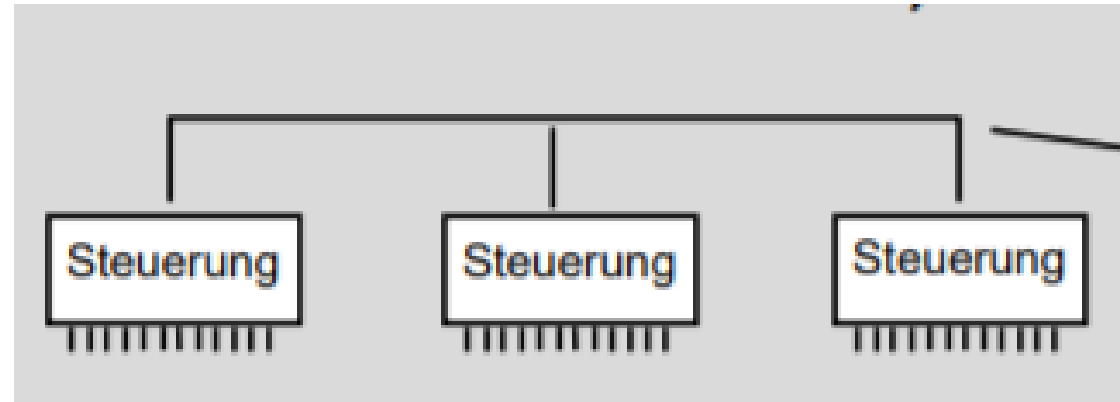
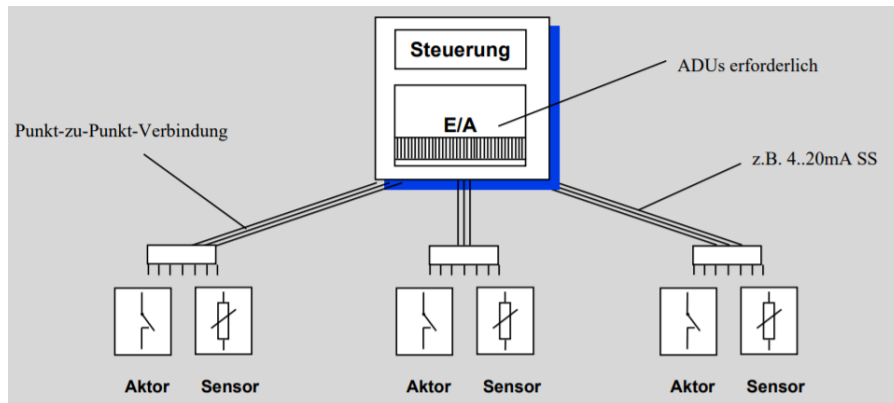


# 5.1 Signalisierung und Leitungscodes

# Unterschiede SPS und Bussysteme



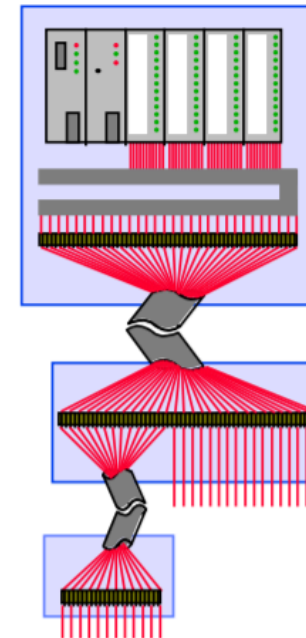
Quelle

# Feldbus

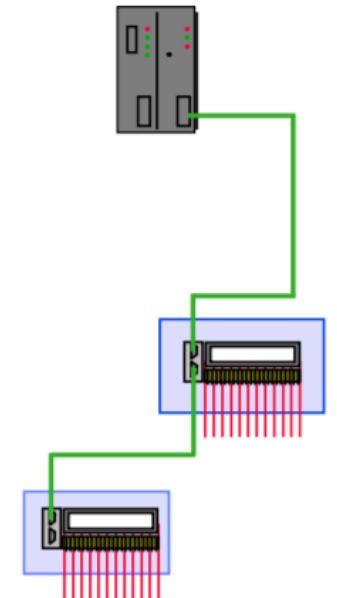
- Bei einer konventionellen SPS sind alle Komponenten sternförmig verbunden (analoges oder digitale Signale werden übertragen)
- Beim Bus ein Datenkabel (Buskabel)
  - Zentraler Aufbau mit SPS und steckbaren Schnittstellenkarten (**Master**) möglich

