

Rechnernetze I

Blätter zur Vorlesung
Wintersemester 2004/05
Prof. Dr. Peter Schulthess

Universität Ulm
Verteilte Systeme
Fakultät für Informatik

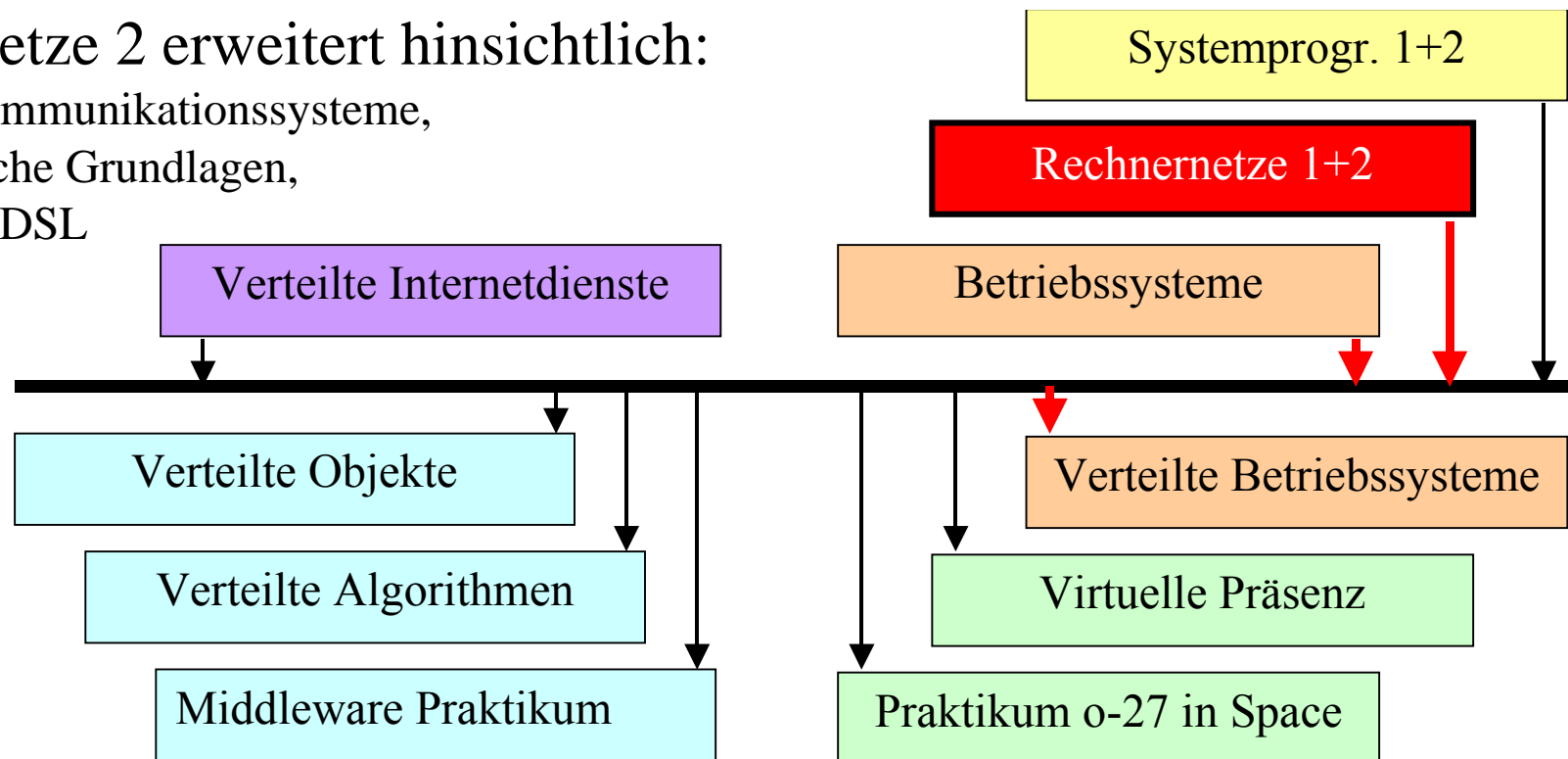
1. Vorschau

1.1. Einordnung & Organisation

- Termin vierstündig 3+1, 14:15-16 h, H21, ab 14.10.03
 - Vorlesung: Freitags, 12:30-14:00 h, o-27, H20-27, Dienstag 14 h, H12, 14-tägig, unregelmäßig
 - Übung oder Demonstrationen: H12, 14-tägig, unregelmäßig
 - Übungsbetreuung: Andreas Schorr, Markus Fakler
- Prüfungen & Scheinvergabe:
 - Mündliche Einzelprüfung nicht empfohlen.
 - Bachelorprüfung: bestandene Klausur, Schein nicht erforderlich,
 - Übungsschein dient bei der Diplomprüfung als „Prüfungsversicherung“
 - Voraussetzung für Scheinvergabe: >50% der möglichen Übungspunkte + Klausur
- Praktika & Diplomarbeiten:
 - Internet-Techniken, Computertelephonie & ISDN, Funknetze, (mobile) QoS,
 - Web-Services, Multimedia streaming, Java Anwendungen im Netz....
 - Verteilte Betriebssysteme, Plurix, Spiele im Netz,
 - Virtuelle Präsenz, o-27 in Space.



- Einige Lehrveranstaltungen der Abteilung „Verteilte Systeme“:
 - näheres unter www-vs.informatik.uni-ulm.de ...
- Forschungsprojekte:
 - Virtuelle 3D Umgebung (o-27 in Space, P. Schulthess & al.),
 - Verteiltes Betriebssystem Plurix (P. Schulthess & al.),
 - AspectIX Verteilungsplattform (F. Hauck & al.),
 - Mobile QoS/Daidalos (F. Hauck & al.)
- Rechnernetze 1 vermittelt Grundkenntnisse bzw. „Notportion“.
- Rechnernetze 2 erweitert hinsichtlich:
 - Mobile Kommunikationssysteme,
 - Physikalische Grundlagen,
 - ISDN & ADSL



1.2. Literatur

- Comer D. E., Droms R. E.: Computer Networks and Internets, Prentice Hall 2003.
- Calvert K., Donahoo M.: TCP/IP Sockets in Java, Morgan Kaufmann Verlag 2001
- Stallings W.: Data and Computer Communications; 7. ed. 2003, Prentice Hall
- Tanenbaum A.: Computer Networks, 4. ed., Prentice Hall 2003.
- Kauffels F.-J.: Lokale Netze; 2 Bände, Mitp Verlag 2003.
- Kauffels F.-J.: Durchblick im Netz; Mitp Verlag 2002.
- Peterson, Larry: Computernetze, Dpunkt Verlag 2004.
- Jöcker, Peter: Computernetze, VDE Verlag 2003.
- Perlman, R.: Bridges, Routers, Switches & Internetworking-Protok., Addison-Wesley 2003.
- Rech, Jorg: Ethernet. Technologien & Protokolle für Computervernetzung, Dpunkt 2002.
- Stallings W.: Cryptography and Network security; 2003, Prentice Hall
- Barz H. W.: Kommunikation und Computernetze 1991 Hanser Verlag (München)
- Strayer W. & al.: XTP: The Xpress Transfer Protocol; 1992 Addison-Wesley (Bonn)
- Lindemann B.: Lokale Rechnernetze; 1991 VDI Verlag (Düsseldorf)

1.3. Provisorischer Inhalt „Rechnernetze I“

- 1. Vorschau**
 - 1.1. Einordnung & Organisation
 - 1.2. Literatur
 - 1.3. Inhalt
- 2. Einsatzszenarien**
 - 2.1. Verteilte DV-Systeme
 - 2.2. Das Fernmeldenetz
 - 2.3. Das Internet
 - 2.4. Beispielinstallation
 - 2.5. Medizinische Konsultation - drahtlos
- 3. Digitale Datenübertragung**
 - 3.1. Parallele Datenübertragung
 - 3.2. Serielle DÜ zwischen Rechnern:
 - 3.3. Leitungscodierung
 - 3.4. Rahmenbildung & Transparenz
 - 3.5. Bitsynchrone Übertragung
 - 3.6. Betriebsarten & Verkehrsrichtungen
- 4. Physikalische Schnittstellen**
 - 4.1. V.24 Schnittstelle
 - 4.2. Verbindungsaufbau im Telefonnetz
 - 4.3. X.21 Schnittstelle

4.4. Verbindungssteuerung nach X.21:

5. OSI Referenzmodell der ISO

5.1. Einteilung in Schichten

5.2. Die 7 Schichten des OSI-Modells

5.3. Dienste-Schnittstelle

5.4. Dienstprimitive

5.5. Dienstezugangspunkte (SAP)

5.6. Peer-to-Peer Protokolle

5.7. Kritik des OSI Referenzmodells

5.8. Internet-Protokollhierarchie

6. Grundl. Protokollmechanismen

6.1. Prüfsummen/CRC Fehlersicherung

6.2. Bestätigungen

6.3. Fenstermechanismen

6.4. Huckepack-Transport

6.5. Zustandsautomaten

6.6. Flusskontrolle

6.7. Paketisierung / Segmentierung

6.8. Adressierung und Gruppierung

6.9. Zuteilungsprotokolle

6.10. Verbindungsauf- & Abbau

7. Sicherungsprotokolle

7.1. Grundsituation

7.2. High-Level Data Link Protokoll

- 7.3. Link-Protokoll nach Fletcher
- 7.4. LLC Protokoll
- 7.5. PPP Protokoll

8. Lokale Netze

- 8.1. Dezentrale Zugriffsverfahren:
- 8.2. LAN Topologien
- 8.3. Busnetz: Physischer Aufbau
- 8.4. Aloha Verfahren & Durchsatz
- 8.5. CSMA Zugriffsverfahren
- 8.6. Reservierungsverfahren allg.
- 8.7. Ringnetze
- 8.8. Drahtlose LANs
- 8.9. LANs im OSI-Modell:
- 8.10. Segmentierung von LANs

9. Vermittlungsschicht (Network-L.)

- 9.1. Aufgaben der Schicht 3
- 9.2. Weglenkungstabelle
- 9.3. Vermittlungstechniken
- 9.4. Paketvermittlungsalternativen
- 9.5. Weglenkungsstrategien
- 9.6. Verstopfungskontrolle
- 9.7. Deadlocks / Verklemmungen
- 9.8. Übertragungsratensteuerung
- 9.9. Slow Start im TCP Protokoll

