

Systeme II

2. Die physikalische Schicht

Christian Schindelbauer

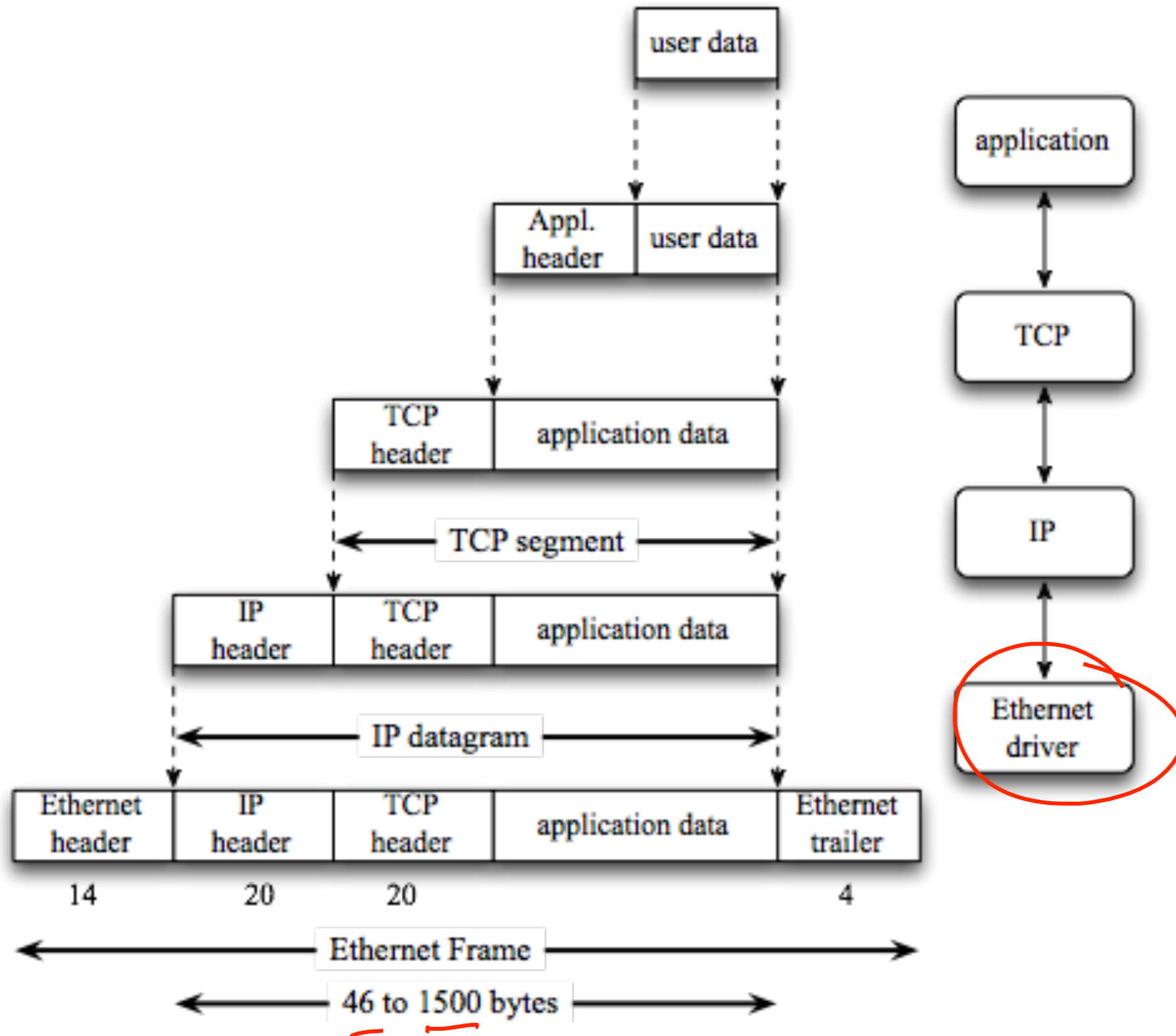
Technische Fakultät

Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Version 14.05.2014

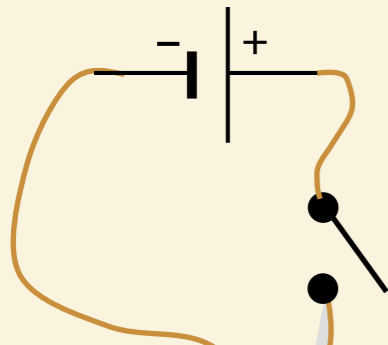
Datenkapselung



Die einfachste Bitübertragung

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

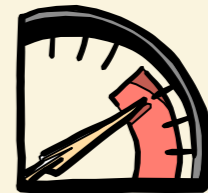
Schicht 1:
Bit zu Spannung



Bit=1: Schalter zu
Bit=0: Schalter auf

Schicht 1:
Spannung zu Bit

Spannung: Bit 1
Keine Spannung: Bit 0



Schicht 0 "Physikalische Verbindung"



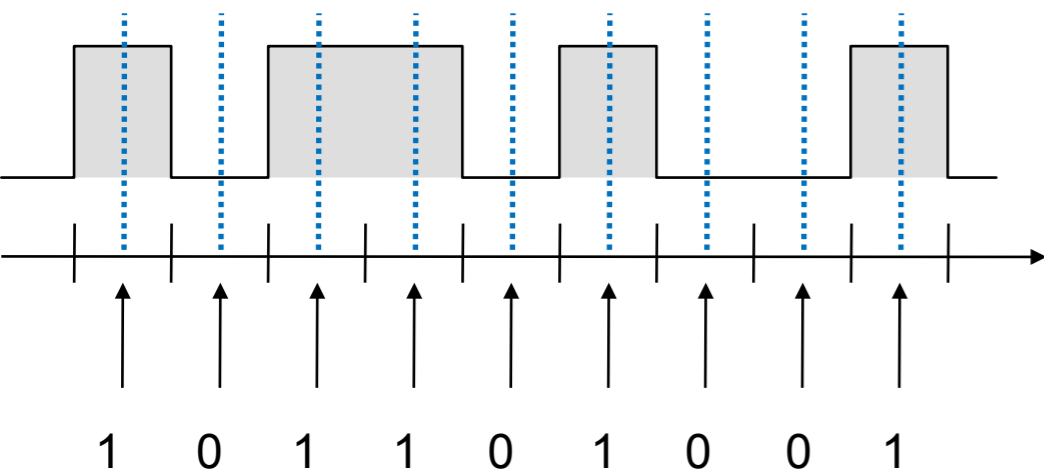
(aus Vorlesung von Holger Karl)

- Wann muss man die Signale messen
 - Typischerweise in der Mitte eines Symbols
 - Wann startet das Symbol?
 - Die Länge des Symbols ist üblicherweise vorher festgelegt.
- Der Empfänger muss auf der Bit-Ebene mit dem Sender synchronisiert sein
 - z.B. durch *Frame Synchronization*



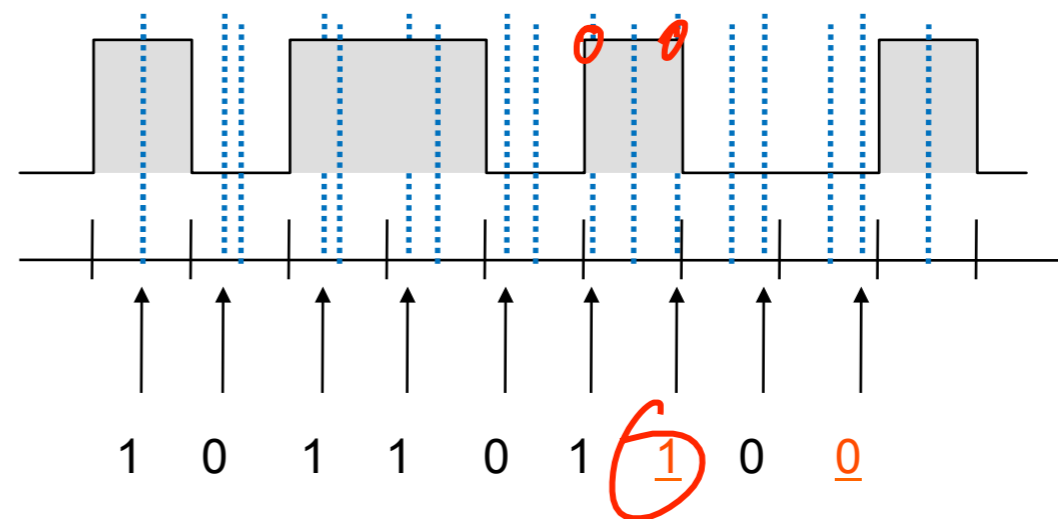
- Was passiert wenn man einfach Uhren benutzt
- Problem
 - Die Uhren driften auseinander
 - Keine zwei (bezahlbare Uhren) bleiben perfekt synchron
- Fehler by Synchronisationsverlust (NRZ):

Sender:




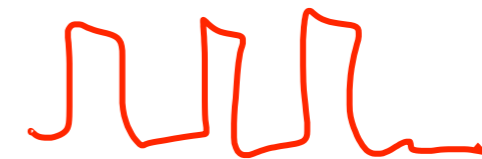
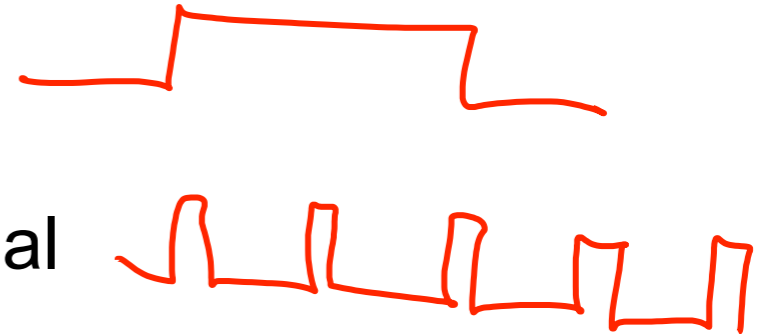
Kanal

Empfänger mit driftender Uhr



Lösung der Synchronisation

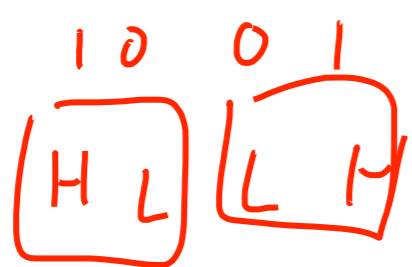
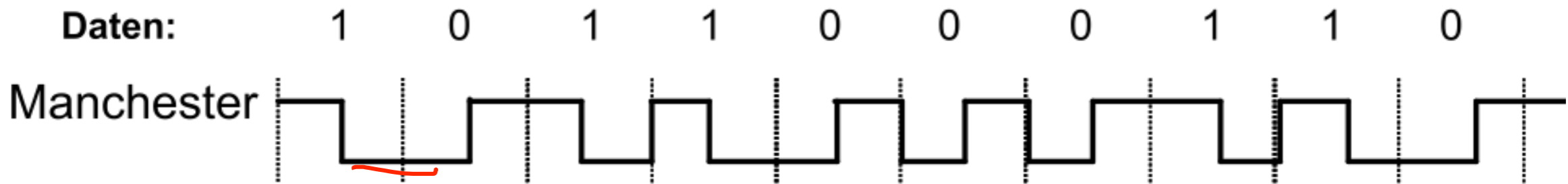
- Ohne Kontrolle keine Synchronisation
- Lösung: explizites Uhrensinal
 - Benötigt parallele Übertragung über Extra-Kanal
 - Muss mit den Daten synchronisiert sein
 - Nur für kurze Übertragungen sinnvoll
- Synchronisation an kritischen Zeitpunkten
 - z.B. Start eines Symbols oder eines Blocks
 - Sonst läuft die Uhr völlig frei
 - Vertraut der kurzzeitig funktionierenden Synchronität der Uhren
- Uhrensinal aus der Zeichenkodierung 



Selbsttaktende Codes

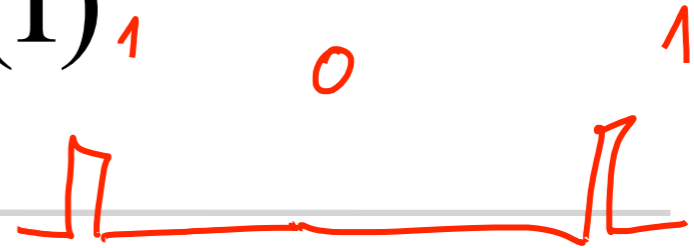
- z.B. Manchester Code (~~Biphase Level~~)
 - 1 = Wechsel von hoch zu niedrig in der Intervallmitte
 - 0 = Umgekehrter Wechsel

Handwritten notes in red: $0 \rightarrow L$, $1 \rightarrow H$, ~~0 0 0 0 0 0 0 0 0 0~~, 0^{15} , 0^{16}

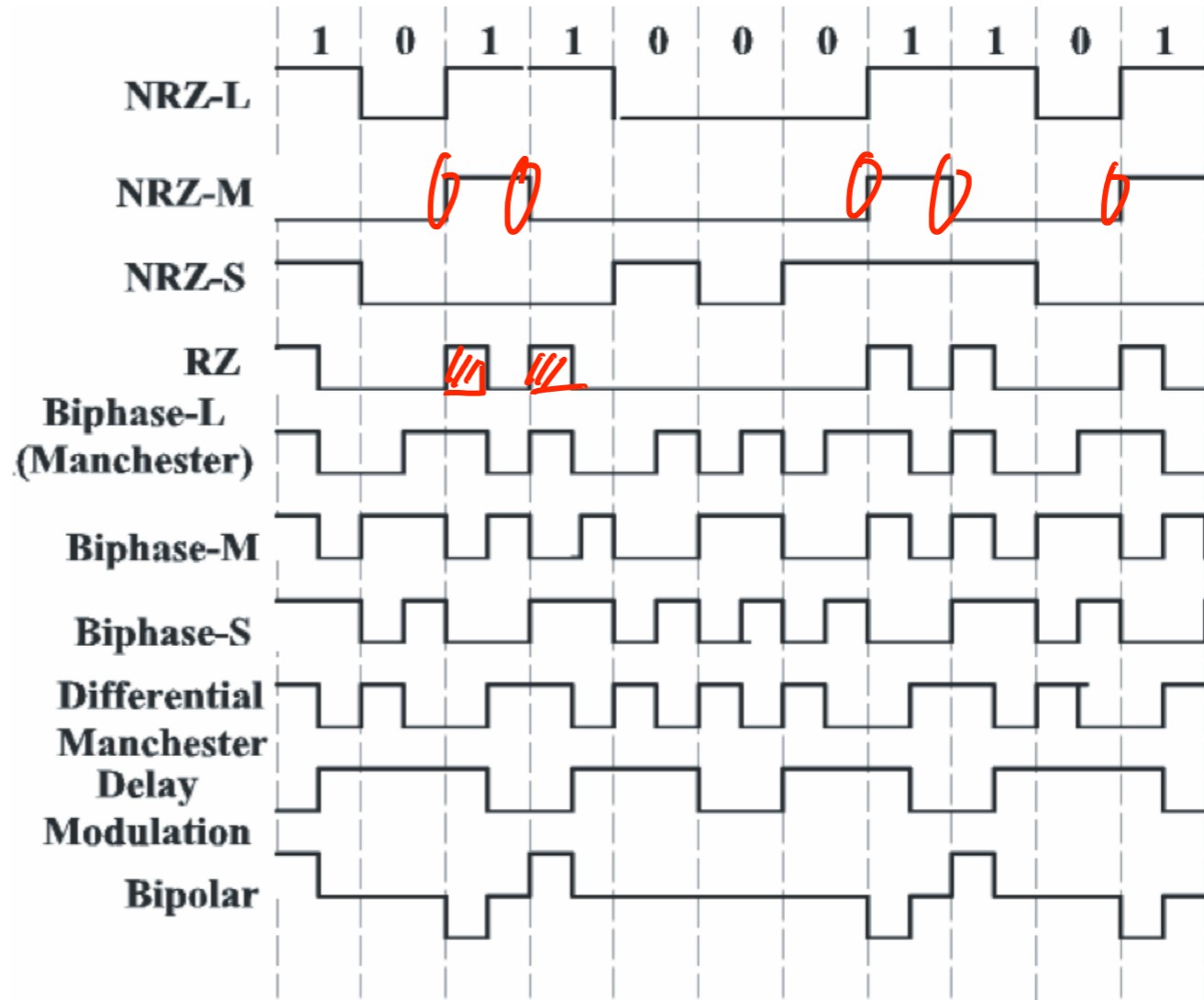


- Das Signal beinhaltet die notwendige Information zur Synchronisation



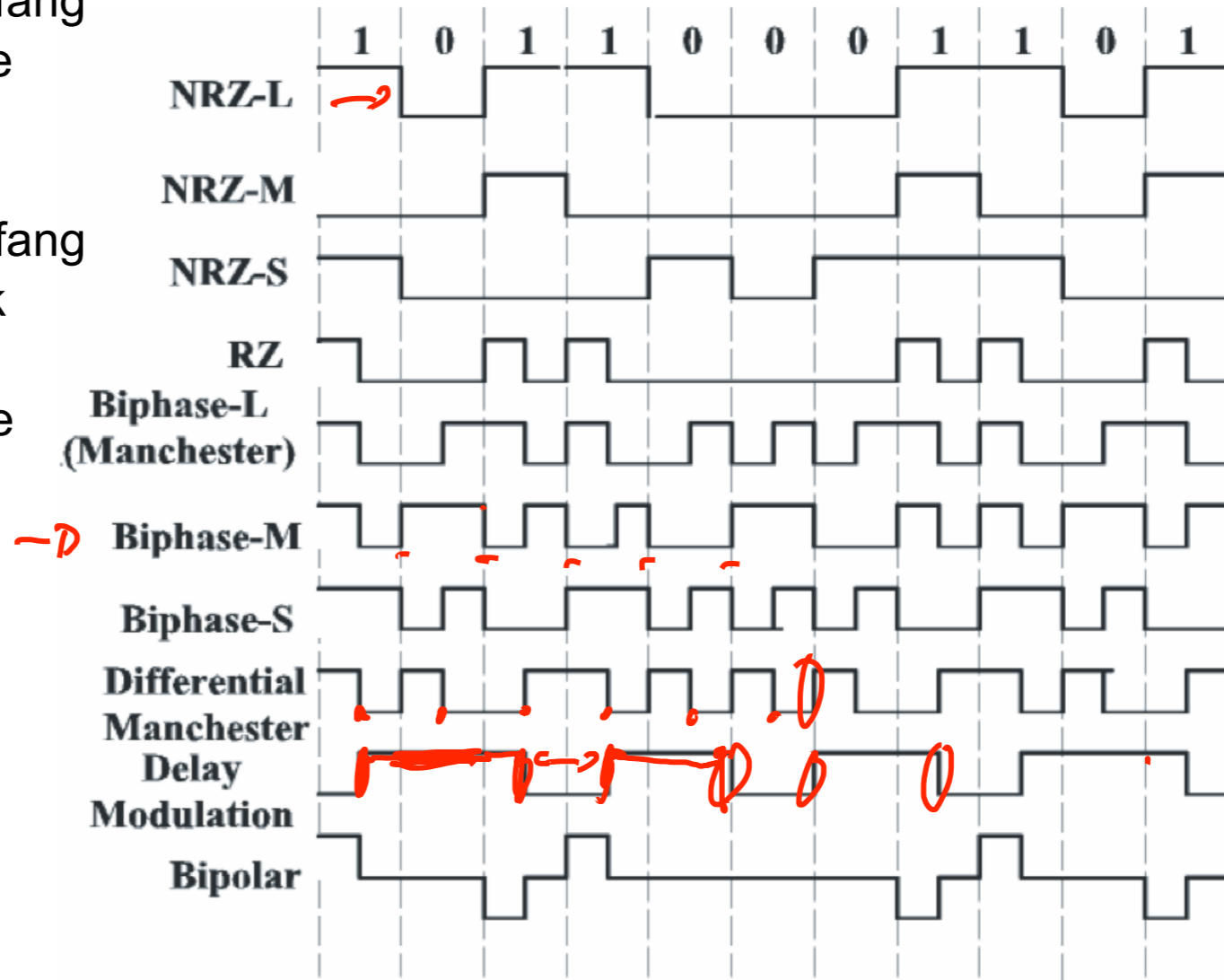


- Non-Return to Zero-Level (NRZ-L)
 - 1 = hohe Spannung, 0 = niedrig
- Non-Return to Zero-Mark (NRZ-M)
 - 1 = Wechsel am Anfang des Intervalls
 - 0 = Kein Wechsel
- Non-Return to Zero-Space (NRZ-S)
 - 0 = Wechsel am Intervallanfang
 - 1 = Kein Wechsel
- Return to Zero (RZ)
 - 1 = Rechteckpuls am Intervallanfang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



0000000

- 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



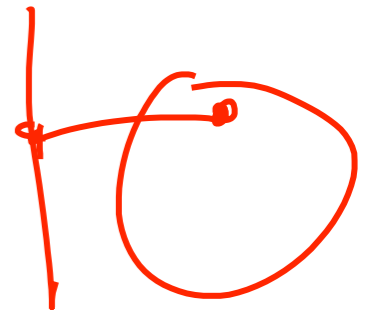
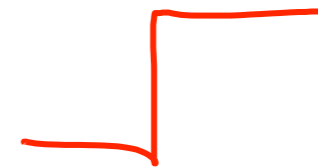
00 0 111

0 1 0 1



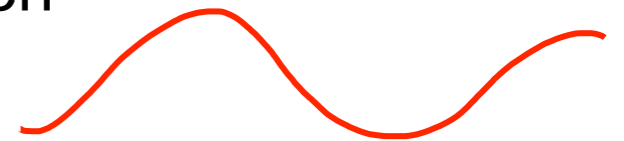
■ Basisband (baseband)

- 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



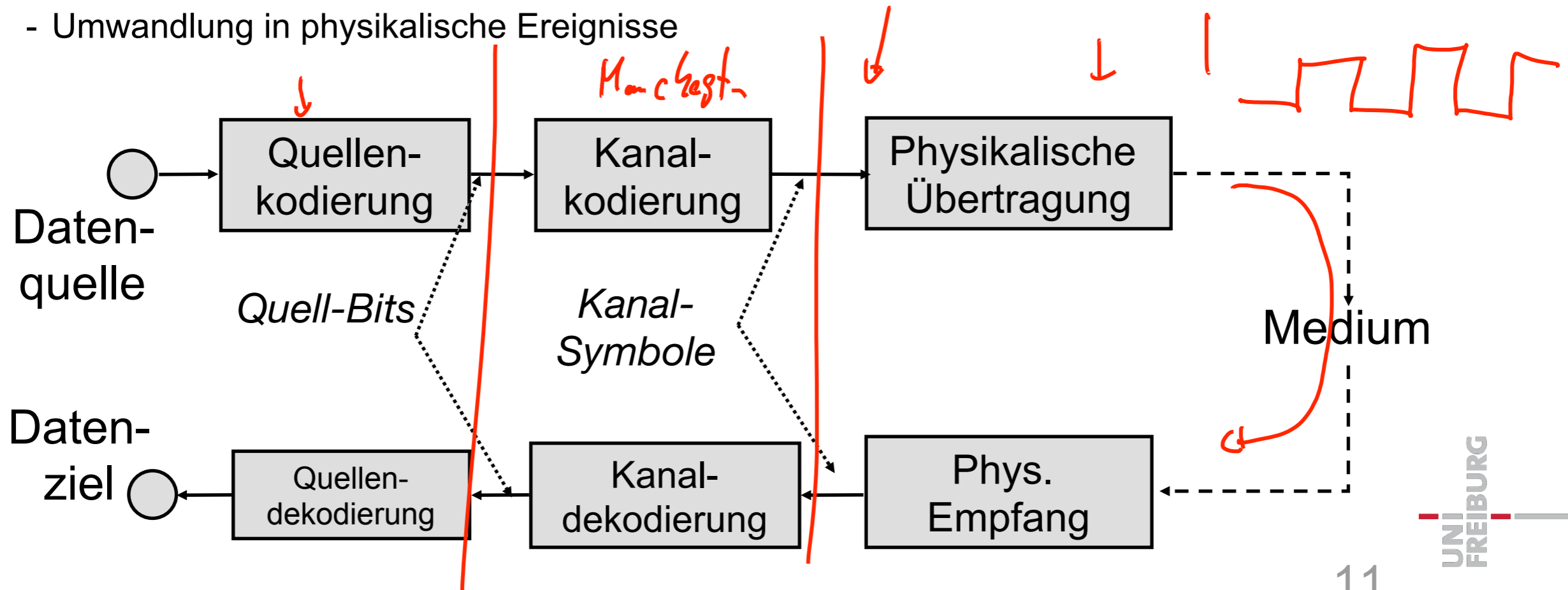
■ Breitband (broadband)

- 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



Struktur einer digitalen Basisband-Übertragung

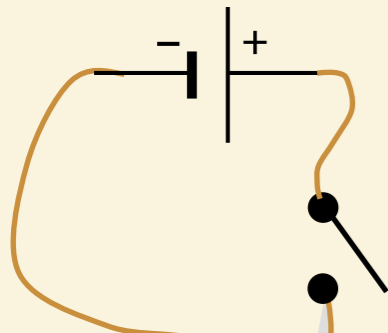
- Quellkodierung
 - Entfernen redundanter oder irrelevanter Information
 - Z.B. mit verlustbehafteter Komprimierung (MP3, MPEG 4)
 - oder mit verlustloser Komprimierung (Huffman-Code)
- Kanalkodierung
 - Abbildung der Quellbits auf Kanal-Symbole
 - Möglicherweise Hinzufügen von Redundanz angepasst auf die Kanaleigenschaften
- Physikalische Übertragung
 - Umwandlung in physikalische Ereignisse



Die einfachste Bitübertragung

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

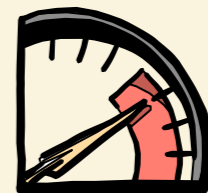
Schicht 1:
Bit zu Spannung



Bit=1: Schalter zu
Bit=0: Schalter auf

Schicht 1:
Spannung zu Bit

Spannung: Bit 1
Keine Spannung: Bit 0



Schicht 0 "Physikalische Verbindung"



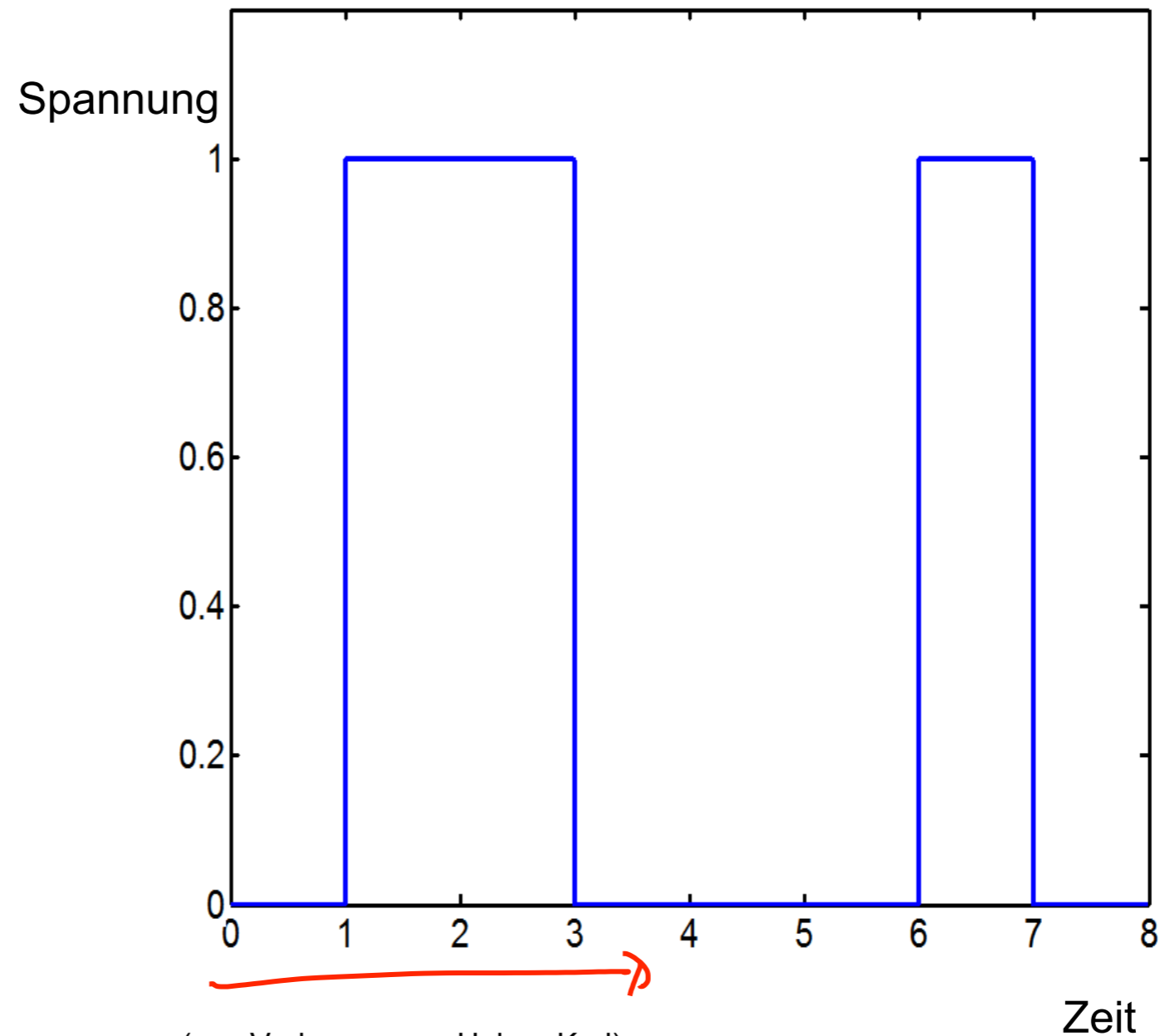
(aus Vorlesung von Holger Karl)

Übertragung eines Buchstabens: “b”

■ Zeichen “b”
benötigt mehrere
Bits

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

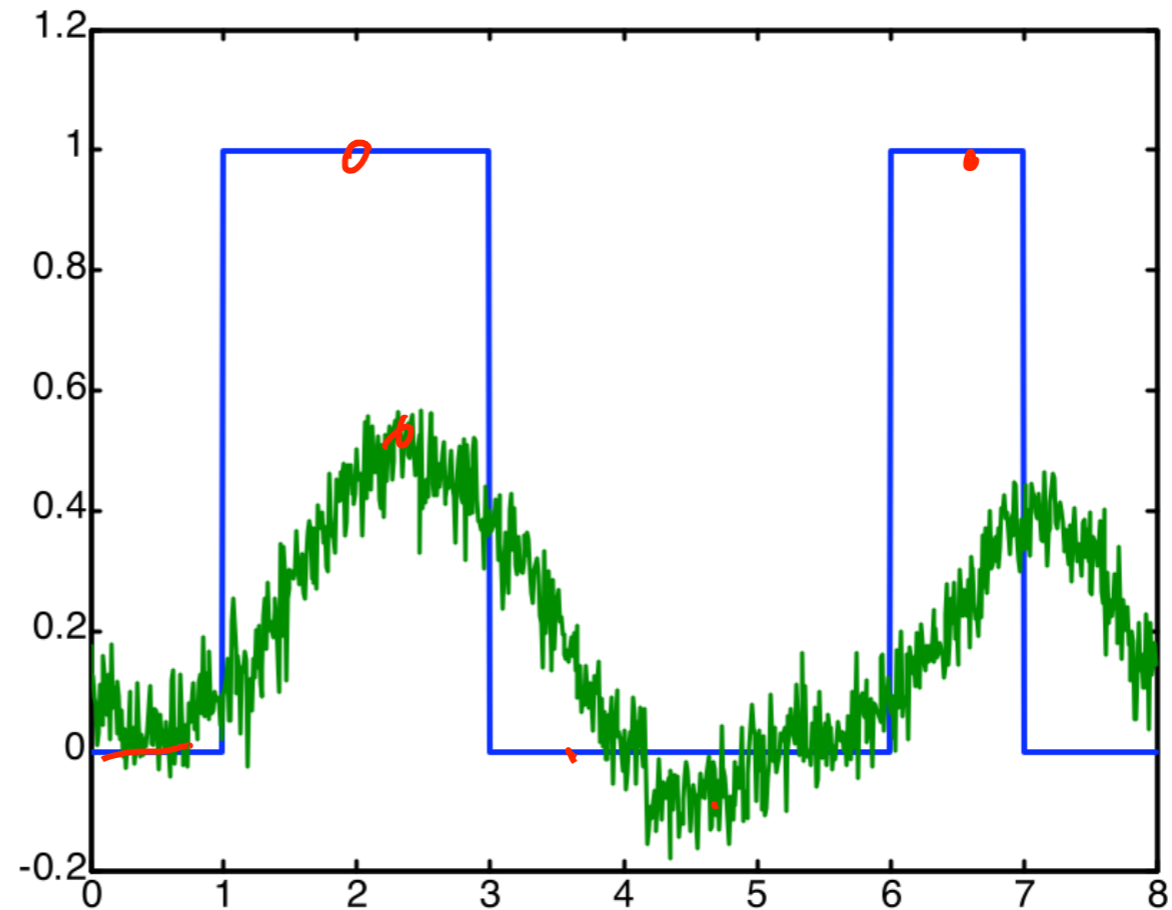
■ Spannungsverlauf:



(aus Vorlesung von Holger Karl)

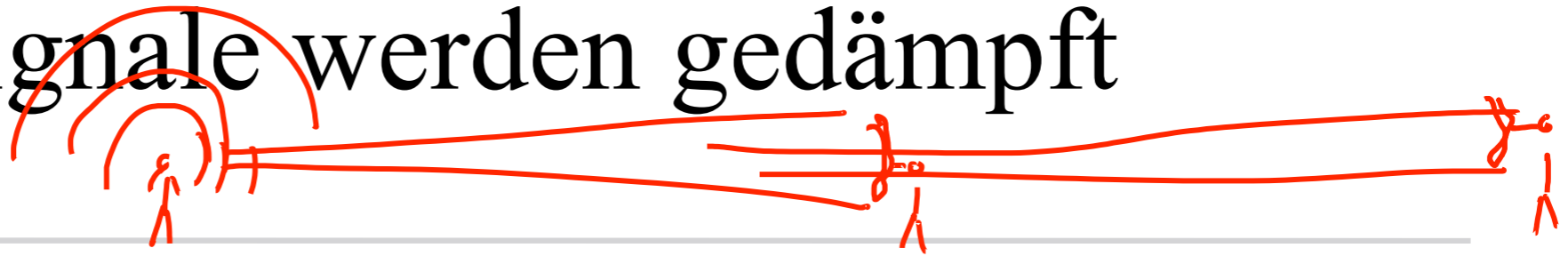
Was kommt an?

- Übertrieben schlechter Empfang
- Was passiert hier?



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

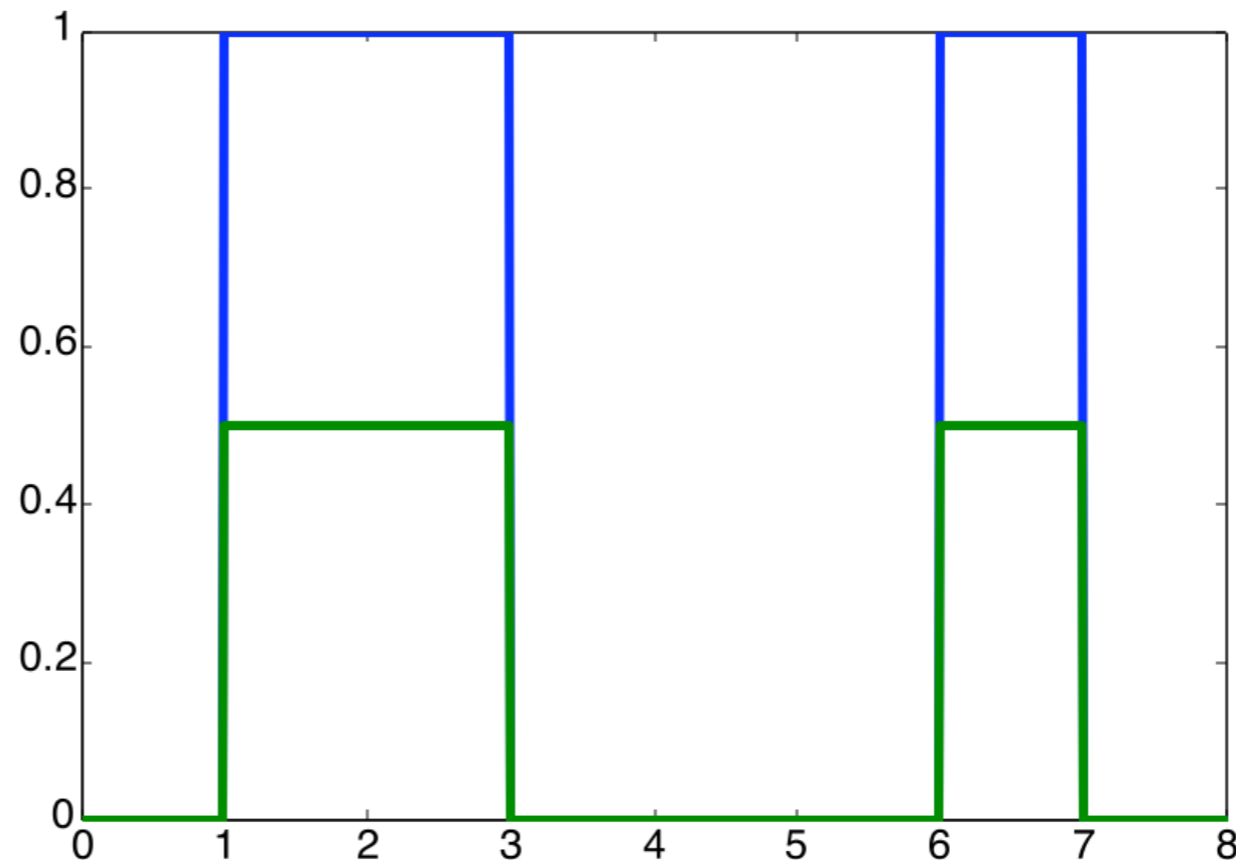
1. Signale werden gedämpft



- Dämpfung α (attenuation)
 - Verhältnis von Sendeenergie P_1 zu Empfangsenergie P_0
 - Bei starker Dämpfung erreicht wenig Energie dem Empfänger

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

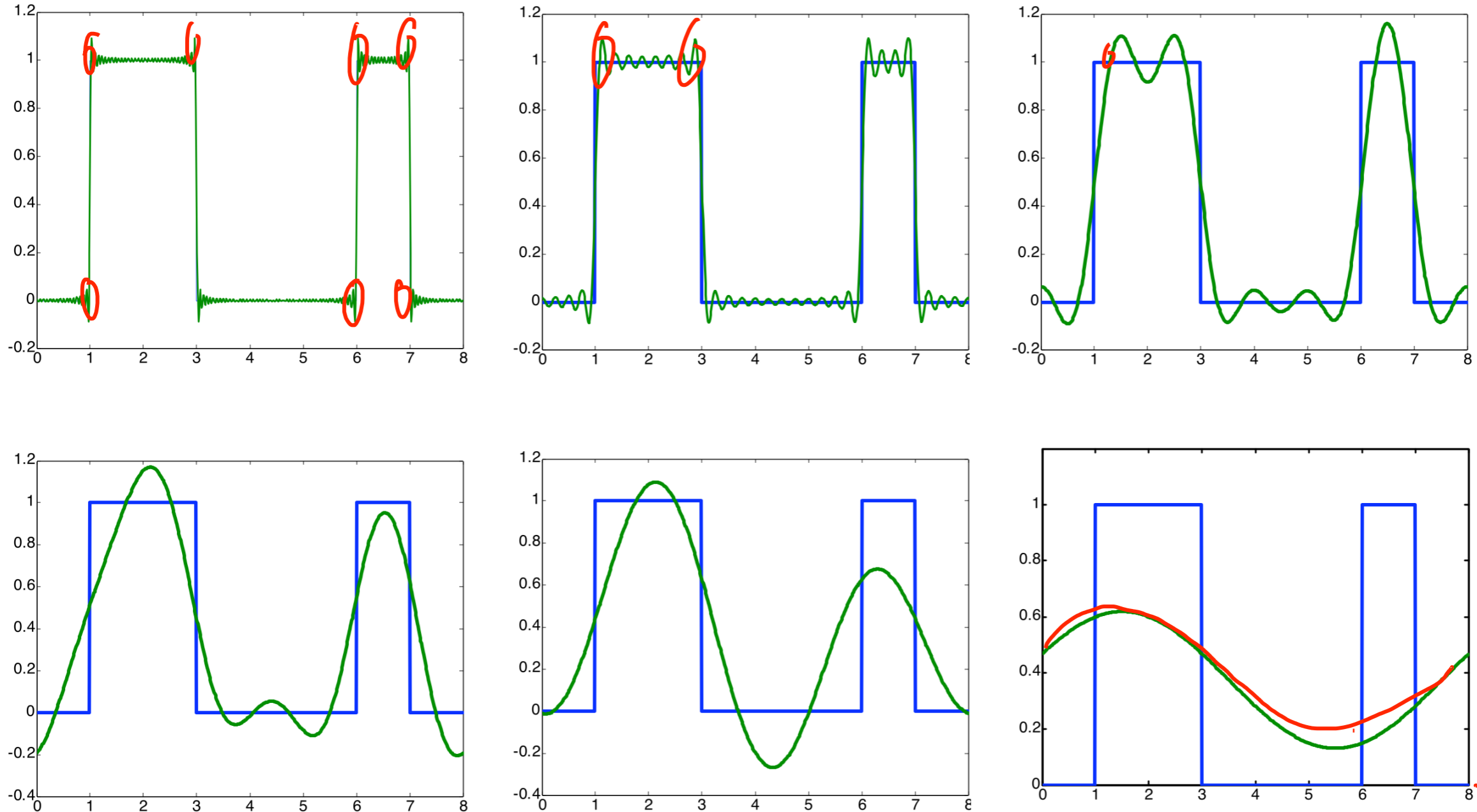
- Dämpfung hängt ab von
 - der Art des Mediums
 - Abstand zwischen Sender und Empfänger
 - ... anderen Faktoren
- Angegeben in deziBel



$$\begin{aligned}
 & \log_{10} \frac{P_1}{P_0} \quad (\text{in Bel}) \\
 & = 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_0} \quad (\text{in deziBel [dB]})
 \end{aligned}$$

2. Nicht alle Frequenzen passieren das Medium

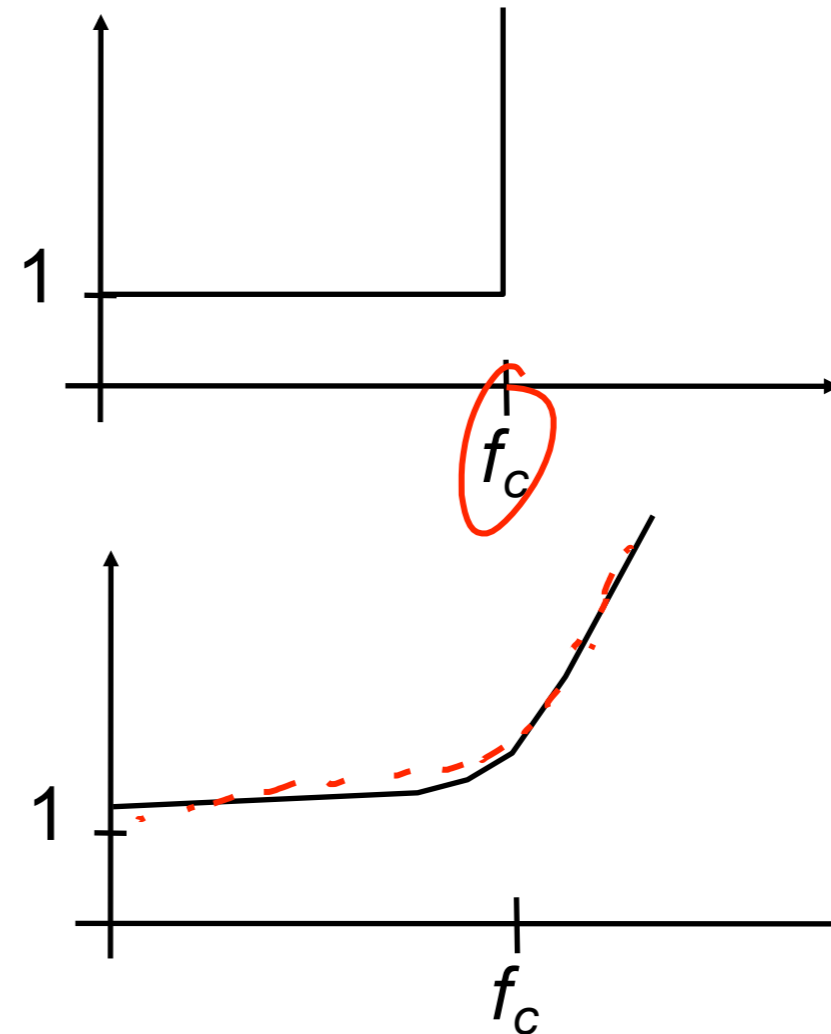
- Das Signal beim Verlust der hohen Frequenzen



(aus Vorlesung von Holger Karl)

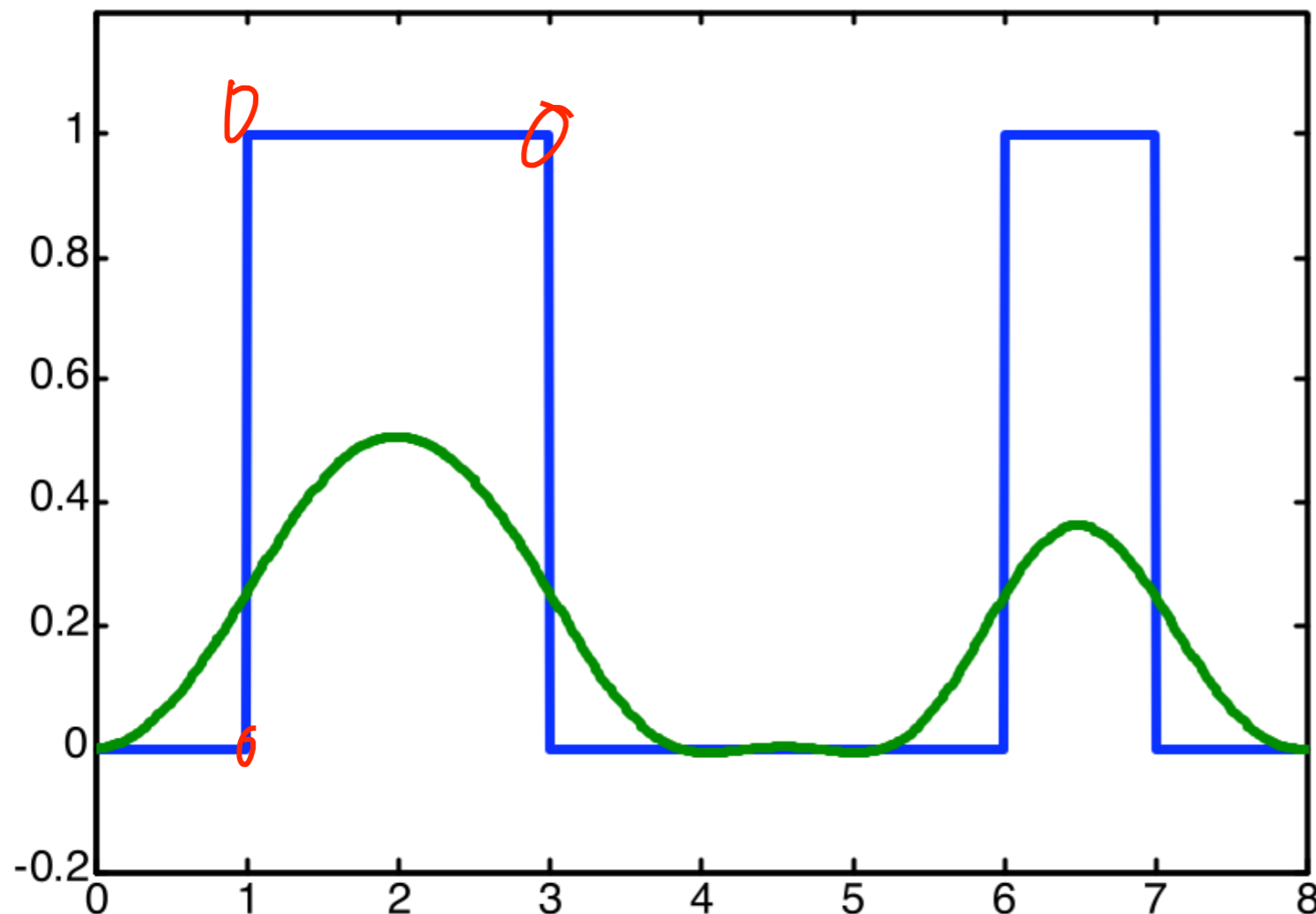
3. Frequenzabhängige Dämpfung

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

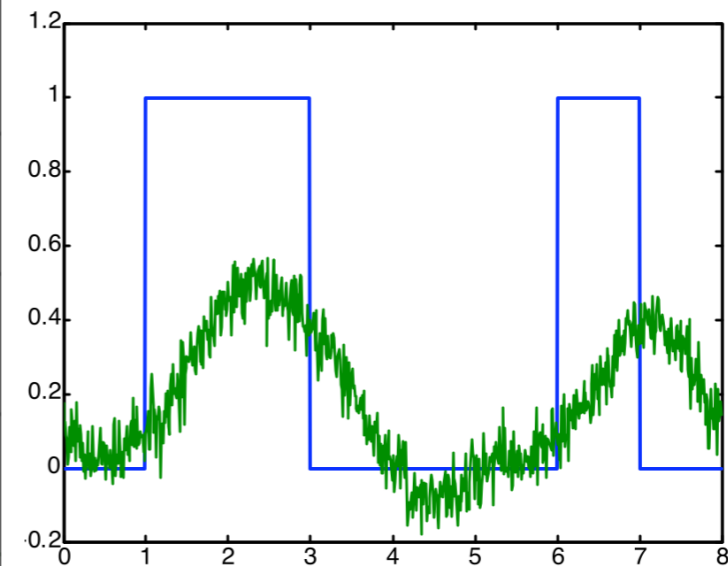


Beispiel mit realistischerer Dämpfung

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



Warum passiert das?

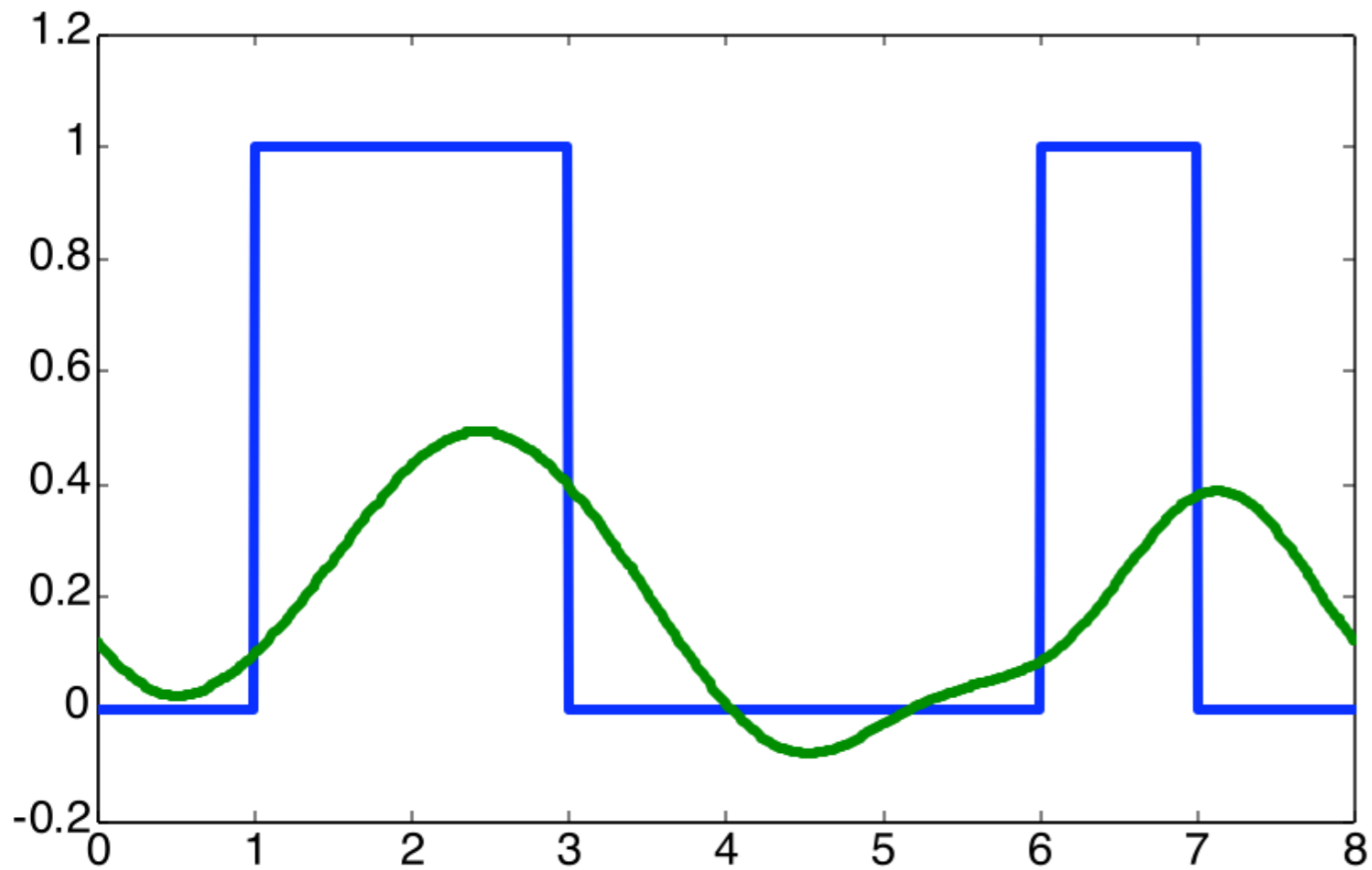


4. Das Medium stört und verzerrt

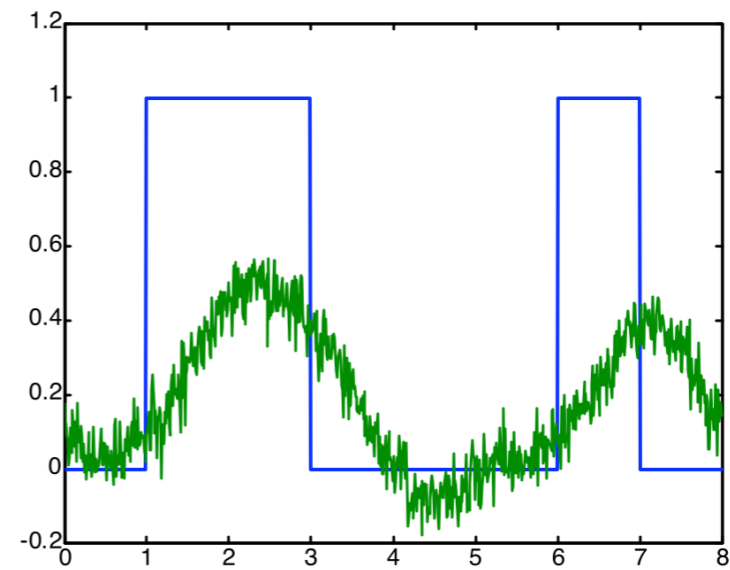
- In jedem Medium (außer dem Vakuum) haben verschiedene Frequenzen verschiedene Ausbreitungsgeschwindigkeit
 - Resultiert in Phasenverschiebung
 - Die zugrunde liegende Sinuskurve ist bestimmt durch Amplitude a , Frequenz f , and Phase ϕ

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

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



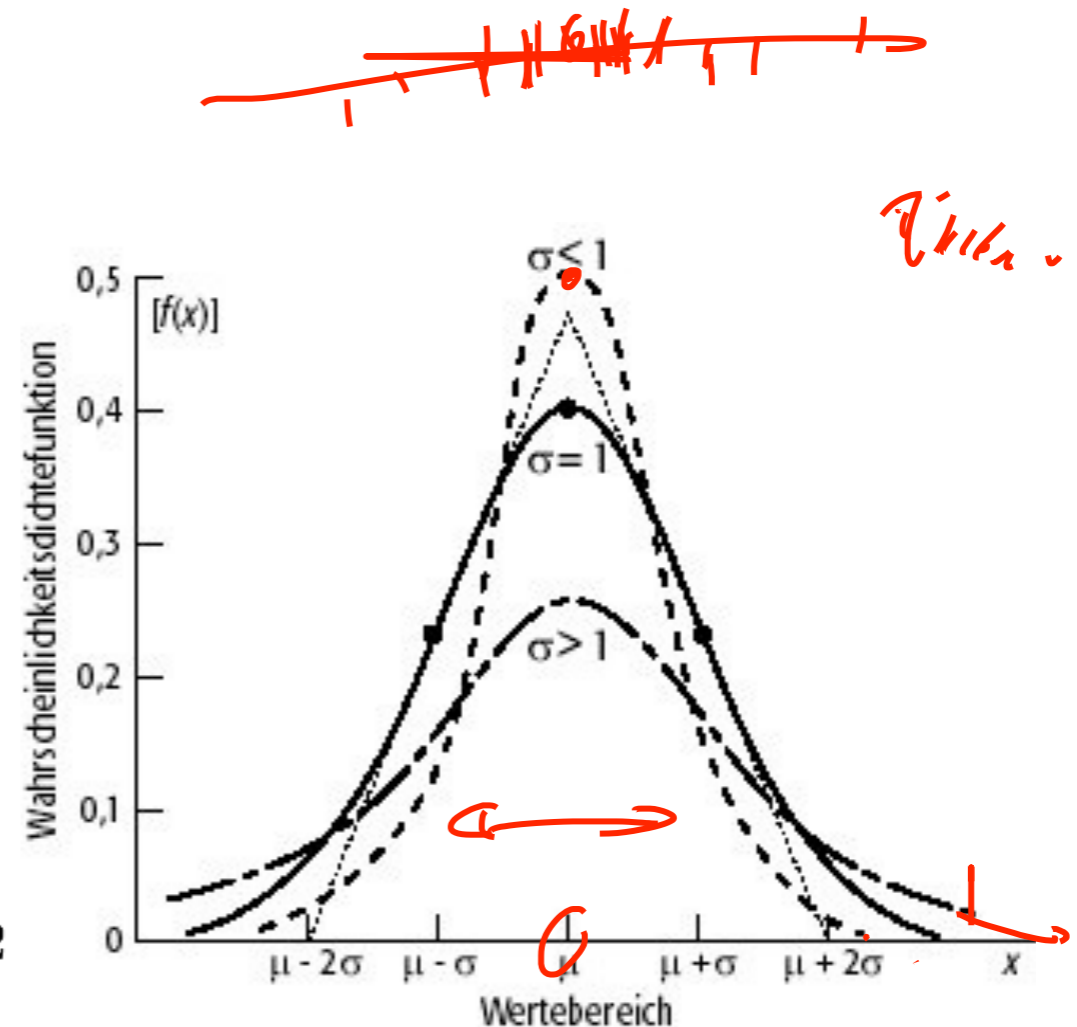
Warum passiert das:



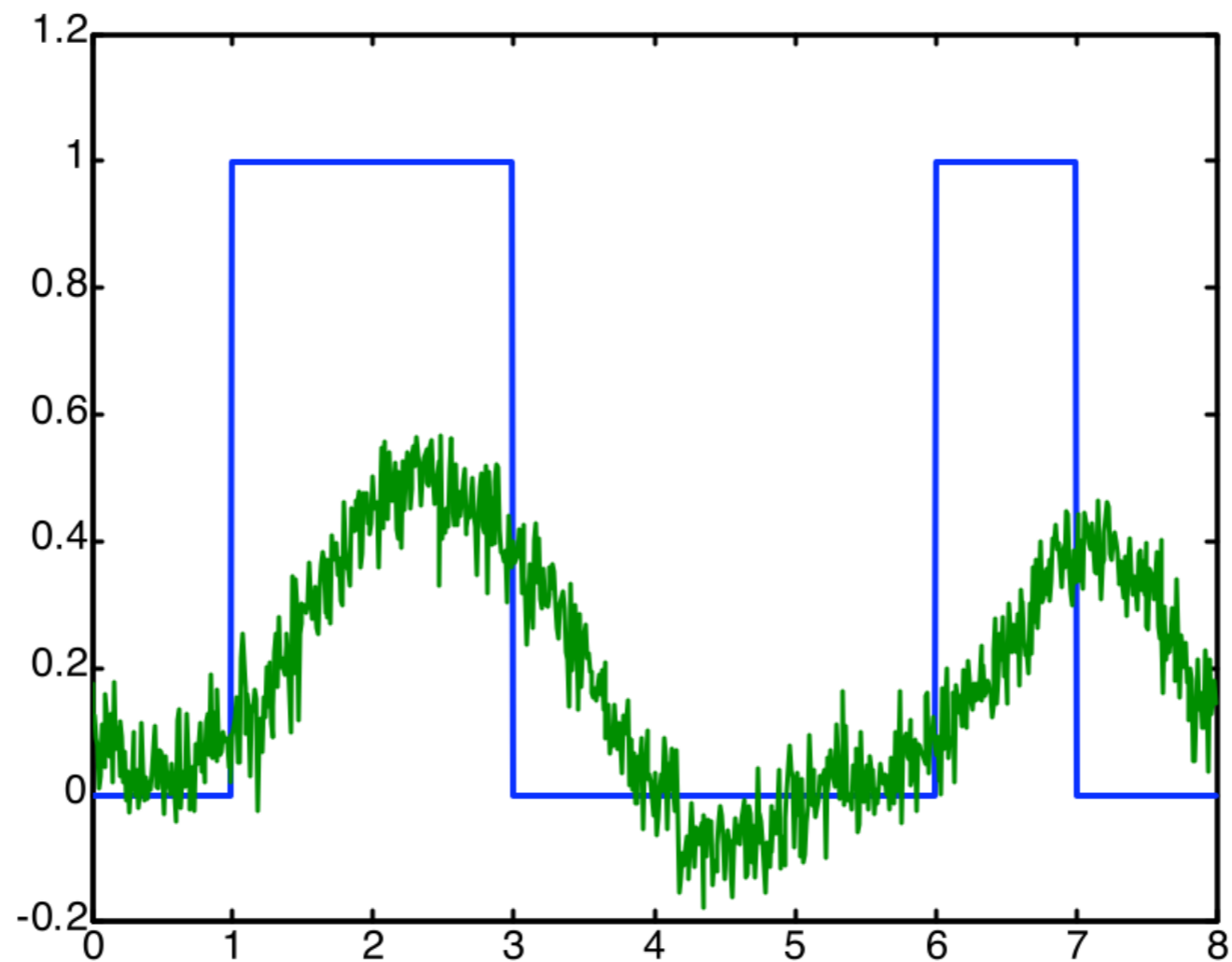
5. Echte Medien rauschen

- 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.



(aus Vorlesung von Holger Karl)