CoNe
Freiburg

Systeme II

2. Vorlesungswoche
28.04. – 02.05.2008

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Christian Schindelhauer
Sommer 2008

1

Systeme II

Bitübertragungs-schicht

2

Bitübertragungsschicht Physical Layer

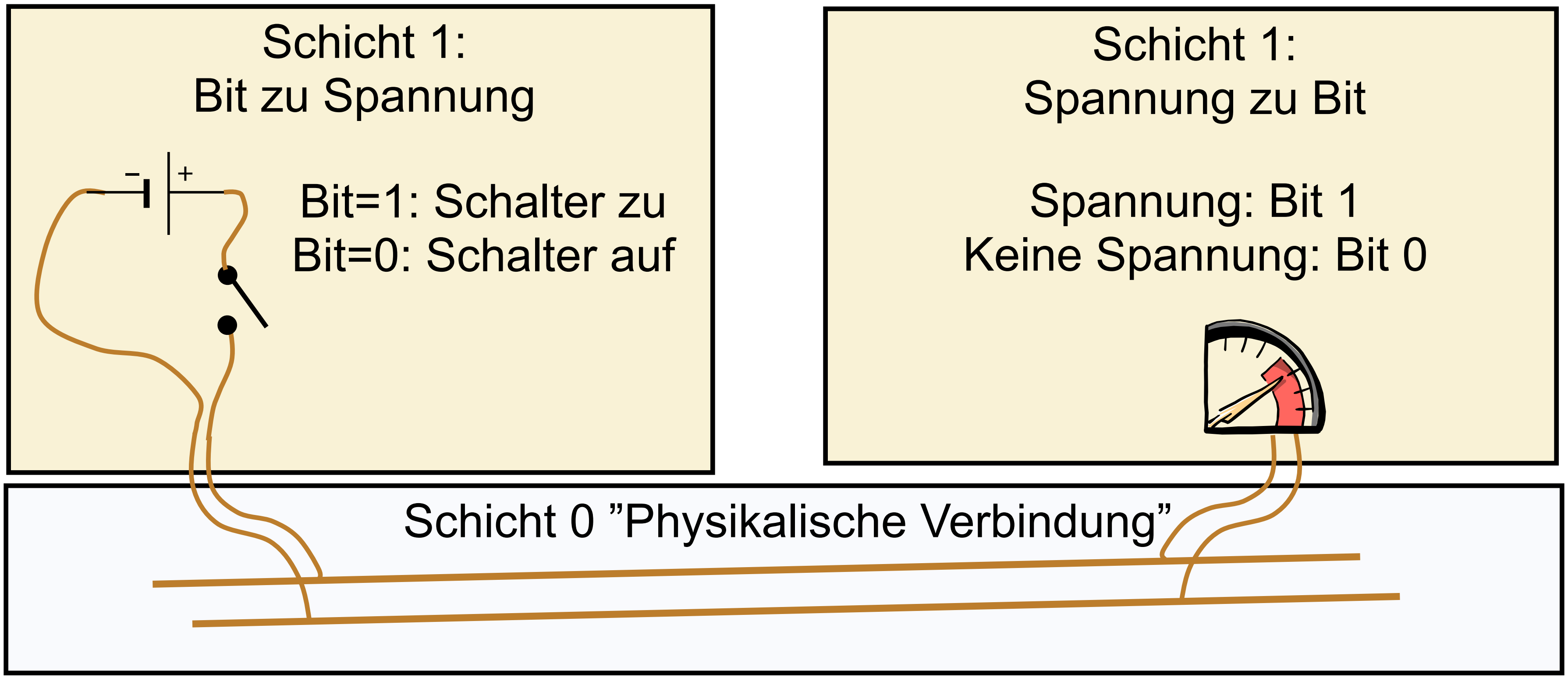
- **ISO-Definition**
  - Die Bitübertragungsschicht definiert
    - mechanische
    - elektrische
    - funktionale und
    - prozedurale
  - Eigenschaften um eine physikalische Verbindung
    - aufzubauen,
    - aufrecht zu erhalten und
    - zu beenden.

Signale, Daten und Information

- **Information**
  - Menschliche Interpretation,
    - z.B. schönes Wetter
- **Daten**
  - Formale Präsentation,
    - z.B. 28 Grad Celsius, Niederschlagsmenge 0cm, Wolkenbedeckung 0%
- **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