Quelle

Konventionell



Feldbus



# Vielfalt an Bussystemen

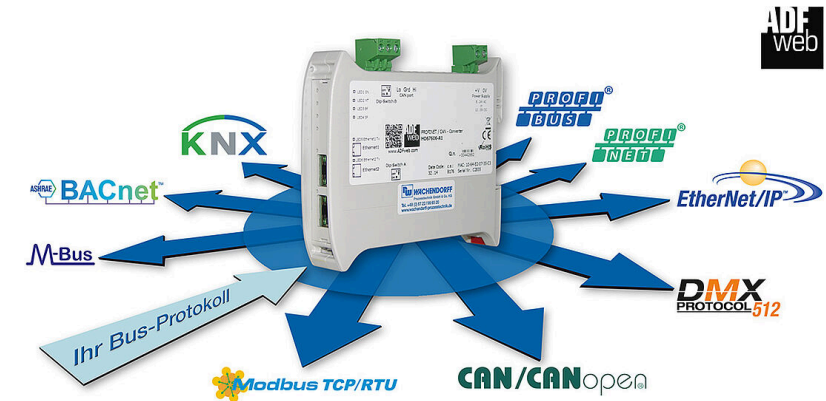
- Spezielle Anwendungsfälle in **Gebäuden**
  - DALI, KNX, ...
- Geschwindigkeit und Zuverlässigkeit
  - CAN-Bus in **Fahrzeugen**
- **Funk** Reichweite und Energiebedarf
  - LoRaWAN, Bluetooth Low Energy



# Unterscheidungsmerkmale von Bussystemen

- **Telegramminhalt:** welche Information
- **Topologie:** Verkabelung
- **Teilnehmerhierarchie:** Master, Slave, ...
- **Adressierung:** Wie erreicht man Komponenten
- **Buszugriffsverfahren:** Wer sendet wann?
- **Signalisierung:** Wie werden Telegramme übertragen
- **Übertragungsmedium:** z.B: Kabel oder Funk

Quelle



# Unterscheidungsmerkmale von Bussystemen

- **Telegramminhalt:** welche Information
- **Topologie:** Verkabelung
- **Teilnehmerhierarchie:** Master, Slave, ...
- **Adressierung:** Wie erreicht man Komponenten
- **Buszugriffsverfahren:** Wer sendet wann?
- **Signalisierung:** Wie werden Telegramme übertragen
- **Übertragungsmedium:** z.B: Kabel oder Funk

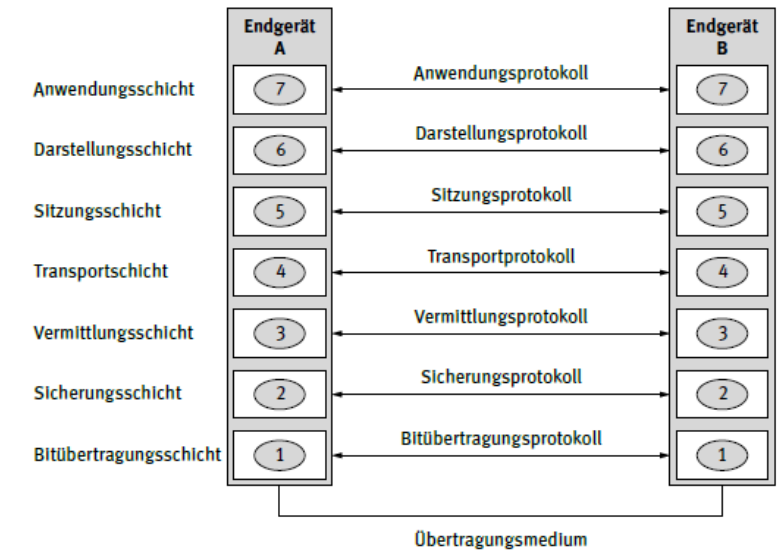
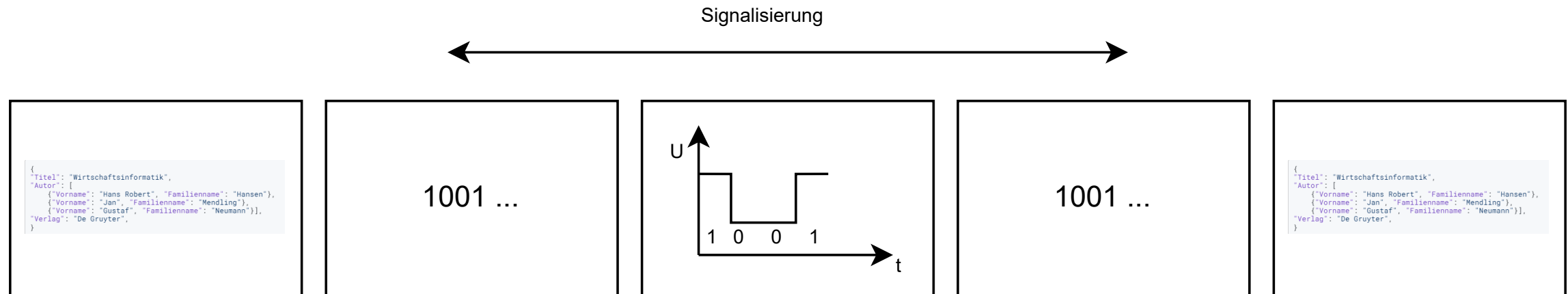


Abb. 12.14: ISO/OSI-Referenzmodell

# Bitübertragungsschicht / Signalisierung von Telegrammen



- Wireless über **Wellen**
  - Frequenzmodulation
  - Amplitudenmodulation
- **Kabelgebundene** Kodierung
  - Über Spannungslevel

# Informationsgehalt von Telegrammen

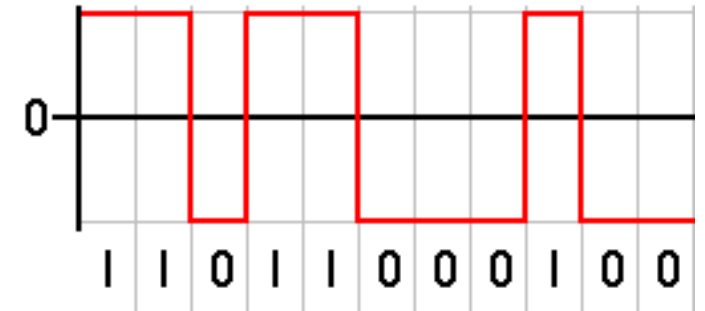
Steuerfeld	Quelladresse	Zieladresse	Routing Z.	Länge	Nutzinformation	Sicherungs F.
1 Byte	2 Byte	2 Byte+1 Bit	3 Bit	4 Bit	1 Bit bis 14 Byte	1 Byte

- Steuerfeld: Priorität der Nachricht
- Quelladresse: Absender (vgl. MAC-Adresse)
- Zieladresse: Empfänger (vgl. MAC-Adresse)
- Routing Zähler: Zählt wie oft über Koppler gesendet (verhindert Irrläufer)
- Nutzinformation: Eigentlich Information (z.B. Messwerte eines Sensor)
- Sicherungs-Feld: Wurden die Daten richtig übertragen (vgl. Hash)



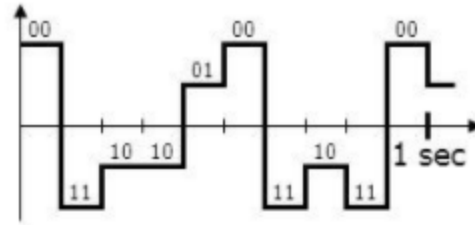
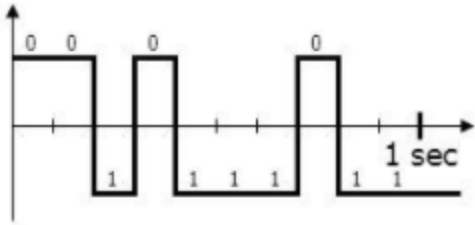
# Symbolrate und Bitrate

- Anzahl der übertragenen Symbole pro Zeiteinheit
- In der Abbildung rechts gibt es ein Symbolalphabet  $d_i \in \{-1, 1\}$ .
- Die Bitrate ist die Anzahl der übertragenen Bits pro Zeiteinheit (bei einem Bit pro Symbol entspricht die Bitrate der Symbolrate)
- $1 \text{ Baud} = 1 \frac{\text{Symbol}}{\text{s}}$
- Beispiele
  - CAN-Bus: 5 bis 500.000 Baud
  - DMX: 500.000 Baud
  - DALI-Bus: 1.200 Baud

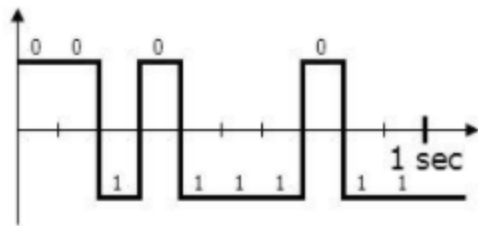


## 👉 Aufgabe 5\_1\_1: Symbolrate

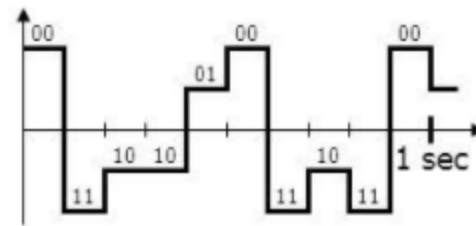
- Wie groß ist jeweils die Symbolrate und die Bitrate?



## ✓ Lösung



Baud = 10  
Bit rate = 10 bps

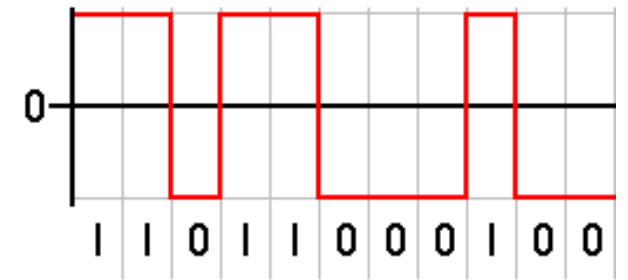


Baud = 10  
Bit rate = 20 bps

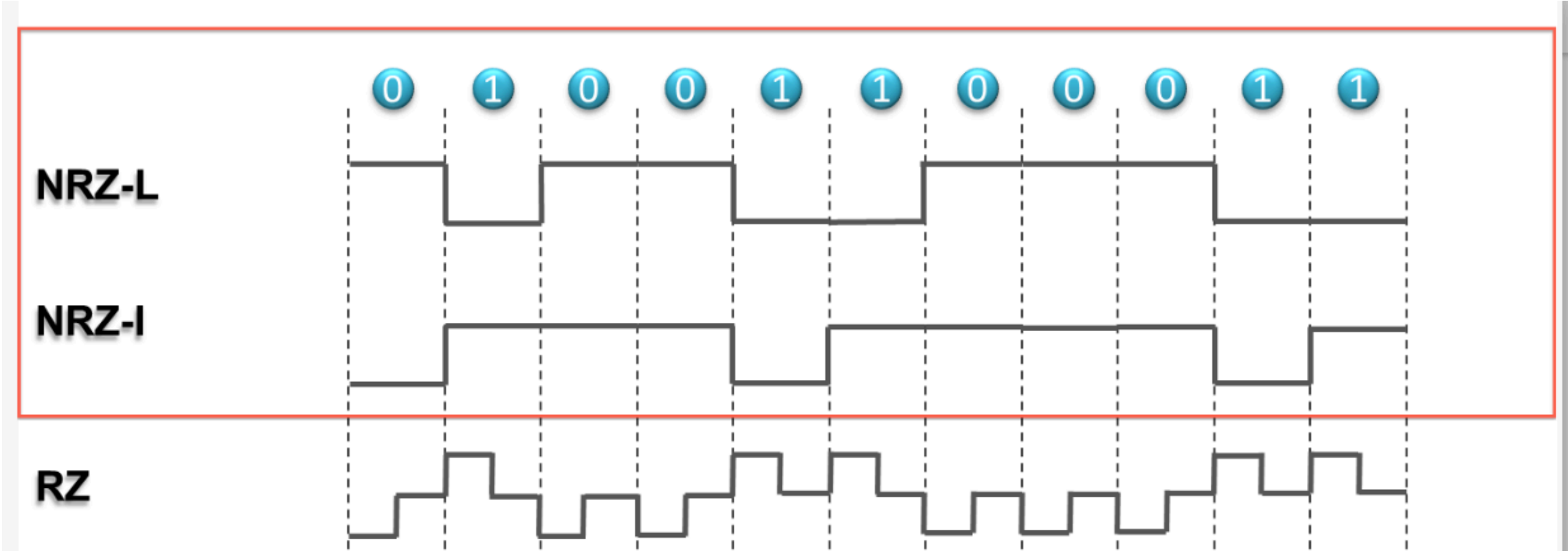
- In beiden Fällen ändert sich die Spannung zehn mal pro Sekunde  
Symbolrate = 10 Baud
- Links: Es gibt zwei Spannungen, jedes Symbol codiert ein Bit  $\text{Bitrate} = 10 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$
- Rechts: Es gibt vier Spannungen, jedes Symbol codiert zwei Bit  
 $\text{Bitrate} = 20 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$

# Leitungscode

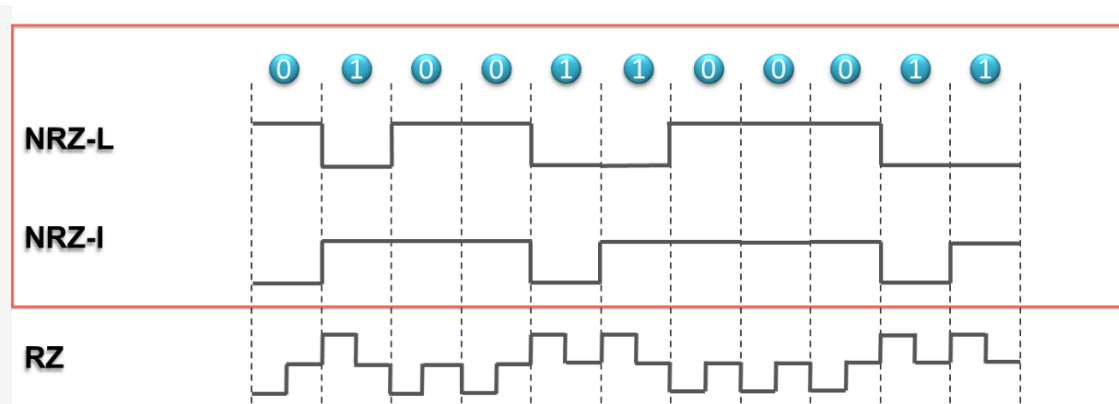
- Wie wird die Symbolrate ausgenutzt?
- z.B. Non-Return-to-Zero High Level
  - Hohes Spannungslevel codiert 1
  - in jedem Schritt wird ein Bit übertragen
  - dazwischen gibt es keine zurückfallen auf eine neutrale Spannung
  - Baud-Rate entspricht Bit-Rate
  - $1 \text{ Baud} \cdot \frac{\text{Bit}}{\text{Signal}} = 1 \frac{\text{Bit}}{\text{s}}$



# Weitere Leitungscodes

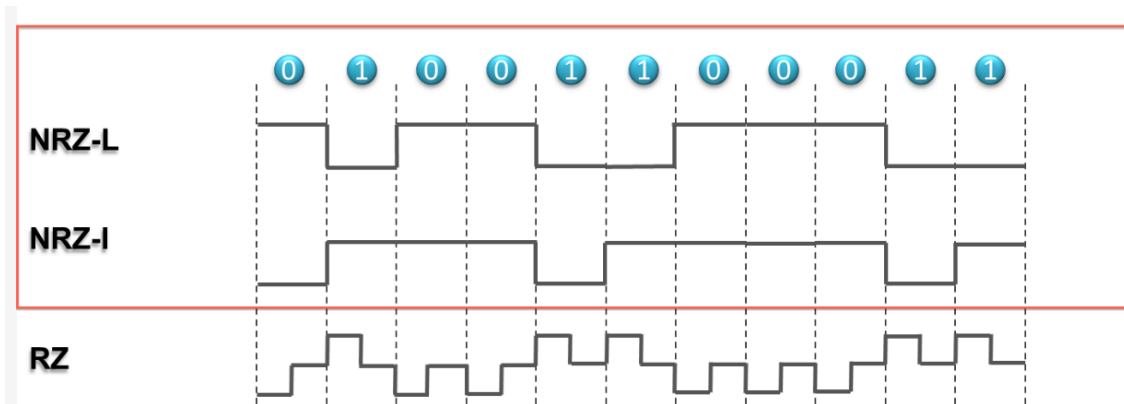


## 👉 Aufgabe 5\_1\_2: Leitungscodes



- Erklären Sie verbal, wie die Leitungscodes funktionieren
- Non-Return-to-Zero Low Level
- Non-Return-to-Zero Inverted
- Return-to-Zero
- Welche Vor- und Nachteile haben die verschiedenen Leitungscodes?

## ✓ Lösung



- Non-Return-to-Zero Low Level: eine 1 wird durch eine niedrige Spannung codiert
- Non-Return-to-Zero Inverted: Bei jedem Auftreten einer 1 wird die Spannung invertiert
- Return-to-Zero: eine 1 wird durch eine hohe Spannung codiert, nach jedem Bit wird auf eine neutrale Spannung zurückgekehrt (halbiert die Bitrate bei gleicher Baud-Rate)

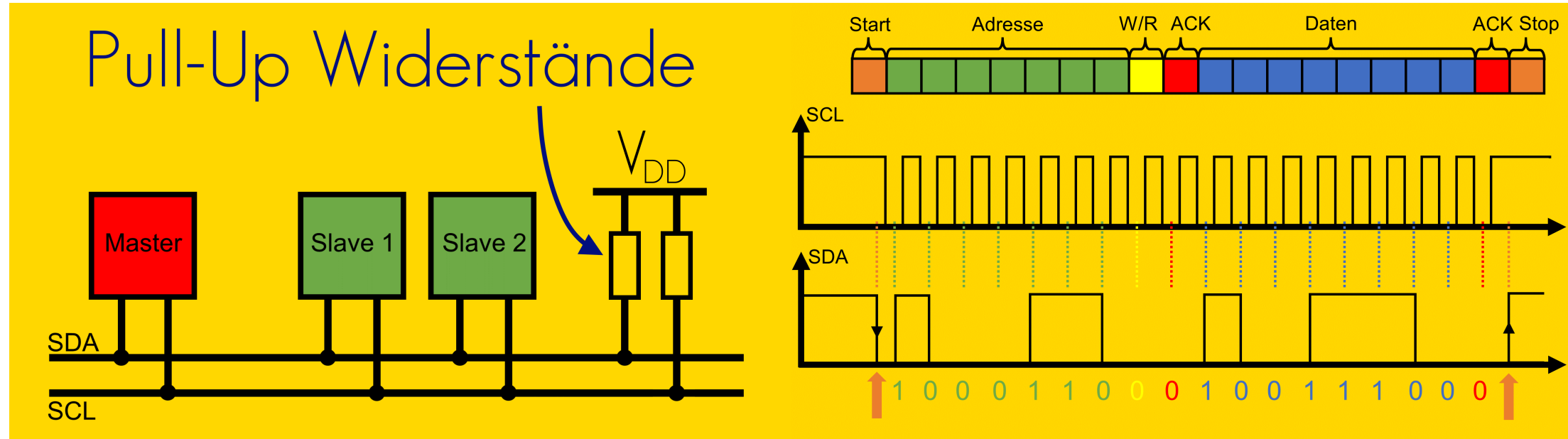
# Übermittlung der Taktrate

- Signal ohne Taktrate (z.B. Non-Return-to-Zero Low Level):



- Ohne gemeinsame Uhr nur schwer zu entschlüsseln
- Lösungen:
  - Einsatz einer Return-to-Zero-Code Kodierung
  - Pausen mit definierter Länge mit definiertem Rhythmus z.B. bei RS-232
  - Separate Leitung für Takt z.B. bei I<sup>2</sup>C-Bus

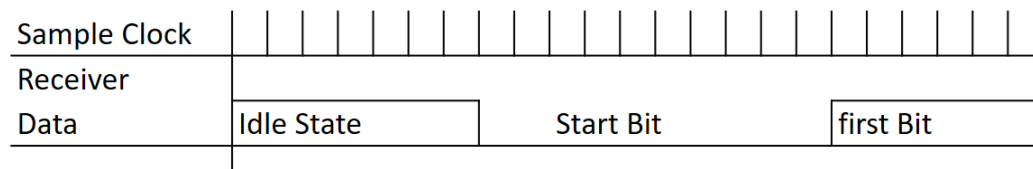




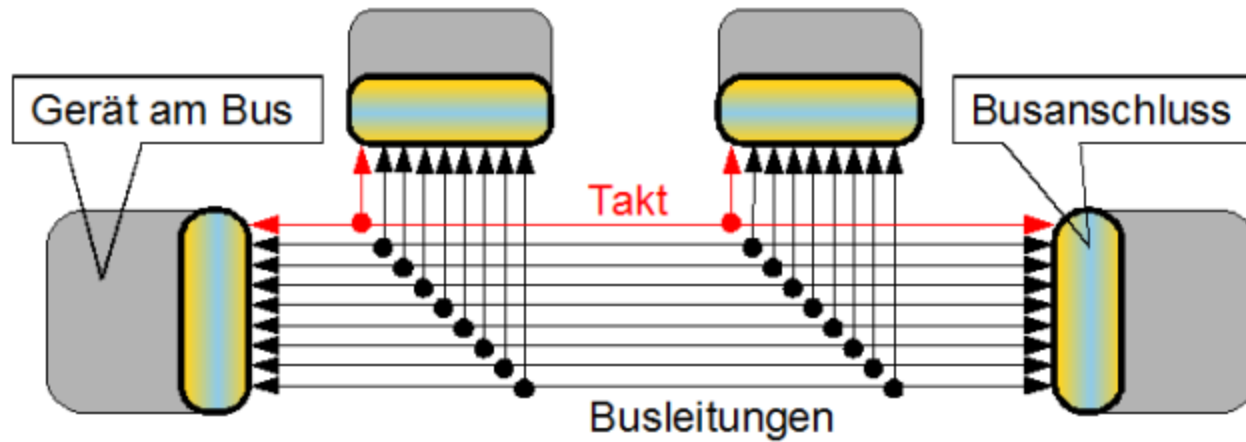
- Neben der Datenleitung **SDA** gibt es eine Taktleitung **SCL**, mit welcher der Master vorgibt, wann **SDA** gelesen wird (z.B. **I<sup>2</sup>C** -Bus)
- Probleme:
  - Taktleitung benötigt zusätzliche Leitung
  - Bei langen Leitungen kann es zu Phasenverschiebungen kommen. D.h. bis die Spannung auf der Datenleitung, welche vom Busteilnehmer gesendet wurde, ankommt, ist der Takt beim Master schon weitergezogen

## Asynchrone Datenübertragung

- Jeder Busteilnehmer verfügt über eine eigene Taktquelle ( Sample Clock ), die deutlich schneller taktet als die Datenübertragung
- Durch die Übertragung eines Start- und Stop-Bits wird die Taktquelle des Senders und Empfängers synchronisiert (z.B. RS-232)



# Serielle und Parallele Busse

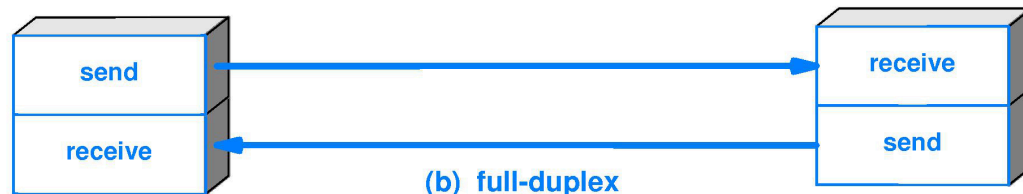


- Mit mehreren parallelen Leitungen können ebenfalls mehr Symbole bei gleicher Baud-Rate übertragen werden
- Kaum Einsatz in Feldbussen (welche Geräte *im Feld* verbinden), häufig jedoch in Computern ([PCI](#), [ATA](#))

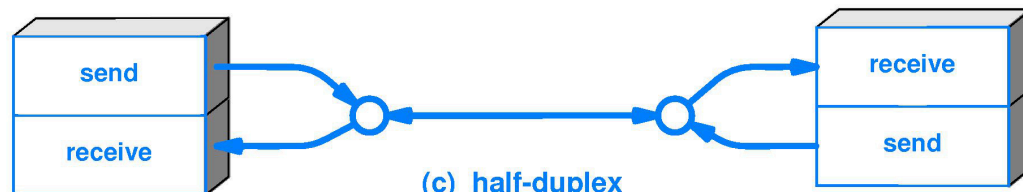
# Übertragungsarten



(a) simplex



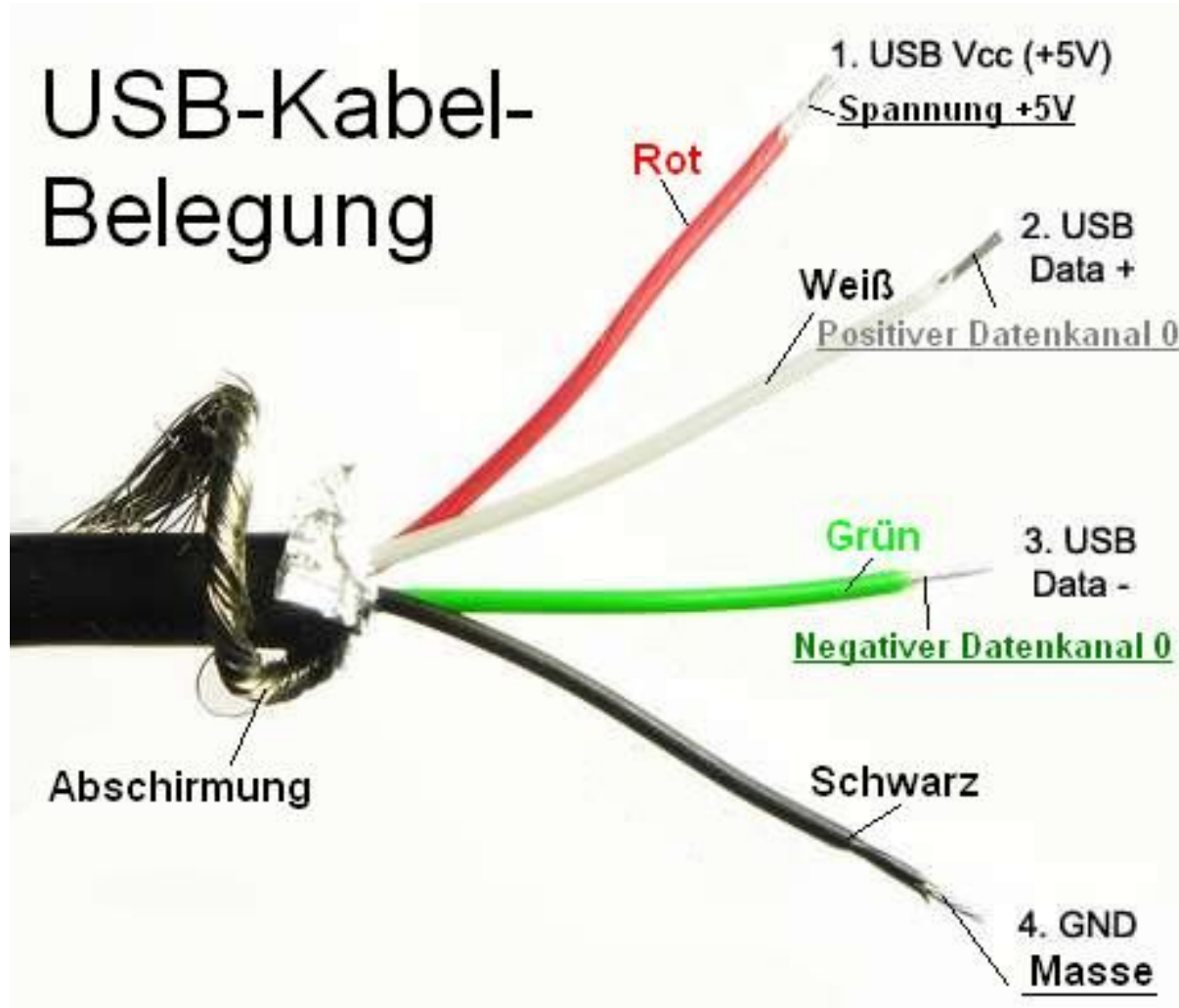
(b) full-duplex



(c) half-duplex

- Simplex: Eine Richtung
- Half-Duplex: Beide Richtungen, aber nicht gleichzeitig
- Full-Duplex: Beide Richtungen gleichzeitig

# Beispiel: Universal Serial Bus (USB 1.1 und 2.0)



- Leitungen sind über Schirmung gegen Störungen abgesichert
  - Zwei Drähte für Spannungspotentiale
  - Zwei Drähte für Daten (Werte immer gegenläufig - half duplex)
  - Kein Draht für Takt (spezielle NRZ-S Kodierung mit Bit Stuffing)
  - 480 Baud
- [Quelle]  
([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:USB\\_3.0\\_Kabel\\_und\\_Stecker.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:USB_3.0_Kabel_und_Stecker.png),  
<https://de.wikipedia.org/wiki/Non>

## NRZ-S: Bitwechsel bei Null

Bei jeder **0** im Datenbit findet ein Wechsel statt

# Beispiel 1:

Datenbits (logisch):	1	1	1	1	1	1	1	1
phys. Leitung bei Ausgangszustand „1“:	1	1	1	1	1	1	1	1
phys. Leitung bei Ausgangszustand „0“:	0	0	0	0	0	0	0	0

# Beispiel 2:

Datenbits (logisch):	0	0	0	0	0	0	0	0
phys. Leitung bei Ausgangszustand „1“:	0	1	0	1	0	1	0	1
phys. Leitung bei Ausgangszustand „0“:	1	0	1	0	1	0	1	0

# Beispiel 3:

Datenbits (logisch):	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1
phys. Leitung bei Ausgangszustand „1“:	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	1
phys. Leitung bei Ausgangszustand „0“:	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	0	1	0	0