

# Systeme II

## 2. Die physikalische Schicht

Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Version 26.04.2017

## ■ Basisband (baseband)

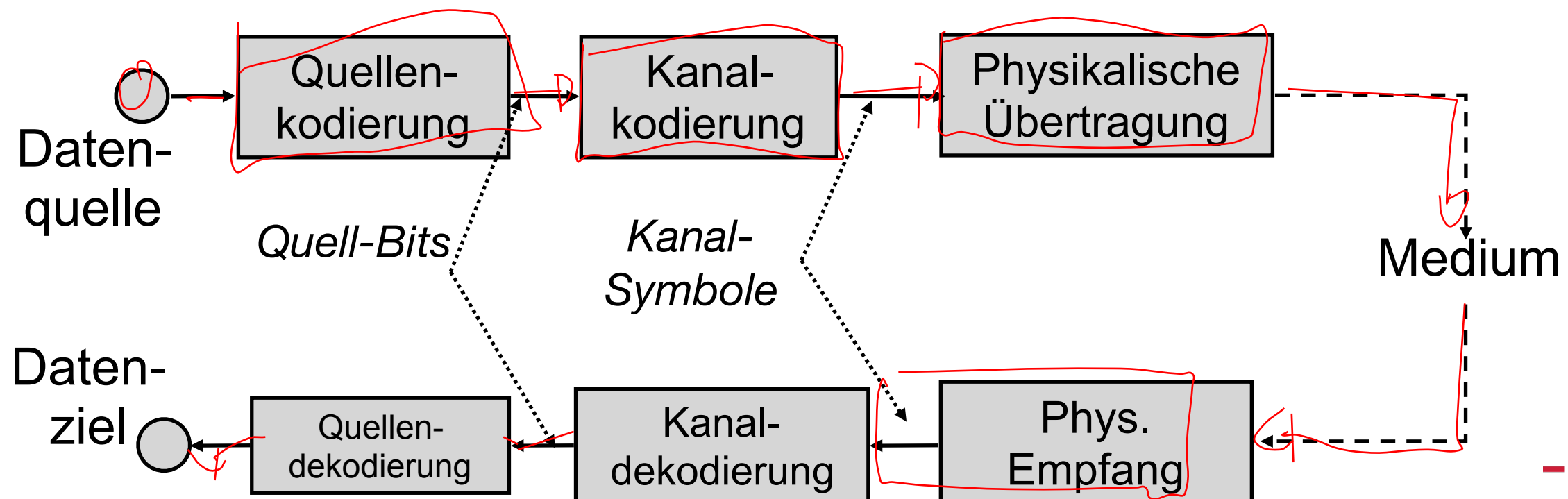
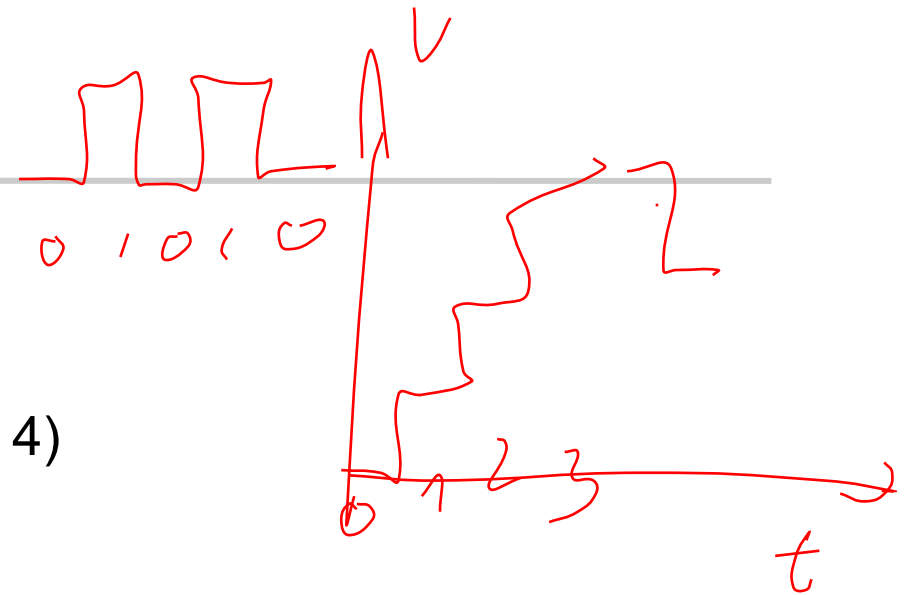
- Das digitale Signal wird direkt in Strom- oder Spannungsveränderungen umgesetzt
- Das Signal wird mit allen Frequenzen übertragen
  - z.B. Durch NRZ (Spannung hoch = 1, Spannung niedrig = 0)
- Problem: Übertragungseinschränkungen