10. Paketvermittlung nach X.25

- 10.1. Definition in drei Ebenen
- 10.2. Physikalische Schicht:
- 10.3. Sicherungsschicht:
- 10.4. Netzwerkschicht
- 10.5. Paketformat
- 10.6. Weitere Pakettypen
- 10.7. X.25 Zugang über PAD

11. Transportebenen

- 11.1. Aufgaben im OSI Referenzmodell
- 11.2. ISO Transportprotokolle
- 11.3. TCP Transportprotokoll

12. Kommunikation im Internet

- 13.1. Internet-Protokollhierarchie
- 13.2. Adressierung
- 13.3. Winsock Sockets
- 13.4. DatagramSocket in Java:
- 13.5. ServerSocket in Java
- 13.6. WWW-Szenarium:
- 13.7. Neues IP Protokoll
- 13.8. Anwendungsprotokoll
- 13.9. Wellknown Ports
- 13.10. Neues IP Protokoll (IPv6)

13. RMI - Remote Method Invocation

- 13.1. Beteiligte Instanzen
- 13.2. Compilationsprozess
- 13.3. Ausführung
- 13.4. Parameter der Methoden
- 13.5. Programmbeispiel
- 13.6 RMI-Kommunikationsströme
- 13.7 Serialisierung von Parametern
- 13.8 Beispiel PrintObj
- 13.9 Einschub zum Java Developer Kit
- 13.10 Stubs & Skeletons
- 13.11 Remote Procedure Call in Linux

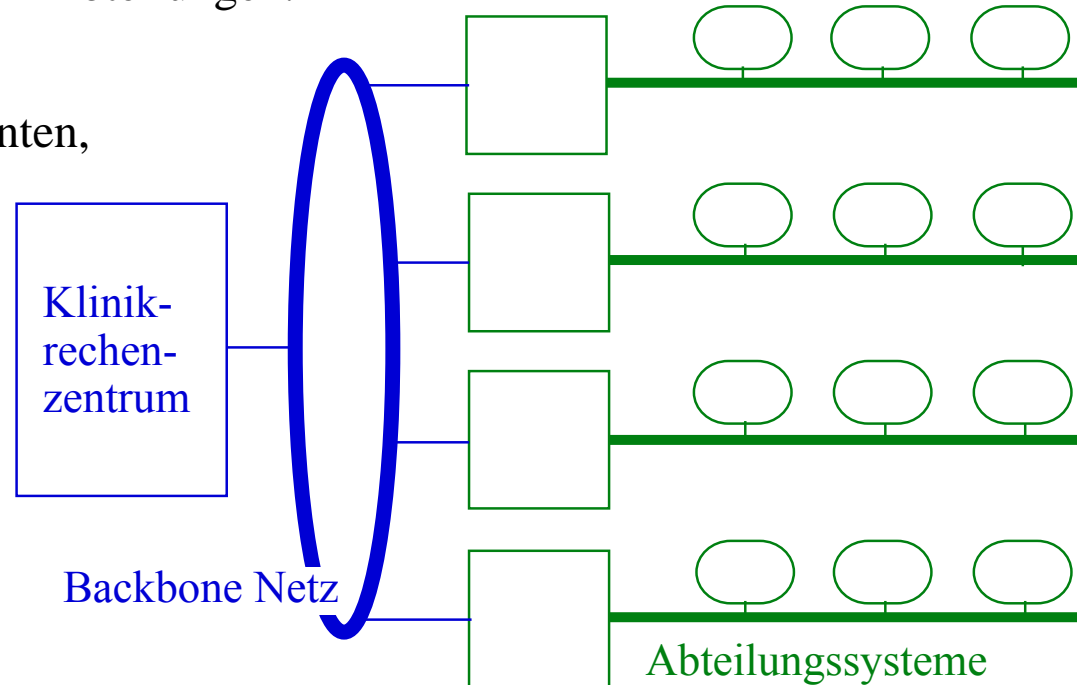
2. Einsatzszenarien

2.1. Verteilte DV-Systeme

- z.B. Klinikinformationssystem:
 - abteilungsübergreifende, aber kontrollierte Datenübertragung,
 - zentrale Datenhaltung für Patientenstammdaten,
 - Befunde & Behandlungspläne in Abteilungen,
 - Datenerfassung & Reduktion in Abteilungen.

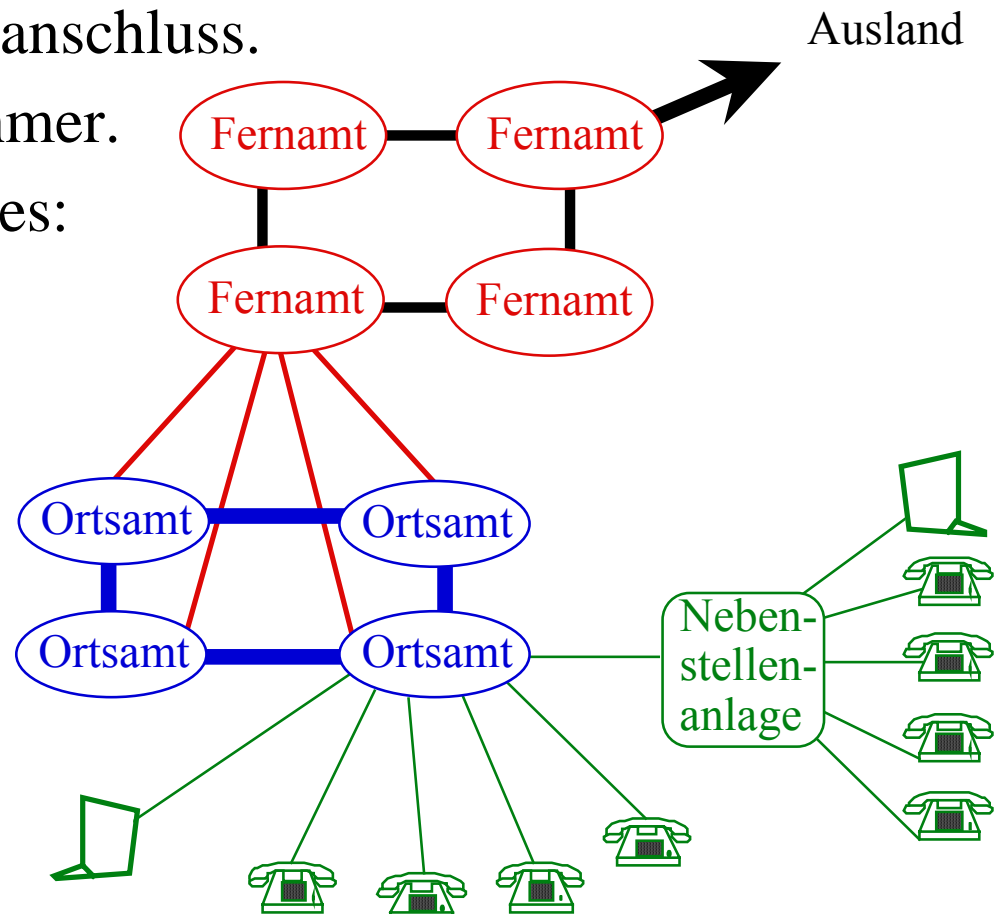
- Datenbestände:

- Namen & Adressen von Patienten,
- Schriftliche Befunde,
- Labormesswerte,
- Röntgenbilder,
- Tomogramme,
- Ultraschall,
- Filme ...



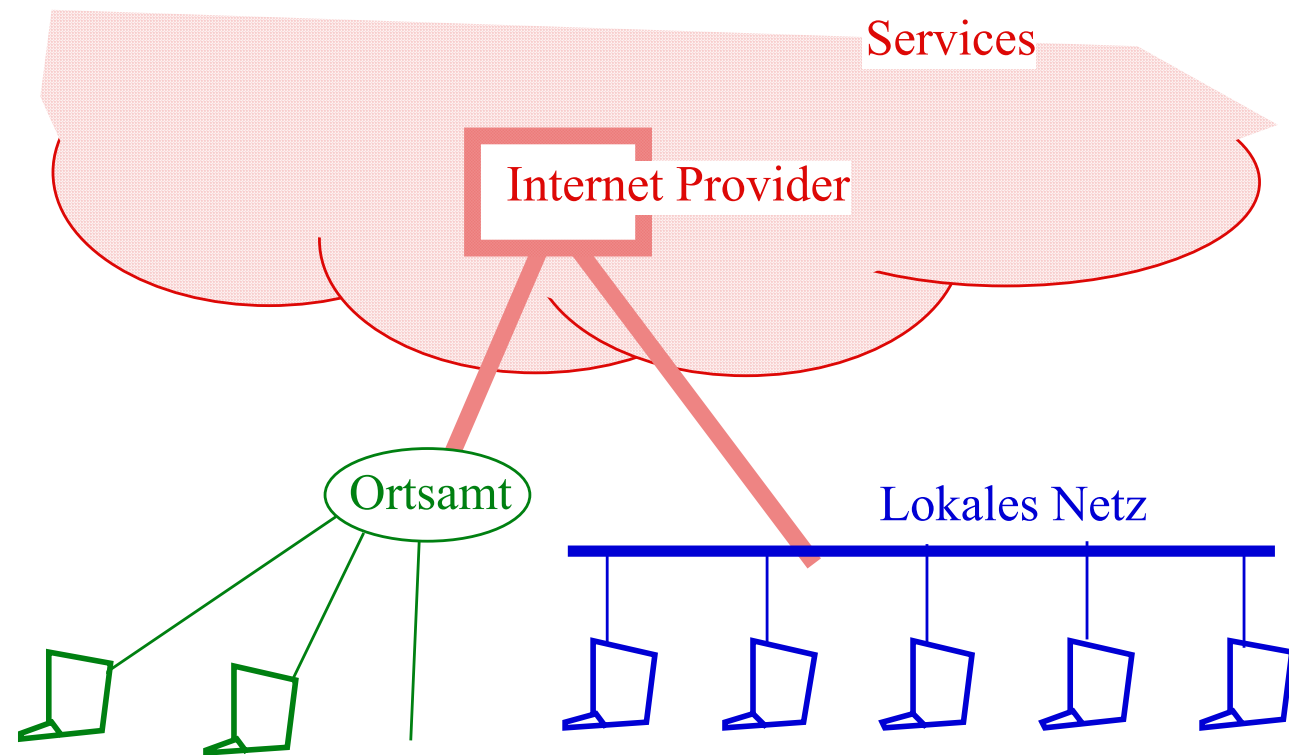
2.2. Das Fernmeldenetz

- Die Wirtschaftlichkeit ergibt sich derzeit aus dem Telefonverkehr.
- Zielsetzung ist die weltweite Vernetzung für Telefongespräche.
- Hohe Kapazitäten zwischen Vermittlungstellen.
- Wenig ausgenützter Teilnehmeranschluss.
- Niedrige Datenrate zum Teilnehmer.
- Hierarchische Struktur des Netzes:

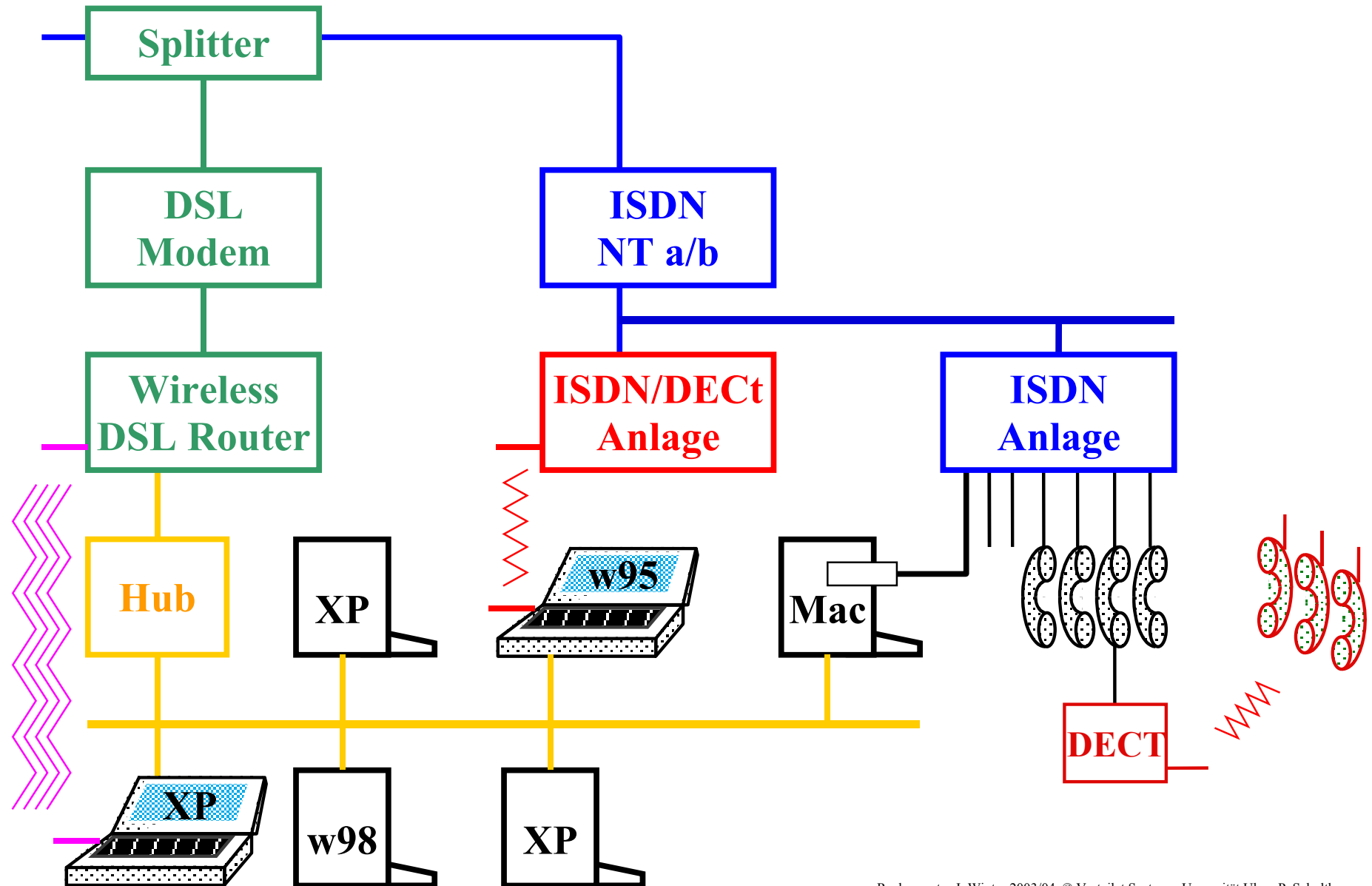


2.3. Das Internet

- Zugang zum "Internet Service Provider",
 - über ein eigenes lokales Netz via Standleitung,
 - über das Telefonwählnetz oder ADSL.
- Paketvermittlungsprinzip im Unterschied zum POTS-Telephon.
- Vorwiegend Datenverkehr, VOIP-Telefondienst erst im Entstehen.

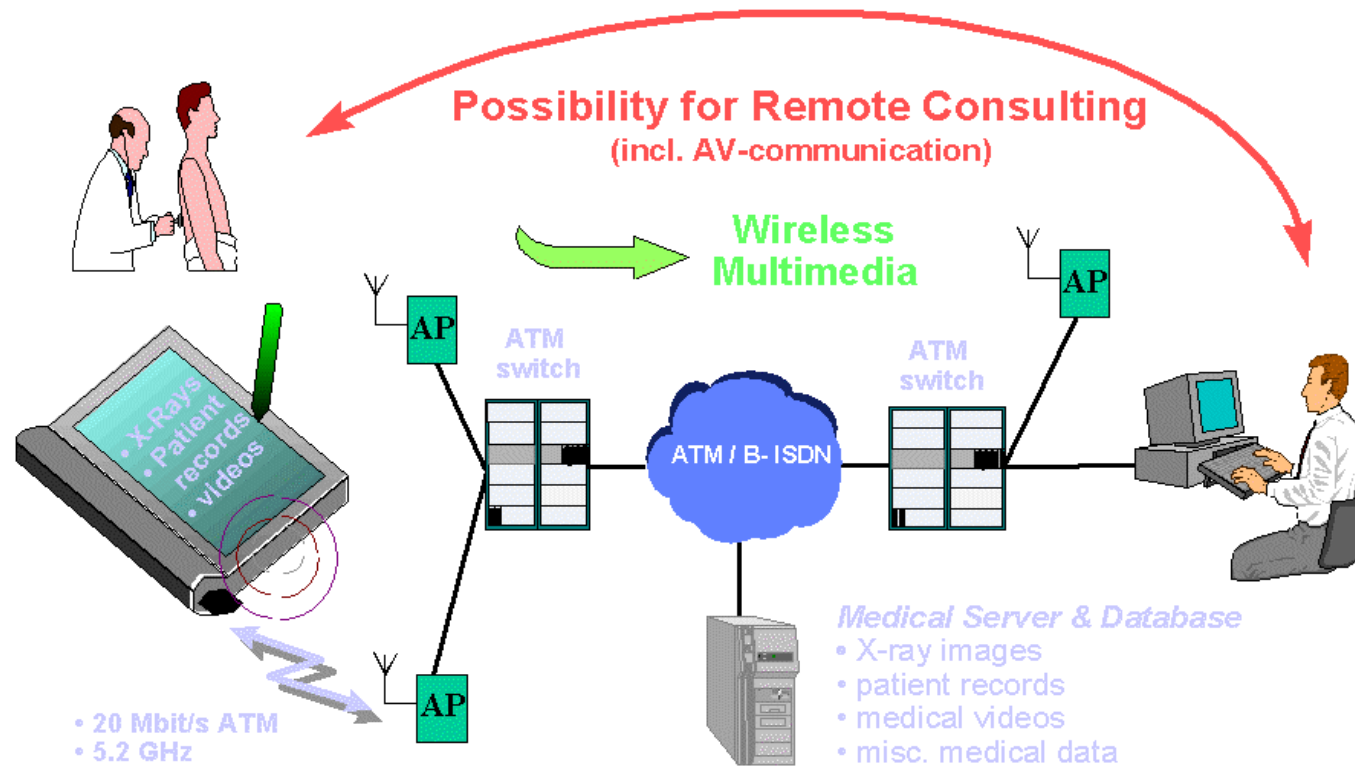


2.4. Beispielinstallation



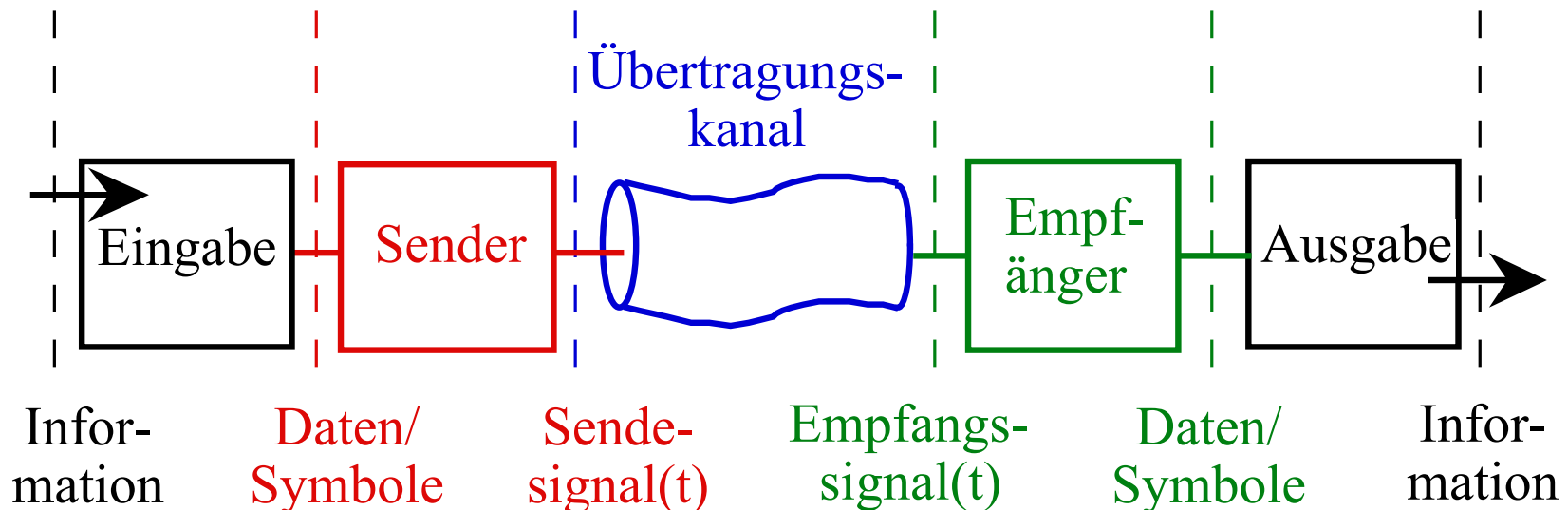
2.5. Medizinische Konsultation - drahtlos

- Integration von ATM-Festnetz & Funk-LAN.
- Gemeinsame Betrachtung eines Bildes.
- Telekonferenz der beratenden Ärzte.
- Drahtlose Anbindung.



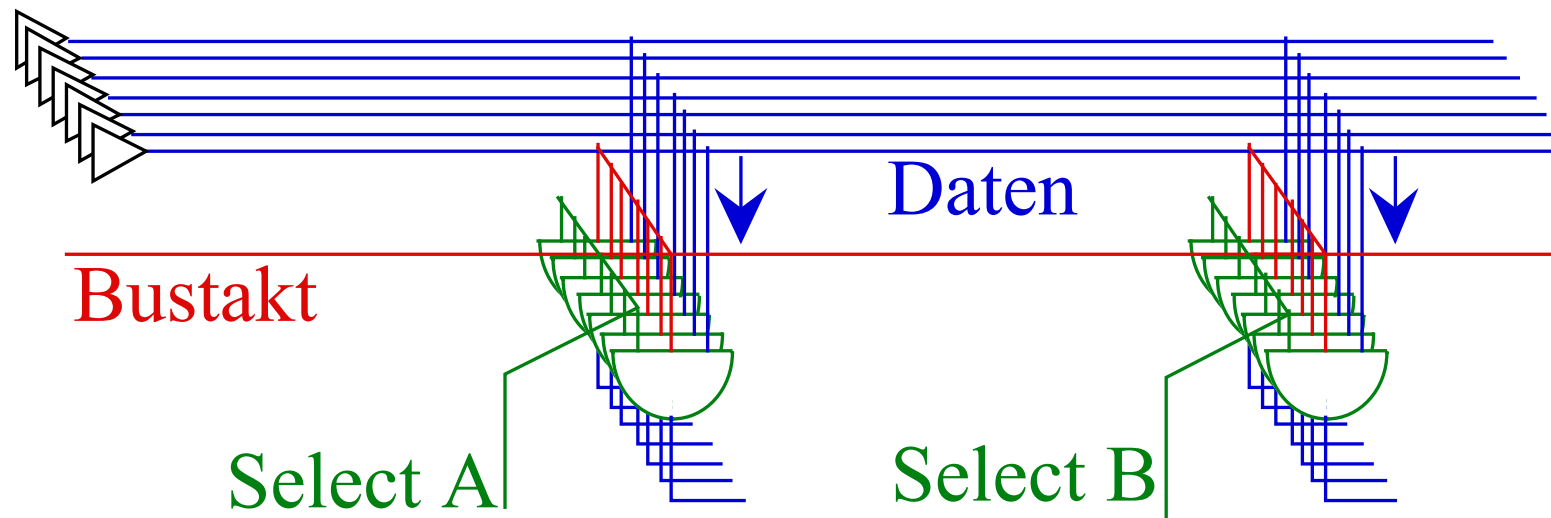
3. Digitale Datenübertragung

- 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.

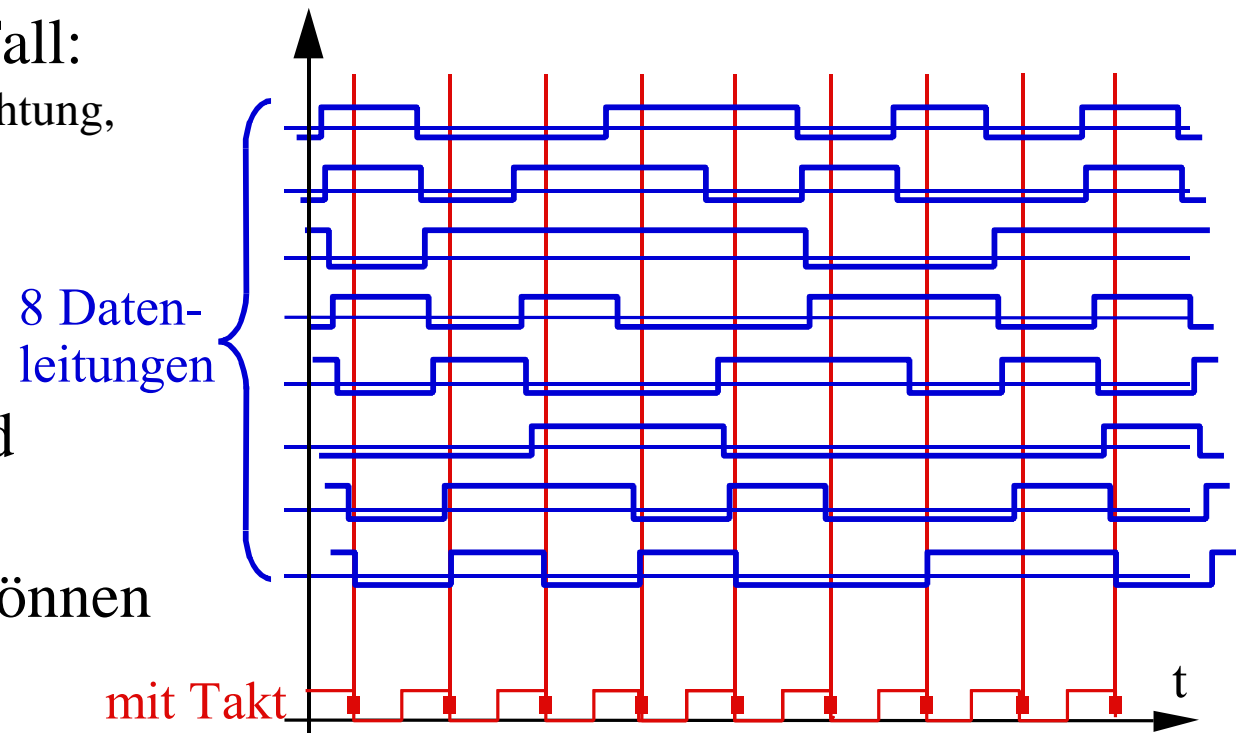


3.1.1 Zeitdiagramm:

- Hier stark vereinfachter Fall:

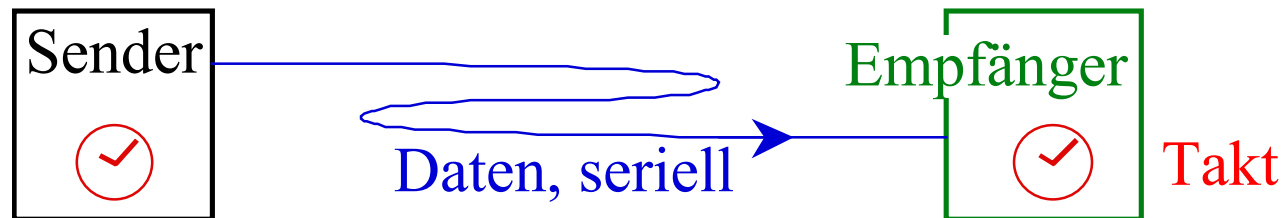
- unidirektionale Übertragungsrichtung,
- keine Adressen,
- kein Handshake,
- synchron.

- 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.

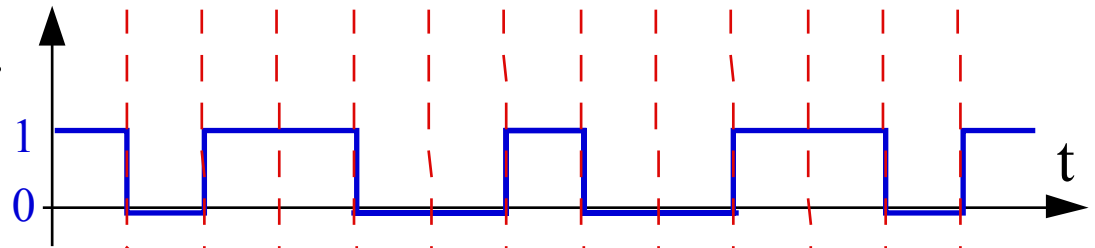


3.2. Serielle Datenübertragung zwischen Rechnern:

- 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.

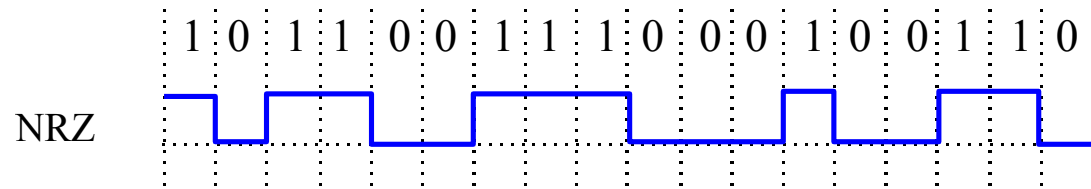


3.3. Leitungscodierung

3.3.1 Allgemeines

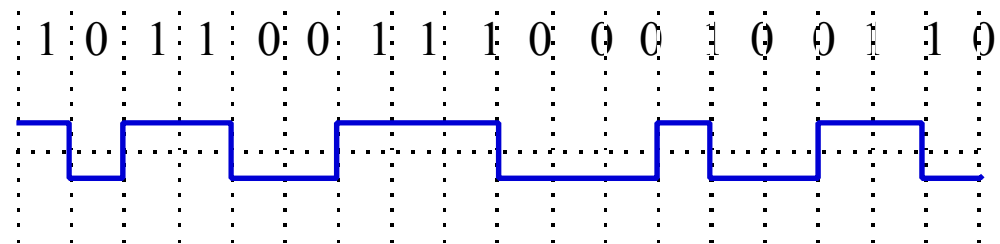
- Leitungscodierung
= Signalcodierung, Kanalcodierung, aber • Quellcodierung
- Wozu Leitungscodierung:
 - Nulldurchgänge gewährleisten,
 - leichtere Erkennung von Bittaktes,
 - spektrale Anpassung an den DFÜ-Kanal,
 - Gleichstromanteil im Signal ausgleichen,
 - Sondersymbole für Rahmen & Gruppen,
 - 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

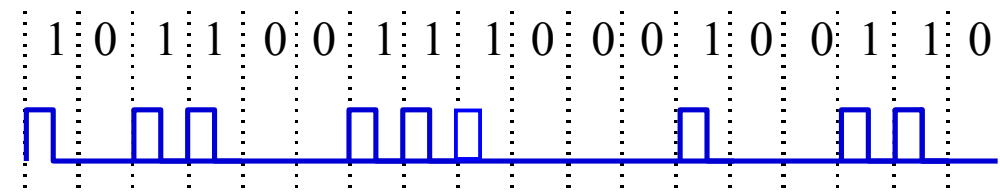


- Liegt auf der Hand für fremdgetaktete serielle Bitströme.
- Evtl. Taktverlust, wenn wenig oder keine Nulldurchgänge erfolgen und der Empfänger keine separate Taktversorgung besitzt.
- Manche Kanäle sind schlecht geeignet für die Übertragung von Gleichstromanteilen.

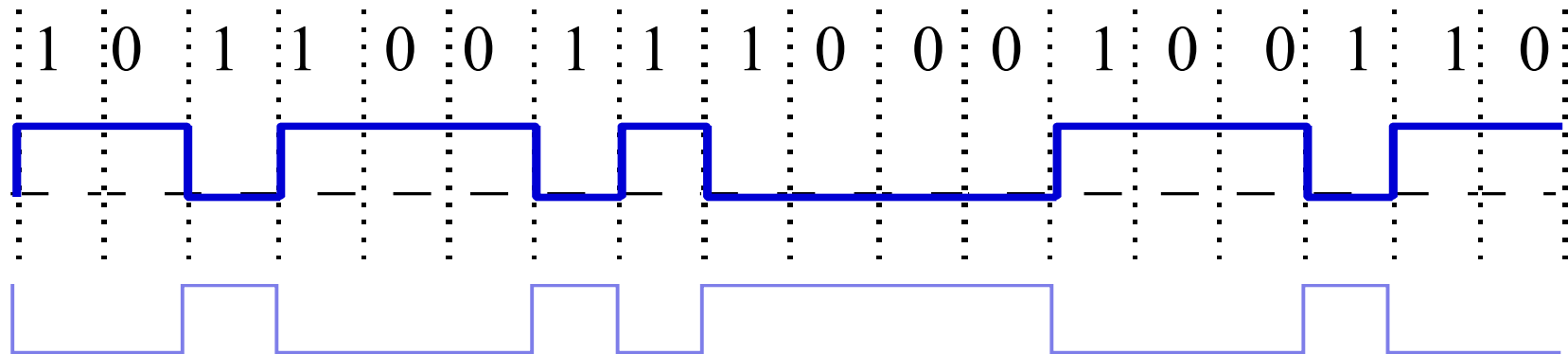
- Gleichstromreduktion P-NRZ:



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



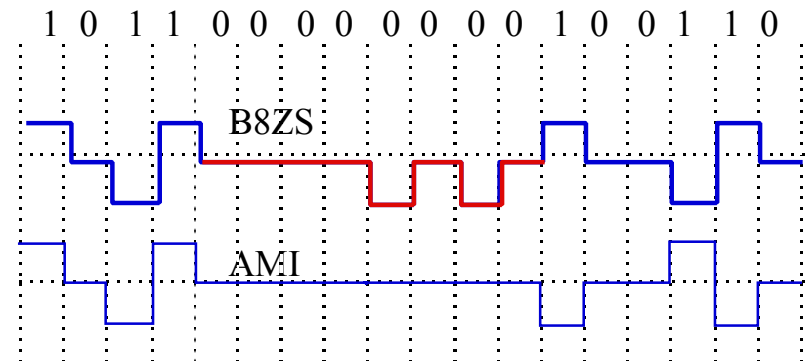
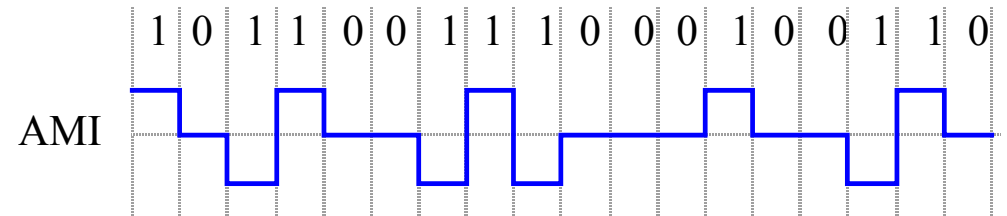
3.3.3 NRZI Codierung



- 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.).

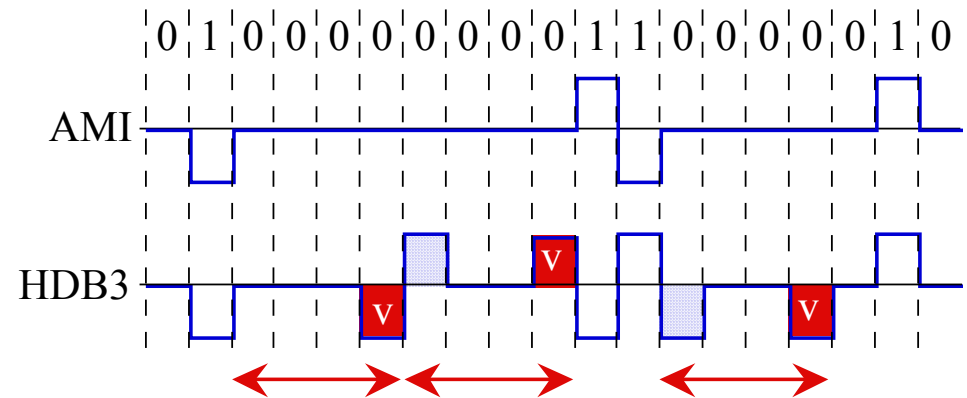
3.3.4 AMI Alternate Mark Inversion

- 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_O-Schnittstelle.
 - **Nicht AMI sondern PTC =>**



3.3.5 HDB3 Codierung

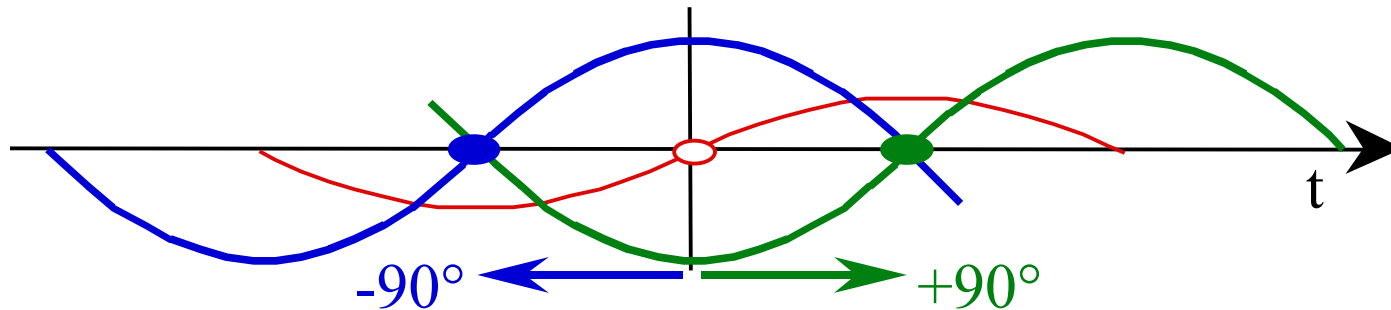
- Gebräuchlich in Europa und Japan.
- Code für U_{KO} Teilnehmeranschluss.
- HDB3 = "High-Density-Bipolar- 3 zeroes".
- Ersetzungsregel:
 - vier aufeinanderfolgende Nullen ersetzen,
 - viertes Bit ist immer eine Codeverletzung,
 - Vorgeschichte berücksichtigen:



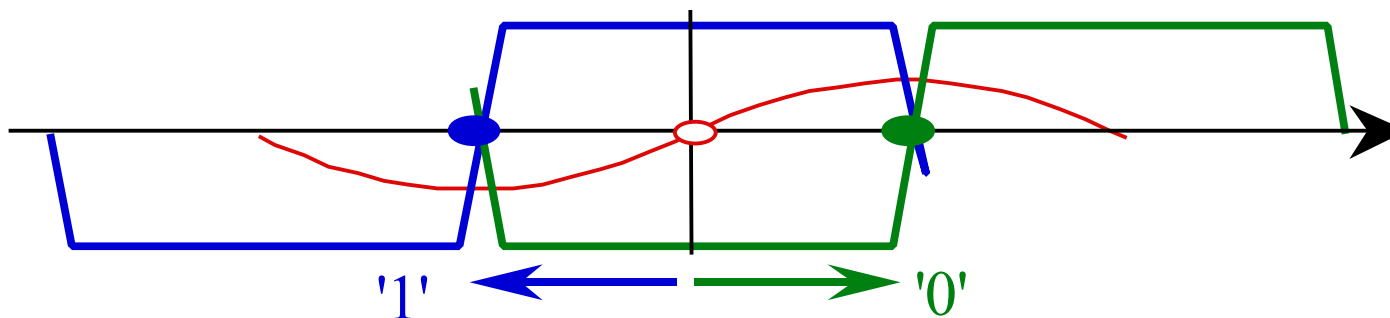
Polarität des vorherigen Pulses	Anzahl Einsen seit letzter Ersetzung	
	ungerade	gerade
+	0 0 0 +	- 0 0 -
-	0 0 0 -	+ 0 0 +

