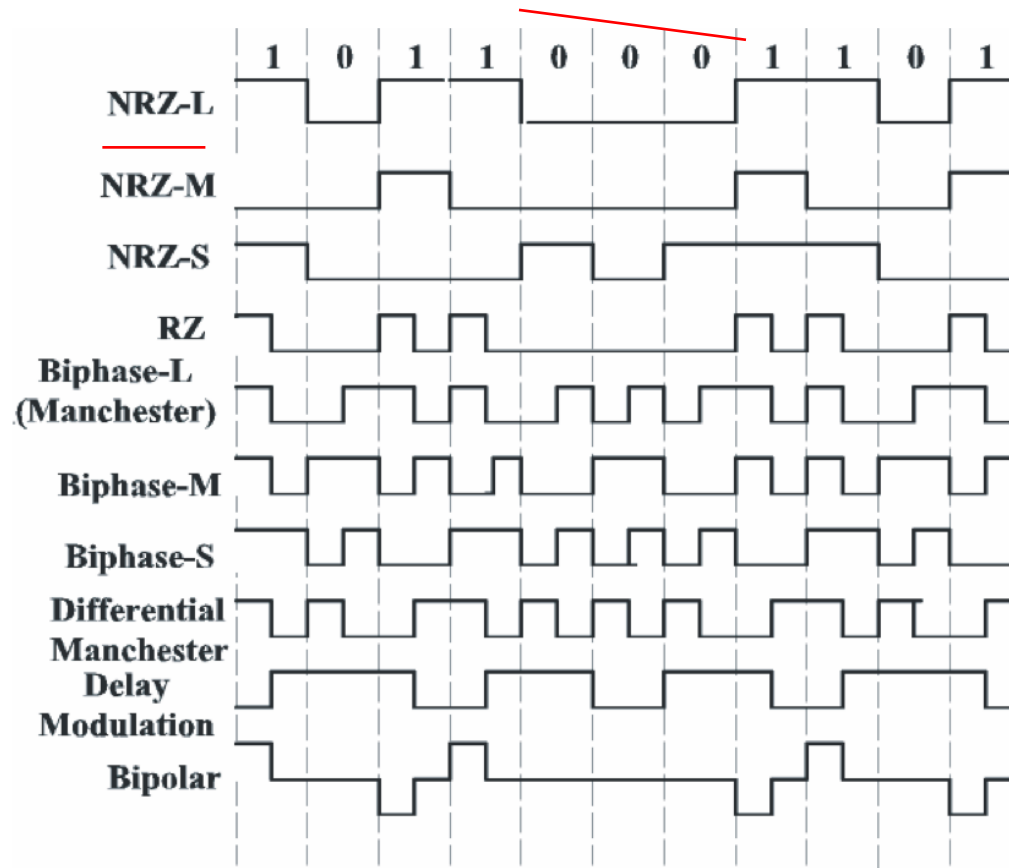
Thomas Janson<sup>°</sup>, Kristof Van Laerhoven\*, Christian  
Ortolf<sup>°</sup>

Folien: Christian Schindelbauer<sup>°</sup>

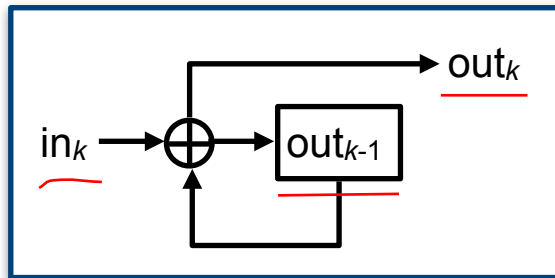
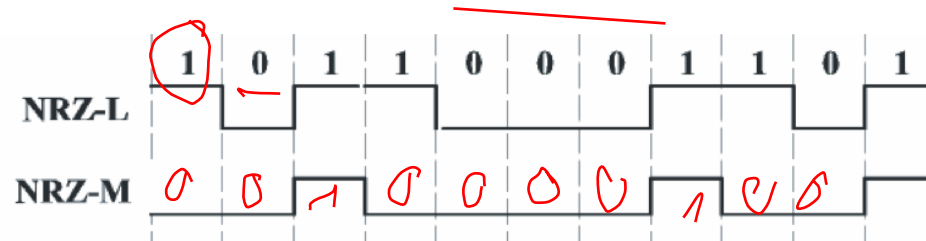
Technische Fakultät

<sup>°</sup>: Rechnernetze und Telematik, \*: Eingebettete Systeme

- Non-Return to Zero-Level (NRZ-L)
  - 1 = hohe Spannung, 0 = niedrig
- Non-Return to Zero-Mark (NRZ-M)
  - 1 = Wechsel am Anfang des Intervalls
  - 0 = Kein Wechsel
- Non-Return to Zero-Space (NRZ-S)
  - 0 = Wechsel am Intervallanfang
  - 1 = Kein Wechsel
- Return to Zero (RZ)
  - 1 = Rechteckpuls am Intervallanfang
  - 0 = Kein Impuls
- Manchester Code (Biphase Level)
  - 1 = Wechsel von hoch zu niedrig in der Intervallmitte
  - 0 = Umgekehrter Wechsel