## ■ Breitband (broadband)

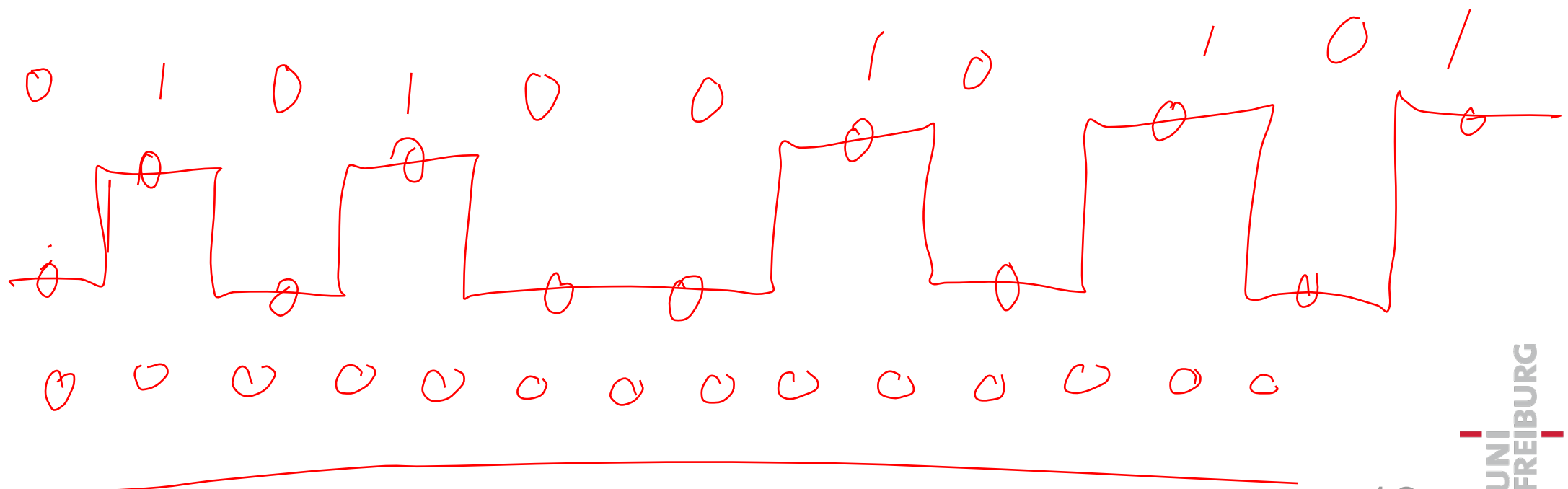
- Die Daten werden durch einen weiten Frequenzbereich übertragen
- Weiter Bereich an Möglichkeiten:
  - Die Daten können auf eine Trägerwelle aufgesetzt werden (Amplitudenmodulation)
  - Die Trägerwelle kann verändert (moduliert) werden (Frequenz/Phasenmodulation)
  - Verschiedene Trägerwellen können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

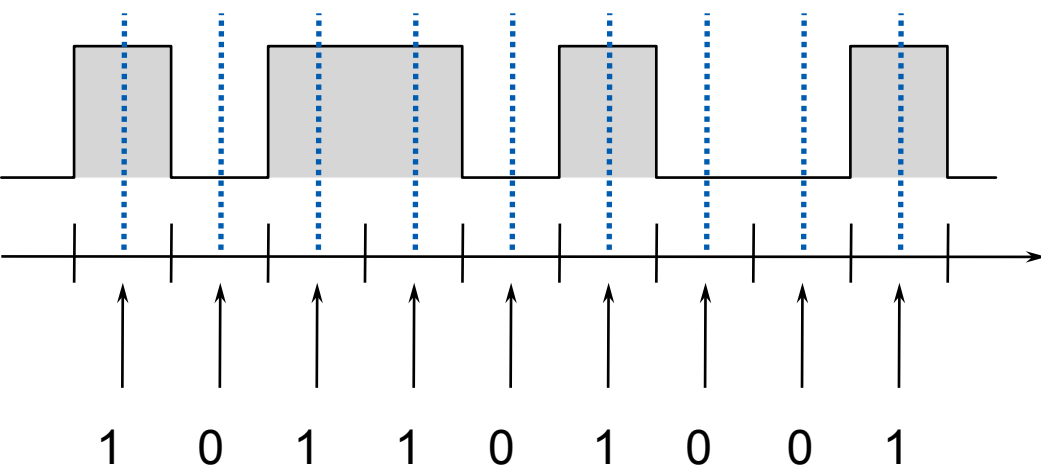


- Wann muss man die Signale messen
  - Typischerweise in der Mitte eines Symbols
  - Wann startet das Symbol?
    - Die Länge des Symbols ist üblicherweise vorher festgelegt.
- Der Empfänger muss auf der Bit-ebene mit dem Sender synchronisiert sein
  - z.B. durch *Frame Synchronization*



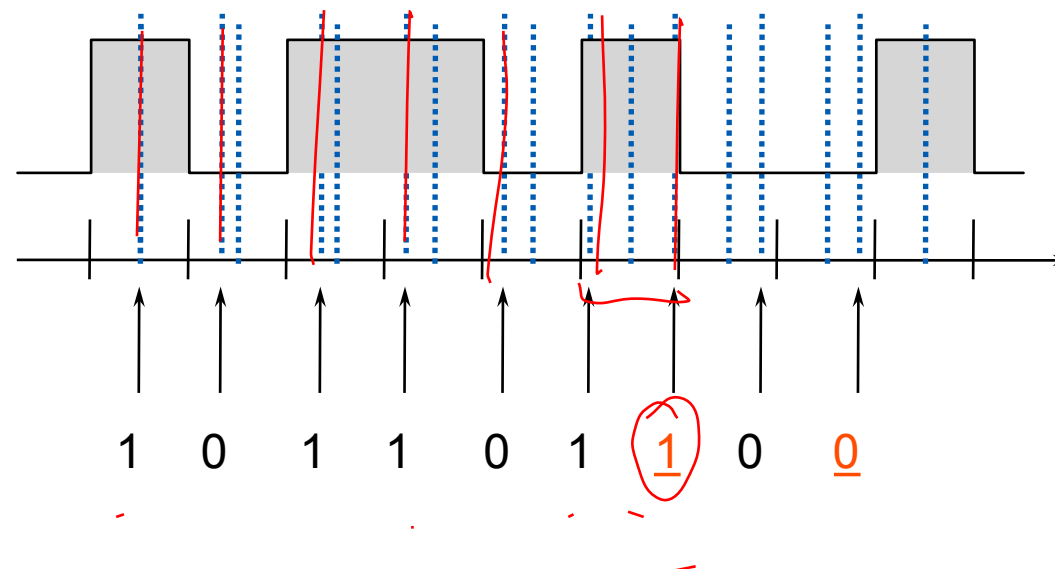
- Was passiert wenn man einfach Uhren benutzt
- Problem
  - Die Uhren driften auseinander
  - Keine zwei (bezahlbare Uhren) bleiben perfekt synchron
- Fehler by Synchronisationsverlust (NRZ):

Sender:



Kanal →

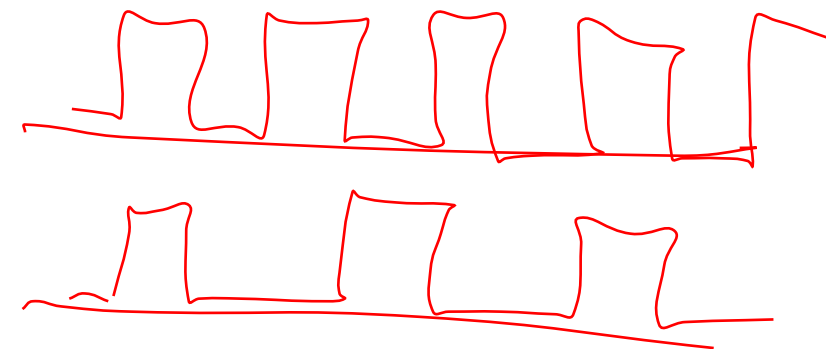
Empfänger mit driftender Uhr



- Ohne Kontrolle keine Synchronisation

## ♥ Lösung: explizites Uhrensinal

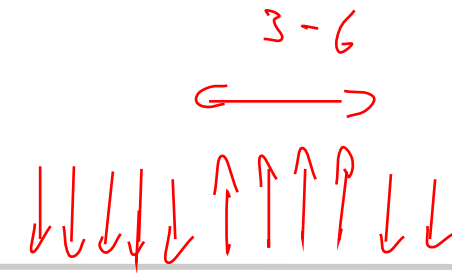
- Benötigt parallele Übertragung über Extra-Kanal
- Muss mit den Daten synchronisiert sein
- Nur für kurze Übertragungen sinnvoll



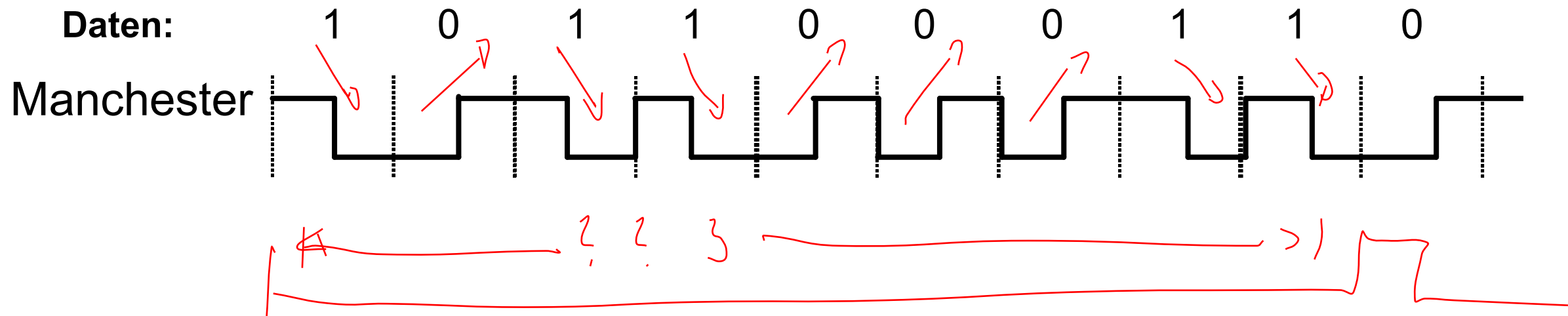
## ♥ Synchronisation an kritischen Zeitpunkten

- 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



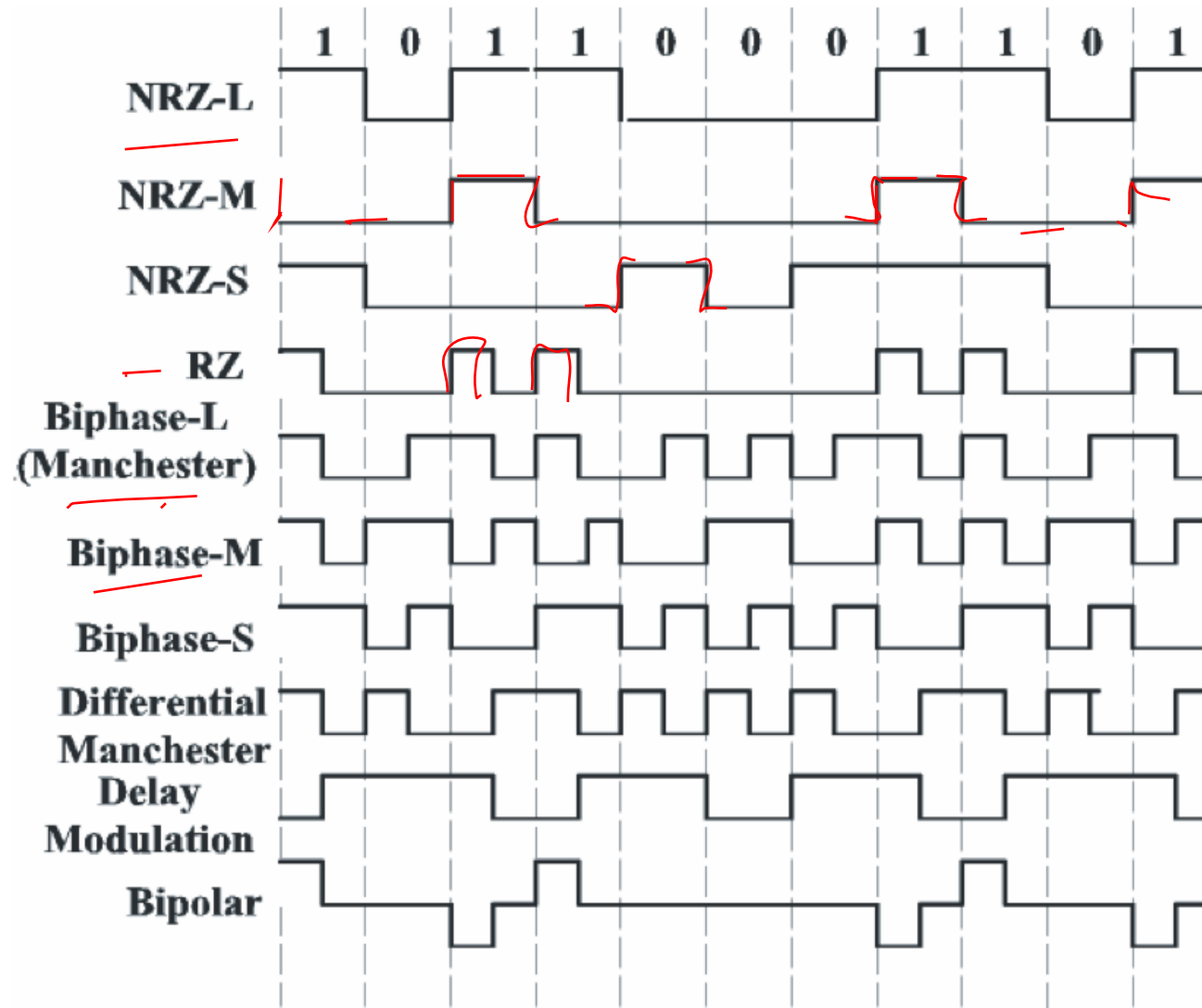
- z.B. Manchester Code (Biphase Level)
  - 1 = Wechsel von hoch zu niedrig in der Intervallmitte
  - 0 = Umgekehrter Wechsel



- Das Signal beinhaltet die notwendige Information zur Synchronisation

0 0 0 0 0 0 0 0 0 0

- Non-Return to Zero-Level (NRZ-L)
  - 1 = hohe Spannung, 0 = niedrig
- Non-Return to Zero-Mark (NRZ-M)
  - 1 = Wechsel am Anfang des Intervals
  - 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



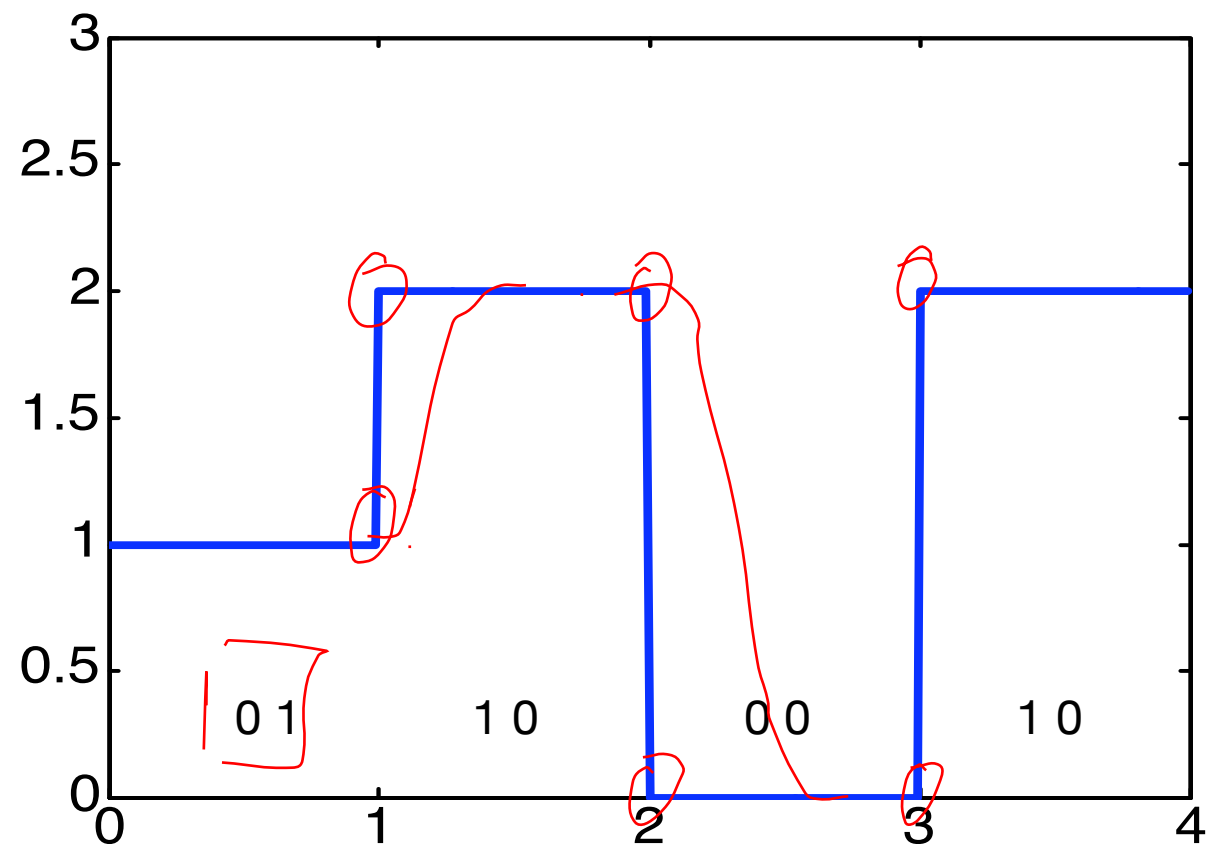
Tanenbaum



- 
- Timing diagram showing digital signals for NRZ-L, NRZ-M, NRZ-S, RZ, Biphase-L (Manchester), Biphase-M, Biphase-S, Differential Manchester, Delay Modulation, and Bipolar. The signals are plotted against a time axis with vertical dashed lines. Handwritten red annotations include a double-headed arrow at the top, a '9' on the right, and various circles and arrows on the Delay Modulation and Bipolar signals.

# Symbole und Bits

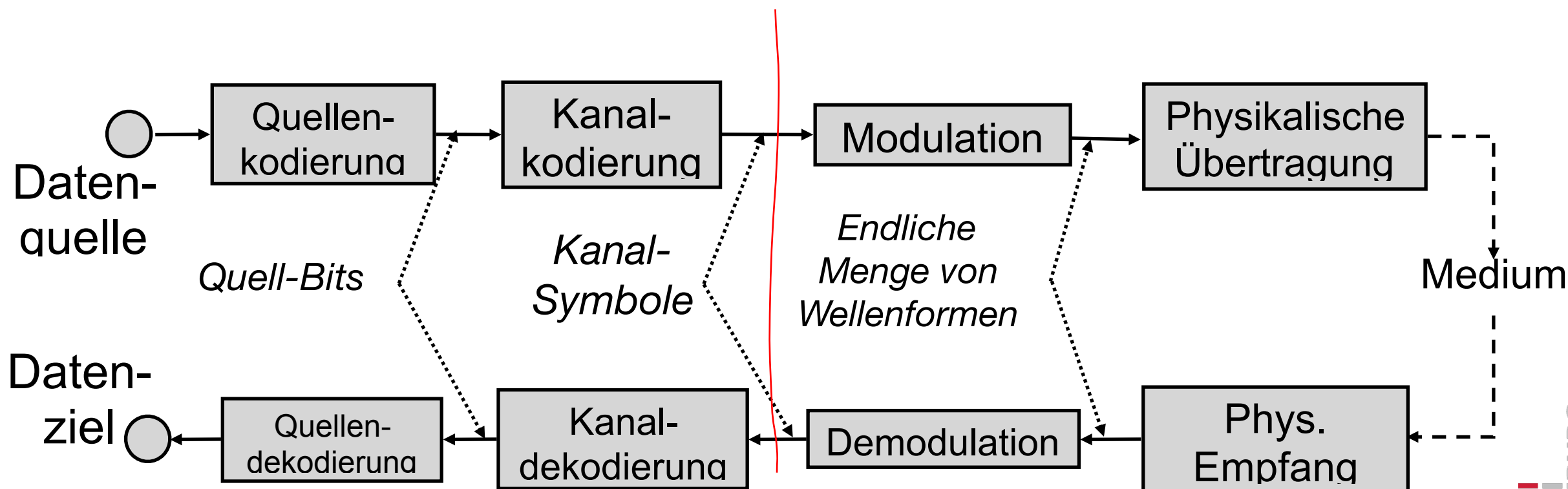
- Für die Datenübertragung können statt Bits auch Symbole verwendet werden
- Z.B. 4 Symbole: A,B,C,D mit
  - A=00, B=01, C=10, D=11
- Symbole
  - Gemessen in Baud
  - Anzahl der Symbole pro Sekunde
- Datenrate
  - Gemessen in Bits pro Sekunde (bit/s)
  - Anzahl der Bits pro Sekunde
- Beispiel
  - 2400 bit/s Modem hat 600 Baud (verwendet 16 Symbole)



## ■ MOdulation/DEModulation

MODEM

- Übersetzung der Kanalsymbole durch
  - Amplitudenmodulation
  - Phasenmodulation
  - Frequenzmodulation
  - oder einer Kombination davon



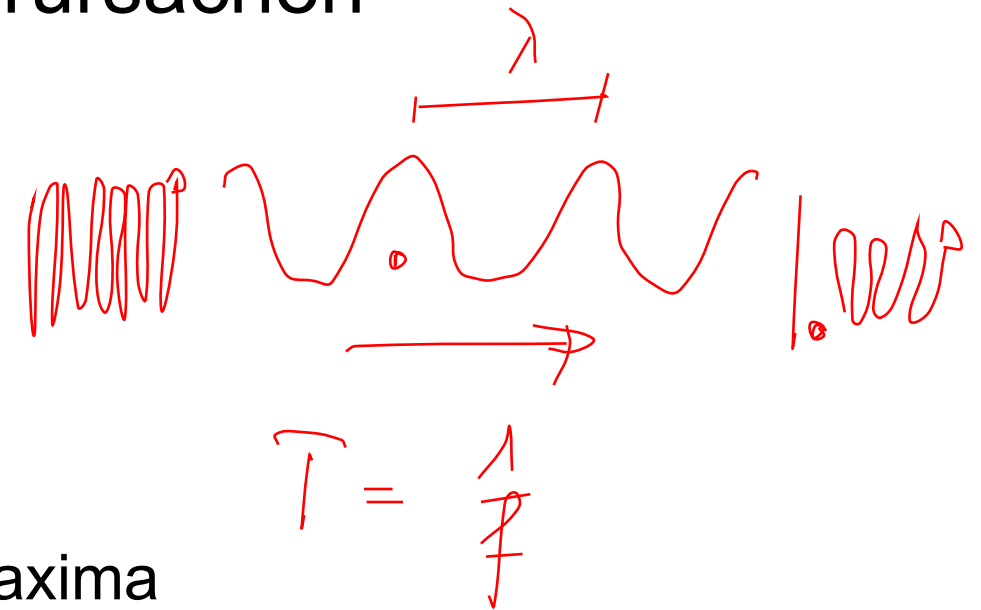
- Bewegte elektrisch geladene Teilchen verursachen elektromagnetische Wellen

- **Frequenz**

- $f$  : Anzahl der Oszillationen pro Sekunde
  - Maßeinheit: Hertz

- **Wellenlänge**

- $\lambda$ : Distanz (in Metern) zwischen zwei Wellenmaxima
- Durch Antennen können elektro-magnetische Wellen erzeugt und empfangen werden
- Die Ausbreitungsgeschwindigkeit von elektro-magnetischen Wellen im Vakuum ist konstant:
  - **Lichtgeschwindigkeit**  $c \approx 3 \cdot 10^8$  m/s



$$c = \frac{\lambda}{T} = \lambda \cdot f$$

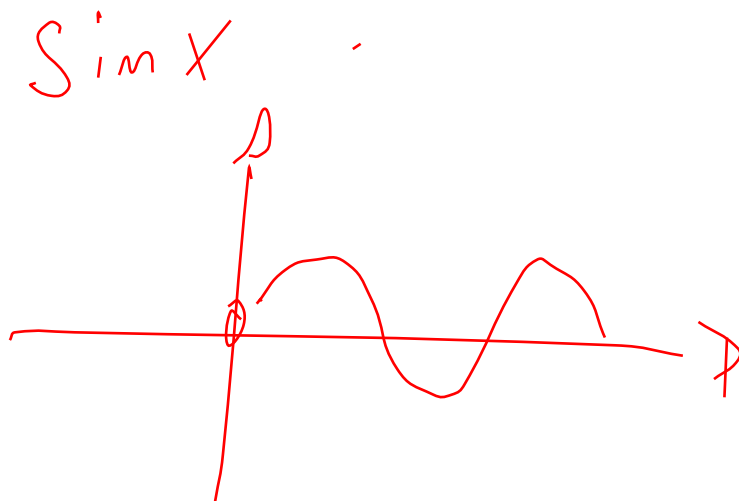
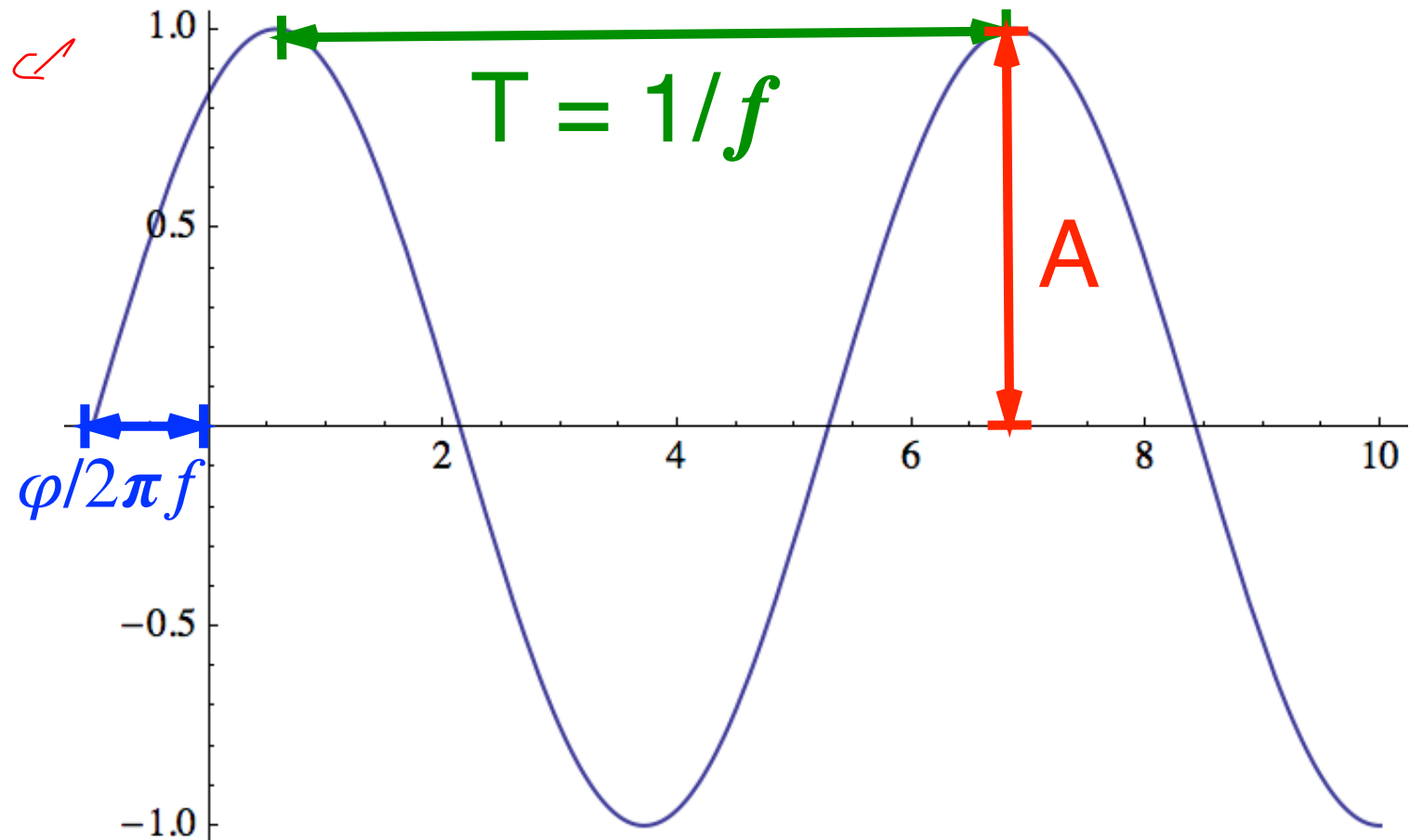
- Zusammenhang:

$$\lambda \cdot f = c$$

## Amplitudendarstellung einer Sinusschwingung

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

- A: Amplitude
- $\phi$ : Phasenverschiebung
- f: Frequenz =  $1/T$
- T: Periode



# Systeme II

## 2. Die physikalische Schicht

Christian Schindelhauer

Technische Fakultät

Rechnernetze und Telematik

Albert-Ludwigs-Universität Freiburg

Version 26.04.2017