3.3.6 Diphasen-Codierung

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

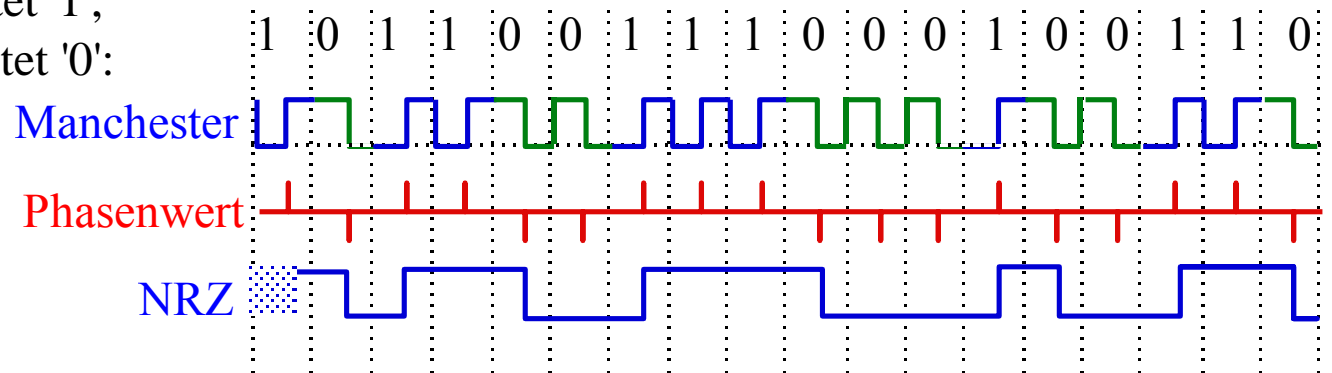


- bzw. einer Rechteckschwingung:



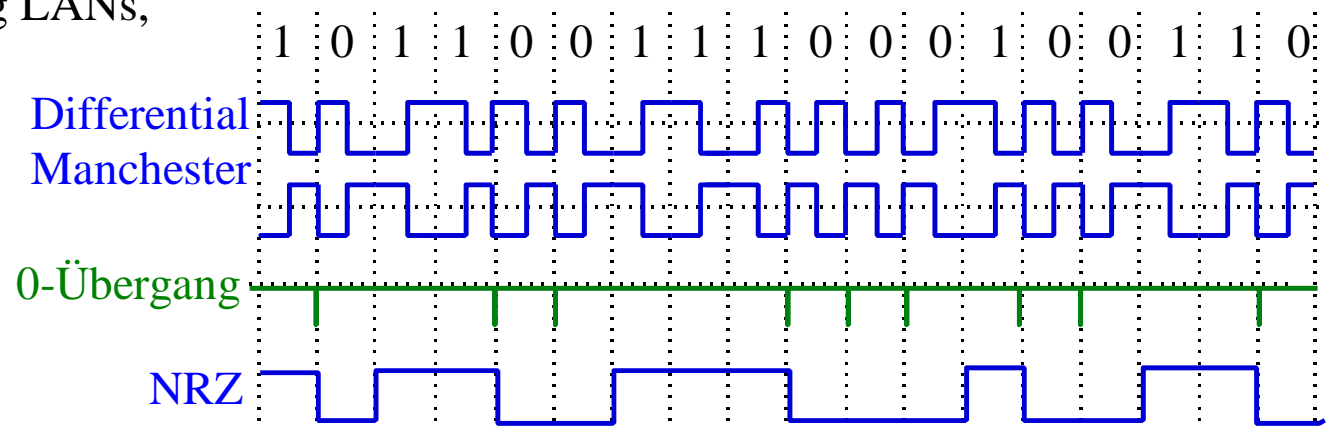
• Manchester Code:

- Übergang in der Mitte der Taktperiode,
- Vorschrift für Ethernet LANs,
- positiver Übergang bedeutet '1',
- negativer Übergang bedeutet '0':



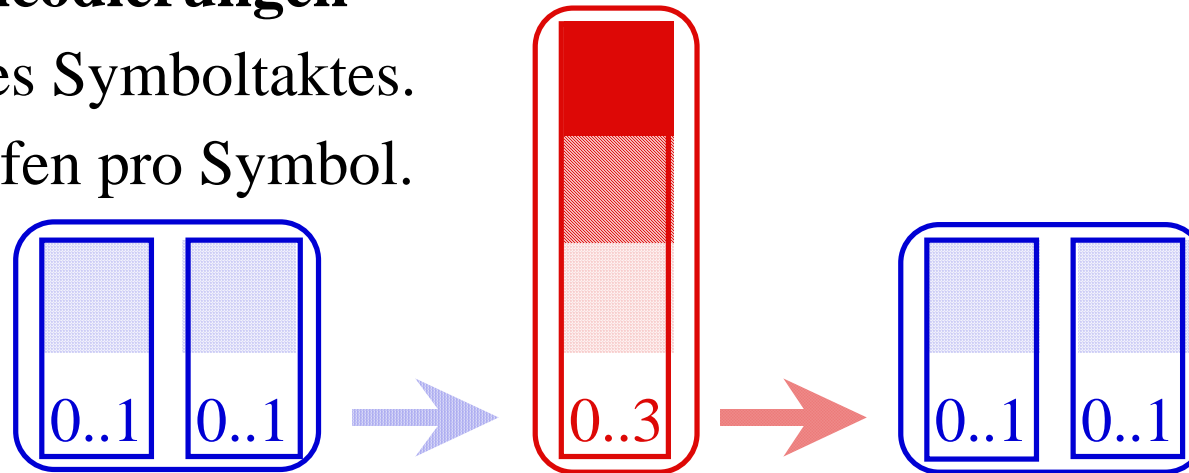
• Differential Manchester Code:

- Taktung in der Mitte der Bitperiode.
- Übergang am Anfang bedeutet '0',
- Vorschrift für Token Ring LANs,



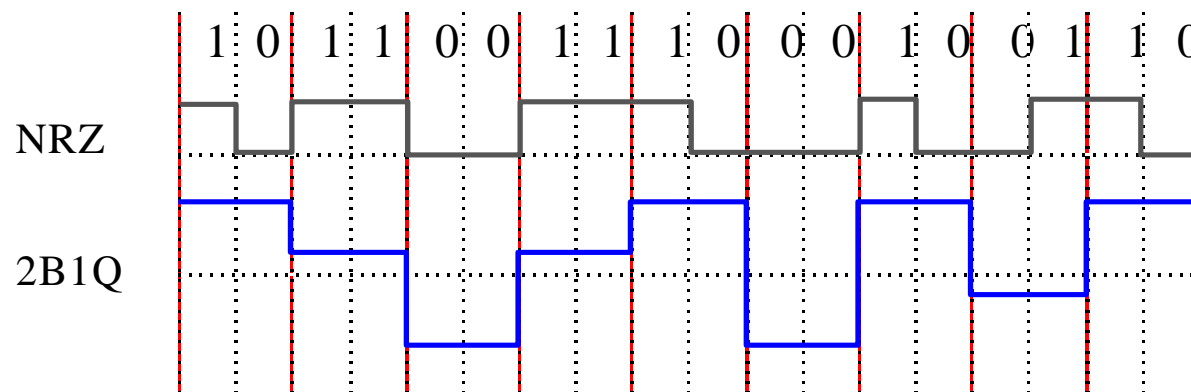
3.3.7 Gruppencodierungen

- Reduzierung des Symboltaktes.
- Mehr Signalstufen pro Symbol.



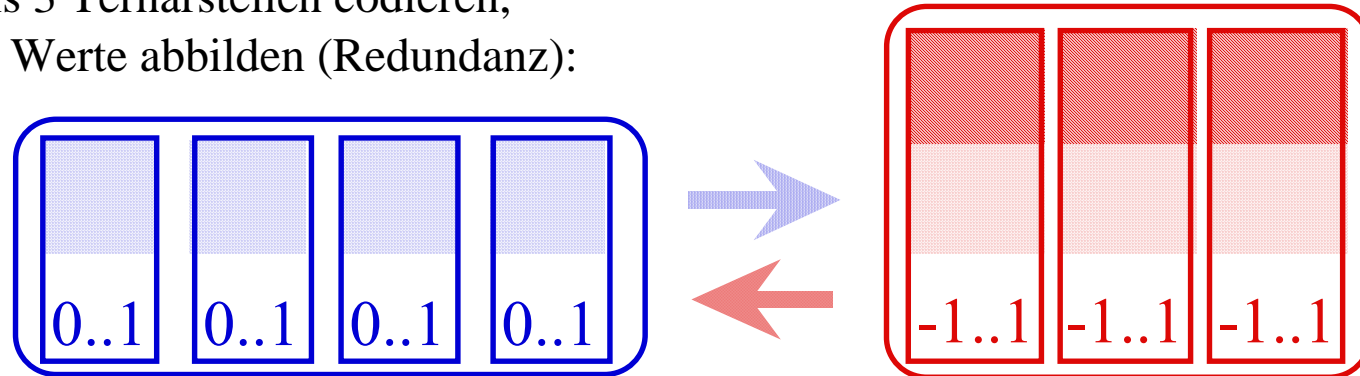
- z.B. 2B1Q-Codierung:

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

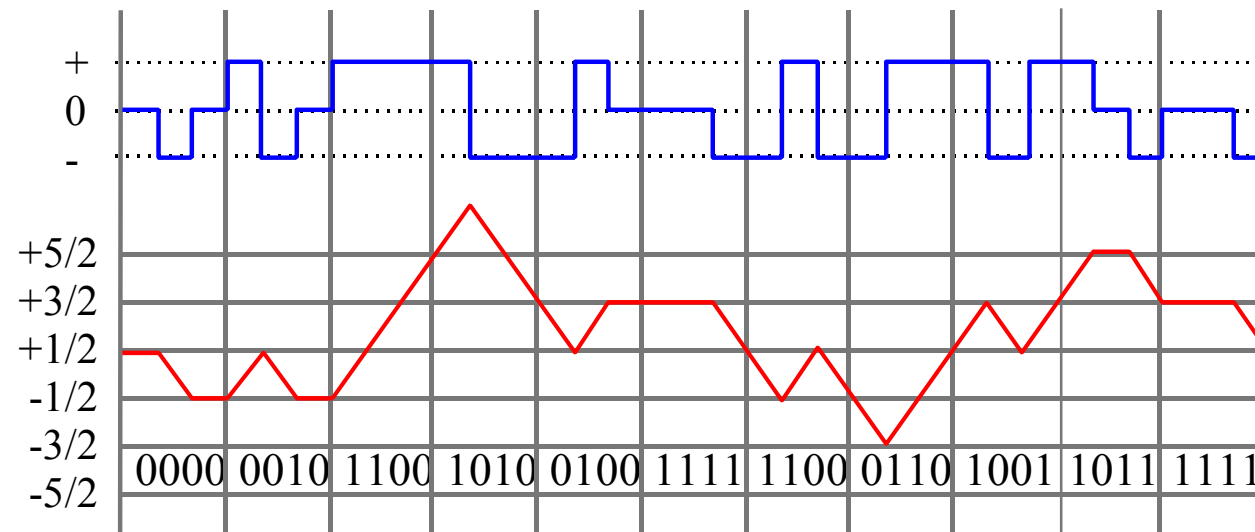


- 4B3T Codierung:

- 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:

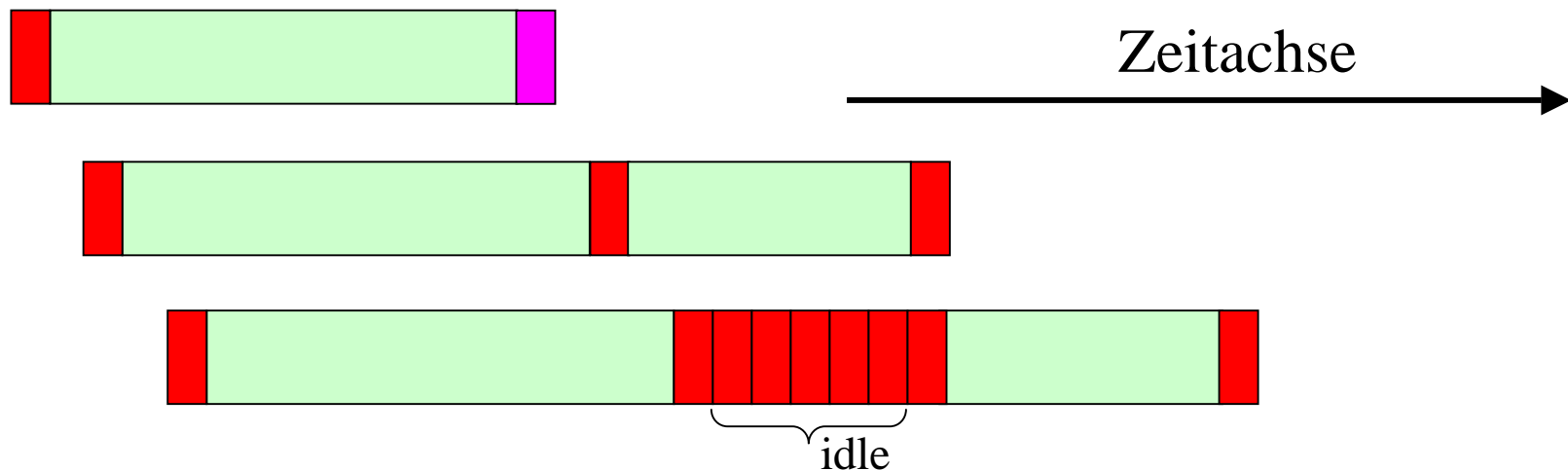
0001	0010	0100	0111	1011	1110
0 - +	+ - 0	- + 0	- 0 +	+ 0 -	0 + -

- 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 -

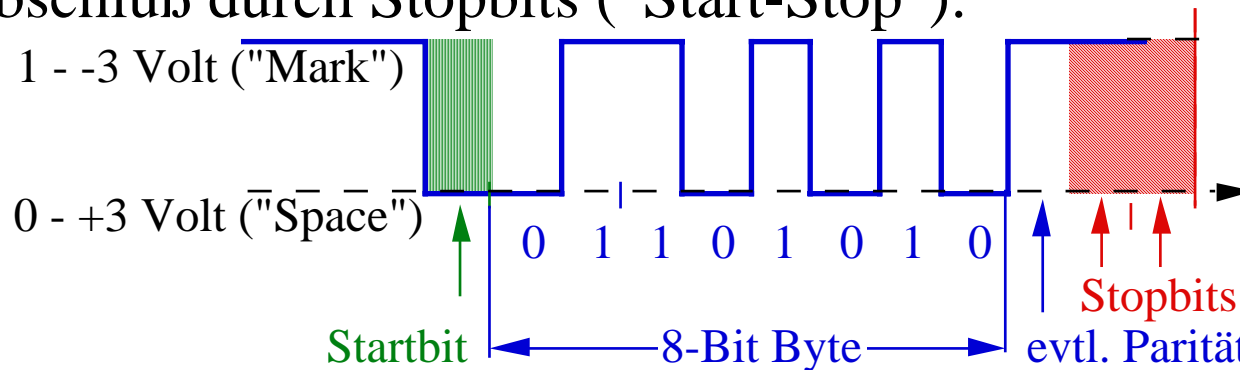
3.4. Rahmenbildung & Transparenz

- 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":

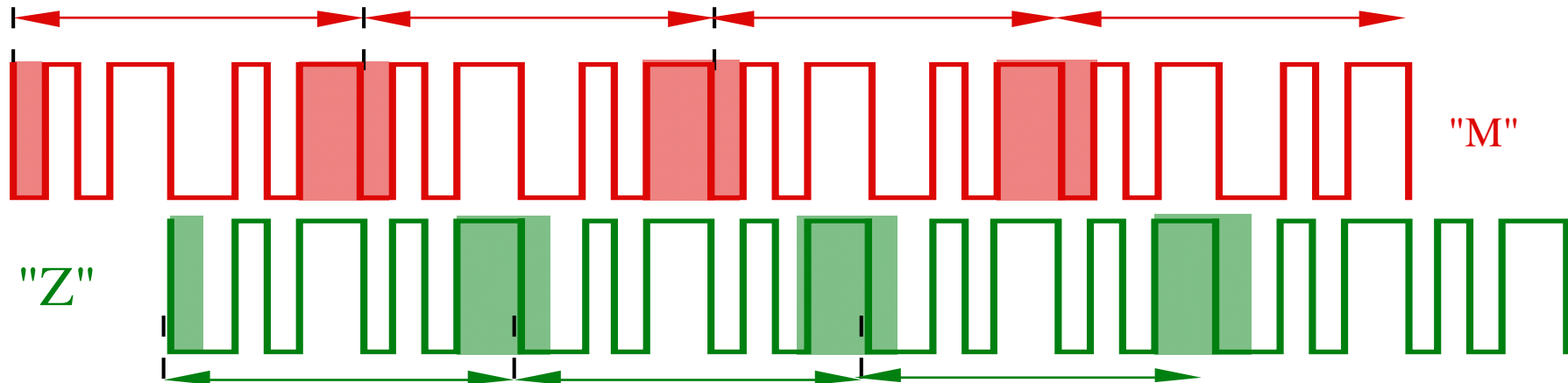
- Verfahren kommt ursprünglich aus der Fernschreibertechnik.
- Rahmen mit ca. 10 Bits. Beliebige Pausen zw. Rahmen ("asynchron").
- Startbit leitet Zeichenübertragung ein. Darauf folgen 5-8 Informationsbits. Abschluß durch Stopbits ("Start-Stop"):



- 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:

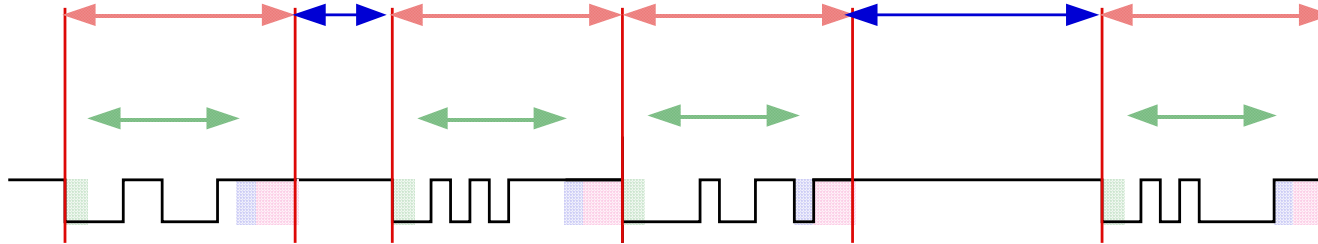
- Bei unmittelbar folgenden, asynchronen ("Start-Stop"-Zeichen):
- Mehrdeutigkeit wird aufgelöst, wenn ausreichend lange Pause eintritt



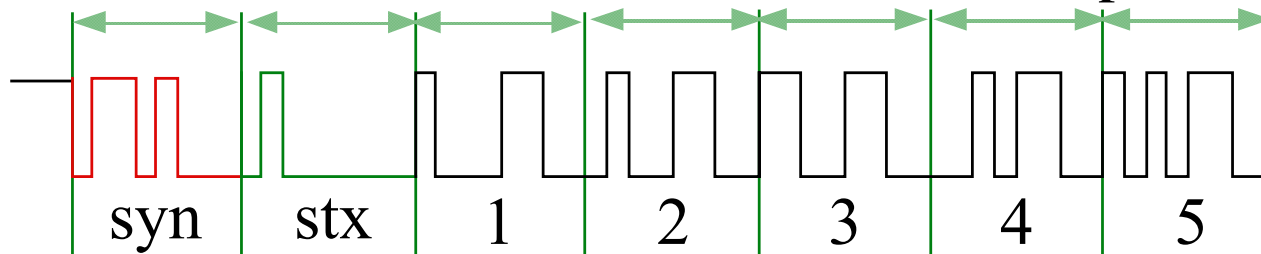
- Interpretation:
 - Reihenfolge der Bits umdrehen,
 - $10110010 \Rightarrow 01001101 \Rightarrow \$4D \Rightarrow "M"$
 - $01011010 \Rightarrow 01011010 \Rightarrow \$5A \Rightarrow "Z"$
- Fehlinterpretation kann entstehen:
 - bei Störungen auf der Leitung,
 - bei verspätetem Einschalten.

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
```

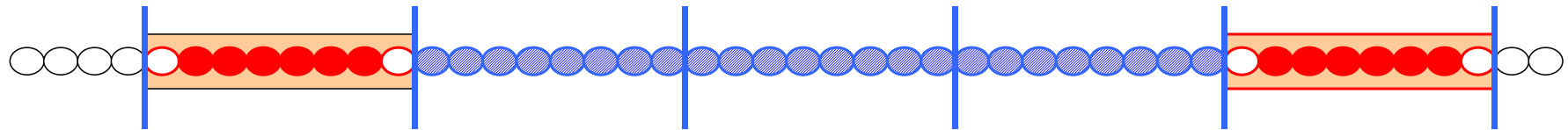
- bzw.:

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

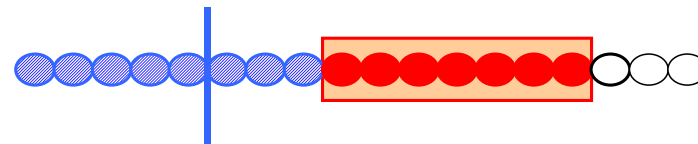
- DLE-Zeichen ermöglicht im Text auch Steuerzeichen einzubetten:
 - a) entweder vor jedem Steuerzeichen ein DLE,
 - b) oder vor Sonderzeichen im Text ein DLE.
- **Transparenz:**
 - Die Eigenschaft eines Paketformates, dass auch Steuerzeichen im Text erscheinen dürfen.
- Weitere Sonderzeichen:
 - STX:start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

3.5. Bitsynchrone Übertragung

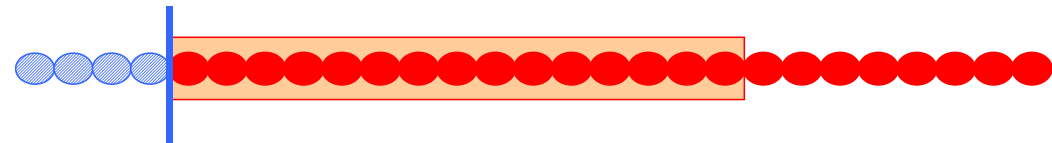
- Rahmenbegrenzung mit **Flags**, '0111 1110':
 - gleichzeitig auch **Bytesynchronisierung** !



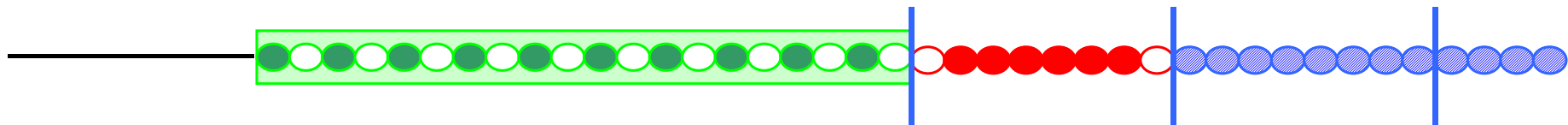
- **Abbruchmuster** (abort), 7 mal '1':



- 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 ↑

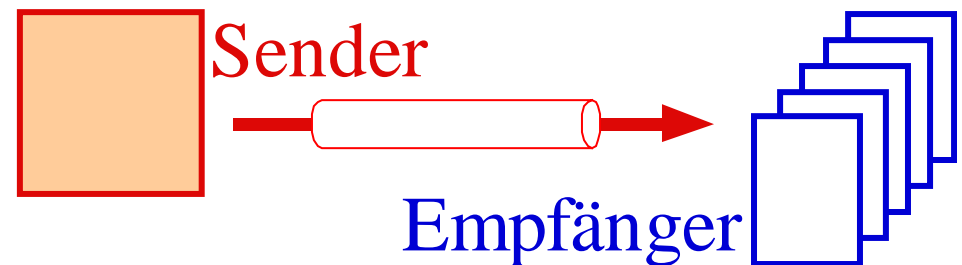
- So kann auch in einem kontinuierlichen Bitstrom die Grenze zwischen zwei Rahmen erkannt werden.
- Anwendung in vielen modernen Protokollen.
- Meist besorgt ein Chip im Kommunikationsadapter das Bitstuffing.

3.6. Betriebsarten & Verkehrsrichtungen

- Je nach Art des Übertragungskanales verschiedene Betriebsarten:

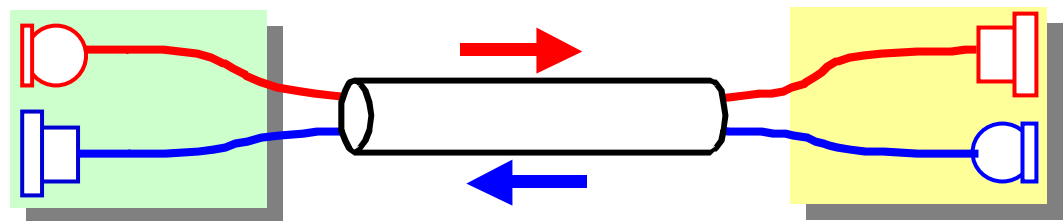
3.6.1 Simplex-Übertragung :

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



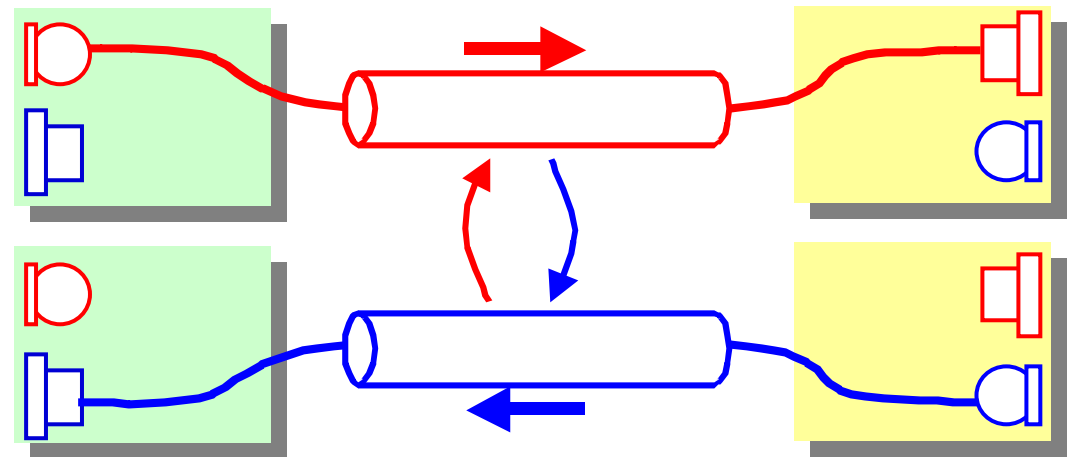
3.6.2 Vollduplex:

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

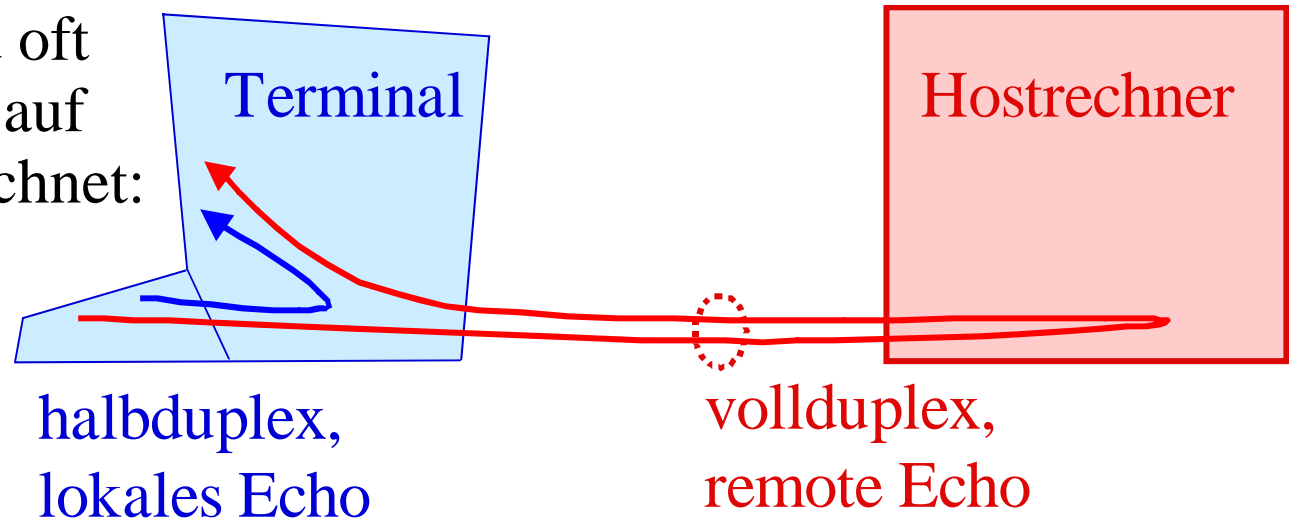


3.6.3 Halbduplex:

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

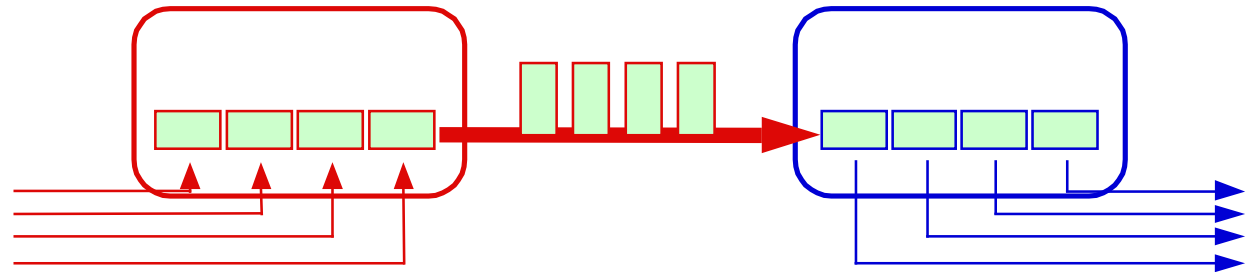


- Als "halbduplex" wird oft auch ein lokales Echo auf dem Bildschirm bezeichnet:



3.6.4 Multiplex ("Vielfachsteuerung"):

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



3.6.5 Multipoint, Multidrop, Multiple Access:

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

