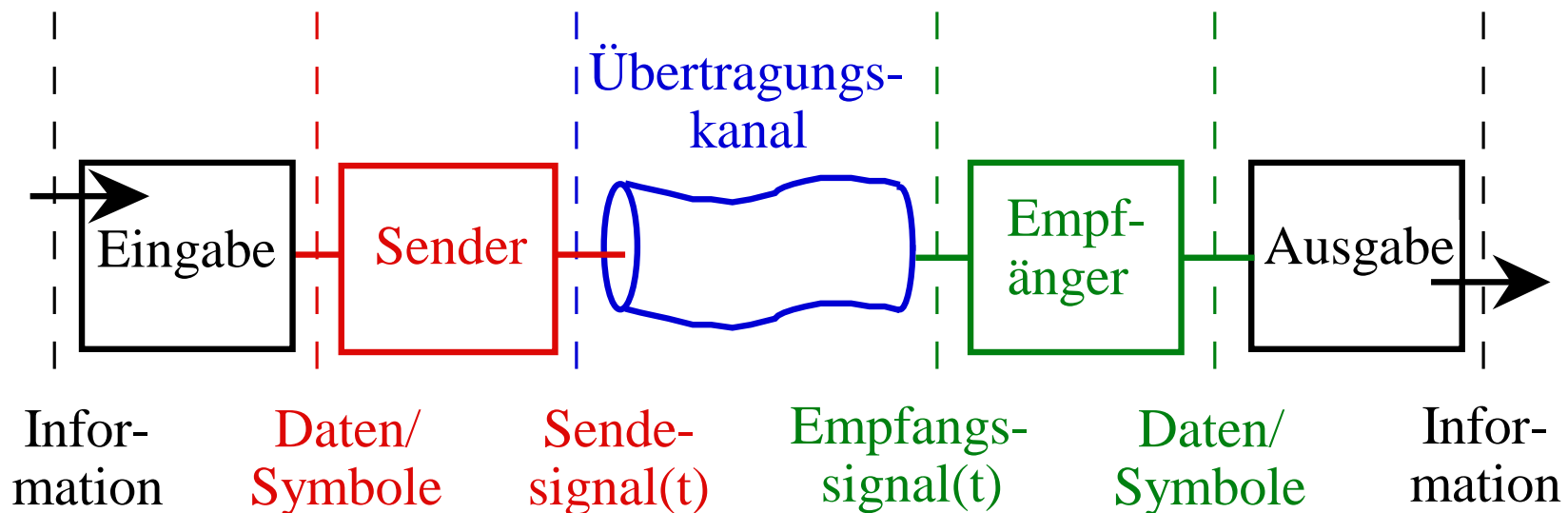


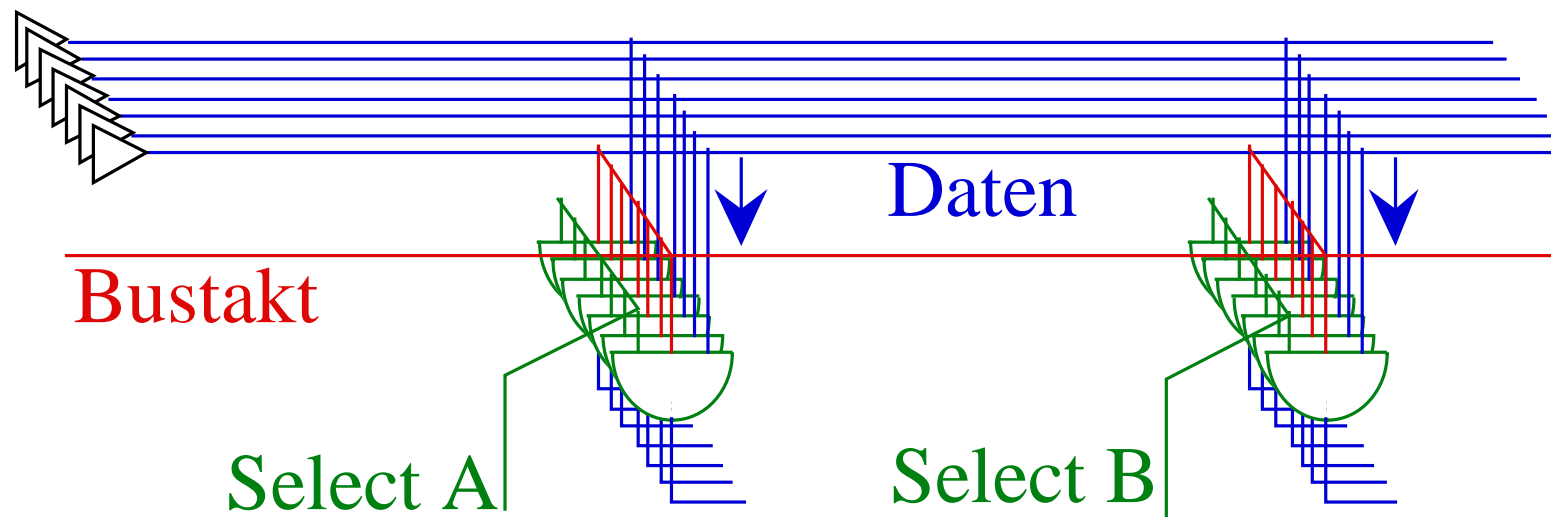
### 3. Digitale Datenübertragung

- Abstraktion von der kontinuierlichen bzw. analogen Natur der Signale.
- „bit“ als Mass für Informationsgehalt einer Nachricht => "Informatik I".
- Bit und Byte werden realisiert als physikalisches Signal (bzw. Zustand):
  - elektrischer Impuls auf einer Leitung, elektromagnetische Welle im "Äther",
  - Lichtimpuls in einer Glasfaser, Ultraschall, Infrarot.
  - Zustand eines Speichermediums ...
- Endsysteme interpretieren die (digitalen) Symbole bzw. Daten.



## 3.1. Parallele Datenübertragung

- Typischerweise zwischen Funktionseinheiten eines Rechners.
- hoher Verdrahtungsaufwand auf Chip & Board,
- Pro Zeiteinheit 1 Byte, 1 Wort, 1 Langwort ...
- über Datenbusse oder Koppelfelder (& LPT),
- explizite Taktung und Datenübernahme.