Die einfachste Bitübertragung

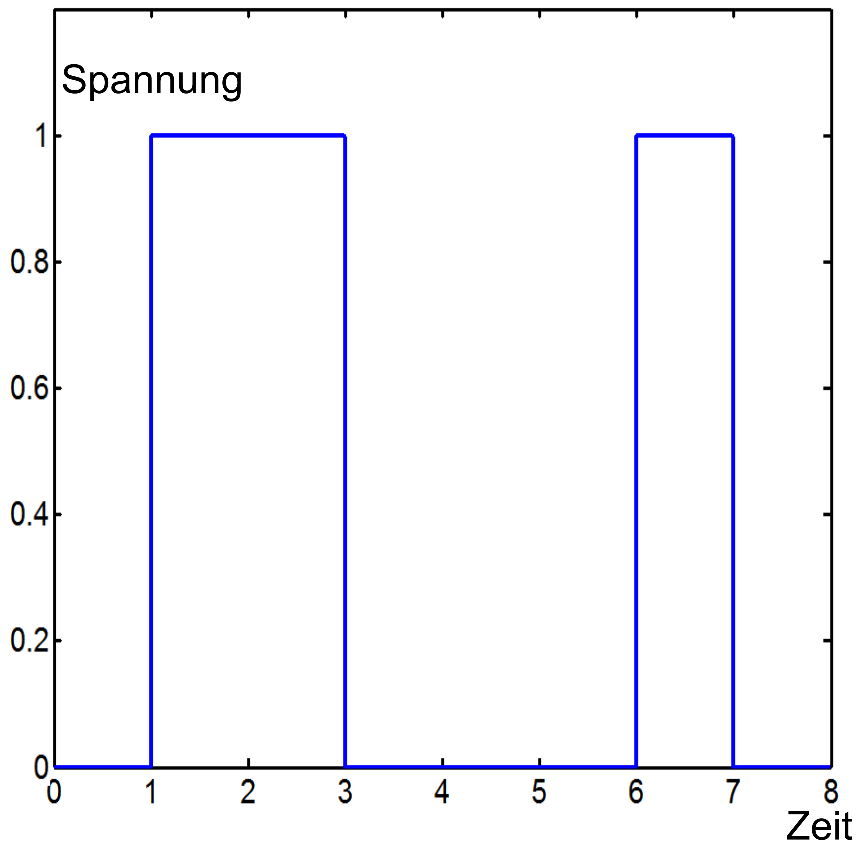
- **Bit 1: Strom an**
- **Bit 0: Strom aus**



(aus Vorlesung von Holger Karl)

Übertragung eines Buchstabens: “b”

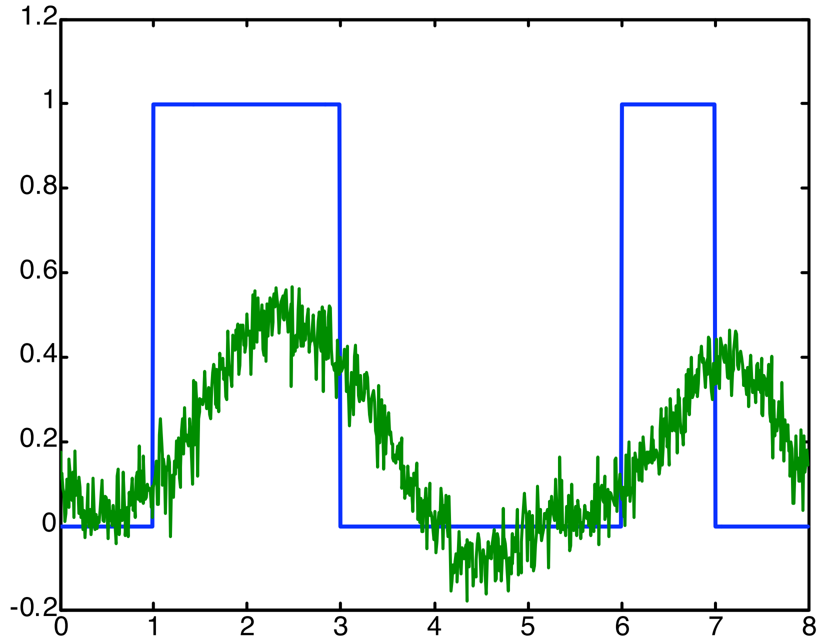
- **Zeichen “b”benötigt mehrere Bits**
  - z.B. ASCII code of “b” als Binärzahl 01100010
- **Spannungsverlauf:**



(aus Vorlesung von Holger Karl)

Was kommt an?

- **Übertrieben schlechter Empfang**
- **Was passiert hier?**



Physikalische Grundlagen

- **Bewegte elektrisch geladene Teilchen verursachen** elektromagnetische Wellen
  - **Frequenz f:** Anzahl der Oszillationen pro Sekunde
    - Maßeinheit: **Hertz**
  - **Wellenlänge λ:** Distanz (in Metern) zwischen zwei Wellenmaxima
  - Durch **Antennen** können elektro-magnet. Wellen erzeugt und empfangen werden
  - Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von elektro-magnetischen Wellen im Vakuum ist konstant: **Lichtgeschwindigkeit c ≈ 3 $\cdot$ 10^8 m/s**
- Zusammenhang:

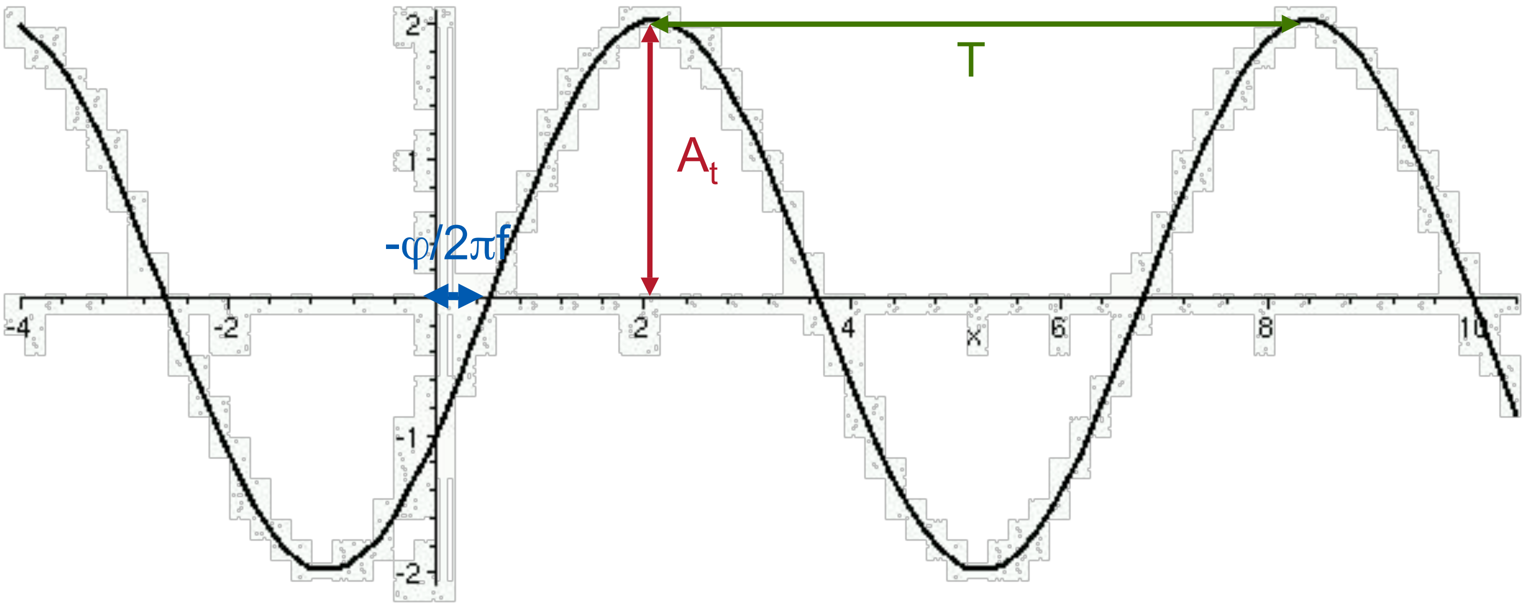
$$\lambda \cdot f = c$$

Amplitudendarstellung

- **Amplitudendarstellung einer Sinusschwingung**

$$s(t) = A \sin(2\pi f t + \phi)$$

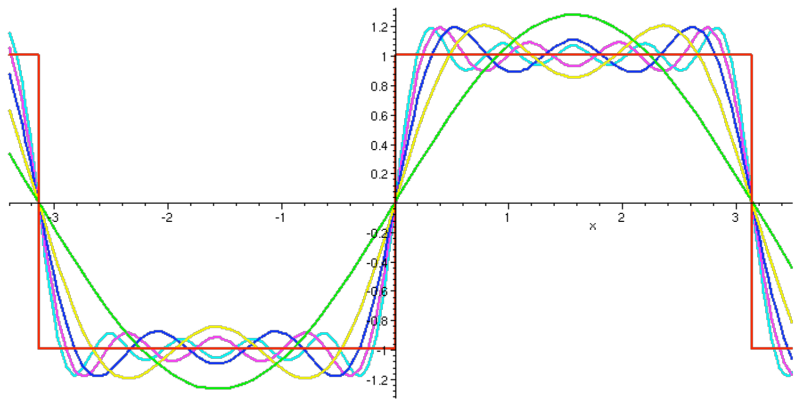
  - A: Amplitude
  - ϕ: Phasenverschiebung
  - f : Frequenz = 1/T
  - T: Periode



Fouriertransformation

- **Fouriertransformation einer periodischen Funktion:**
  - Zerlegung in verschiedene
  - Sinus/Cosinus-Funktionen
- **Dirichletsche Bedingungen einer periodischen Funktion f:**
  - $f(x) = f(x+2\pi)$
  - f(x) is in $(-\pi,\pi)$ in endlich vielen Intervallen stetig und monoton
  - Falls f nicht stetig in x_0, dann ist $f(x_0)=(f(x_0-0)+f(x_0+0))/2$
- **Satz von Dirichlet:**
  - f(x) genüge in $(-\pi,\pi)$ den Dirichletschen Bedingungen. Dann existieren Fourierkoeffizienten $a_0,a_1,a_2,\ldots,b_1,b_2,\ldots$ so dass gilt:

$$\lim_{n\to\infty} \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{n} a_k \cos kx + b_k \sin kx = f(x) .$$



Berechnung der Fourierkoeffizienten

- **Die Fourierkoeffizienten a_i, b_i können wie folgt berechnet werden:**
  - Für k = 0,1,2,…

