

Systeme II

2. Die physikalische Schicht

Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Version 26.04.2017

- ISO-Definition
 - Die Bitübertragungsschicht definiert
 - mechanische
 - elektrische
 - funktionale und
 - prozedurale
 - Eigenschaften um eine physikalische Verbindung
 - aufzubauen,
 - aufrecht zu erhalten und
 - zu beenden.

■ Information

- Menschliche Interpretation,
 - z.B. schönes Wetter

Schlechtes Wetter

■ Daten

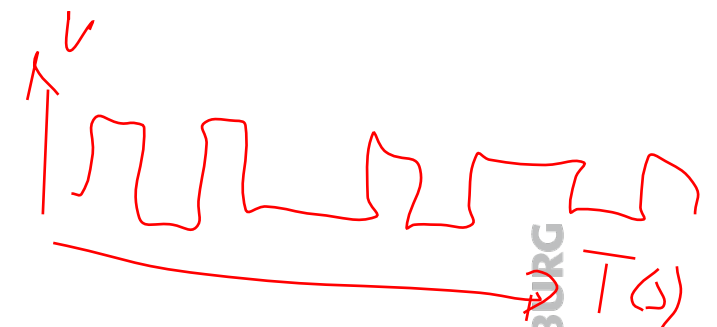
- Formale Präsentation,
 - z.B. 8 Grad Celsius, Niederschlagsmenge 0cm, Wolkenbedeckung ~~40%~~ 100%

100000110

6°C
bei 10 mm.

■ Signal

- Repräsentation von Daten durch physikalische Variablen,
 - z.B. Stromfluss durch Thermosensor, Videosignale aus Kamera
- Beispiele für Signale:
 - Strom, Spannung
- In der digitalen Welt repräsentieren Signale Bits

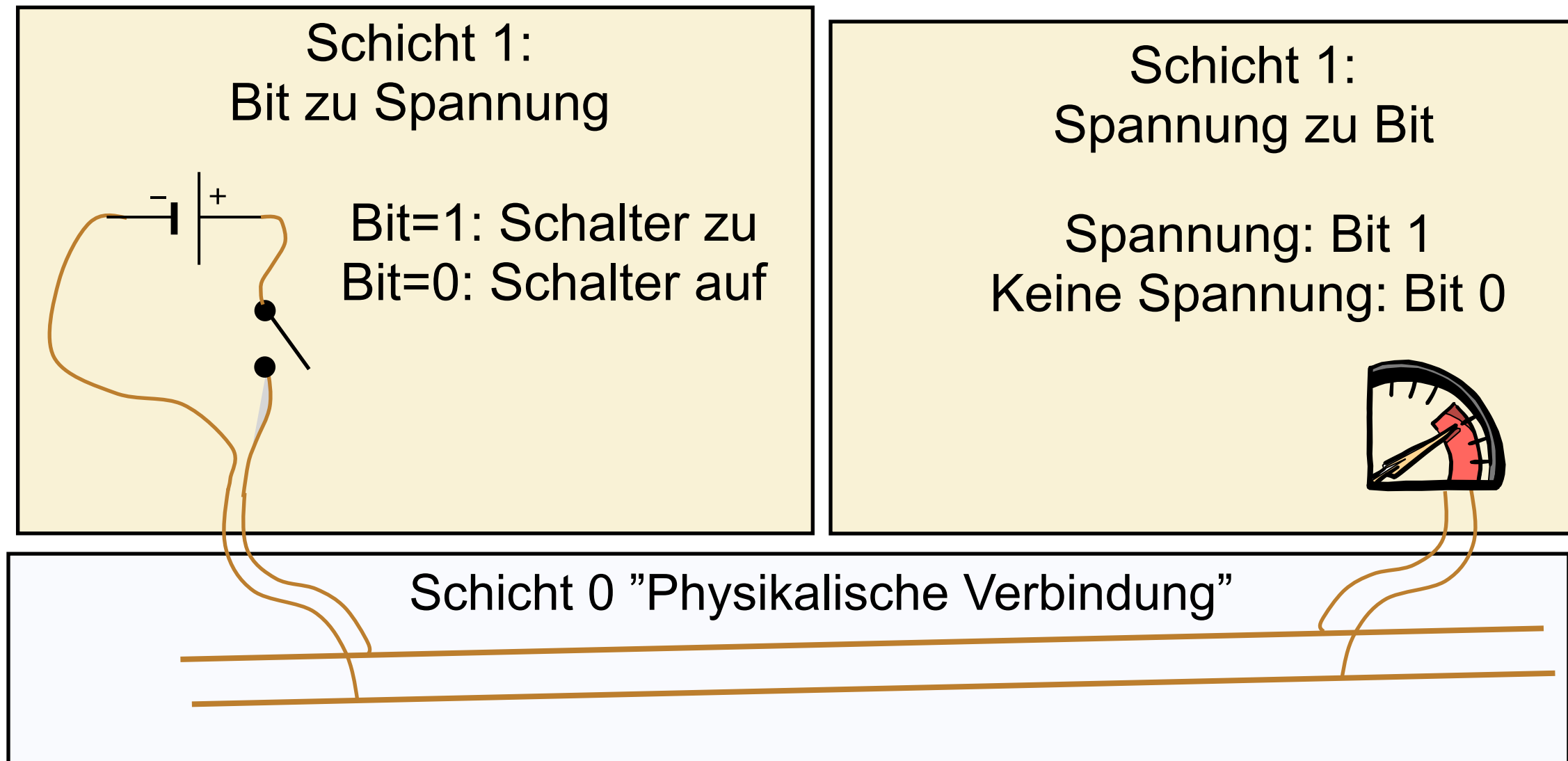


- Leitungsgebundene Übertragungsmedien
 - Kupferdraht – Twisted Pair
 - Kupferdraht – Koaxialkabel
 - Glasfaser
- Drahtlose Übertragung
 - Funkübertragung
 - Mikrowellenübertragung
 - Infrarot
 - Lichtwellen



Die einfachste Bitübertragung

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

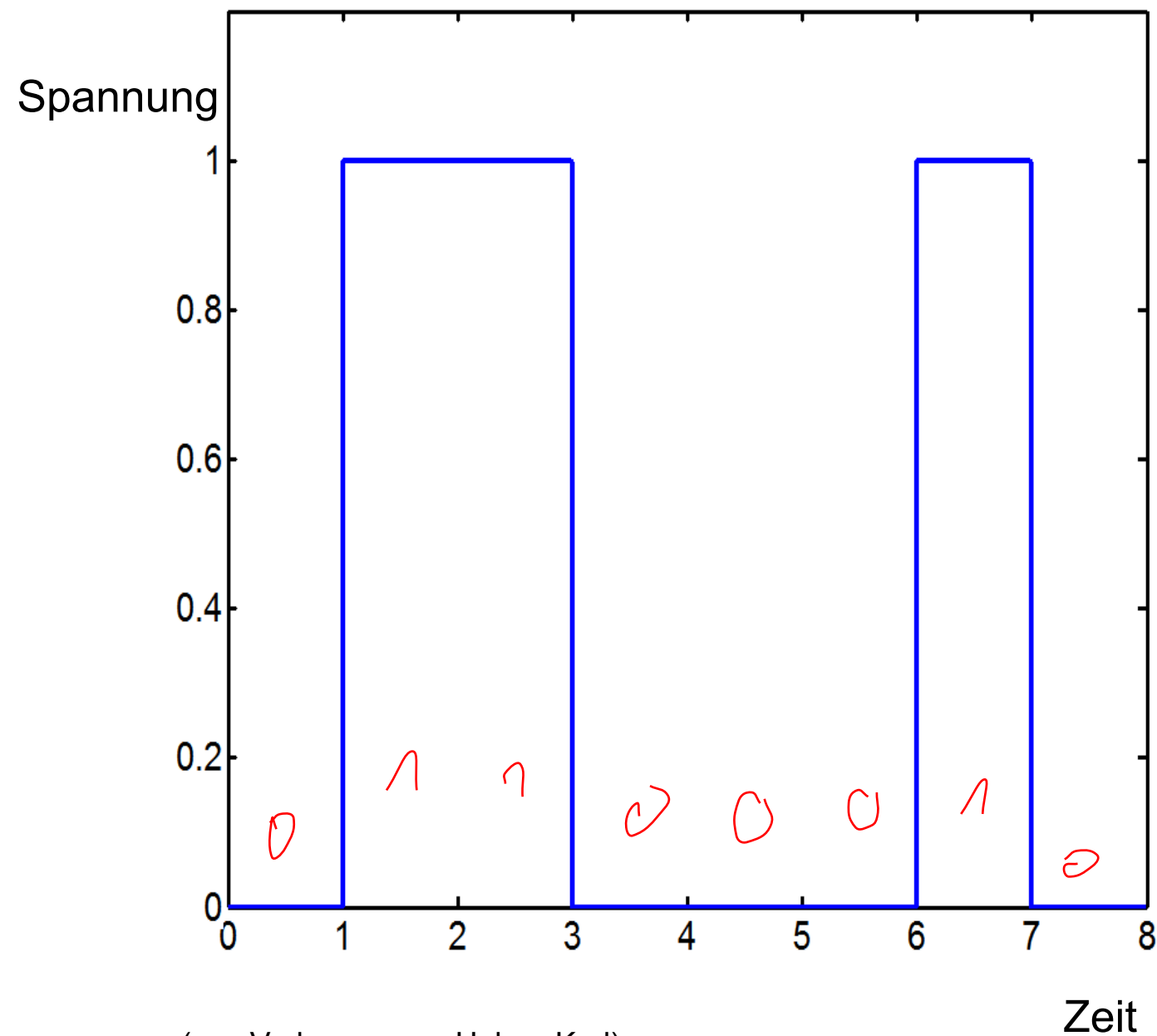


(aus Vorlesung von Holger Karl)

Zeichen “b”
benötigt mehrere
Bits

- z.B. ASCII code of
“b” als Binärzahl
01100010

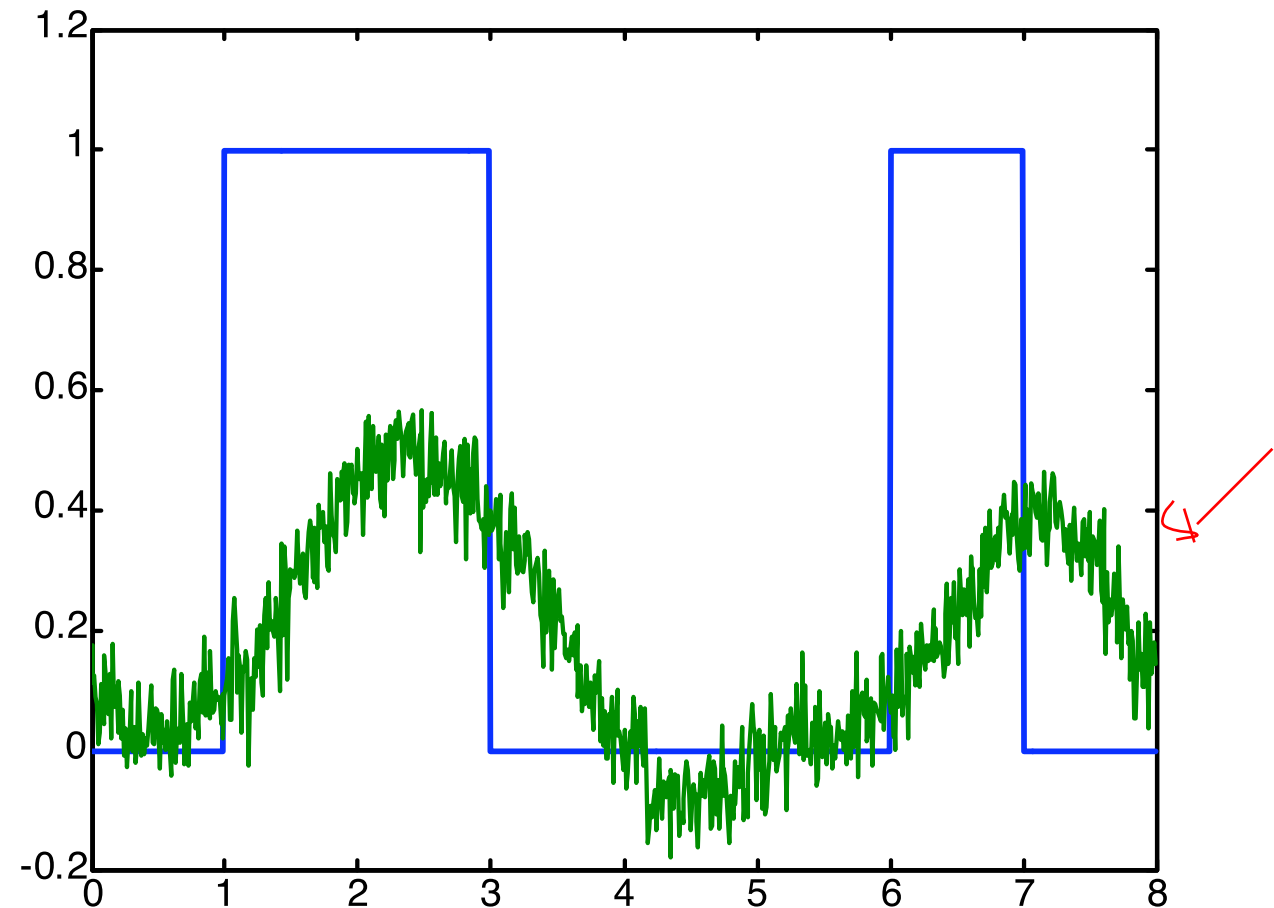
Spannungsverlauf:



(aus Vorlesung von Holger Karl)

Was kommt an?

- Übertrieben schlechter Empfang
- Was passiert hier?



5 Gründe für den schlechten Empfang

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

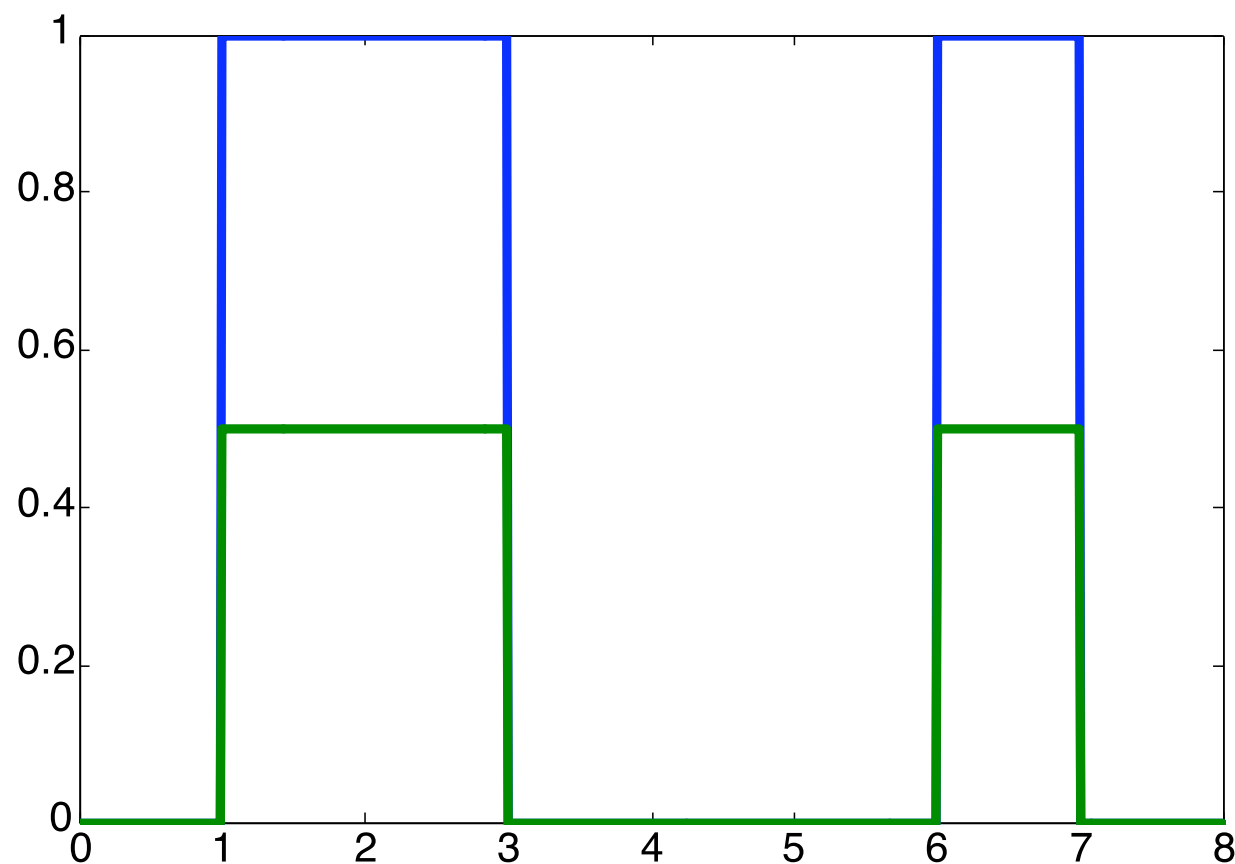
1. Signale werden gedämpft

- Dämpfung α (attenuation)
 - Verhältnis von Sendeenergie P_1 zu Empfangsenergie P_0
 - Bei starker Dämpfung erreicht wenig Energie dem Empfänger
- Dämpfung hängt ab von
 - der Art des Mediums
 - Abstand zwischen Sender und Empfänger
 - ... anderen Faktoren
- Angegeben in deziBel

$$\log_{10} \frac{P_1}{P_0} \quad (\text{in Bel})$$

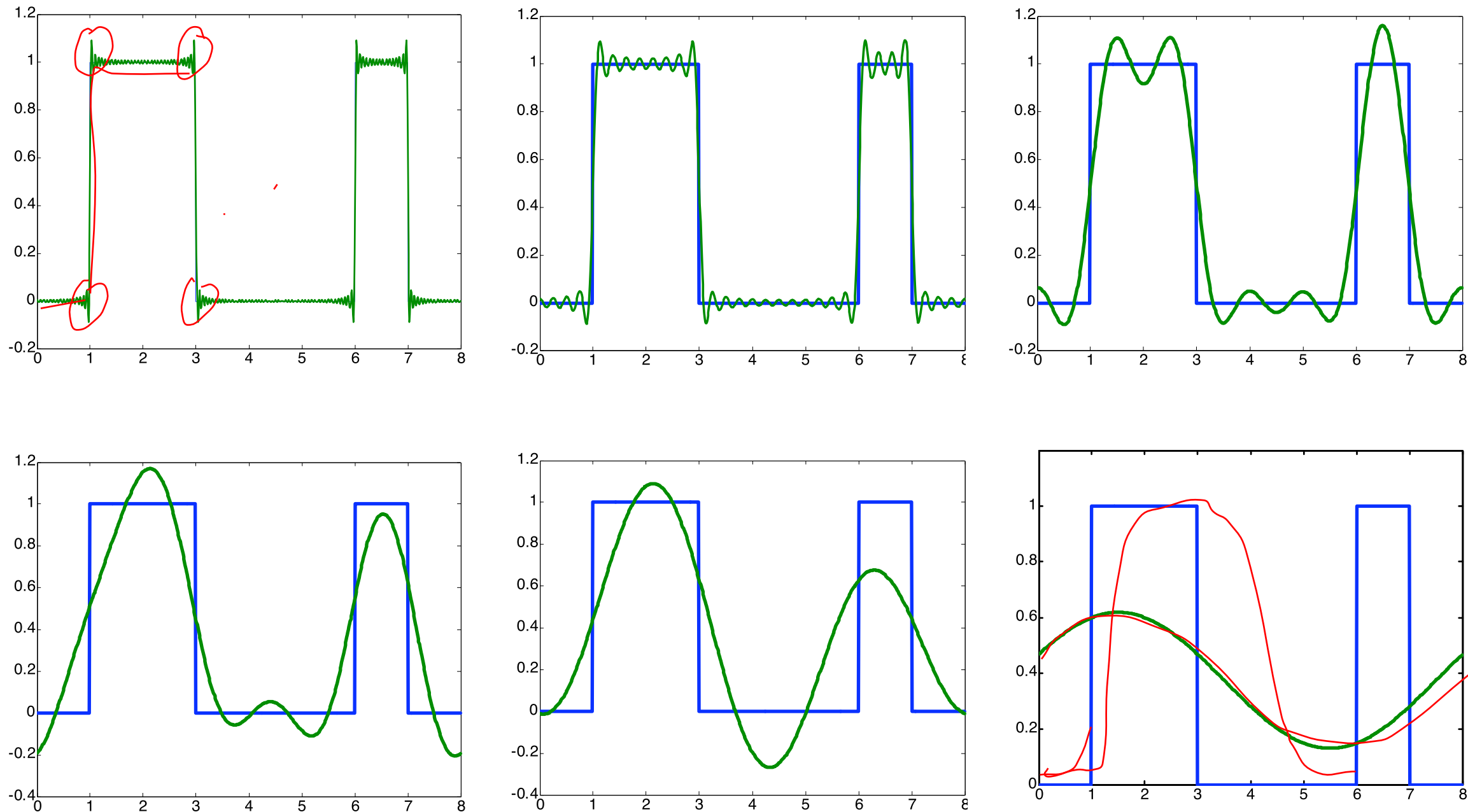
$$= 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_0} \quad (\text{in deziBel [dB]})$$

$$\alpha = \frac{P_1}{P_0}$$



2. Nicht alle Frequenzen passieren das Medium

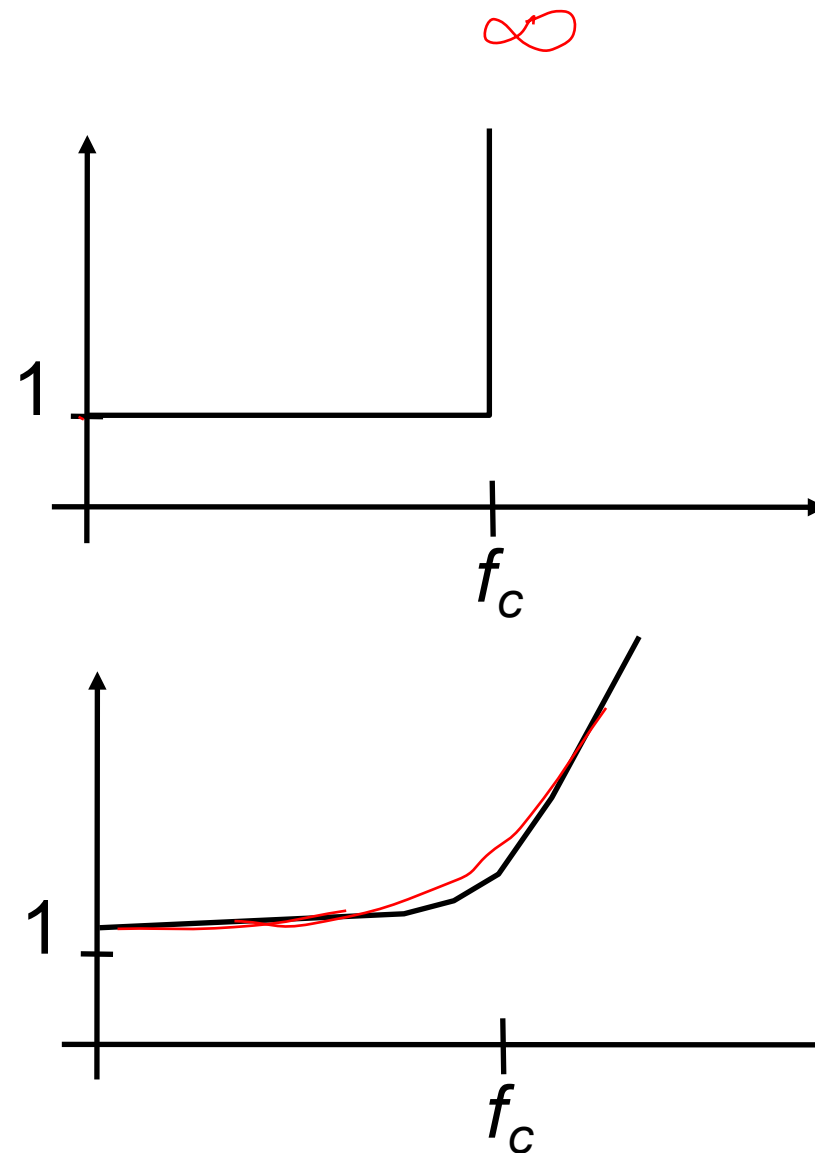
- Das Signal beim Verlust der hohen Frequenzen



(aus Vorlesung von Holger Karl)

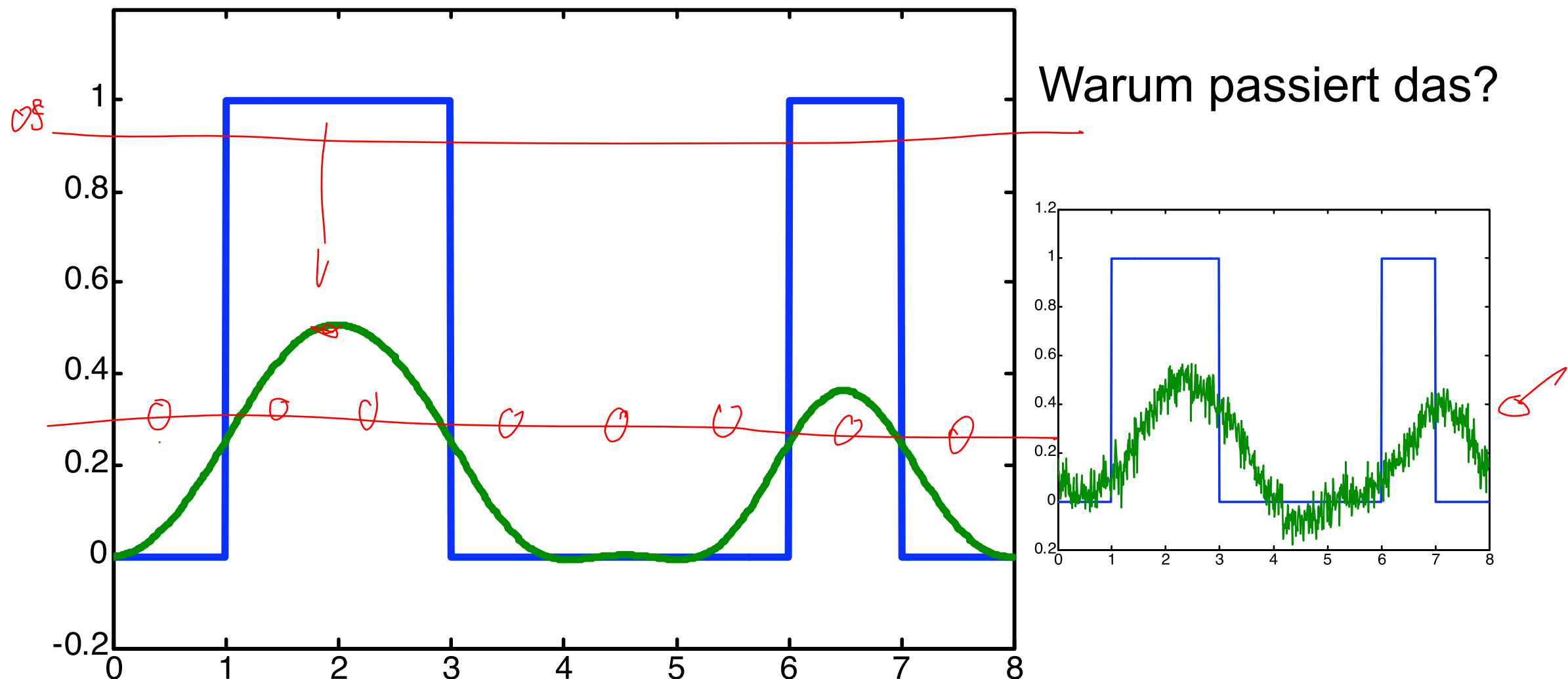
3. Frequenzabhängige Dämpfung

- Vorherige Seite: Cutoff
 - 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



(aus Vorlesung von Holger Karl)

4. Das Medium stört und verzerrt

- In jedem Medium (außer dem Vakuum) haben verschiedene Frequenzen verschiedene Ausbreitungsgeschwindigkeit

- Resultiert in Phasenverschiebung
- Die zugrunde liegende Sinuskurve ist bestimmt durch Amplitude a , Frequenz f , and Phase ϕ

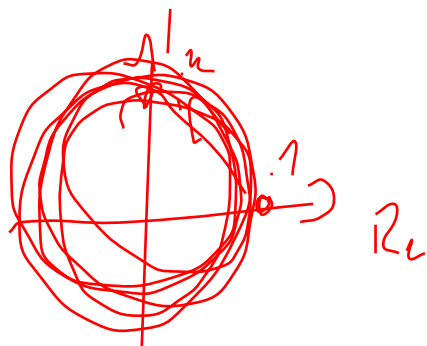
$$\underline{a \sin(2\pi f t + \phi)}$$



- Die Größe dieser Phasenverschiebung hängt von der Frequenz ab

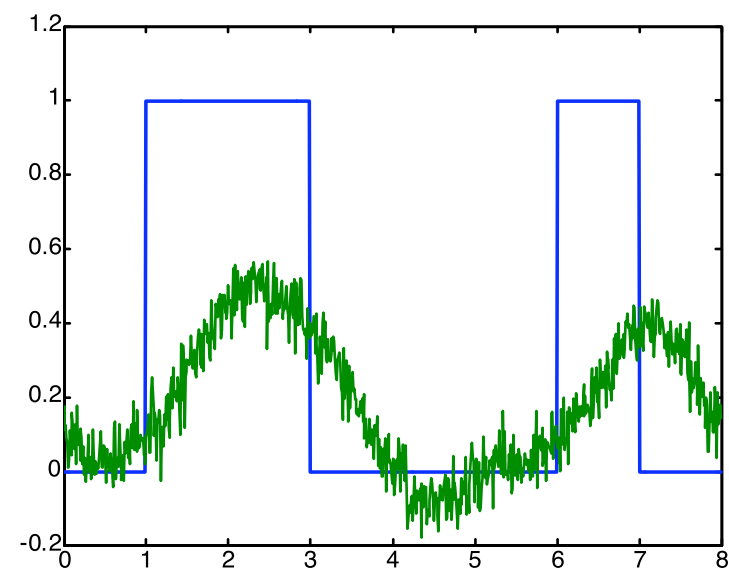
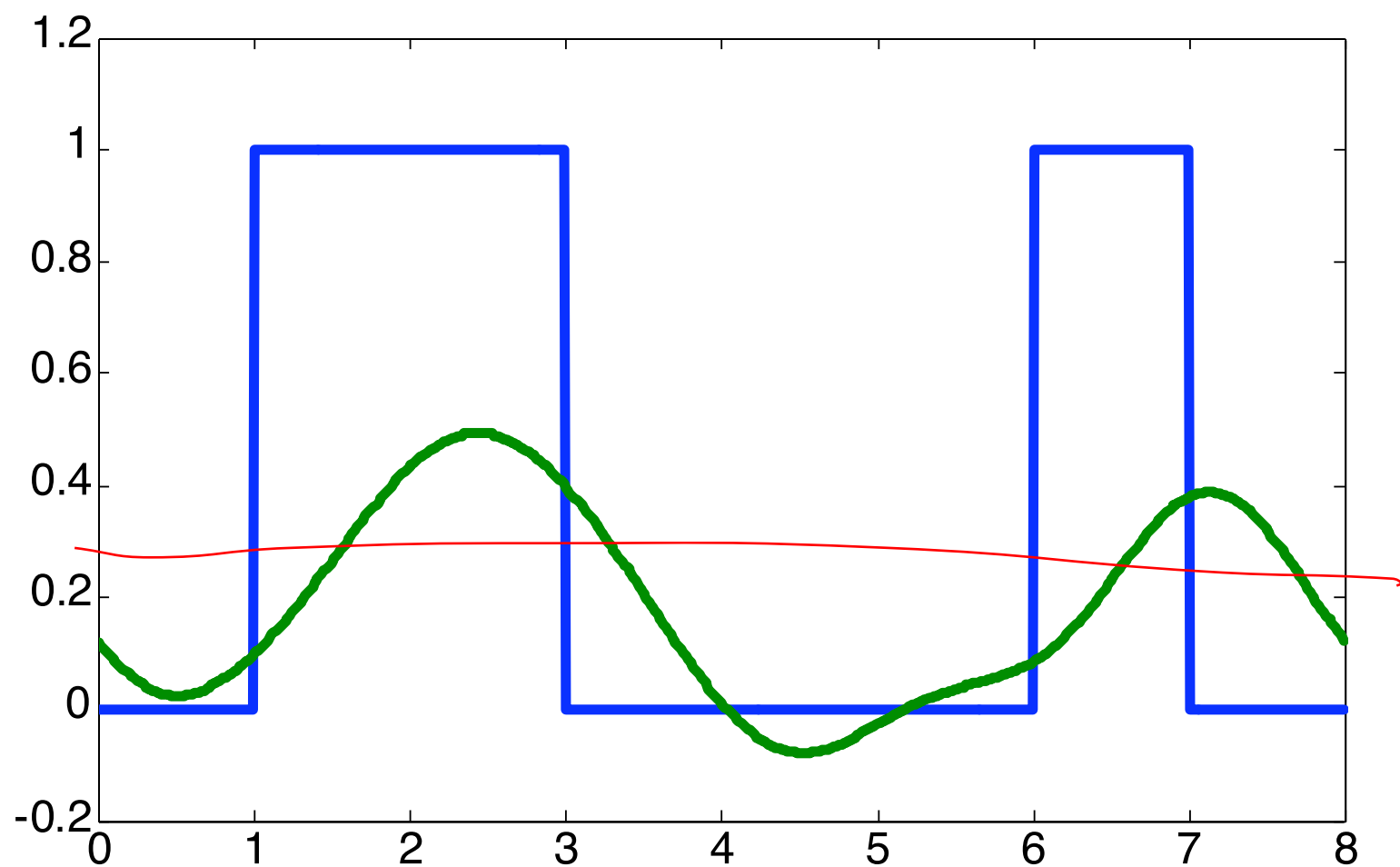
- Dieser Effekt heißt Verzerrung (distortion)

$$\operatorname{Im} \left(a e^{i \cdot 2\pi f t + \phi} \right)$$



$$e^{ix}$$

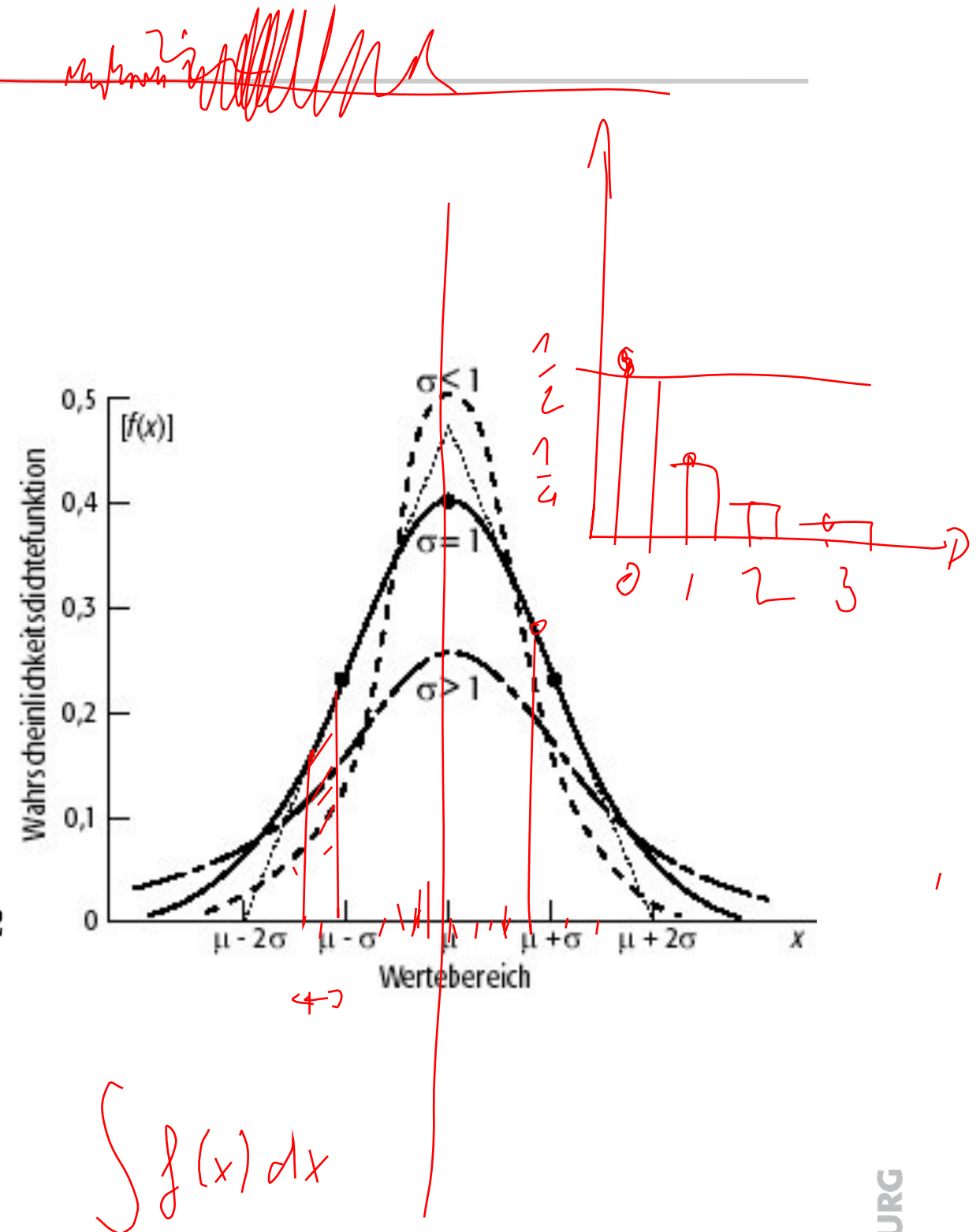
Warum passiert das:



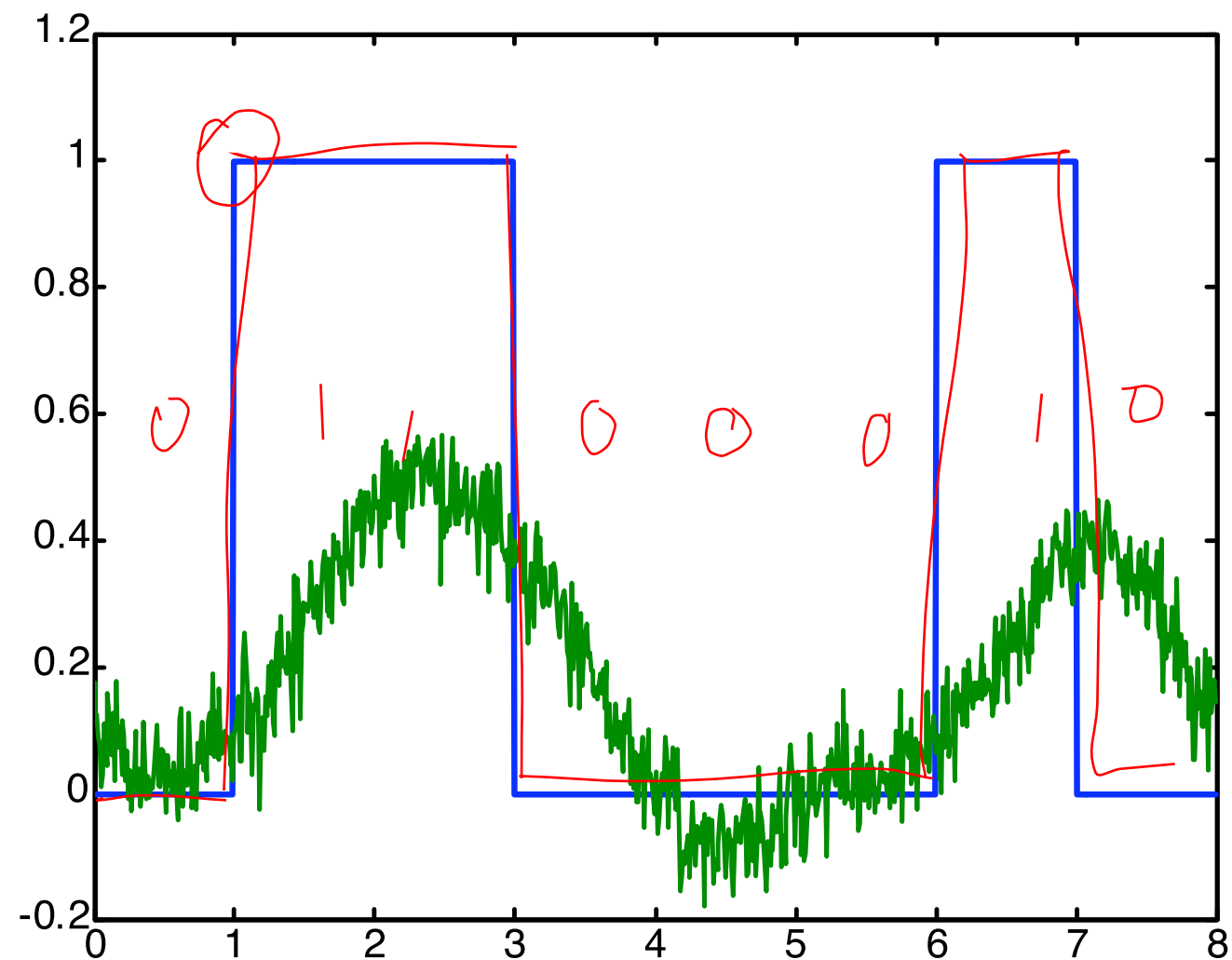
5. Echte Medien rauschen

- 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

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



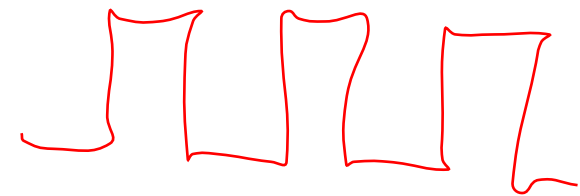
- Dies alles kann das Eingangssignal erklären.



(aus Vorlesung von Holger Karl)

■ 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 durch einen weiten Frequenzbereich übertragen
- Weiter Bereich an Möglichkeiten:
 - Die Daten können auf eine Trägerwelle aufgesetzt werden (Amplitudenmodulation)
 - Die Trägerwelle kann verändert (moduliert) werden (Frequenz/Phasenmodulation)
 - Verschiedene Trägerwellen können gleichzeitig verwendet werden