### 3.1.1 Zeitdiagramm:

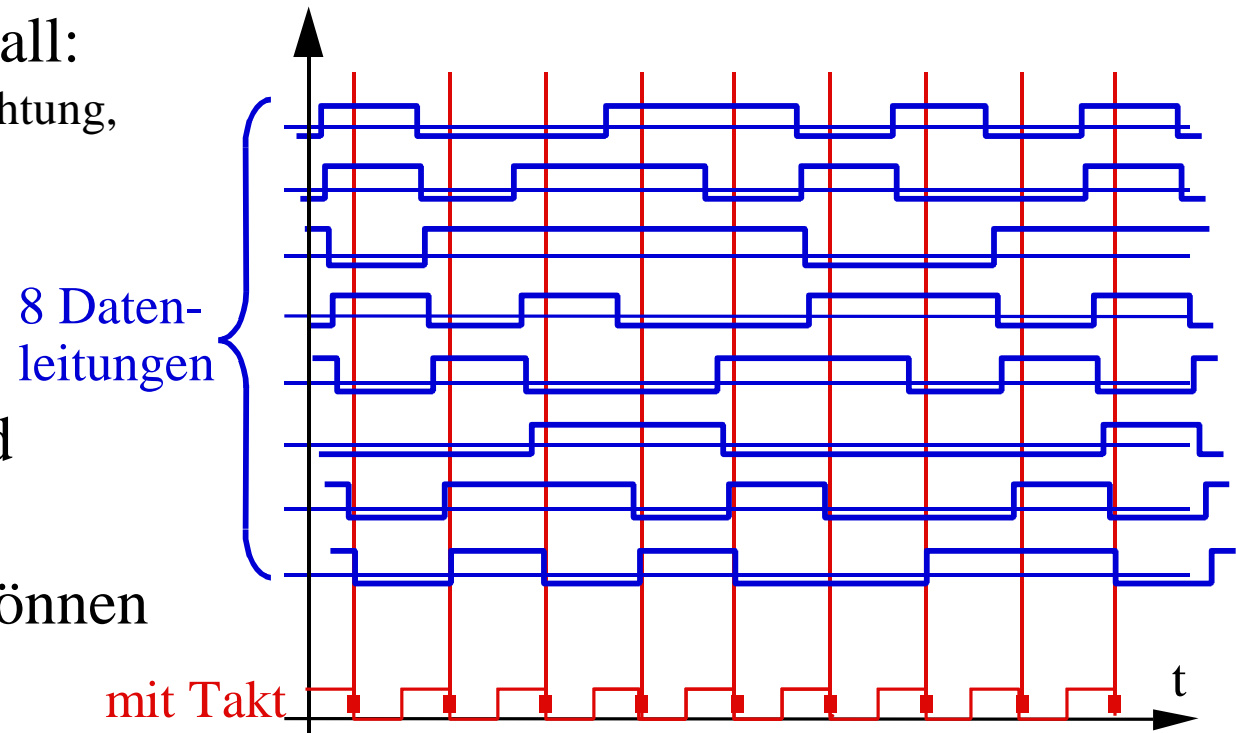
- Hier stark vereinfachter Fall:

- unidirektionale Übertragungsrichtung,
- keine Adressen,
- kein Handshake,
- synchron.

- Nicht alle Adern eines Flachbandkabels z.B. sind gleich lang & schnell.

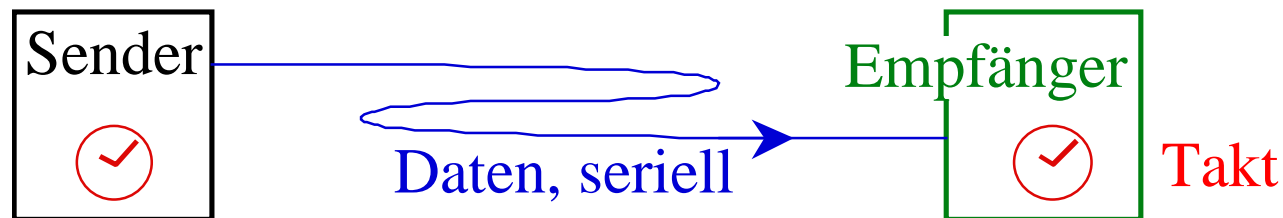
- Über längere Distanzen können störende Laufzeitunterschiede (Skewing) auftreten:

- 20 cm Draht bedeutet einen Laufzeitunterschied von ca. 1 Nanosek.
- Im ungünstigen Fall werden falsche Bits übernommen.

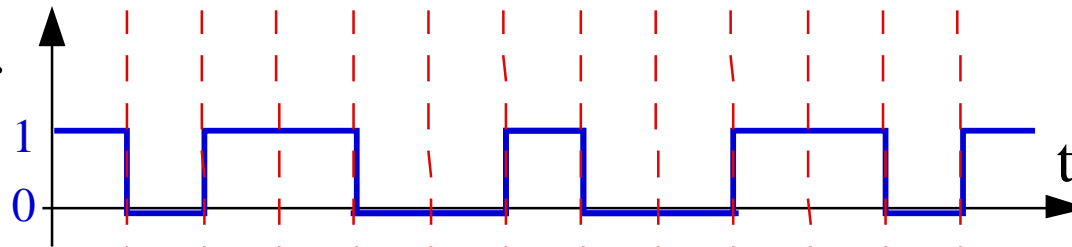


## 3.2. Serielle Datenübertragung zwischen Rechnern:

- Serieller Modus ist üblich bei Datenfernübertragung.
- Kleinere Bitraten über grössere Distanzen.
- Auch auf Doppellader kann genügende Datenrate erreicht werden:
  - eine zweiadrige Telefonleitung ist billiger als eine vieladrige Verdrahtung.
  - Probleme mit unterschiedlichen Signallaufzeiten entfallen.
  - Datenraten im Bereich Gigabit/sec möglich,



- Übergänge zwischen 0 & 1 können der Rückgewinnung des Taktes dienen. Wichtig ist, daß genügend viele Übergänge vorkommen.
- pro Zeiteinheit(Takt) z.B. 1 Bit (auch etwa 4 Bit als 16 Signalstufen),
- Taktung implizit oder explizit.

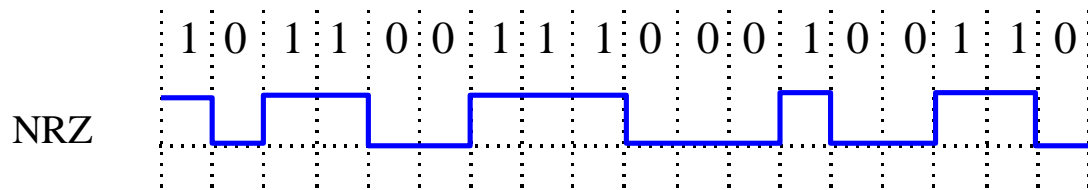


## 3.3. Leitungscodierung

### 3.3.1 Allgemeines

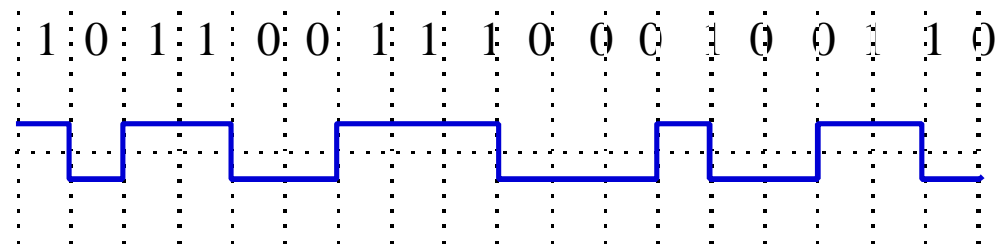
- Leitungscodierung  
= Signalcodierung, Kanalcodierung, aber  $\neq$  Quellcodierung
- Wozu Leitungscodierung:
  - Nulldurchgänge gewährleisten,
  - leichtere Erkennung von Bittaktes,
  - spektrale Anpassung an den DFÜ-Kanal,
  - Gleichstromanteil im Signal ausgleichen,
  - Sondersymbole für Rahmen & Gruppen,
  - fehlerkorrigierende Codes.
- Informationsträger:
  - Signalamplitude, Pulsdauer, Frequenz, Phase der Trägerschwingung,  
-> Modulation, -> Nachrichtentechnik.
- Eventuell mehrere Signalniveaus/Takt.
- Unter Umständen höhere Taktfrequenz des codierten Signales.
- Verletzung der Codierungsregel ergibt ein besonderes Symbol.

### 3.3.2 NRZ: Non-Return-to-Zero

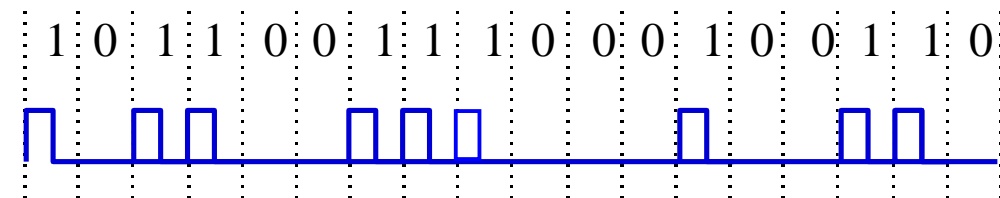


- Liegt auf der Hand für fremdgetaktete serielle Bitströme.
- Evtl. Taktverlust, wenn wenig oder keine Nulldurchgänge erfolgen und der Empfänger keine separate Taktversorgung besitzt.
- Manche Kanäle sind schlecht geeignet für die Übertragung von Gleichstromanteilen.