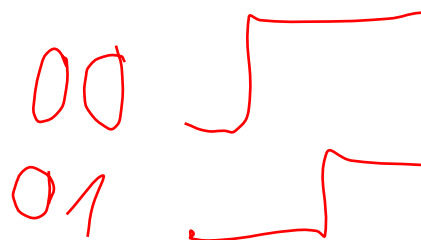
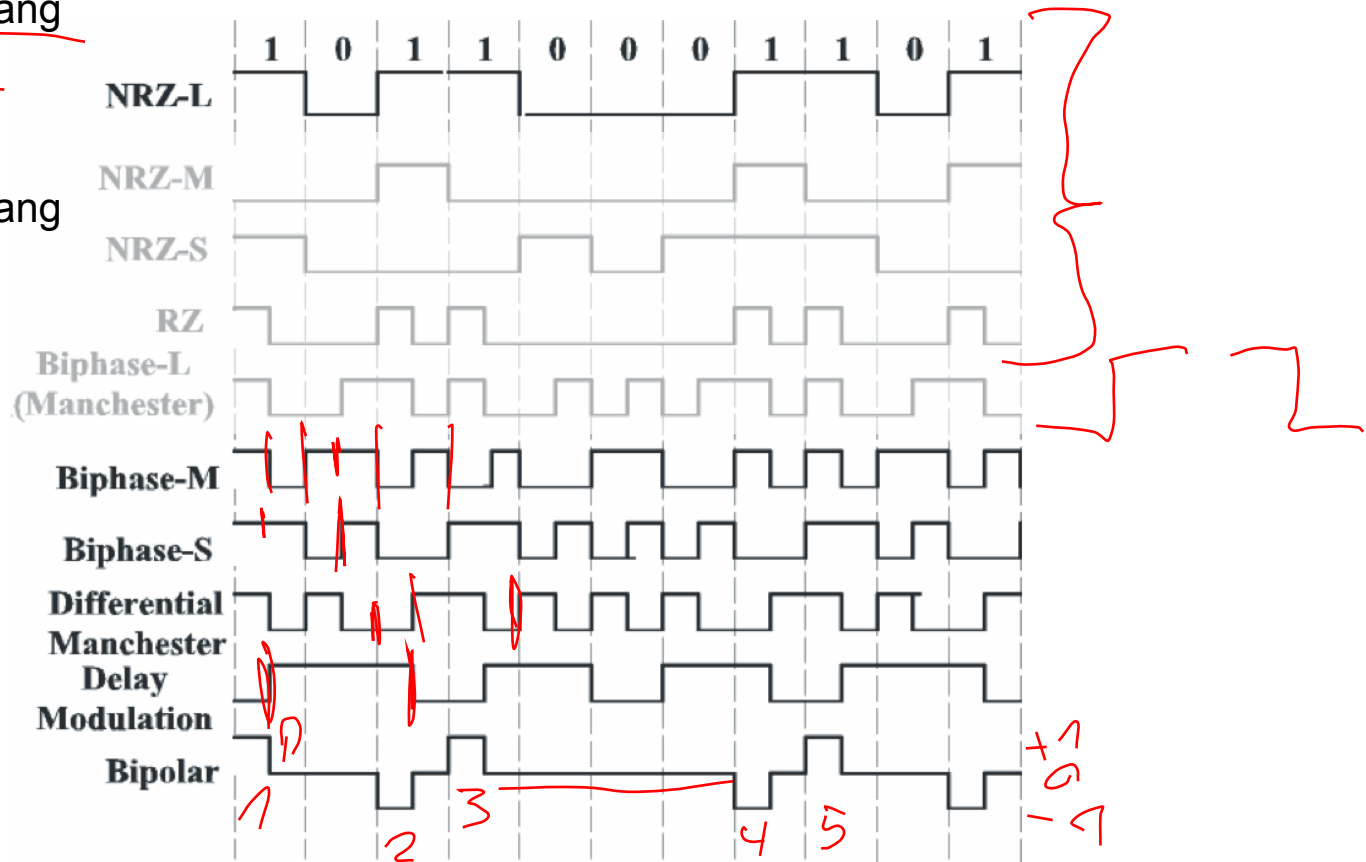


- Non-Return to Zero-Level (NRZ-L)
  - 1 = hohe Spannung, 0 = niedrig
- Non-Return to Zero-Mark (NRZ-M)
  - 1 = Wechsel am Anfang des Intervalls
  - 0 = Kein Wechsel
  - Berechnungsvorschrift:  
 $out_k = in_k \text{ XOR } out_{k-1}$

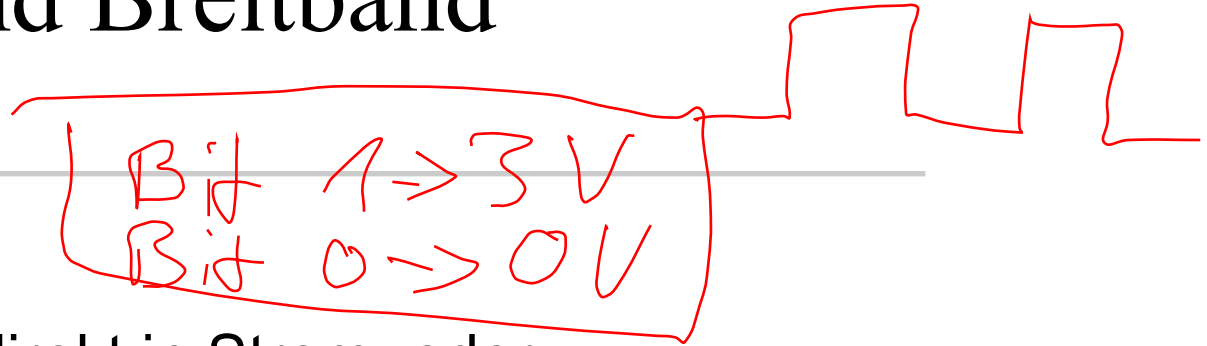


Input $in_k$	1	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1
Output $out_k$	1	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1

- Biphase-Mark
  - Immer: Übergang am Intervallanfang
  - 1 = zweiter Übergang in der Mitte
  - 0 = kein zweiter Übergang
- Biphase-Space
  - Immer: Übergang am Intervallanfang
  - 1/0 umgekehrt wie Biphase-Mark
- Differential Manchester-Code
  - Immer: Übergang in Intervallmitte
  - 1 = Kein Übergang am Intervallanfang
  - 0 = Zusätzlicher Übergang am Intervallanfang
- Delay Modulation (Miller)
  - Übergang am Ende, falls 0 folgt
  - 1 = Übergang in der Mitte des Intervalls
  - 0 = Kein Übergang falls 1 folgt
- Bipolar
  - 1 = Rechteckpuls in der ersten Hälfte, Richtung alterniert (wechselt)
  - 0 = Kein Rechteckpuls



# Basisband und Breitband

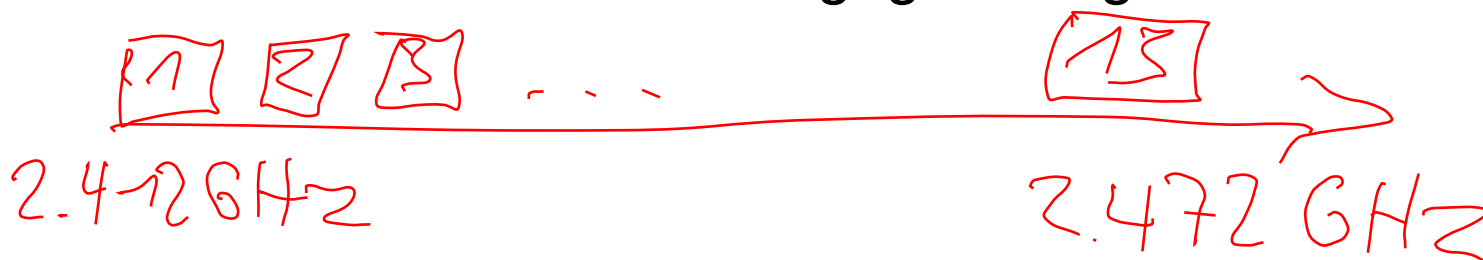


## ■ Basisband (baseband)

- Das digitale Signal wird direkt in Strom- oder Spannungsveränderungen umgesetzt
- Das Signal wird mit allen Frequenzen übertragen
  - z.B. Durch NRZ (Spannung hoch = 1, Spannung niedrig = 0)
- Problem: Übertragungseinschränkungen

## ■ Breitband (broadband)

- Die Daten werden auf eine Trägerfrequenz moduliert (AM, FM, PM)
- Verschiedene Trägerwellen können gleichzeitig verwendet werden ohne dass sie sich gegenseitig beeinflussen

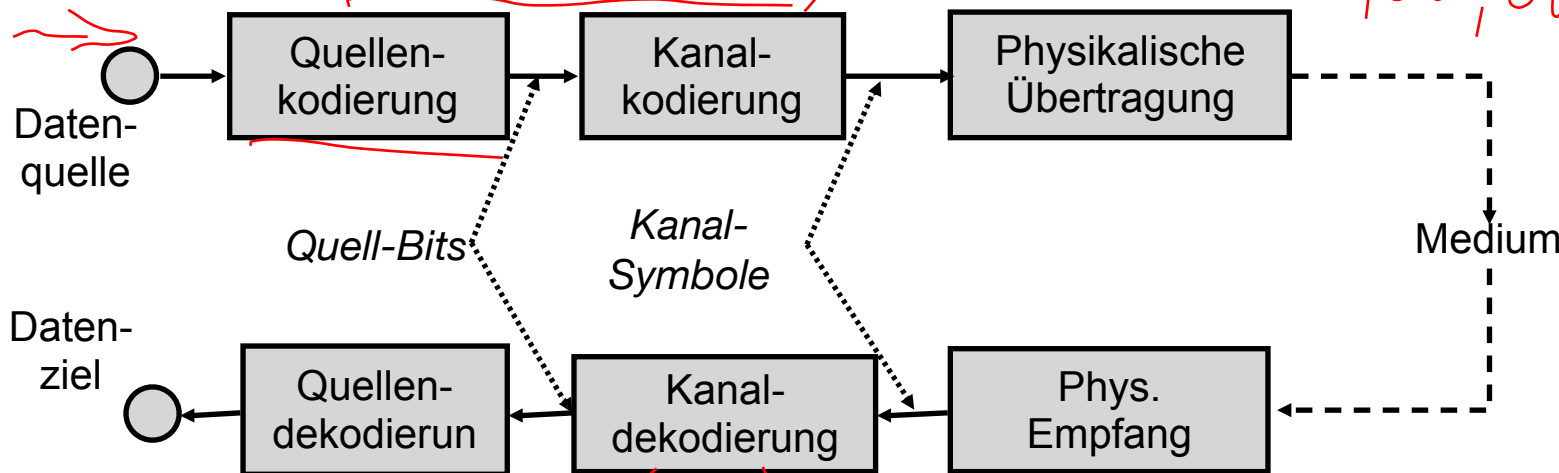


# Struktur einer digitalen Basisband-Übertragung

- Quellenkodierung
  - Entfernen redundanter oder irrelevanter Information
  - mit verlustloser Komprimierung (Huffman-Code)
  - oder mit verlustbehafteter Komprimierung (MP3, MPEG 4)
- Kanalkodierung
  - Abbildung der Quell-Bits auf Kanal-Symbole
  - evtl. Redundanz der Daten um Kanalstörungen zu kompensieren
- Physikalische Übertragung
  - Umwandlung in physikalische Ereignisse

$1 \rightarrow 00$  200%  
 $01 \rightarrow 01$   
 $001 \rightarrow 10$   
 $000 \rightarrow 11$  66%  
 16 Bit  
 Opus \* \* \* \* \* 8 bit ←  
 [ ] [ ]  
 Manchester Code 1001  
 3V, 0V, 0V, 3V

10

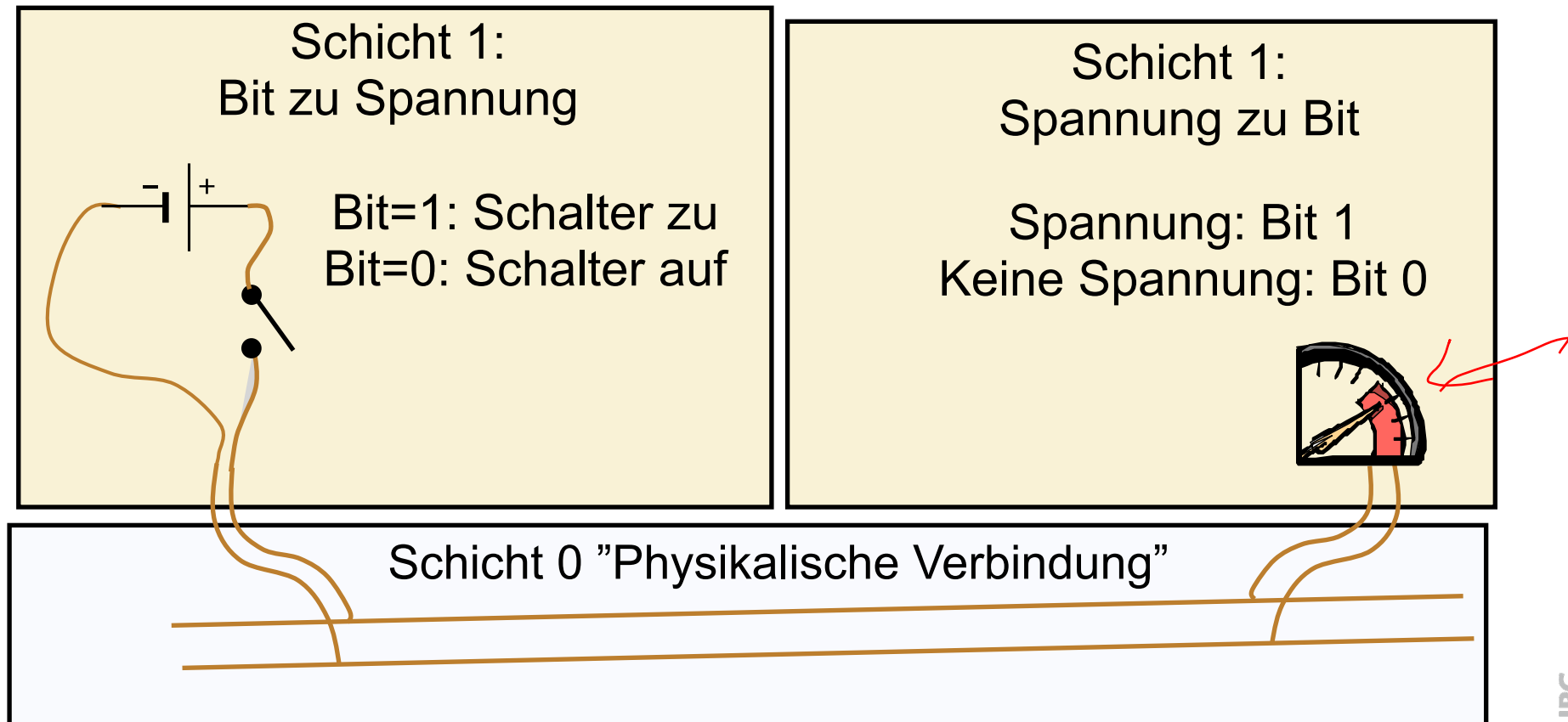


Leitung

Daten Clock

# Die einfachste Bitübertragung

- Bit 1: Strom an
- Bit 0: Strom aus



(aus Vorlesung von Holger Karl)

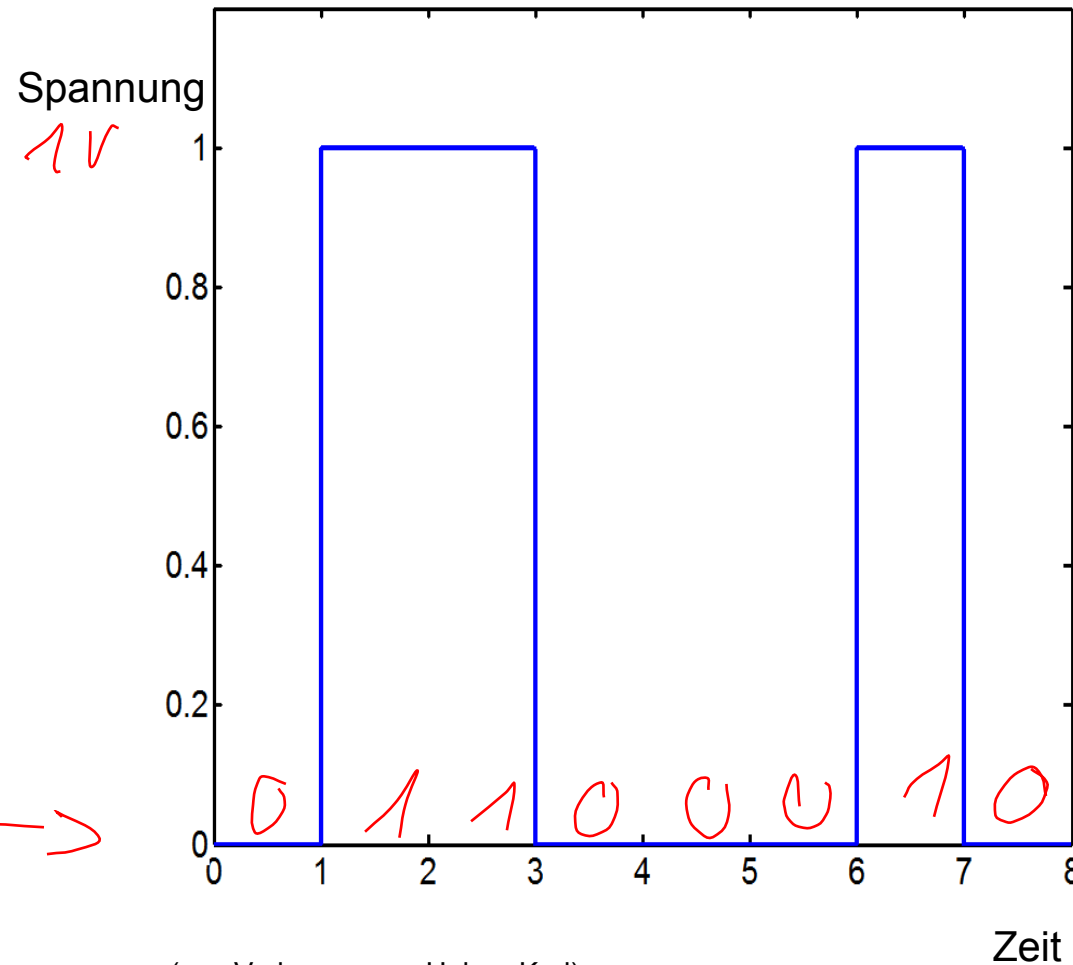
- Zeichen "b" benötigt mehrere Bits

- z.B. ASCII code of "b" als Binärzahl 01100010

- Spannungsverlauf beim Sender:

NRZ-L

niedrig →

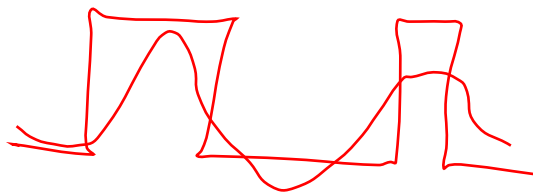
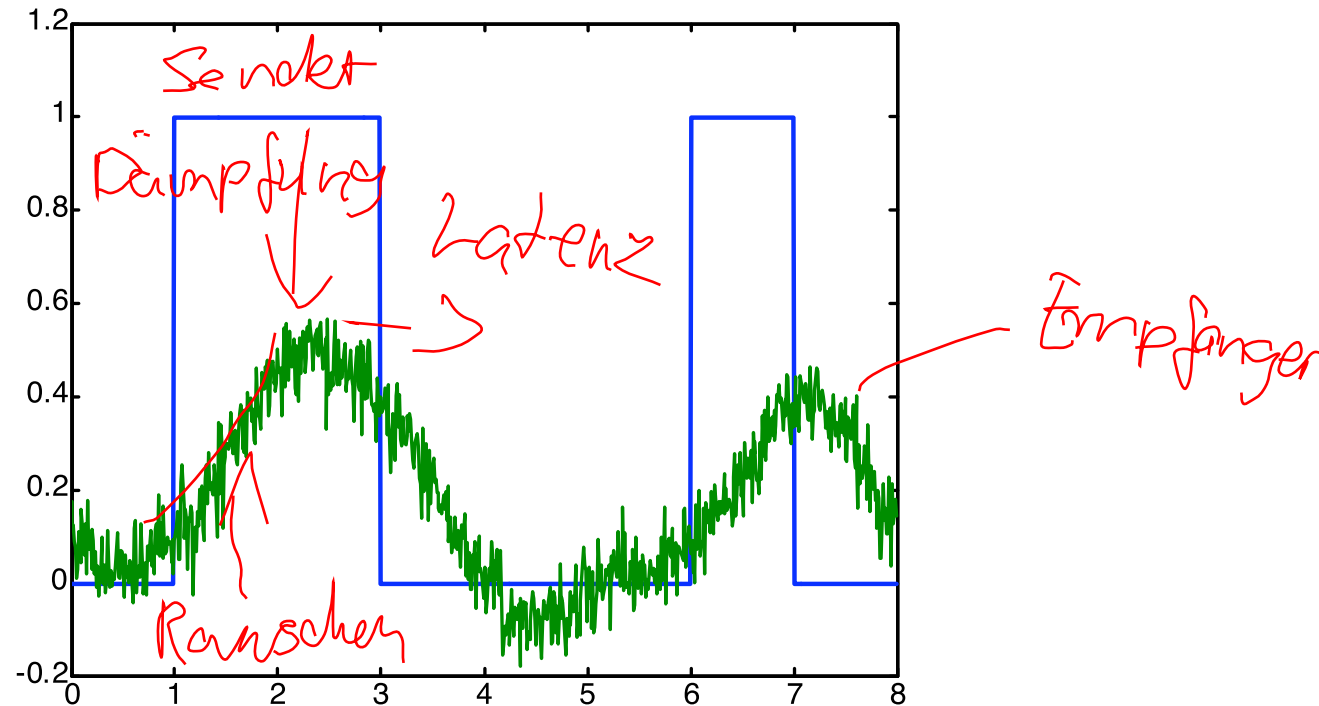


(aus Vorlesung von Holger Karl)



# Was kommt an?

- Übertrieben schlechter Empfang
- Was passiert hier?



(aus Vorlesung von Holger Karl)

1. Allgemeine Dämpfung
2. Frequenzverlust
3. Frequenzabhängige Dämpfung
4. Störung und Verzerrung
5. Rauschen

# 1. Signale werden gedämpft

$a \cdot \log b = \log b^a$

$P = U \cdot I$

- Dämpfung (attenuation)  $\alpha = \frac{P_1}{P_0}$ 
  - Verhältnis von Sendeenergie P1 zu Empfangsenergie P0
  - Bei starker Dämpfung erreicht wenig Energie den Empfänger

Sender  
Empfänger

$x = 10 \log_{10} 2$   
 $x = \log_{10} 2^{10} \approx \log_{10} 10^3$   
 $10^x = 10^{\log_{10} 10^3}$

- Dämpfung hängt ab von

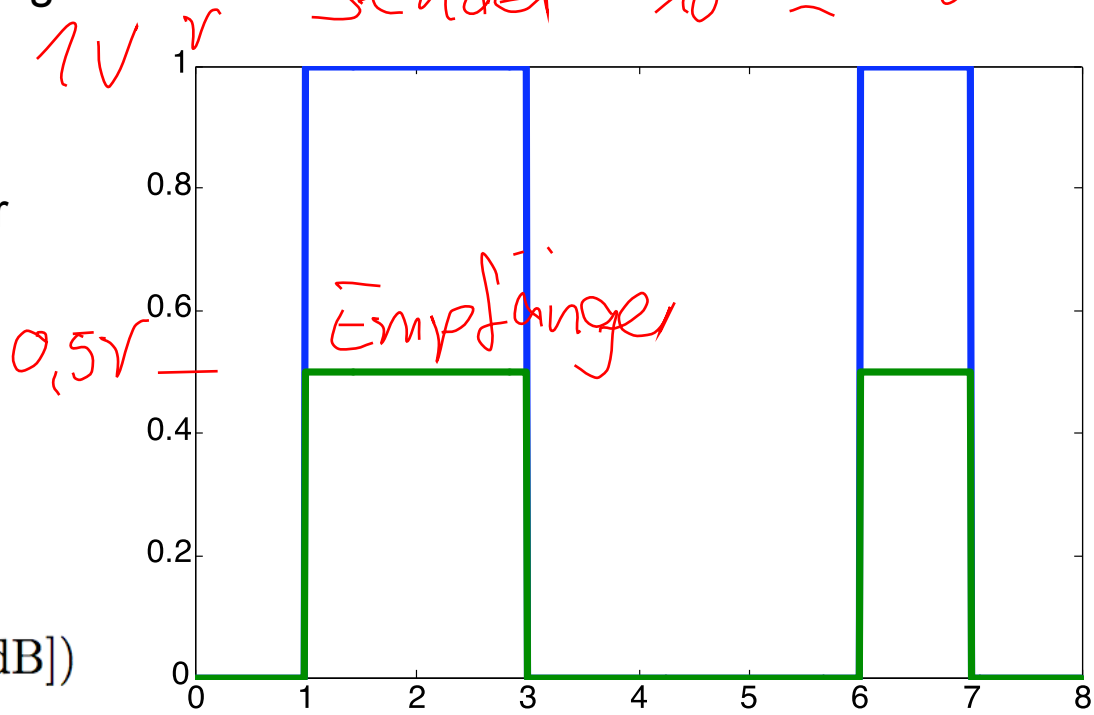
- der Art des Mediums
- Abstand zwischen Sender und Empfänger
- ... anderen Faktoren

- Angegeben in deziBel

$x \approx \log_{10} \frac{P_1}{P_0}$  (in Bel)

$= 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_0}$  (in deziBel [dB])

1V Sender  $10^3 = 10^3 \Rightarrow x = 3 \text{ dB}$

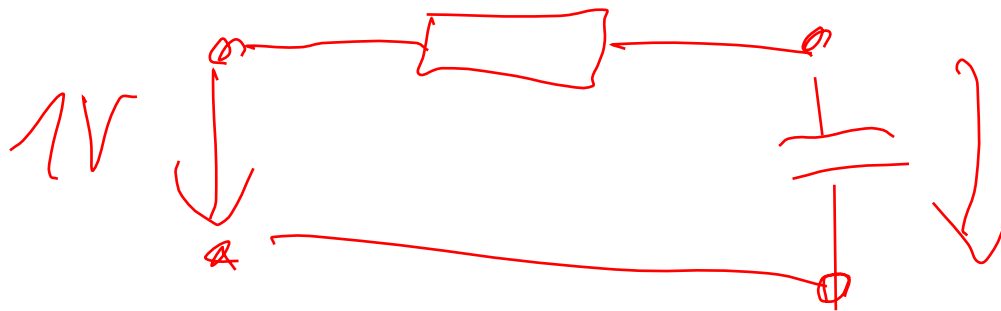


(aus Vorlesung von Holger Karl)

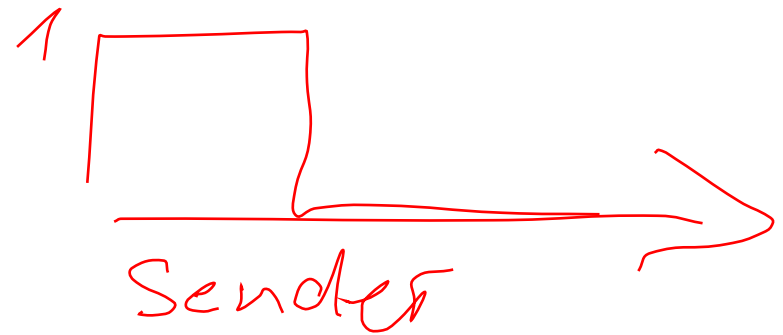
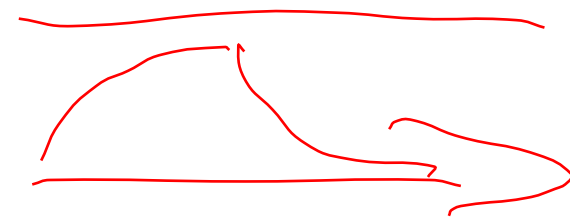
# 1. Signale werden gedämpft (2)

- Beispiel Leitung

RC-Glied

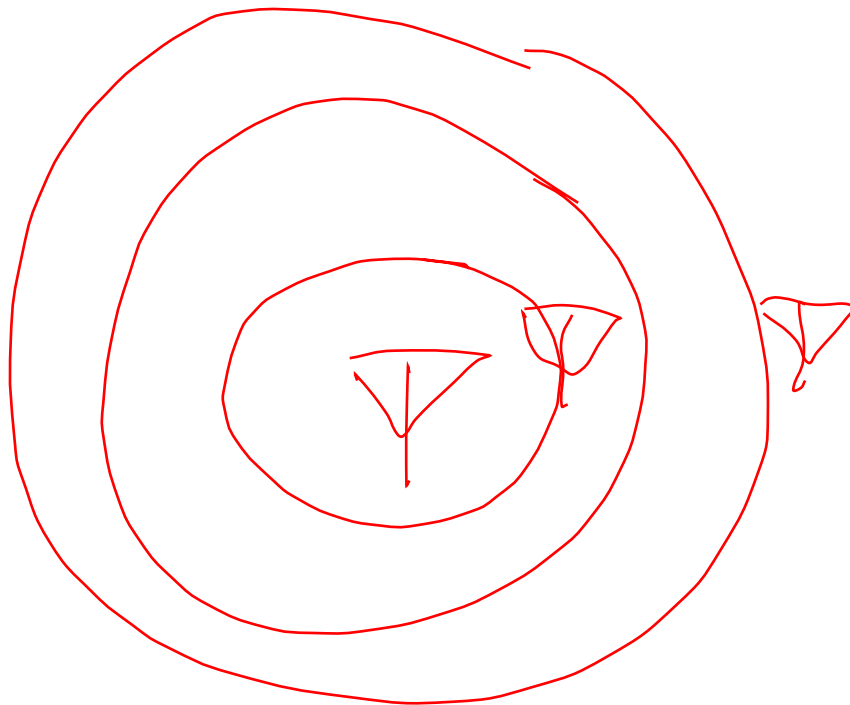


Empfänger



# 1. Signale werden gedämpft (3)

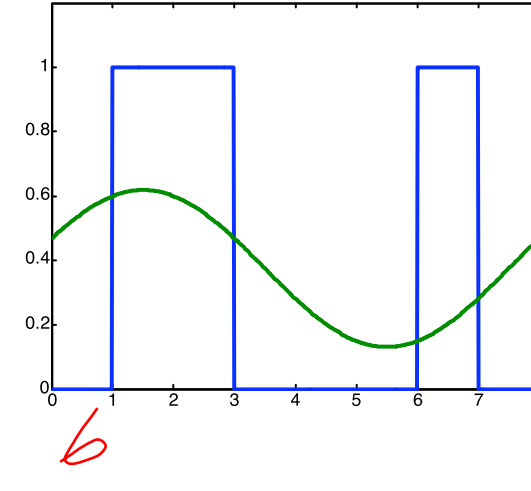
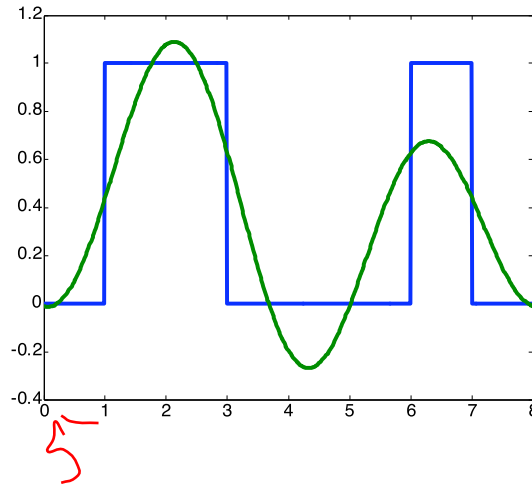
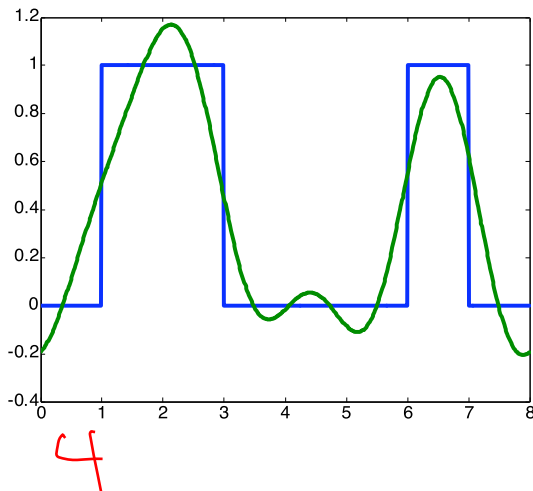
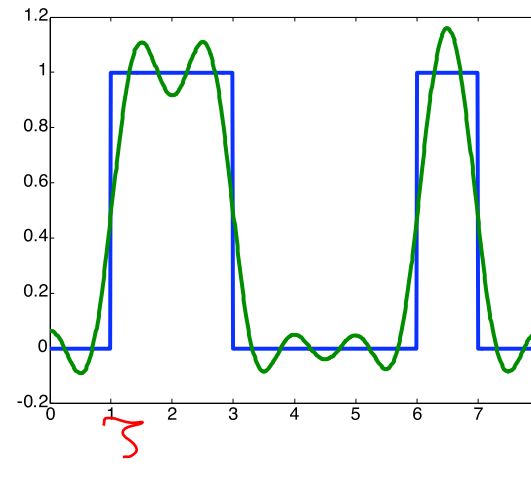
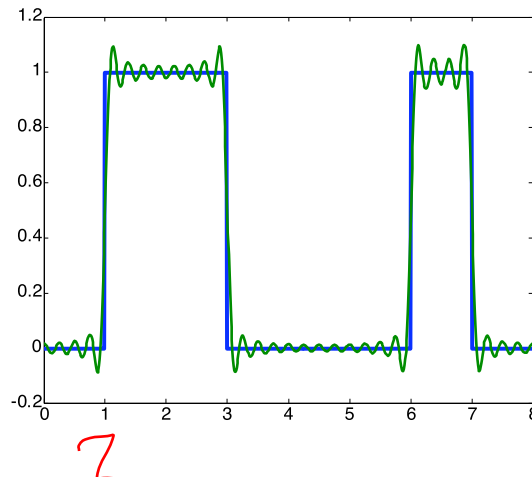
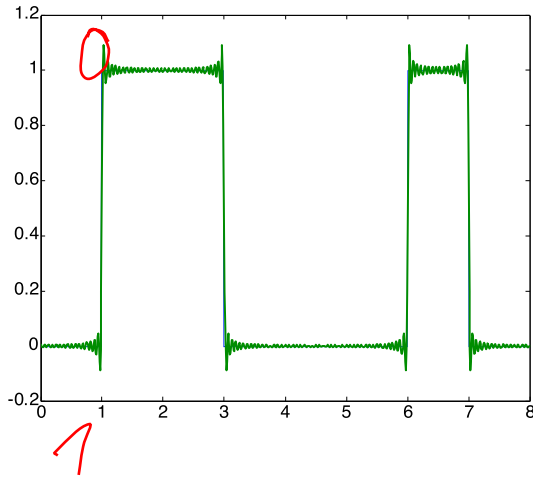
- Beispiel Funk



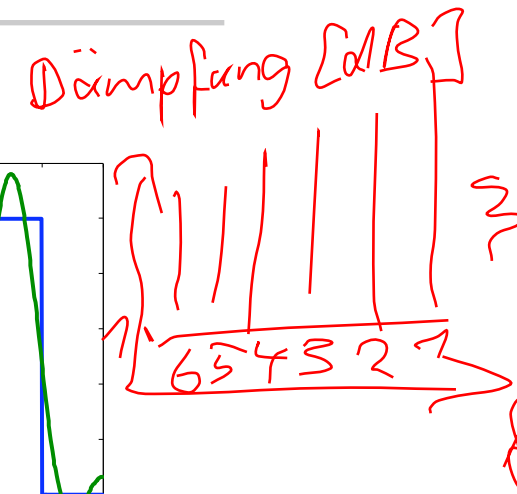
$$P \approx \frac{1}{\text{Abstand}^2}$$

# 2. Nicht alle Frequenzen passieren das Medium

- Das Signal beim Verlust der hohen Frequenzen

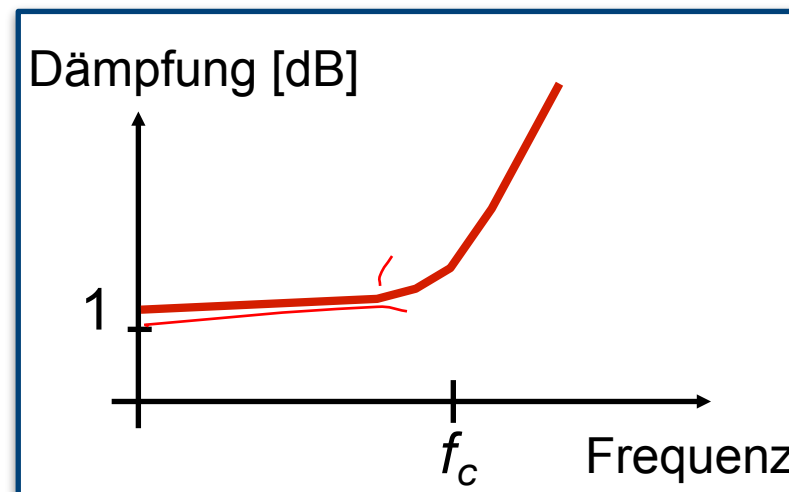
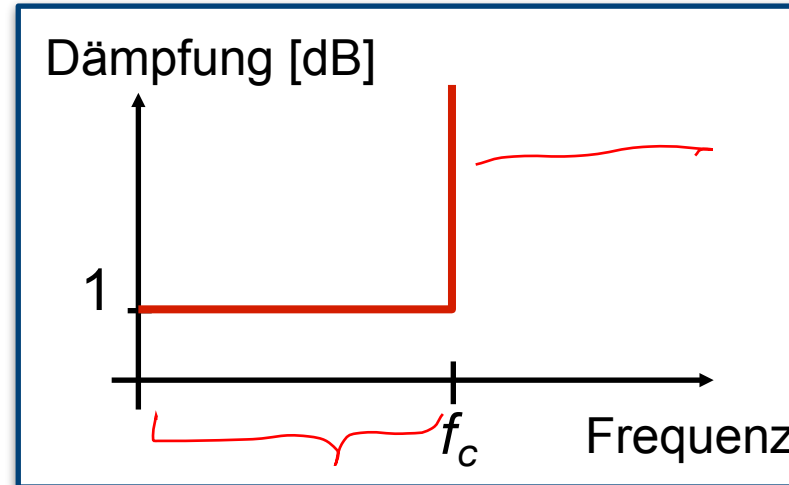


Dämpfung [dB]



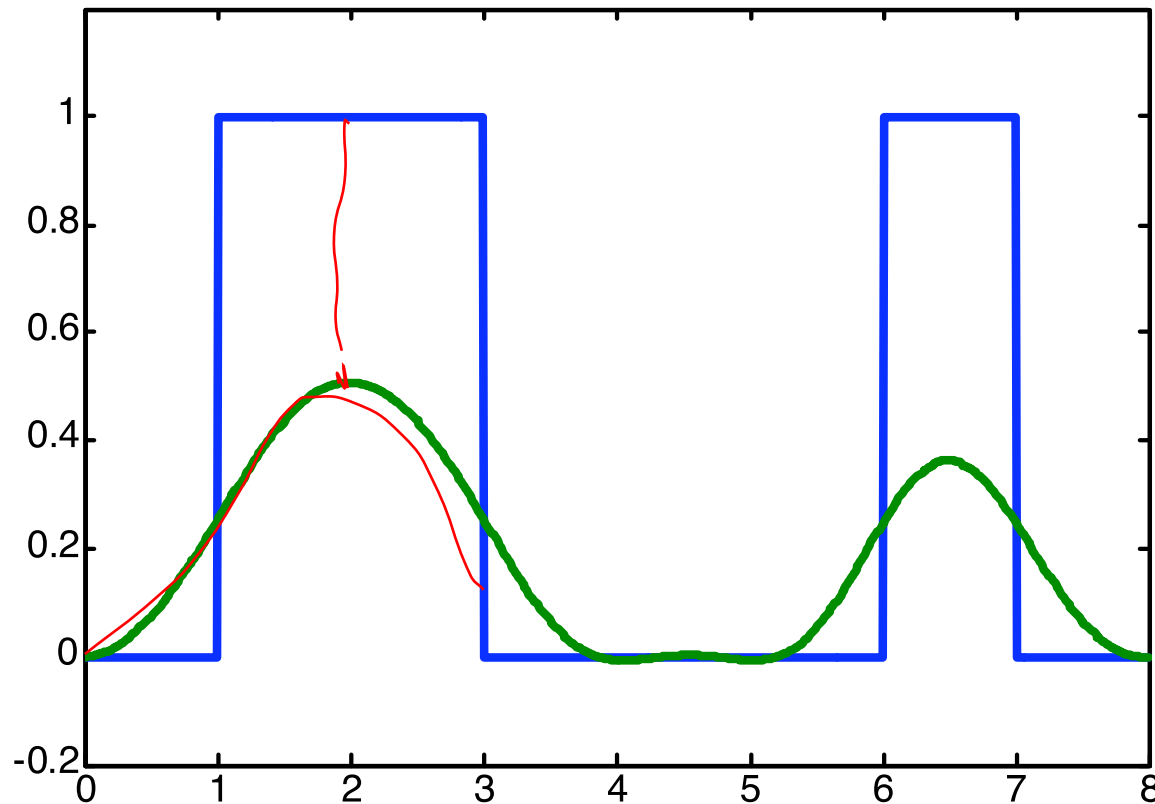
# 3. Frequenzabhängige Dämpfung

- Vorherige Seite: Cutoff bei Frequenz  $f_c$ 
  - Zuerst ist die Dämpfung 1
  - und dann Unendlich
- Realistischer:
  - Dämpfung steigt kontinuierlich von 1 zu höheren Frequenzen
- Beides:
  - Bandweiten-begrenzter Kanal

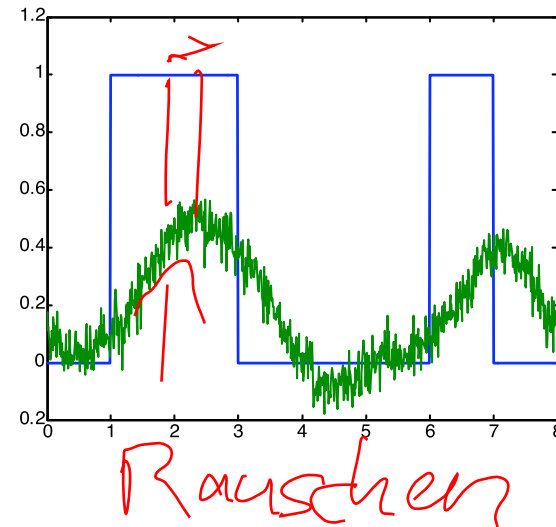


# Beispiel mit realistischerer Dämpfung

- Beispiel: Dämpfung ist 2; 2,5, 3,333..., 5, 10, 1 für den ersten, zweiten, ... Fourier-koeffizienten



Warum passiert das?



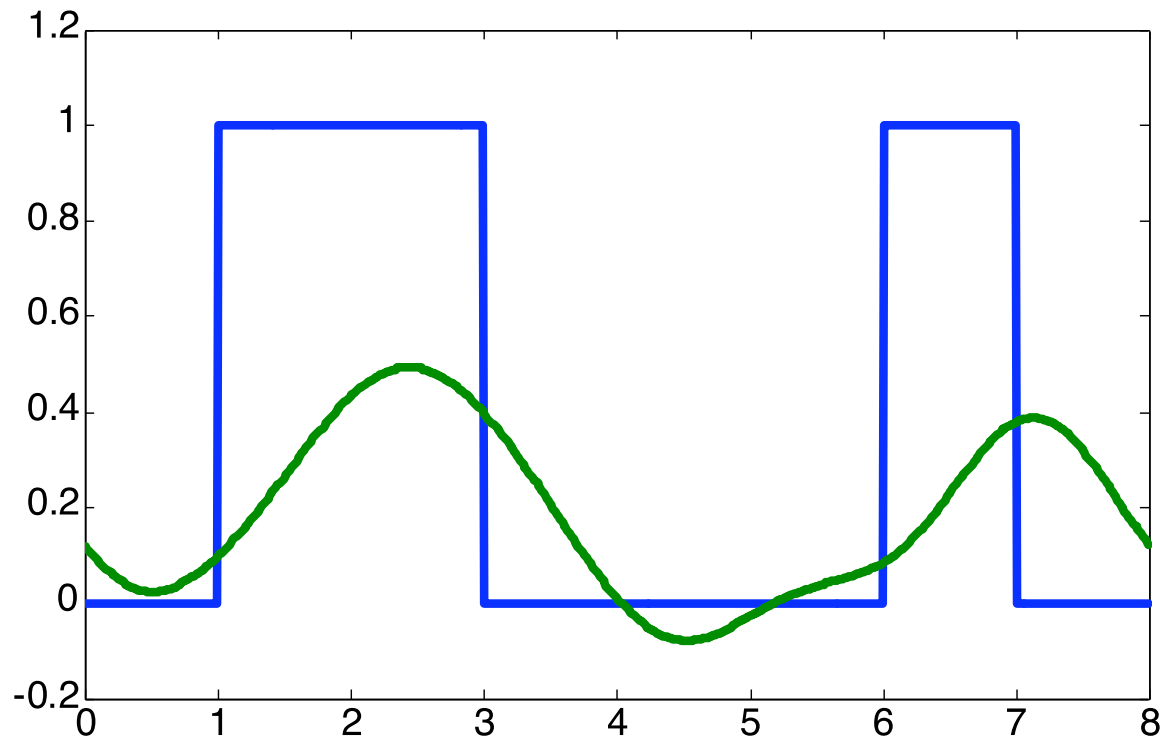


## 4. Das Medium stört und verzerrt

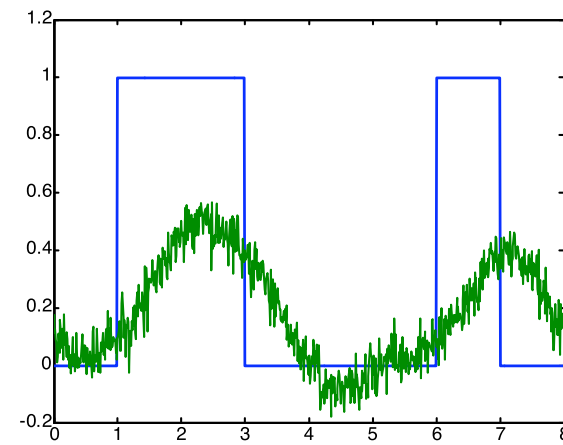
- In jedem Medium (außer dem Vakuum) haben Signale frequenzabhängige
  - Amplituden-Verzerrung
  - Laufzeit-Verzerrung (resultiert in Phasenverschiebung)
  - Die zugrunde liegende Sinuskurve zum Zeitpunkt  $t$  ist bestimmt durch Amplitude  $a$ , Frequenz  $f$ , and Phase  $\phi$

$$a \sin(2\pi ft + \phi)$$

- Die Größe dieser Phasenverschiebung hängt von der Frequenz ab
  - Dieser Effekt heißt Verzerrung (distortion)



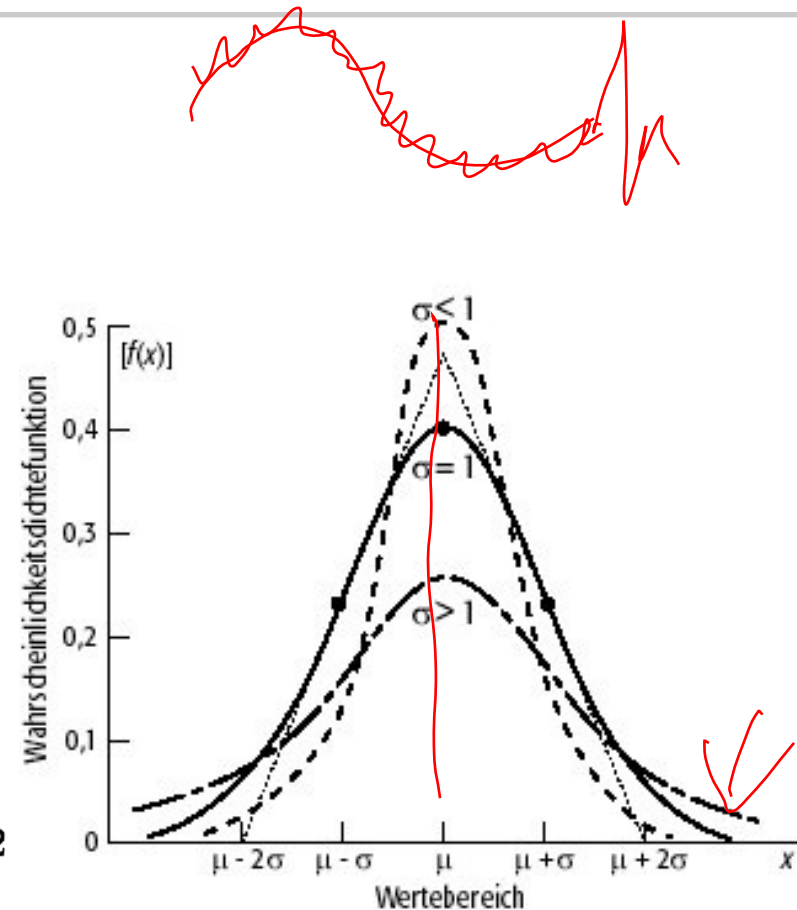
Warum passiert das:



# 5. Echte Medien rauschen

- Jedes Medium und jeder Sender und Empfänger produzieren Rauschen
  - Verursacht durch Wärme, Störungen anderer Geräte, Signale, Wellen, etc.
- Wird beschrieben durch zufällige Fluktuationen des (störungsfreien) Signals
  - Typische Modellierung: Gauß'sche Normalverteilung

$$f(x) = \frac{1}{\sigma \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{1}{2} \left( \frac{x - \mu}{\sigma} \right)^2}$$



- Dies alles kann das Eingangssignal erklären.

