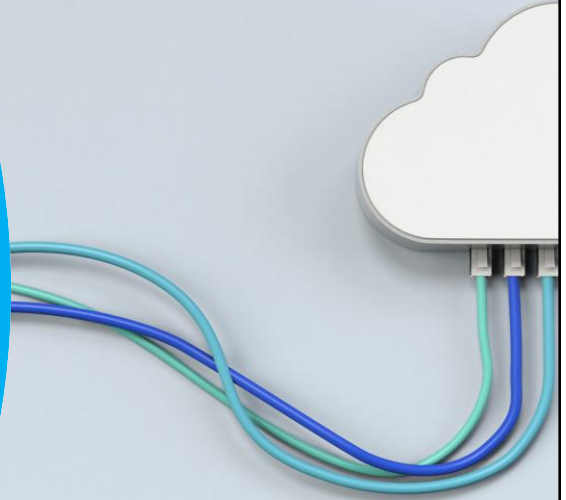


Datenübertragung

NETZWERKTECHNIK / SEMESTER 1 UND 2



1

NETZWERKTECHNIK / SEMESTER 1 und 2

Abtasten

- **Analog** bedeutet, dass eine Größe beispielweise eine Spannung beliebige Werte annehmen kann.
- Durch digitalisieren wird diese unendlich große Anzahl an Werten einer kleinen Anzahl von **diskreten Werten** zugeordnet (ADU). Das Analogsignal wird quantisiert. Die Feinheit, in der gewandelt wird heißt Auflösung.
- **Digital** bedeutet nur eine begrenzte Anzahl an Werten ist möglich
- Da nicht zu beliebig vielen Zeitpunkten gemessen werden kann wird auch die Zeit in Schritte eingeteilt. Das Analogsignal wird zu bestimmten Zeitpunkten **abgetastet** und **quantisiert**.

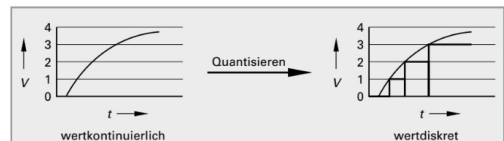


Bild 1.10: Quantisieren – Nur bestimmte Werte sind möglich

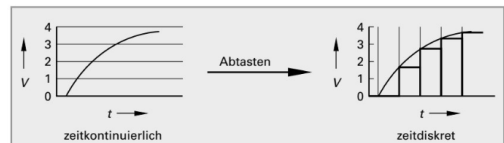


Bild 1.11: Abtasten – Nur zu bestimmten Zeitpunkten wird das Analogsignal übernommen und ist damit zeitdiskret, bleibt aber weiterhin wertdiskret

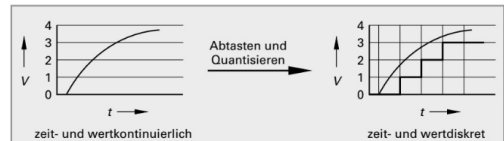
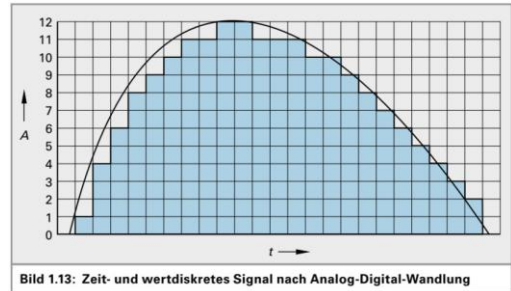


Bild 1.12: Abtasten und Quantisieren – Nur bestimmte Werte sind zu bestimmten Zeitpunkten möglich

2

Analog zu Digital Konvertierung

- **Beispiel:** 12 diskrete Digitalwerte. Durch Quantisierung wird die Treppenfunktion erzeugt.
- Je höher die **Abtastfrequenz**, also je kürzer die Wandlungsintervalle, desto höher kann die Maximalfrequenz des Analogsignals sein.
- **Abtastrate** = Anzahl der Wandlungen pro Sekunde
- **Binär:** Spezialfall von Digital mit nur 2 Zuständen
- Beim Telefon wurden 256 Werte unterschieden mit einer Abtastrate von 8kHz
- Bei Audio CDs wurde das Analogsignal mit 44,1 kHz und 16 Bit Auflösung abgetastet.

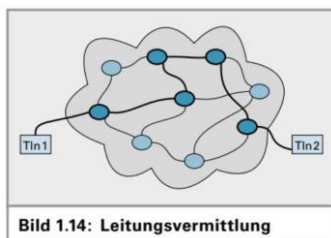


3

Leitungs- und Paketvermittlung

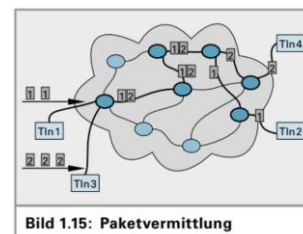
Leitungsvermittlung = „Circuit Switching“

- Die Teilnehmer sind direkt mit einer physikalischen Leitung verbunden → exklusive Nutzung
- Standard beim Telefonnetz, Bandbreite musste während der gesamten Übertragungszeit gewährleistet werden, nicht genutzte Bandbreite wurde verschwendet



Paketvermittlung = „Packet Switching“

- Daten werden in einzelne Pakete verpackt und verschickt. Über eine Leitung können Pakete verschiedener Sender an verschiedene Empfänger übermittelt werden.
- Die Knoten bündeln den Datenverkehr, die Endstellen müssen nicht dieselbe Datenrate haben und nicht synchronisiert sein.

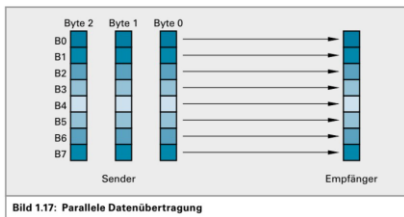


4

Parallel vs. Seriell

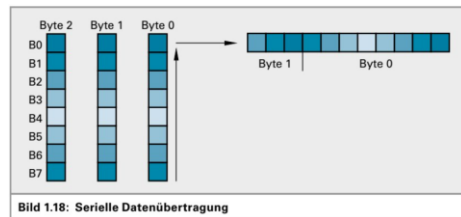
Parallele Datenübertragung

- Daten liegen in einem Rechner fast immer parallel verarbeitet. Die Bausteine im Rechner sind mit entsprechend vielen Daten- und Adressleitungen miteinander verbunden.
- Mehrere Bytes werden nacheinander übertragen = Bit-parallel und Byte-seriell



Serielle Datenübertragung

- Bits werden seriell, also nacheinander übertragen.
- Wichtig: Datenrate ist nicht gleich Bandbreite
- Man unterscheidet zwischen synchroner, asynchroner und isochroner Übertragung



5

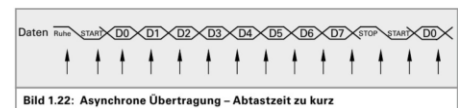
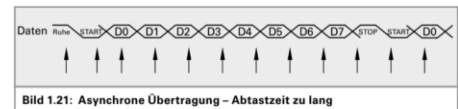
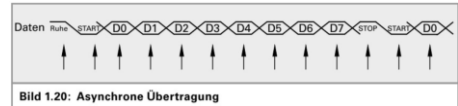
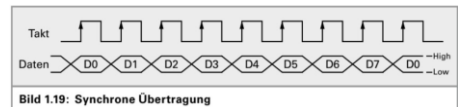
Synchron vs. Asynchron

Synchrone

- Ein Daten und ein Taktsignal werden übertragen. Der Takt gibt immer die Gültigkeit der Daten an.
- Beispiel: Datenübernahme bei der steigenden Taktflanke – entweder „High“ oder „Low“

Asynchron

- Nur Daten und kein Takt wird übertragen. Die Zeitpunkte wann die Datengültig sind, sind nichts bekannt
- Das Signal muss daher mehrfach gemessen werden, um festzustellen ob es sich um eine 0 oder 1 handelt
- Sender und Empfänger müssen auf dieselbe Datenrate eingestellt sein.
- Die Senderdaten werden in einem Rahmen (Frame) eingeschlossen. Start- und Stop-Bits zur Kapselung



6

Isochron

Isochron

- Der Taktinformation ist in den Daten enthalten. Der Sender kodiert die Taktinformation in den Datenstrom hinein.
- Das Codierungsverfahren ist dafür zuständig



7

Datenübertragungsrate

Beispiel 1.2:

Um eine Datei von 10000 Bit Größe über eine Leitung mit einer Datenrate von 1 kbps zu übertragen, werden 10 Sekunden benötigt.

$$t = \frac{D}{C} = \frac{10000 \text{ bit}}{1000 \text{ bit/s}} = 10 \text{ s}$$

- Die Datenübertragungsrate gibt an wie viele Daten pro Sekunde übertragen werden.
- Die Einheit ist **Bit pro Sekunde** (bit/s oder bps), **Kilobit pro Sekunde** (10^3 bit/s, kbps), **Megabit pro Sekunde** (10^6 bit/s, Mbps) oder **Gigabit pro Sekunde** (10^9 bit/s, Gbps)
- Datenübertragungsrate = Datenrate = Transferrate = Durchsatz = Kanalkapazität = Kapazität**

$$C(\text{Channel Capacity}) = \frac{\text{Datenmenge } D}{\text{Zeit } t}$$

- Aus der Übertragungsrate lässt sich die **Dauer t für eine Datenübertragung** berechnen

$$t(\text{Übertragungsdauer}) = \frac{D}{C}$$

- Datenrate ist nicht gleich Bandbreite! Die Einheit der Bandbreite ist Hertz (Hz), Kilohertz (kHz), Megahertz (MHz) oder Gigahertz (GHz)
- Durch Kodieren des Datenstromes kann die Verfügung stehende Bandbreite besser ausgenutzt werden.

8

Standard Datenübertragungsraten

[Quelle: Fachwissen Netzwerktechnik, 4. Auflage, Kapitel 1, Europathek]

Tabelle 1.2: Standard-Datenübertragungsraten

Bezeichnung	Datenübertragungsrate C	Bezeichnung	Datenübertragungsrate C
COM-Port	bis 115kbit/s	Ethernet 10Base-T	10Mbit/s
USB 1.1	12Mbit/s	Ethernet 100Base-T	100Mbit/s
USB 2.0	480Mbit/s	Ethernet 1000Base-T	1Gbit/s
USB 3.0	5Gbit/s	Ethernet 10GE	10Gbit/s
ATA	1064Mbit/s	Ethernet 40GE	40Gbit/s
SATA	bis 6Gbit/s	Ethernet 100GE	100Gbit/s
ISDN	64kbit/s	WLAN	bis 300Mbit/s
GSM	9,6kbit/s	Bluetooth	3Mbit/s
UMTS (Dienst eingestellt 2021)	384kbit/s (7,2Mbit/s bei HSDPA)	LTE	bis 300Mbit/s
		5G	bis 10Gbit/s

9

Bandbreite und Latenz

- Für die Leistungsfähigkeit eines Computernetzes sind dessen „Bandbreite“ (Durchsatz) und Latenz (Verzögerung) entscheidend.
- Die Bandbreite gibt an, wie viele Bits innerhalb eines Zeitraums über das Netzwerk übertragen werden können.
- Die Latenz eines Netzwerks ist die Zeit, die nötig ist, bis eine Nachricht (mit einer bestimmten Größe) von einem Ende des Netzwerks zum anderen Ende gelangt ist.
- Die **Lichtgeschwindigkeit ist 299.792.458 m/s** und der Ausbreitungsfaktor, der auch Verkürzungsfaktor genannt wird, hängt vom Übertragungsmedium ab. Der **Ausbreitungsfaktor ist 1 für Vakuum, 0,6 für Twisted-Pair-Kabel, 0,67 für Glasfaser und 0,77 für Koaxialkabel.**
- Die Entfernung entspricht der Länge der Netzwerkverbindung, über die die Daten gesendet werden.
- Wartezeiten ergeben sich durch Netzwerkgeräte (z. B. Switches) auf dem Weg zum Ziel, die empfangenen Daten erst zwischenspeichern müssen, bevor sie diese weiterleiten.

$$\text{Latenz} = \text{Ausbreitungsverzögerung} + \text{Übertragungsverzögerung} + \text{Wartezeit}$$

$$\text{Ausbreitungsverzögerung} = \frac{\text{Entfernung}}{\text{Lichtgeschwindigkeit} * \text{Ausbreitungsfaktor}}$$

$$\text{Übertragungsverzögerung} = \frac{\text{Nachrichtengröße}}{\text{Bandbreite}}$$

10

Bandbreite-Verzögerungsprodukt

- Mit dem Bandbreite-Verzögerung-Produkt (Bandwidth-Delay Product) ist es möglich, das **Volumen einer Netzwerkverbindung** zu berechnen.
- Das Produkt aus Bandbreite und Verzögerung entspricht der **maximalen Anzahl Bits**, die sich zwischen Sender und Empfänger in der Leitung befinden können.
- Beispiel:
- Netzwerkverbindung mit **100 Mbit/s Bandbreite** bei einer **Verzögerung von 10 ms**.

$$100.000.000 \text{ Bits/s} \times 0,01 \text{ s} = 1.000.000 \text{ Bits}$$

Round-Trip- Time (RTT)

- Die Round-Trip-Time (RTT), die auch **Rundlaufzeit** heißt, ist die Zeit, die ein Rahmen benötigt, um von der Quelle zum Ziel und zurück übertragen zu werden.
- Die RTT wird zum Beispiel vom **Transmission Control Protocol (TCP)** laufend gemessen, um zu bestimmen, wann Pakete nach Ausbleiben einer Bestätigung erneut gesendet werden sollten.
- RTT messen, indem Sie den Befehl **ping** wie folgt verwenden:
 - Befehlszeile öffnen
 - Geben Sie Ping gefolgt von der IP-Adresse oder dem Hostnamen des Ziels ein, das Sie testen möchten
 - Eingabetaste drücken

```

+ % ping 8.8.8.8 -c 5
PING 8.8.8.8 (8.8.8.8): 56 data bytes
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=0 ttl=59 time=16.822 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=1 ttl=59 time=17.604 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=2 ttl=59 time=16.904 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=3 ttl=59 time=16.929 ms
64 bytes from 8.8.8.8: icmp_seq=4 ttl=59 time=16.144 ms

--- 8.8.8.8 ping statistics ---
5 packets transmitted, 5 packets received, 0.0% packet loss
round-trip min/avg/max/stddev = 16.144/16.881/17.604/0.463 ms

```