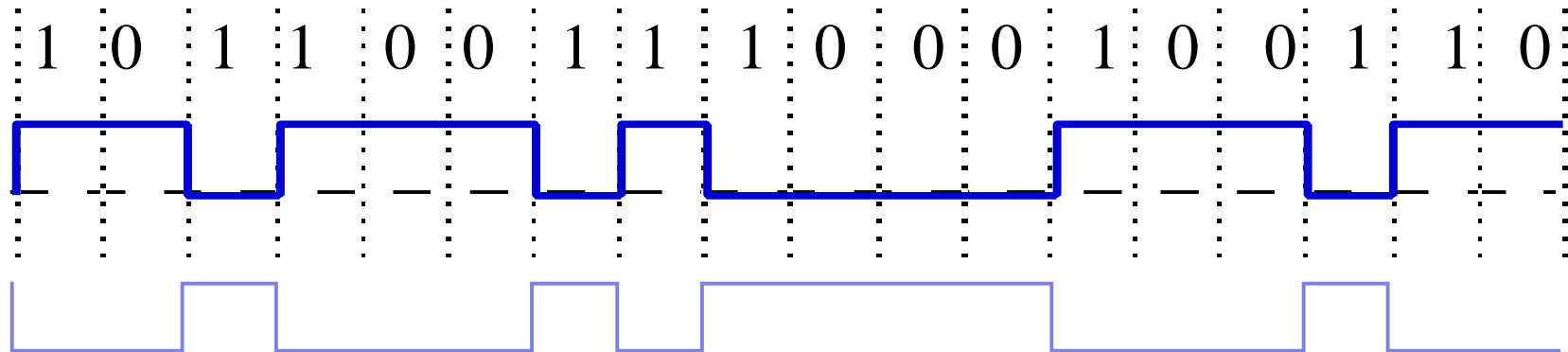
- Gleichstromreduktion P-NRZ:



- **Return-To-Zero** praktisch nicht verwendet:



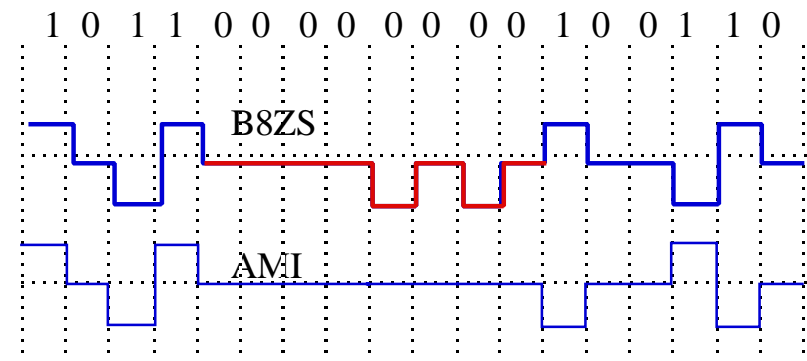
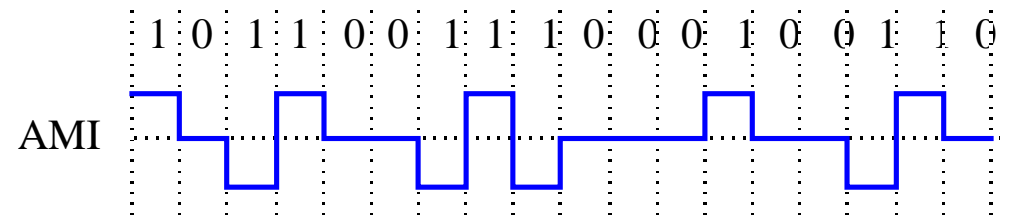
### 3.3.3 NRZI Codierung



- NRZI: "Non Return to Zero - Invert on Ones"
- '1' wird mit Übergang (1->0, 0->1) kodiert,
- Kein Übergang für eine Sequenz von Nullen,
- Empfangstakt nicht immer erkennbar.
- 0/1 tauschen bei Datenstrom mit Bitstuffing.
- Invertierter Verlauf möglich (Anfangsbed.).

### 3.3.4 AMI Alternate Mark Inversion

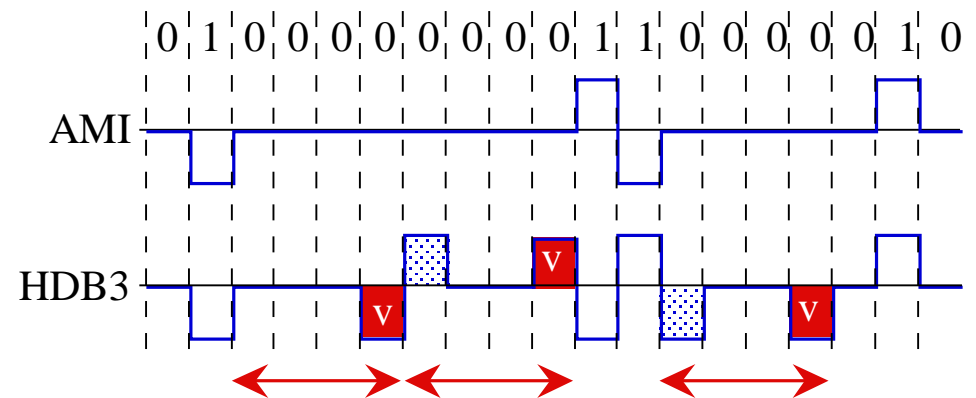
- Mehrstufiger Code ("Multilevel").
  - Jede zweite '1' wird invertiert.
  - Kein Gleichstromanteil.
- 
- B8ZS-Modifikation zur Taktsicherung:
    - '+00000000' wird ersetzt durch '+0000-0-0',
    - '-00000000' wird ersetzt durch '-0000+0+0',
    - absichtliche Verletzung der Codierungsregel:
  - Pseudo-ternärer Code:
    - vergl. mit AMI-Code umgekehrte Wertigkeit,
    - Non Return to Zero - Invert on Zeros,
    - gute Takterkennung zusammen mit Bitstuffing,
    - üblich auf der S<sub>0</sub>-Schnittstelle.
    - **Nicht AMI sondern PTC =>**





### 3.3.5 HDB3 Codierung

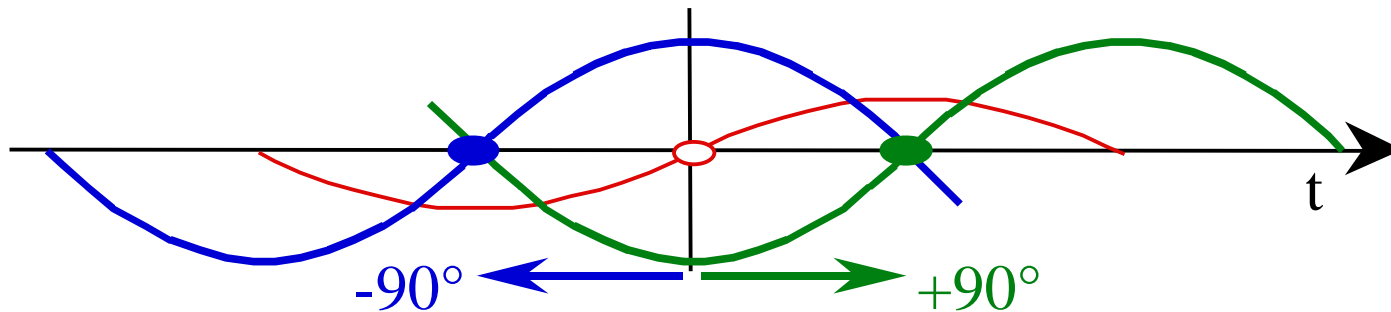
- Gebräuchlich in Europa und Japan.
- Code für U<sub>k0</sub> Teilnehmeranschluss.
- HDB3 = "High-Density-Bipolar- 3 zeroes".
- Ersetzungsregel:
  - vier aufeinanderfolgende Nullen ersetzen,
  - viertes Bit ist immer eine Codeverletzung,
  - Vorgeschichte berücksichtigen:



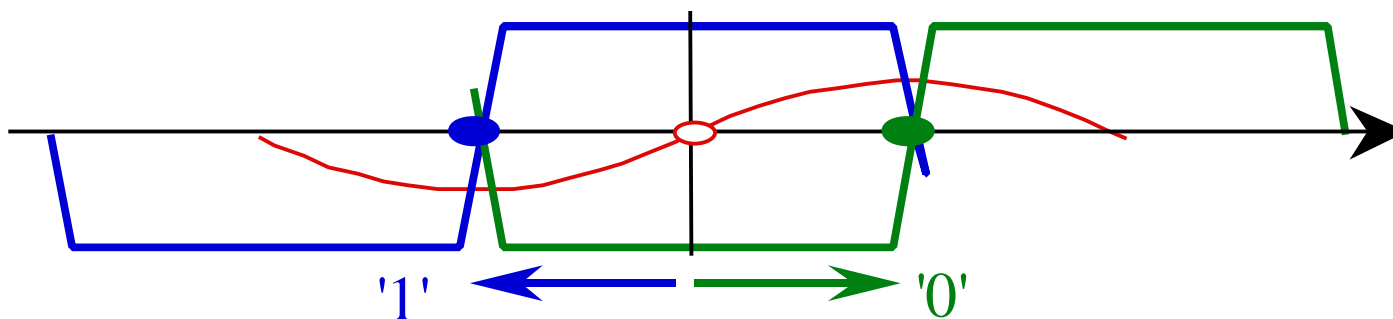
Polarität des vorherigen Pulses	Anzahl Einsen seit letzter Ersetzung	
	ungerade	gerade
+	0 0 0 +	- 0 0 -
-	0 0 0 -	+ 0 0 +

### 3.3.6 Diphasen-Codierung

- Prinzip der Phasenkodierung mit zwei Zuständen.
- Phasenverschiebung einer Sinusschwingung:

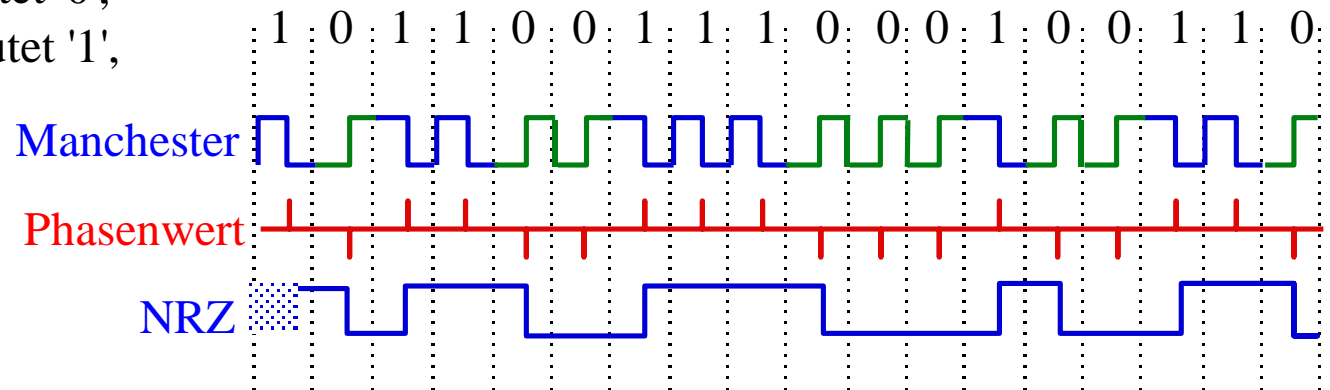


- bzw. einer Rechteckschwingung:



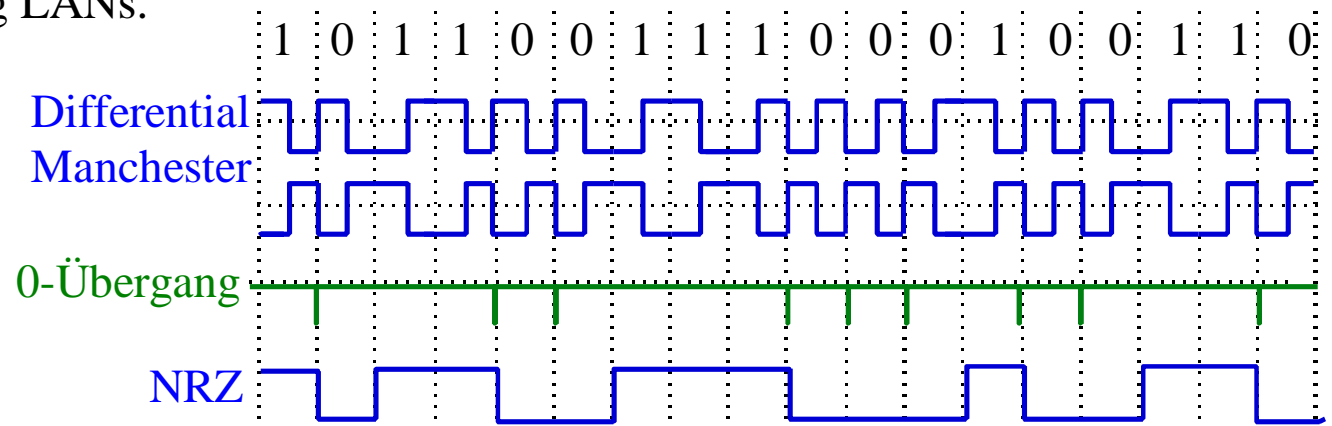
## • Manchester Code:

- Taktung & Übergang in der Mitte der Taktperiode,
- Vorschrift für Ethernet LANs,
- positiver Übergang bedeutet '0',
- negativer Übergang bedeutet '1',
- „self clocking“



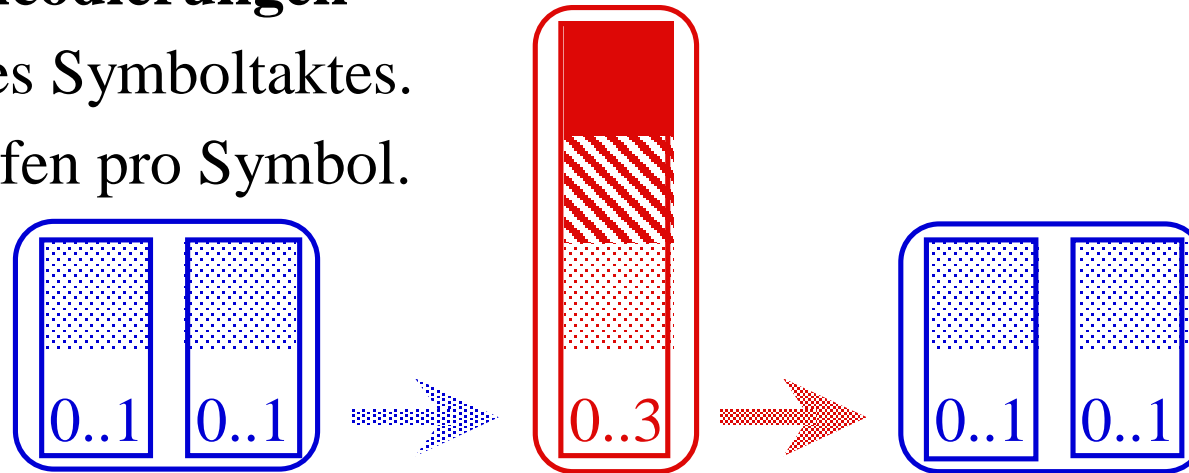
## • Differential Manchester Code:

- Übergang am Anfang bedeutet '0' (kein Phasenwechsel, keine Phasendifferenz),
- Taktung & Übergang in der Mitte der Bitperiode,
- Vorschrift für Token Ring LANs.