$$a_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \cos kx \; dx$$

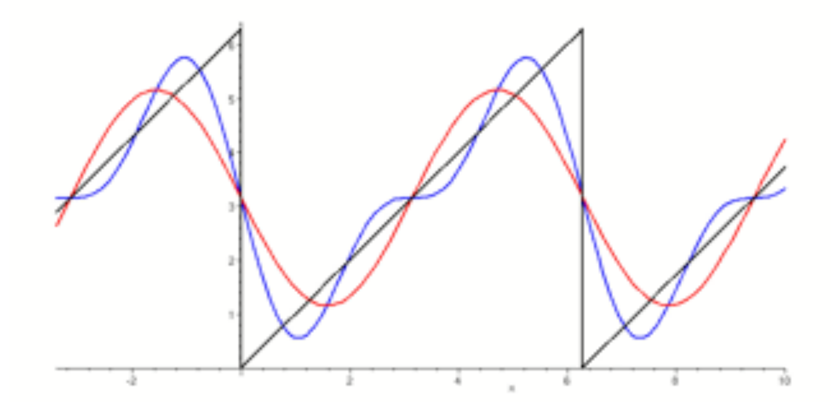
  - Für k = 1,2,3,…

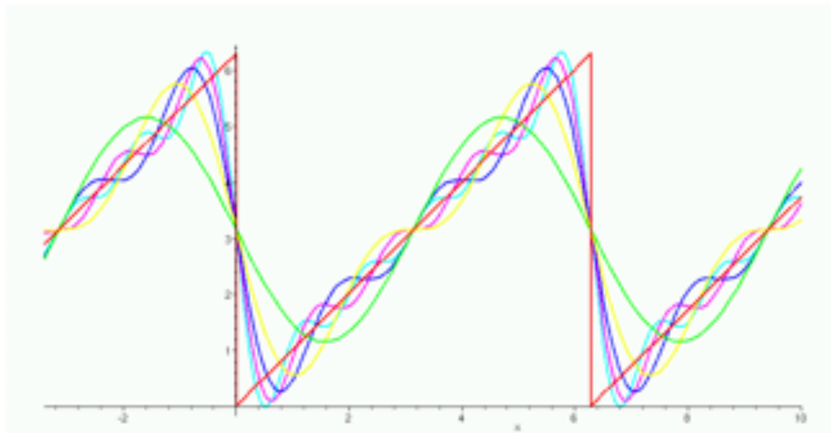
$$b_k = \frac{1}{\pi} \int_{-\pi}^{\pi} f(x) \sin kx \; dx$$

- **Beispiel: Sägezahnkurve**

$$f(x) = x \text{ , für } 0 < x < 2\pi$$

$$f(x) = \pi - 2\left(\frac{\sin x}{1} + \frac{\sin 2x}{2} + \frac{\sin 3x}{3} + \ldots\right)$$



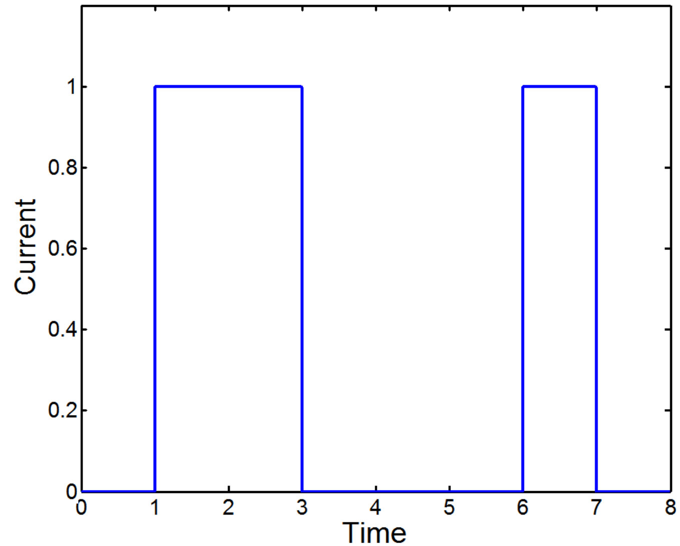


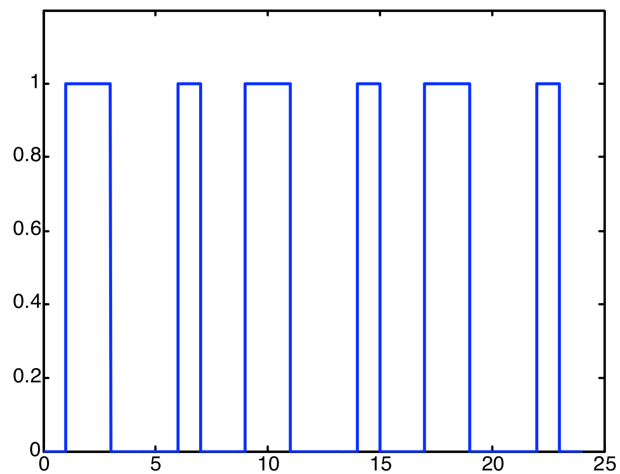
Fourier-Analyse für allgemeine Periode

- **Der Satz von Fourier für Periode T=1/f:**
  - Die Koeffizienten c, a_n, b_n ergeben sich dann wie folgt
  - $$g(t) = \frac{a_0}{2} + \sum_{k=1}^{\infty} a_k \cos(2\pi k f t) + b_k \sin(2\pi k f t)$$
    $$a_k = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \cos(2\pi n f t) dt$$
    $$b_k = \frac{2}{T} \int_0^T g(t) \sin(2\pi n f t) dt$$
- **Die Quadratsumme der k-ten Terme ist proportional zu der Energie, die in diser Frequenz verbraucht wird:** $(a_k)^2 + (b_k)^2$

Anwendung der Fourier-Analyse

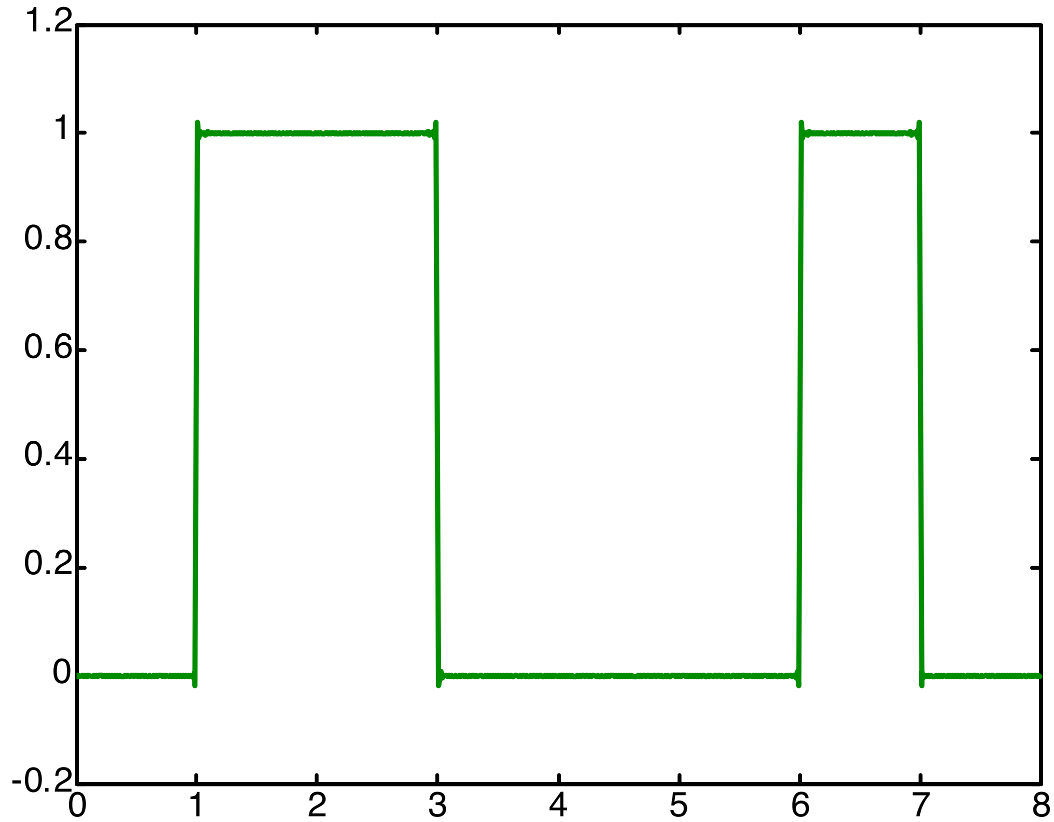
- **Problem:**
  - Signal ist nicht periodisch
- **Lösung:**
  - Wiederholung des Signals mit Periode 8





Anwendung der Fourier-Analyse

- **Fourier-Analyse mit 512 Termen:**



5 Gründe für den schlechten Empfang

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

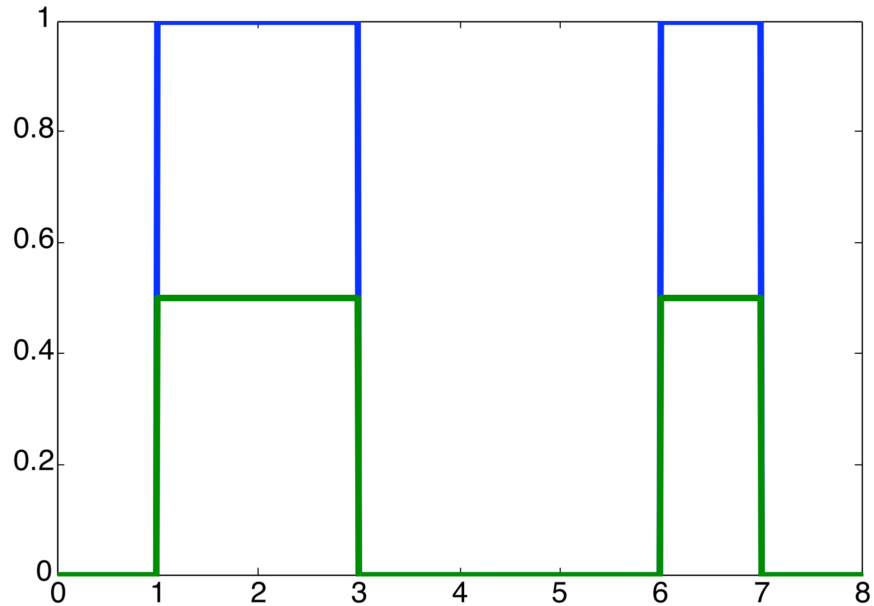
1. Signale werden gedämpft

- ***Dämpfung α (attenuatation)***
  - 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**

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

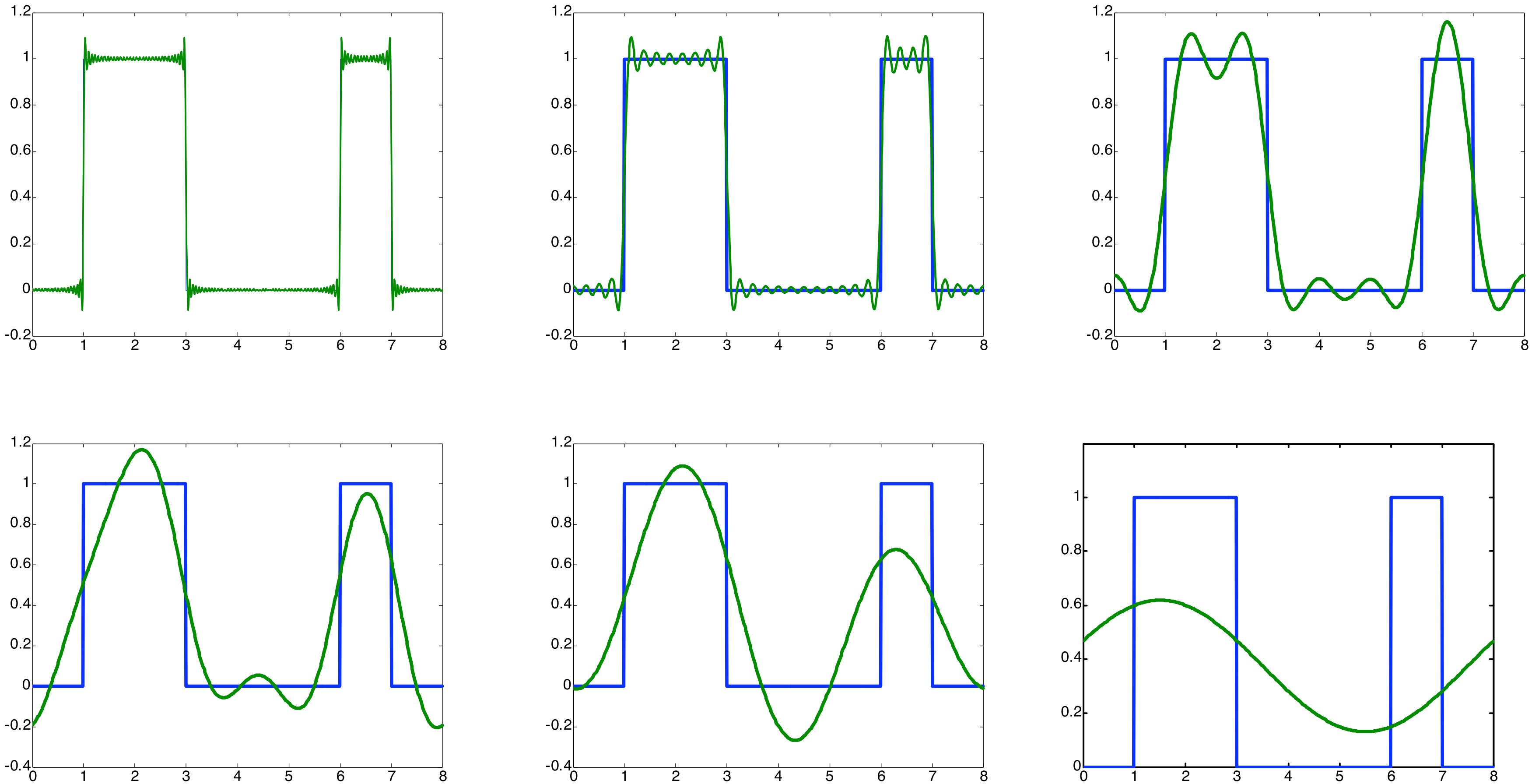
$$= 10 \log_{10} \frac{P_1}{P_0} \quad \text{(in deziBel [dB])}$$

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



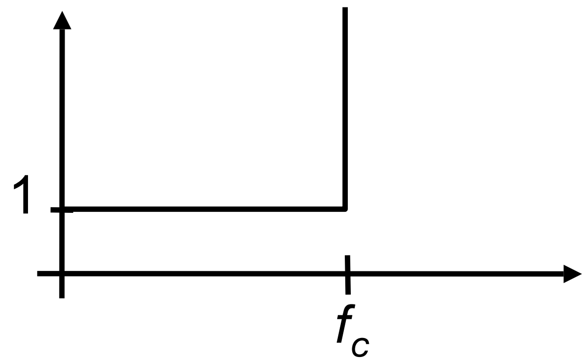
2. Nicht alle Frequenzen passieren das Medium

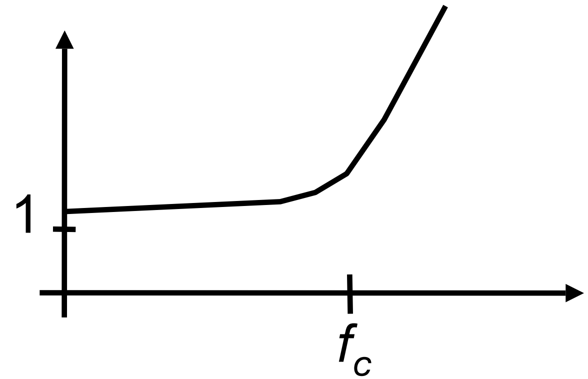
- **Das Signal beim Verlust der hohen Frequenzen**



3. Frequenzabhängige Dämpfung

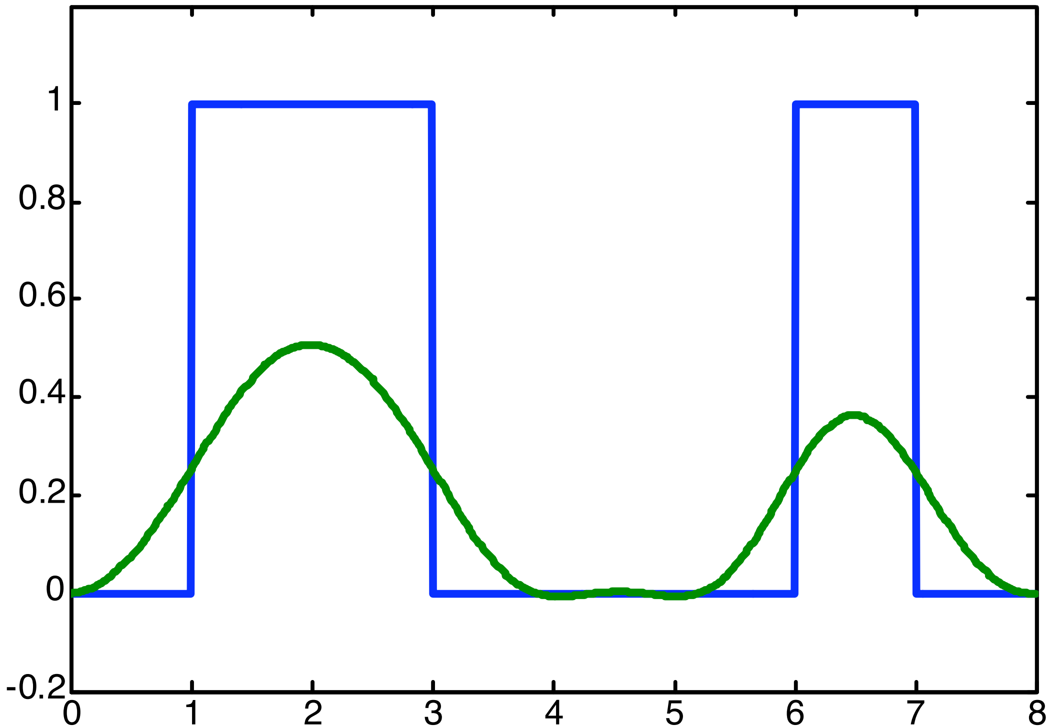
- **Vorherige Seite: Cutoff**
  - Zuerst ist die Dämpfung 1
  - und dann Unendlich
- **Realistischer:**
  - Dämpfung steigt kontinuierlich von 1 zu höheren Frequenzen
- **Beides:**
  - Bandweiten-begrenzter Kanal



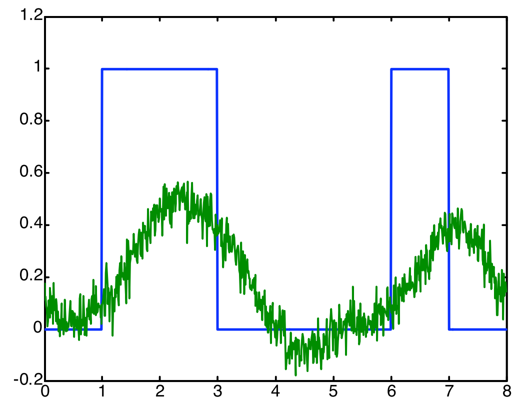


Beispiel mit realistischerer Dämpfung

- **Beispiel: Dämpfung ist 2; 2,5, 3,333… , 5, 10, ∞ für den ersten, zweiten, … Fourier-koeffizienten**



Warum passiert das?



4. Das Medium stört und verzerrt

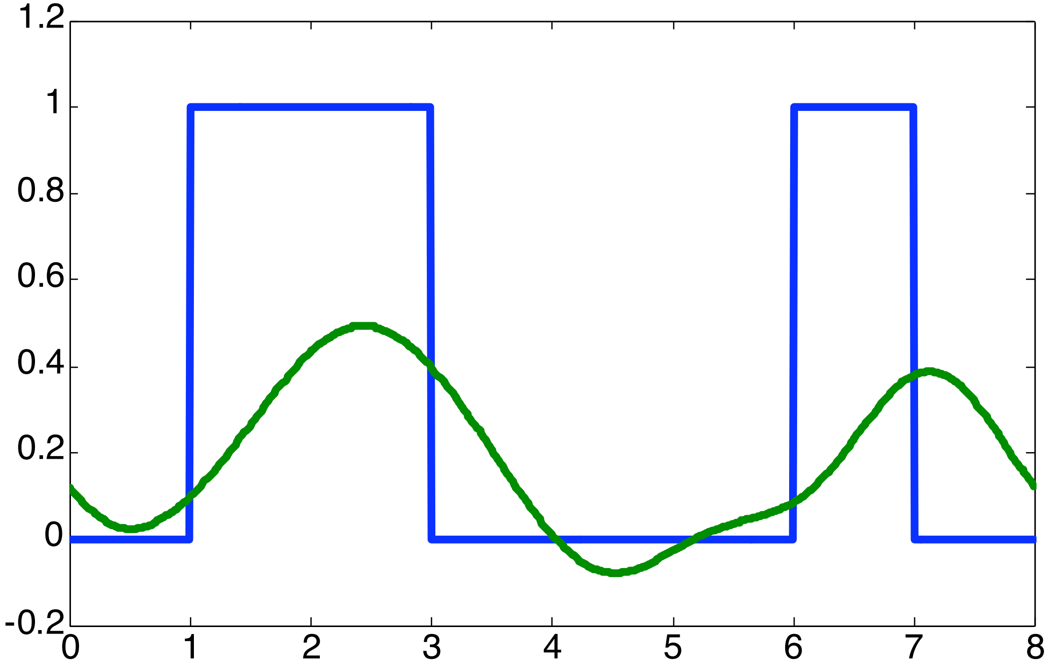
- **In jedem Medium (außer dem Vakuum) haben verschiedene Frequenzen verschiedene Ausbreitungsgeschwindigkeit**
  - Resultiert in Phasenverschiebung
  - Zu Erinnerung: Sinuskurve ist bestimmt durch Amplitude *a*, Frequenz *f*, and Phase ϕ

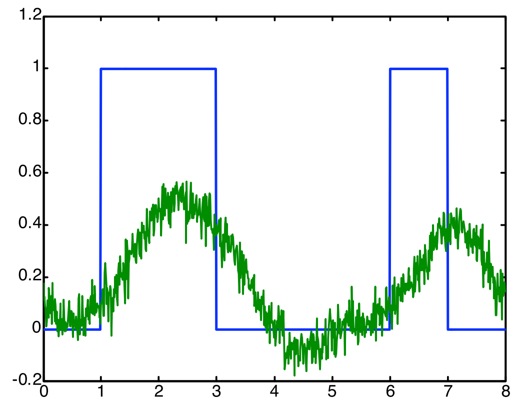
$$a \sin(2\pi f t + \phi)$$

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

Frequenzabhängige Dämpfung und Verzerrung

Warum passiert das:

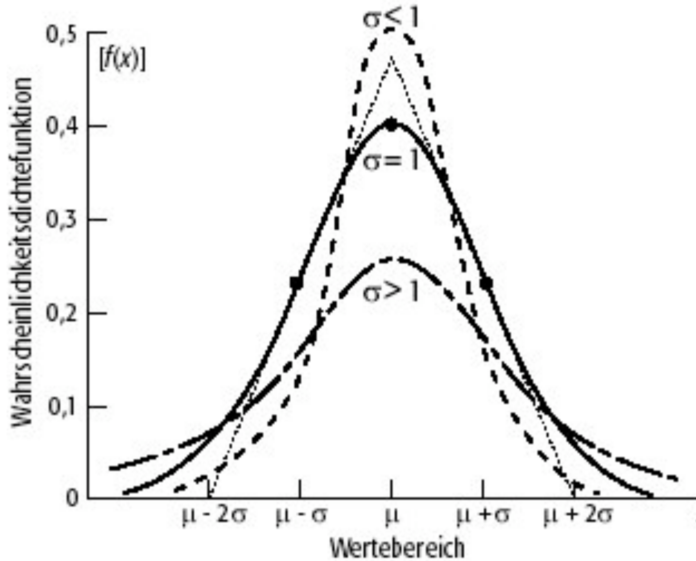




5. Echte Medien rauschen

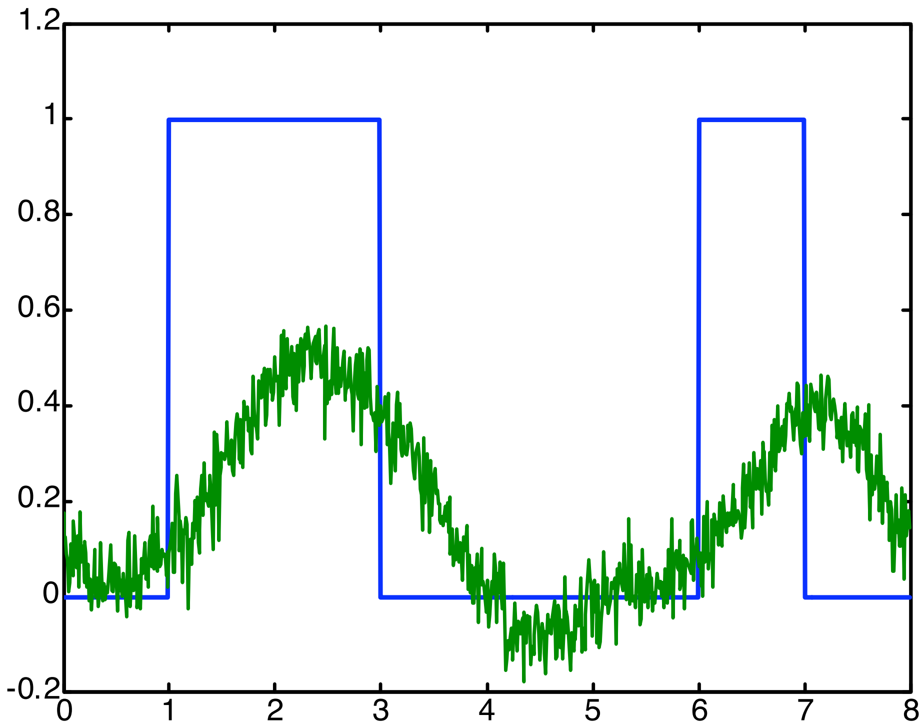
- **Jedes Medium und jeder Sender und Empfänger produzieren Rauschen**
  - Verursacht durch Wärme, Störungen anderer Geräte, Signale, Wellen, etc.
- **Wird beschrieben durch zufällige Fluktuationen des (störungsfreien) Signals**
  - Typische Modellierung: Gauß'sche Normalverteilung

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



Zusammenfassung

- **Dies alles kann das Eingangssignal erklären.**



CoNe
Freiburg

Systeme II

Ende der 2. Vorlesungswoche

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg
Institut für Informatik
Rechnernetze und Telematik
Christian Schindelhauer
Sommer 2008

24