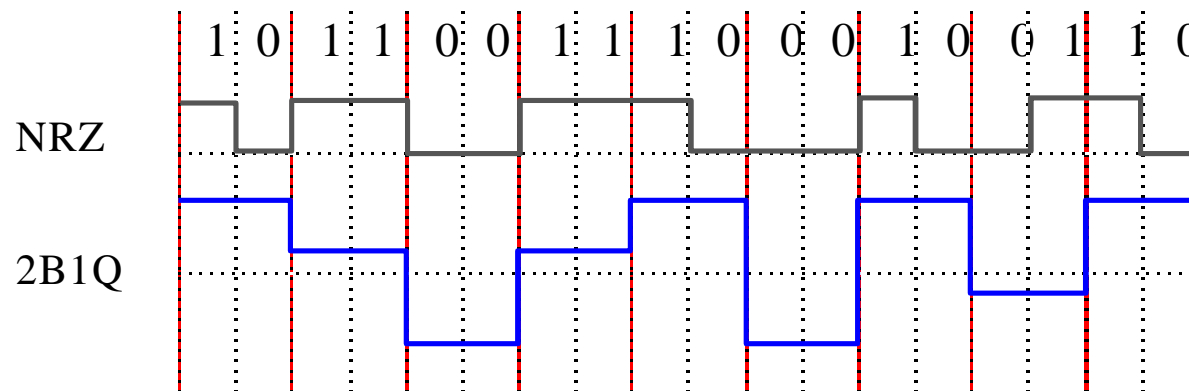
### 3.3.7 Gruppencodierungen

- Reduzierung des Symboltaktes.
- Mehr Signalstufen pro Symbol.



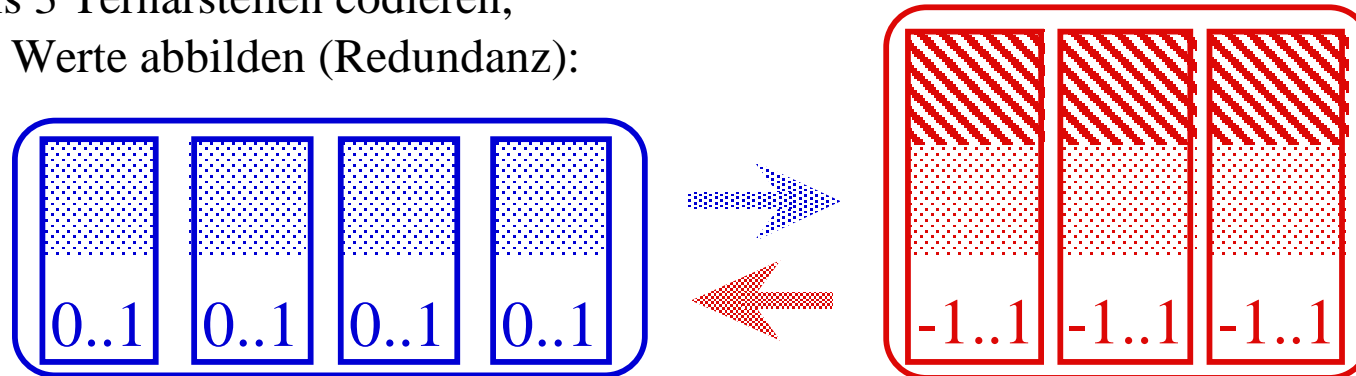
- z.B. 2B1Q-Codierung:

- " Two-Binary-One-Quaternary ",
- 2 Binärstellen werden als ein "Quat" codiert.

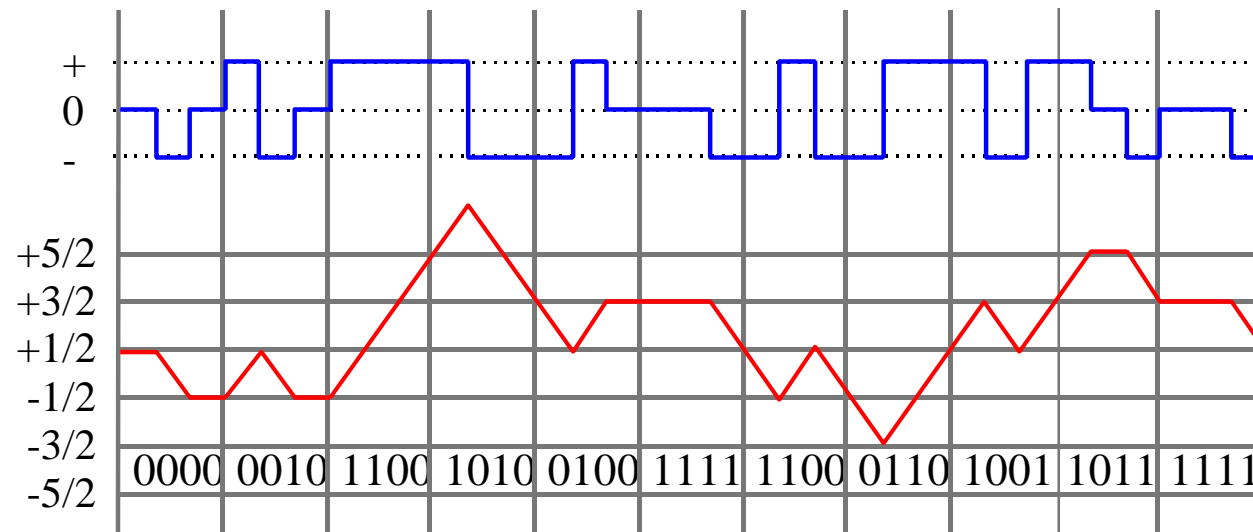


- 4B3T Codierung:

- gebräuchlich für Uko-Schnittstelle im ISDN
- Baudrate (Symbole/sec) ist  $3/4$  der Bitrate,
- 4 Binärstellen als 3 Ternärstellen codieren,
- 16 Werte auf 27 Werte abbilden (Redundanz):



- Gleichstromkompensation möglich, da für eine Gruppe mehrere Codes existieren:



### 3.3.8 4B3T Codierungstabelle:

- Symbol "000" kann zur Synchronisierung auf Gruppenanfang dienen.
- Gleichstromneutrale Codesymbole:

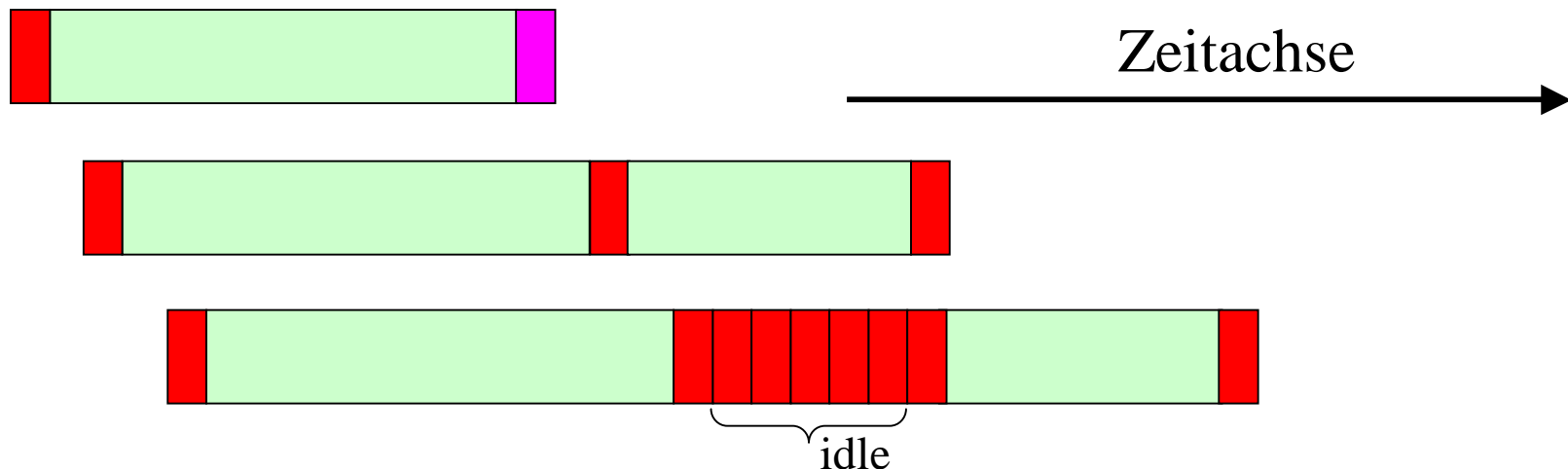
0001	0010	0100	0111	1011	1110
0 - +	+ - 0	- + 0	- 0 +	+ 0 -	0 + -

- Nicht gleichstromneutrale Codesymbole:

	alte Summe <0	alte Summe >0
0000	+ 0 +	0 - 0
0011	0 0 +	- - 0
0101	0 + +	- 0 0
0110	- + +	- - +
1000	+ 0 0	0 - -
1001	+ - +	- - -
1010	+ + -	+ - -
1100	+ + +	- + -
1101	0 + 0	- 0 -
1111	+ + 0	0 0 -

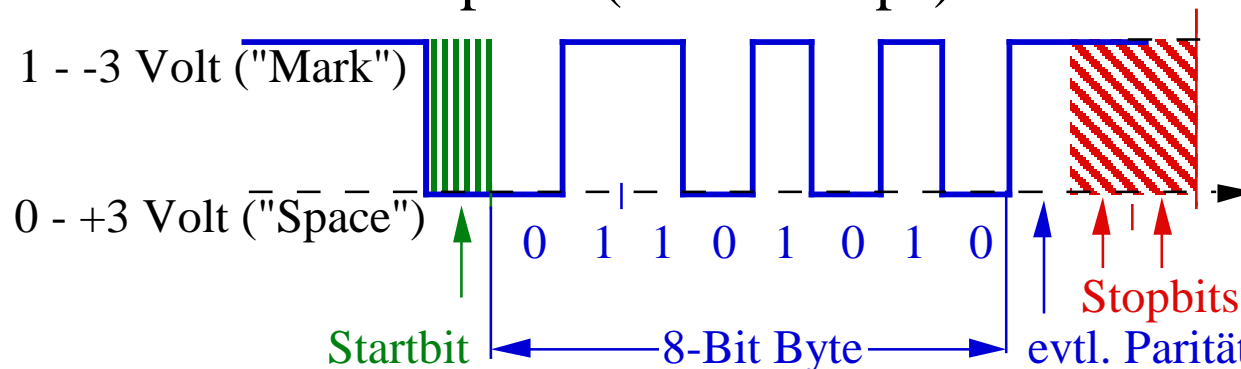
## 3.4. Rahmenbildung & Transparenz

- Eine **Informationseinheit** kann sein:
  - Datenpaket mit fester Länge (53 Bytes, 128 Bytes ...),
  - einzelnes Zeichen (ASCII),
  - ganze Nachricht.
- Auch bei vorhandenem Bittakt stellt sich die Frage nach Anfang und Ende einer Informationseinheit (Framing, Rahmenbildung).
- "**Starting Delimiter**" und evtl. separater "**Ending Delimiter**".
- Zwischen den Rahmen evtl. „Idle“-Symbole.



### 3.4.1 Asynchrones Zeichen für "V.24":

- Verfahren kommt ursprünglich aus der Fernschreibertechnik.
- Rahmen mit ca. 10 Bits. Beliebige Pausen zw. Rahmen ("asynchron").
- Startbit leitet Zeichenübertragung ein. Darauf folgen 5-8 Informationsbits. Abschluß durch Stopbits ("Start-Stop"):

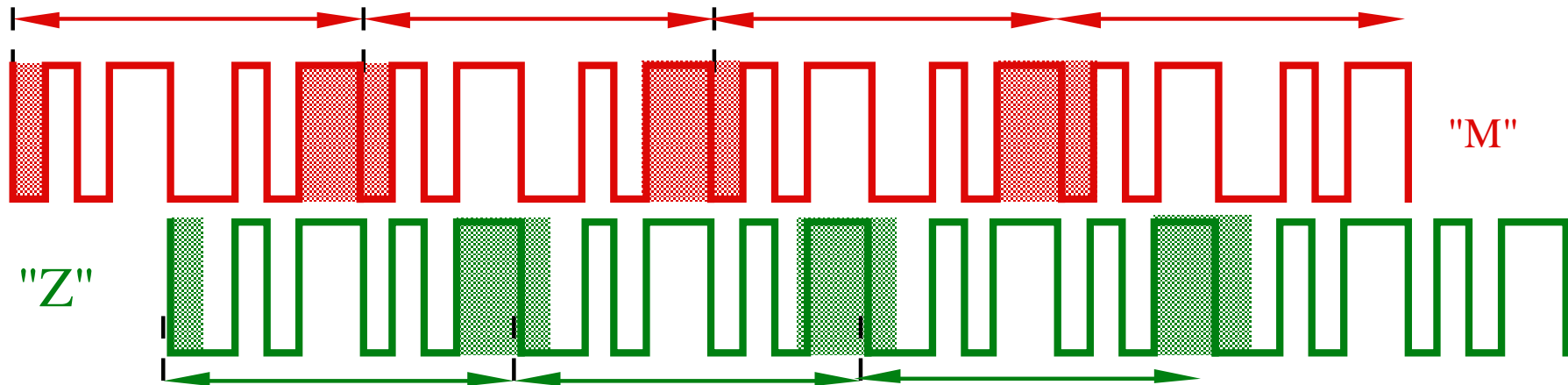


- Break: Verletzung der Rahmenbedingung, 250 ms Pause.
- Konfigurierbar über Register im Chip:
  - Paritätsbit: even , odd, zero, one, none,
  - Unterbrechungsanforderung (break),
  - Anzahl Datenbits (5 .. 8),
  - 1, 1,5 oder 2 Stopbits,
  - Datenrate.



### 3.4.2 Mehrdeutigkeiten möglich:

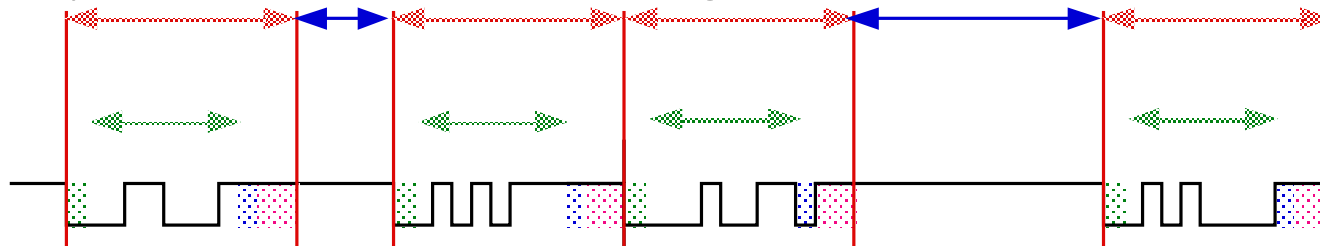
- Bei unmittelbar folgenden, asynchronen ("Start-Stop"-Zeichen):
- Mehrdeutigkeit wird aufgelöst, wenn ausreichend lange Pause eintritt



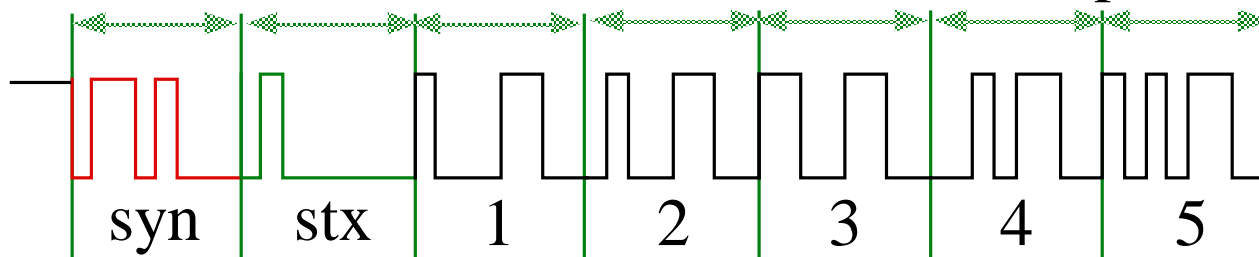
- Interpretation:
  - Reihenfolge der Bits umdrehen,
  - $10110010 \Rightarrow 01001101 \Rightarrow \$4D \Rightarrow "M"$
  - $01011010 \Rightarrow 01011010 \Rightarrow \$5A \Rightarrow "Z"$
- Fehlinterpretation kann entstehen:
  - bei Störungen auf der Leitung,
  - bei verspätetem Einschalten.

### 3.4.3 Synchrone Datenübertragung

- Asynchron bedeutet beliebige **Pausen** zwischen den einzelnen Zeichen:



- Synchrone Übertragung bedeutet unmittelbar aufeinanderfolgende Zeichen. Insbesondere keine Start- und Stopbits:



- Übertragung als Datenpakete bis zu 10 kBytes.
- Zwischen den Datenpaketen beispielsweise:
  - Synchronisierungszeichen für Empfangstakt,
  - kein Signal, Nullpegel.
- Besondere Steuerzeichen den Anfang eines Rahmens.

### 3.4.4 BSC-Rahmen

- Altes synchrones Protokoll (IBM).
- BSC = "Bi-Sync": Rahmen durch mind. 2 SYN Zeichen eingeleitet.
- Nachricht ( 'A', 'B', STX, 'C', DLE, 'D' ):

```
SYN SYN STX  A   B  DLE STX  C  DLE DLE  D  ETX
```

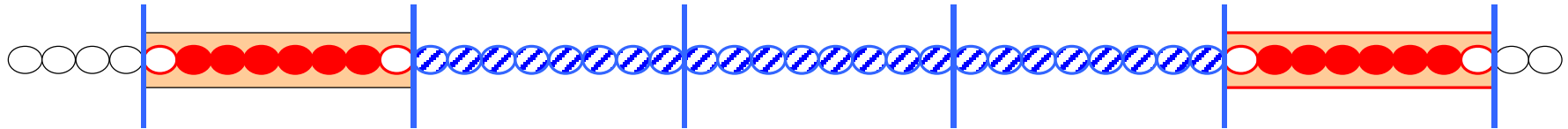
- bzw.:

```
SYN SYN DLE STX  A   B  STX  C  DLE DLE  D  DLE ETX
```

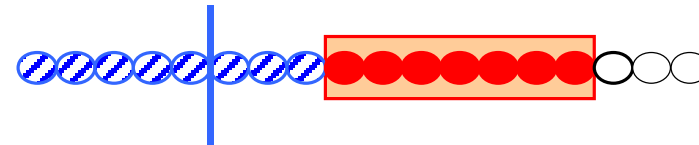
- DLE-Zeichen ermöglicht im Text auch Steuerzeichen einzubetten:
  - a) entweder vor jedem Steuerzeichen ein DLE,
  - b) oder vor Sonderzeichen im Text ein DLE.
- **Transparenz:**
  - Die Eigenschaft eines Paketformates, dass auch Steuerzeichen im Text erscheinen dürfen.
- **Weitere Sonderzeichen:**
  - STX:start of text, SOH:start of header, ETB:end of textblock, ETX:end of text

## 3.5. Bitsynchrone Übertragung

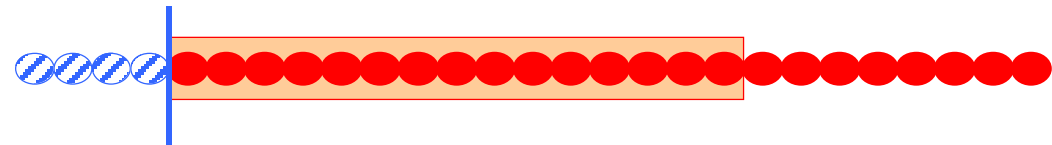
- Rahmenbegrenzung mit **Flags**, '0111 1110':
  - gleichzeitig auch **Bytesynchronisierung** !



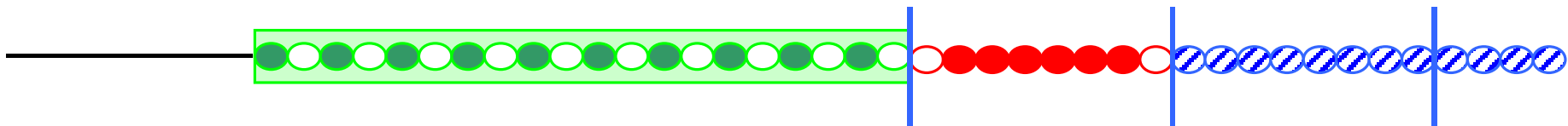
- **Abbruchmuster** (abort), 7 mal '1':



- Idle-Muster, 15 mal '1':



- Taktsynchronisation durch zusätzliche **Präambel**, falls kein Modemtakt:
  - gehört zur physikalischen Ebene,
  - typisch für lokale Netze,
  - evtl. >100 Bits:



### 3.5.1 Bitstuffing

- Um zu vermeiden, daß im Informationsteil eine Flag-Sequenz vorkommt, wird nach einer Sequenz von jeweils **5 Einsen** eine zusätzliche **0 eingeschoben (Stopfbit)**.
- Der Empfänger entfernt dieses Bit wieder.
- Beispiel:

Information vor der Übertragung:

...01111111 00101111 10001101 0...

Bitmuster bei der Übertragung:

...011111**0**1 10010111 11**0**00011 010...

↑ stopfbits ↑

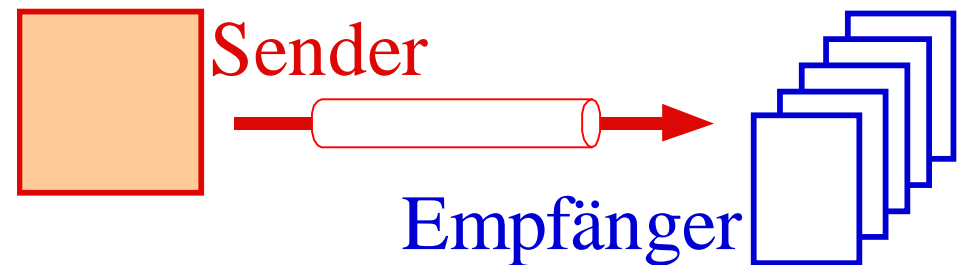
- So kann auch in einem kontinuierlichen Bitstrom die Grenze zwischen zwei Rahmen erkannt werden.
- Anwendung in vielen modernen Protokollen.
- Meist besorgt ein Chip im Kommunikationsadapter das Bitstuffing.

## 3.6. Betriebsarten & Verkehrsrichtungen

- Je nach Art des Übertragungskanales verschiedene Betriebsarten:

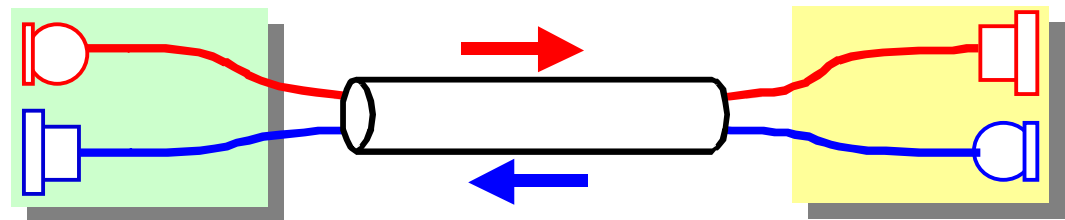
### 3.6.1 Simplex-Übertragung :

- Übertragung unidirektional (GPS, Rundfunk, Funkfeuer, MBone ...):



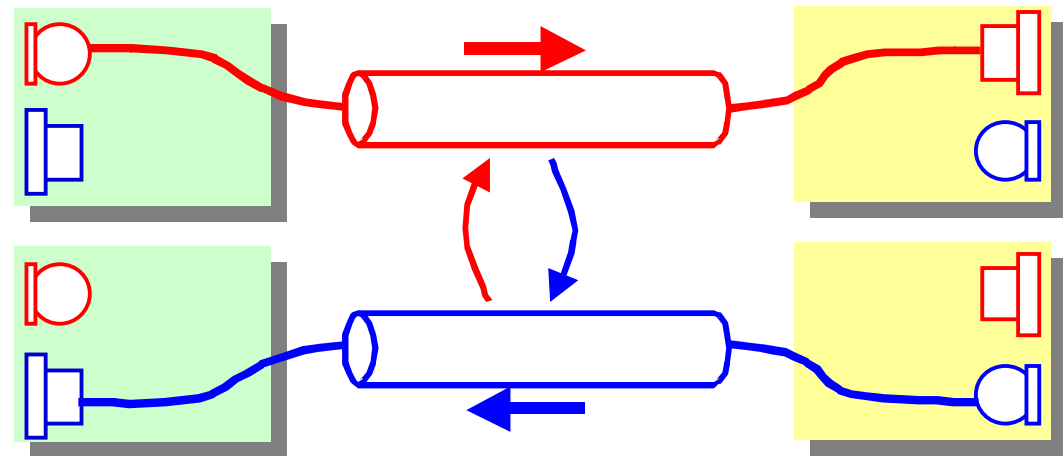
### 3.6.2 Vollduplex:

- Beide Richtungen gleichzeitig (Ferngespräch, Remote Echo für CRT ).
- Oft besteht nur ein schmaler Rückwärtskanal für Quittungen & Unterbrechungen ("Split-Speed Modem").
- Auch über Zweidrahtleitung möglich.

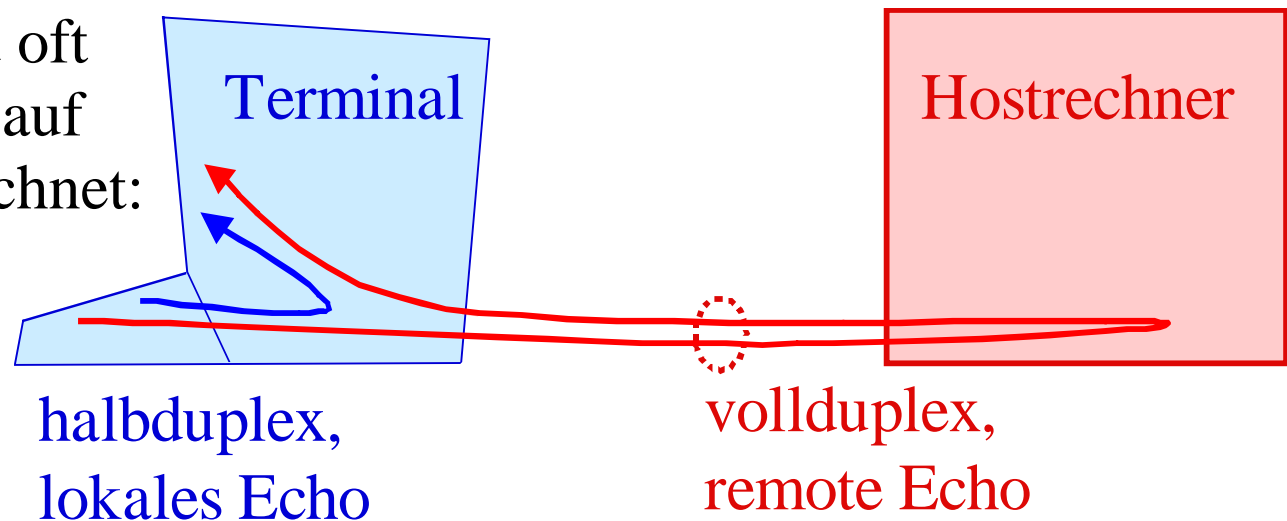


### 3.6.3 Halbduplex:

- Abwechslungsweise in beide Richtungen (Sprechfunk, höfliche Unterhaltung, ...).
- Zum Teil erheblicher Zeitverlust beim Umschalten der Übertragungsrichtung.

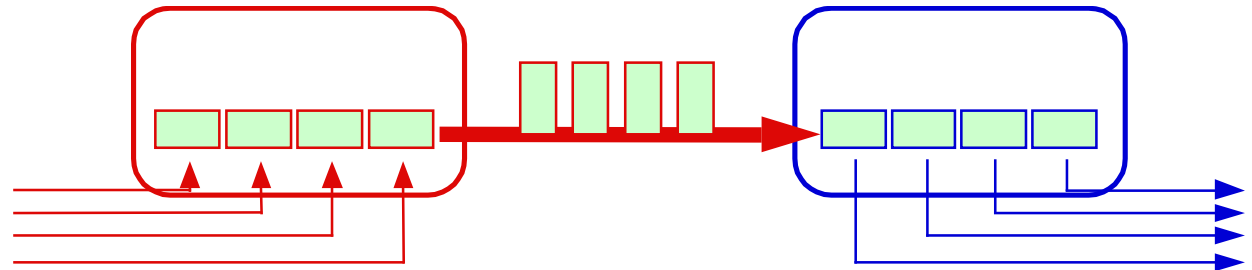


- Als "halbduplex" wird oft auch ein lokales Echo auf dem Bildschirm bezeichnet:



### 3.6.4 Multiplex ("Vielfachsteuerung"):

- Eine Übertragungsleitung wechselweise für mehrere Kanäle genutzt.
- Multiplex mit separaten Trägerfrequenzen im Frequenzbereich.
- Multiplex mit **Zeitschlitz** im Zeitbereich.
- Meist fest zugeordnete Zeitschlitz oder Frequenzen.



### 3.6.5 Multipoint, Multidrop, Multiple Access:

- Addressierung der einzelnen Stationen.
- Zentrale oder dezentrale Zugriffssteuerung.
- z.B. für LANs mit Busstruktur:

