

## A5. Schnittstellen und Speichermedien

### A5.1 Schnittstellen für Computerperipherie

Universal Serial Bus

FireWire

### A5.2 Halbleiterspeicher

### A5.3 Magnetische Speicher

### A5.4 Optische Speicher: CD und DVD

Literatur:

Messmer/Dembowski: PC-Hardwarebuch Kapitel 32

## Hardware-Schnittstellen

- Standard zur Verbindung von Geräten
  - z.B. Computer und Peripherie
- Prinzip 1: Parallele Übertragung
  - so viele Datenleitungen wie Wortbreite in Bits
- Prinzip 2: Serielle Übertragung
  - Bits werden in Folge übertragen
  - Synchroner Übertragung:
    - » Takt- oder Handshake-Information separat auf eigener Leitung übertragen
  - Asynchroner Übertragung:
    - » Synchronisationsinformation in der Nachricht eingebettet (Start- und Stopbits)

## Klassische PC-Peripherieschnittstellen

- Parallele Schnittstelle (Centronics)
  - Druckeranschluss beim IBM-PC
  - 36-adriges Kabel, davon 18 genutzt
  - modernisierte Variante: IEEE-1284
- Serielle Schnittstellen (RS-232 bzw. V.24)
  - 25-polige und 9-polige Stecker
  - Standard unterstützt asynchronen und synchronen Austausch
    - » Üblich: asynchroner Austausch, 9-polige Stecker
  - Betriebsmodi:
    - » Simplex: Leitung nur in einer Richtung genutzt
    - » Halbduplex: Leitung abwechselnd in verschiedenen Richtungen genutzt
    - » Voll duplex: gleichzeitige Nutzung in verschiedenen Richtungen (Zwei Kabel oder logische Kanäle)



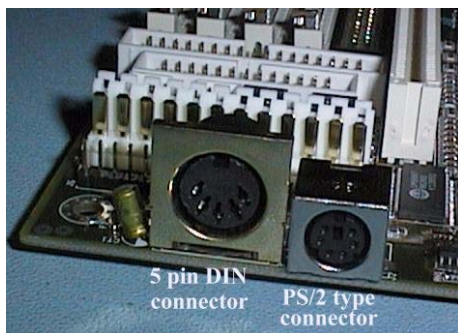
parallel (DB25S) + Game port



seriell (DB25P und DB9P)

## Verschiedenste Schnittstellen

- Z.B. Anschluss von Tastatur und Maus:
  - DIN- und Mini-DIN-Stecker (PS/2)
- Z.B. zum Anschluss schneller Peripherie
  - SCSI-Interface
- Insgesamt: unübersichtlich, unflexibel



5 pin DIN connector  
PS/2 type connector



<http://not.hellalame.com/nes>

<http://members.iweb.net.au/~pstorr/pcbook>

## A5. Schnittstellen und Speichermedien

### A5.1 Schnittstellen für Computerperipherie

Universal Serial Bus 

FireWire

### A5.2 Halbleiterspeicher

### A5.3 Magnetische Speicher

### A5.4 Optische Speicher: CD und DVD

#### Literatur:

Don Anderson (MindShare), Universal Serial Bus System  
Architecture, 2nd ed., Addison-Wesley 2001

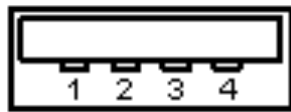
<http://www.beyondlogic.org/usbnutshell>

## Universal Serial Bus (USB)

- Entwickelt durch Industriekonsortium (u.a. Intel)
  - verbreitet seit ca. 1995
  - Derzeit zwei Generationen im Markt: Version 1.1 und 2.0
- Vereinheitlichung von Peripherie-Schnittstellen
- Entwurfsziele
  - Einheitliche Steckverbinder für alle Endgeräte (von der Tastatur bis zum CD-Brenner)
  - Unterstützung für Vervielfachung von Anschlüssen (Baum-Topologie, bis zu 127 Geräte an einem Port)
  - "hot plugging": Ein- und Ausstecken im laufenden Betrieb
  - Stromversorgung integriert (100 bis 500 mA)
  - verschiedene Leistungsklassen
  - preisgünstig
  - niedriger Energieverbrauch

## USB: Stecker, Versionen, Geschwindigkeit

- USB-Geschwindigkeitsklassen:
  - 1,5 Mb/s (*low speed*)
  - 12 Mb/s (*full speed*)
  - 480 Mb/s (*high speed*)
- Versionen 1.0 und 1.1 unterstützen nur 1,5 und 12 Mb/s
- Kabellänge 3m (abgeschirmte Kabel 5m)



Type A USB connector  
Upstream (Host, Hub)

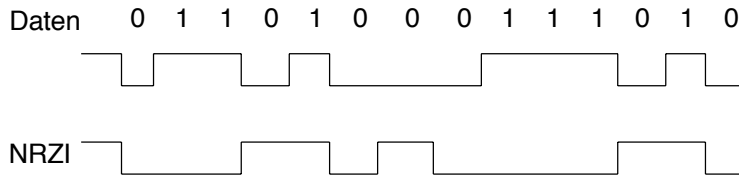


Type B USB connector  
Downstream (Gerät)

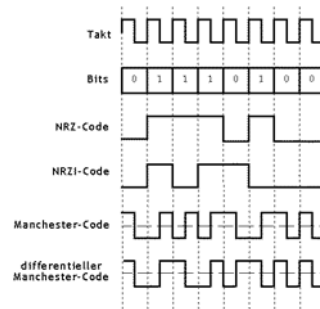
## USB: Leitungen

- Sehr einfache Belegung:
  - Pin 1: Busspannung (5 Volt)
  - Pin 2: D+ (Daten)
  - Pin 3: D- (Daten)
  - Pin 4: Erde
- Differenzielle Signalleitungen:
  - Spannung zwischen D+ und D- (max. 4V)
  - Logische Eins:  $U(D+ \text{ zu } D-) > 200 \text{ mV}$
  - Logische Null:  $U(D- \text{ zu } D+) > 200 \text{ mV}$
- Takt im Signal durch NRZI-Codierung (*Non-return-to-zero-inverted*)

## NRZI-Codierung

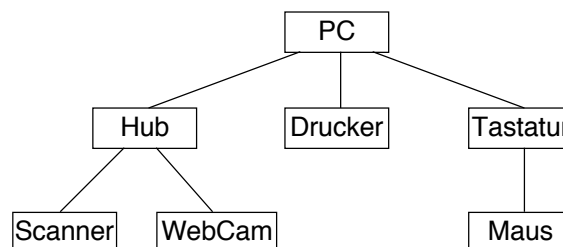


- Bei jeder Null Polaritätswechsel generiert
- Bei Eins bleibt Polarität unverändert
- Nach sechs aufeinanderfolgenden Einsen zusätzliche Null eingefügt (*bit stuffing*)
- Zweck: bessere Ausnutzung der Bandbreite
- Bei USB komplett in Hardware realisiert



## USB: Topologien

- *Hubs* werden an einen USB-Port angeschlossen und bieten selbst mehrere USB-Schnittstellen an: Baum-Topologie
  - Auch Geräte können als Hubs dienen (z.B. Tastatur)



## USB: Endpoint/Transfer-Typen

- Control Transfers
  - z.B. zur Aushandlung von Geschwindigkeit und Geräteart (*enumeration*)
  - bidirektional
- Interrupt Transfers
  - Unidirektional
  - Eigentlich Polling und kein Hardware-Interrupt, aber garantierte Latenzzeit
  - Wiederholversuch bei Fehlern
- Isochronous Transfers
  - Stetiger und regelmäßiger Datenstrom, z.B. Audio und Video Streaming
  - Unidirektional
  - Begrenzte Latenzzeit, garantierte Bandbreite
  - Keine Wiederholversuche bei Fehlern
- Bulk Transfers
  - Grosse, unregelmäßig auftretende Datenmengen (*burst*)
  - Unidirektional
  - Keine Garantien bezüglich Bandbreite oder Latenz
  - Nur bei Full- und High-Speed

## USB: Deskriptoren

- Jedes USB-Gerät enthält eine Reihe von Deskriptoren, die durch die Treiber-Software ausgelesen und interpretiert werden:
  - Device Descriptor
    - » Geräteklasse, Hersteller, Anzahl möglicher Konfigurationen
  - Configuration Descriptors
    - » Verschiedene Alternativkonfigurationen (Interfaces)
  - Interface Descriptors
    - » Je Interface: Anzahl der Endpunkte, spezifische Attribute
  - Endpoint Descriptors
    - » Je Endpunkt: Transfertyp, Richtung, Bandbreite, Abfragefrequenz, ...
  - String Descriptors
    - » Textanzeigen
  - Class-Specific Descriptors
    - » je nach Geräteklasse

## USB: Geräteklassen

- USB definiert Standardschnittstellen für die wichtigsten Geräteklassen
  - Erlaubt damit die Verwendung standardisierter Treiber
- Audio Class
- Communications Device Class
- Content Security
- Human Interface Device Class
- Image Device Class
- IrDA Class (Infrarot-Schnittstelle)
- Mass Storage Device Class
- Display Device Class (Monitor-Konfiguration)
- Physical Interface Class (z.B. Force Feedback)
- Power Device Class
- Printing Device Class

## USB: Geräteklasse "Mass Storage Device"

- Zur Steuerung der Zugriffe wird der bewährte "SCSI-2"-Befehlssatz verwendet
  - SCSI = Small Computer Systems Interface
  - ANSI-Standard X3.131
  - ursprünglich ein eigener physikalischer Schnittstellen-Standard
- Beispiel für eine Geräteklasse mit vielen Unterklassen:
- General Mass Storage Subclass (Wechselmedien)
  - Floppy Disk, Magneto-Optical, Zip, ...
- CD-ROM Subclass
- Tape Subclass
- Solid State Subclass

## A5. Schnittstellen und Speichermedien

### A5.1 Schnittstellen für Computerperipherie

Universal Serial Bus

FireWire ←

### A5.2 Halbleiterspeicher

### A5.3 Magnetische Speicher

### A5.4 Optische Speicher: CD und DVD

Literatur:

Don Anderson (MindShare), FireWire System Architecture,  
Addison-Wesley 1999

## FireWire

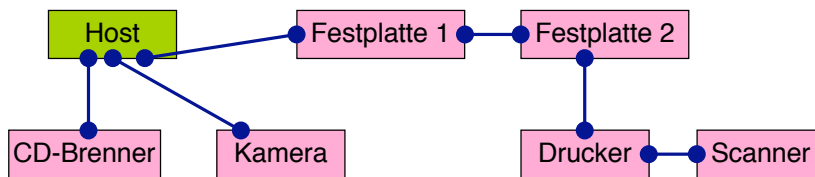


- Serielle Hochgeschwindigkeits-Schnittstelle
  - Implementierung von IEEE-Standard 1394 (1987), aktuell 1394b (1999)
  - Realisiert als Apple NuBus90, nicht weiterverfolgt
  - 1994: *1394 Trade Organisation* (Computer- und Audio-/Video-Technikfirmen)
  - Heutzutage in allen Apple-Geräten, vielen PCs und in fast allen digitalen Videokameras
    - » Sony-Name für FireWire: *i.Link*
- Datenübertragungsraten:
  - 100, 200 MBit/s (unüblich)
  - 400 MBit/s (weit verbreitet)
    - » Vergleich: USB 2.0 High-Speed 480 MBit/s, Fast Ethernet 100 MBit/s
  - 800 MBit/s (aktueller Stand der Technik 2003, "FireWire-800")
  - Standardisiert aber noch nicht in Produktreife:  
1,6 GBit/s und 3,2 GBit/s
  - Seit 2004 definiert: „Wireless FireWire“ (Wireless Personal Area Network)
  - Siehe auch: <http://www.1394ta.org>



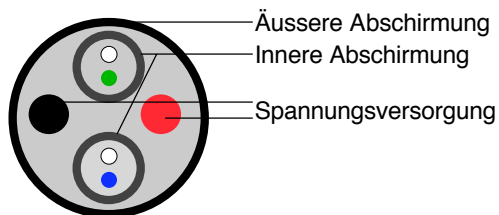
## FireWire: Topologie

- Pro Port bis zu 16 Geräte in Hintereinanderschaltung (*daisy chain*)
  - Nicht zulässig aber physikalisch möglich: Kreis!
  - Abstand zwischen Geräten max. 4,5 m
  - Stranglänge insgesamt max. 72 m
- Automatische Adresszuweisung
- Anschließen/Entfernen im laufenden Betrieb (*hot plugging*)
- Beispiel für mögliche Topologie:

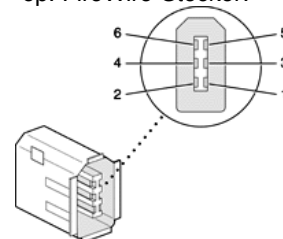


## FireWire: Kabel und Stecker

- 6-polig:
  - Spannungsversorgung (8-40 V, bis zu 1,5 A)
  - Erde
  - 2 Paare von verdrehten Datenleitungen (*twisted pair*): Signal und Takt
    - » beide Signalwege differenziell
- 4-polig:
  - ohne Spannungsversorgung, z.B. in manchen Notebooks
- Kabel relativ dünn und flexibel

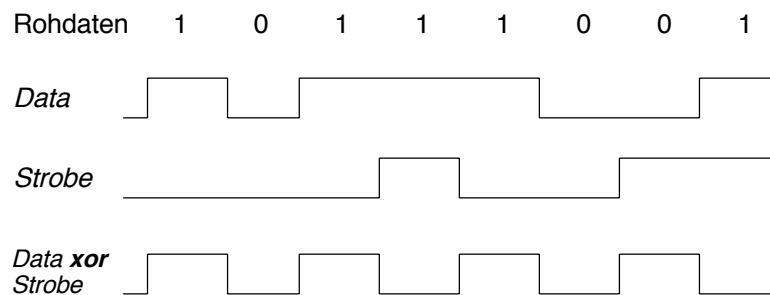


6p. FireWire-Stecker:



## FireWire: Datenübertragung

- Datenübertragung immer unidirektional (Halb-Duplex)
- Daten (*data*) werden NRZ- (*non-return-to-zero*-)codiert
  - Signalwechsel nur bei Bitwechsel
- Takt (*strobe*) ermöglicht Ableitung eines Rechteck-Taktsignals (durch XOR mit dem Datensignal)
- Auch hier: Bandbreite sparen!



## FireWire: Arbitration

- Zwei Verkehrsarten: *asynchron* und *isochron*
- Elektrotechnisch auf dem Bus erkennbar: frei, A->B, B->A
- Knoten müssen die Benutzung des Busses *aushandeln*
- *Asynchrone Arbitration*:
  - Stellt sicher, dass jeder Knoten in fairer Weise Buszugang erhält
- *Isochrone Arbitration*:
  - Stellt sicher, dass jeder Knoten den gewünschten Anteil an der verfügbaren Bandbreite erhält, falls vorhanden
  - Typischerweise 80% für isochronen Verkehr reserviert
- Kombination Asynchron/Isochron:
  - Asynchroner Verkehr benachteiligt, deshalb Möglichkeit von *Prioritäten*

## A5. Schnittstellen und Speichermedien

### A5.1 Schnittstellen für Computerperipherie

Universal Serial Bus

FireWire

### A5.2 Halbleiterspeicher

### A5.3 Magnetische Speicher

### A5.4 Optische Speicher: CD und DVD

Literatur:

z.B. Messmer/Dembowski, PC-Hardwarebuch, Kapitel 16

## Klassifikation von Speichermedien

- Speicherdauer:
  - permanent vs. temporär
- Zugriffsart:
  - sequentiell vs. wahlfrei/adressierbar
- Benutzungsmodus:
  - nur lesen, lesen und schreiben, (nur schreiben)
- Zuverlässigkeit:
  - Anzahl der zulässigen Schreib-/Lesezyklen
  - Generelle Ausfallwahrscheinlichkeit

## Halbleiterspeicher: Übersicht (1)

- DRAM: Dynamic Random Access Memory
  - Prinzip: Gezielt ansprechbare grosse Menge von Kleinstkondensatoren
    - » Kondensator speichert elektrische Ladung
  - Benötigt regelmässige Auffrischung (*refresh*) des Speicherinhalts
  - Basis für Arbeitsspeicher aller modernen Computer
  - Wichtig: Optimierung der Zugriffsgeschwindigkeit, z.B. mit RAMBus und Double Data Rate Synchronous DRAM (DDR)
- SRAM: Static Random Access Memory
  - Prinzip: Information als Zustand von bistabilen Schaltungen (Flip-Flops)
  - Relativ geringe Kapazität, schneller Zugriff
  - Verwendung z.B. in Zwischenpuffern (*Cache*)
- ROM: Read-Only Memory
  - Prinzip: Information durch feste "Verdrahtung" dargestellt
- PROM: Programmable ROM
  - Prinzip: Dauerhafte (einmalige) Programmierung, etwa durch "Durchbrennen" von Leitungen

## Halbleiterspeicher: Übersicht (2)

- EPROM: Erasable Programmable ROM
  - Prinzip: Laden eines sogenannten "Floating Gate" in einem Feldeffekt-Transistor (Ladung erhält sich mindestens 10 Jahre)
  - Löschen des Speichers durch UV-Licht möglich
- EEPROM: Electrically Erasable PROM
  - Prinzip: Feldeffekt-Transistor mit Floating Gate, Floating Gate durch lange und starke Spannungsimpulse aufladbar und (bei umgekehrter Polarität) entladbar
  - Typischerweise geringe Kapazität (mehrere KByte) und lange Schreibzeiten
- Flash-Memory
  - Prinzip: Analog zu EEPROM, aber dünneres Tunneloxid, geringere Programmierspannung, ca. 10.000 Programmierzyklen möglich
  - Verwendung als langsamer (400-800 KByte/s), sehr robuster (keine Mechanik) und permanenter (ca. 10 Jahre) Wechselspeicher
  - Praktische Erscheinungsformen: Flash Memory Devices, Flash-Speicherkarten (z.B. CompactFlash, MemoryStick)
  - Heute deutl. schneller: bis 20 Mbyte/s lesen + schreiben (wegen Digicams!)



EPROM

## A5. Schnittstellen und Speichermedien

### A5.1 Schnittstellen für Computerperipherie

Universal Serial Bus

FireWire

### A5.2 Halbleiterspeicher

### A5.3 Magnetische Speicher ←

Bänder, Disketten, Festplatten

### A5.4 Optische Speicher: CD und DVD

Literatur:

z.B. Messmer/Dembowski, PC-Hardwarebuch, Kapitel 16

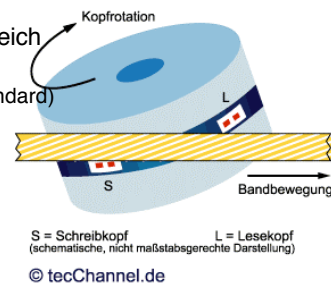
## Magnetbänder: Grundlagen

- Prinzip:
  - Kunststoffstreifen, mit ferromagnetischem Material beschichtet
  - Grundsätzlich nur sequentieller Zugriff
    - » Start/Stop-Verfahren oder „Streaming“
- Geschichte:
  - entwickelt bei IBM (ca. 1951), Produkt ab 1953
  - IBM "Reel-to-Reel" System 726
  - Standard seitdem: Bandbreite 1/2 Zoll
- Band/Festplatte:
  - Bis 1995 Magnetbänder immer preisgünstigster Massenspeicher
  - Ab ca. 2000: Festplatten teilweise günstiger?
- Trends:
  - WORM (nur einmal schreibbar)
  - (verlustfreie) Kompression



## Magnetband-Standards

- Linearverfahren (Parallelspuren im „Serpentinenverfahren“):
  - Magnetbänder in "Cartridges":
    - » z.B. Digital Linear Tape (DLT) von DEC/Quantum
      - Kapazität 800 GByte in aktuellem "DLT-S4" Standard; 1,2 TByte geplant
  - Magnetbänder, die die Cartridge nicht verlassen (Kopf fährt in Cartridge):
    - » QIC (Quarter Inch Cartridge) von 3M, 1972
      - Kapazität 40 GByte in aktuellem "Travan"-Standard
- Diagonalaufzeichnung (*helical scan*):
  - 8mm-Standardbänder aus dem Heimvideobereich (ab 1985: Exabyte)
    - Kapazität 160 GByte (aktueller VXA-2-Standard)
  - Digital Data Storage (DDS)
    - analoges System basierend auf (erfolglosem) Audio-Standard DAT
  - (Super) Advanced Intelligent Tape (S-AIT)
    - Kapazität aktuell 500 GB unkomprimiert



## Vergleich Magnetbänder-Festplatten 2006/2007

- Kapazität:
  - 750 GB Festplatte (Seagate Barracuda 7200.10)
  - Modernes DLT-Band (DLT S-4): 800 GB
- Preise:
  - Festplatte ca. 400 € (pro GByte 0,53 €) (2007: 230 € = 0,3€/GB)
  - Band: Laufwerk 4.000 €, Medium 100 € (pro GByte 0,12 € zuzüglich Abschreibung für Laufwerk)
- Transferrate:
  - Festplatte 300 MByte/s (Serial ATA/-2)
  - Bandlaufwerk 320 MByte/s (UltraSCSI 320)
- Bandgeräte und Festplatten liefern sich einen Wettlauf um die günstigste Speichertechnologie.
  - Festplatten sind „nahe an“ den Bandlaufwerken

## Vergleich Magnetbänder-Festplatten 2005

- Kapazität:
  - 400 GB Festplatte (Seagate DB35)
  - Modernes DLT-Band (S-DLT 600): 600 GB
- Preise:
  - Festplatte ca. 300 € (pro GByte 0,75 €)
  - Band: Laufwerk 4.000 €, Medium 100 € (pro GByte 0,18 € zuzüglich Abschreibung für Laufwerk)
- Transferrate:
  - Festplatte 150 MByte/s (Serial ATA/150, 300 MByte/s angekündigt 2005)
  - Bandlaufwerk 30 MByte/s
- Bandgeräte und Festplatten liefern sich einen Wettlauf um die günstigste Speichertechnologie.
  - Festplatten sind „nahe an“ den Bandlaufwerken

## Vergleich Magnetbänder-Festplatten 2003

- Kapazität:
  - 200 GB ATA Festplatte
  - Modernes DLT-Band (S-DLT 320): 160 GB
- Preise:
  - Festplatte ca. 300 € (pro GByte 1,45 €)
  - Band: Laufwerk 5.000 €, Medium 180 € (pro GByte 1,13 € zuzüglich Abschreibung für Laufwerk)
- Transferrate:
  - Festplatte 133 MByte/s
  - Bandlaufwerk 16 MByte/s
- Diese Zahlen sind beispielhaft und grob abgeschätzt, geben aber einen klaren Trend wieder: Bandgeräte sind auch als Backup-Medium kaum mehr relevant.
  - Quelle: [www.tecchannel.de/storage](http://www.tecchannel.de/storage)

## Magnetische Festplatten

- Geschichte:
  - 1878: Oberlin Smith (USA): magnetisierter Draht als Speicher
  - Trommelspeicher in den 50er Jahren (z.B. in der Münchner PERM)
  - Erste Festplatte (ferromagnetisch beschichtete Scheiben):
    - » IBM 305 RAMAC, September 1956
    - » Kapazität 5 MByte
    - » 50 Scheiben mit je 60 cm (24 Zoll) Durchmesser
  - Entwicklung der Flächendichte:
    - » 1957: 2000 Bit/in<sup>2</sup>
    - » 2003: 60 GBit/in<sup>2</sup>



## Festplatte: Physikalischer Aufbau

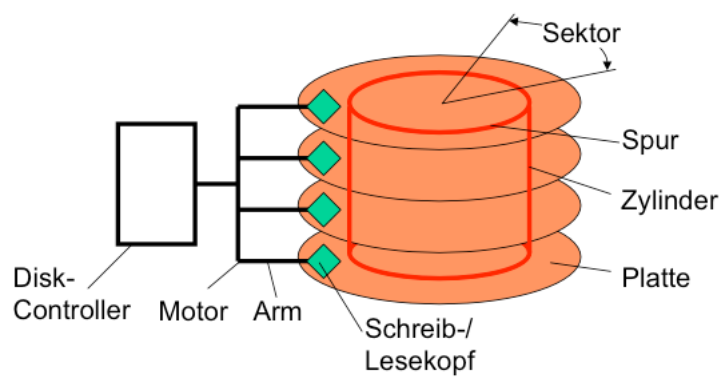


Abb.: Linnemann, TFH Berlin



## „Flughöhen“ bei Festplatten

- Grundsätzliche Alternative:
  - Kontakt zwischen Magnetplatte und Kopf (z.B. bei Floppy Disk)
  - Berührungsloser „Flug“ - je niedriger, desto bessere Signalstärke
- Flughöhen und ihre Folgen:
  - Flughöhen inzwischen (2003) im Bereich von 10-20 nm
  - Staubfreie Fertigung, gekapselte Gehäuse
  - Parktechnologien
    - » Extra-Spur
    - » spezielle Parkkrampen
    - » Stromgenerator für „Autopark“

Schreib-  
Lesekopf

Baumwollfaser (6µm)



Haare (3µm)



Staub (1.5 µm)

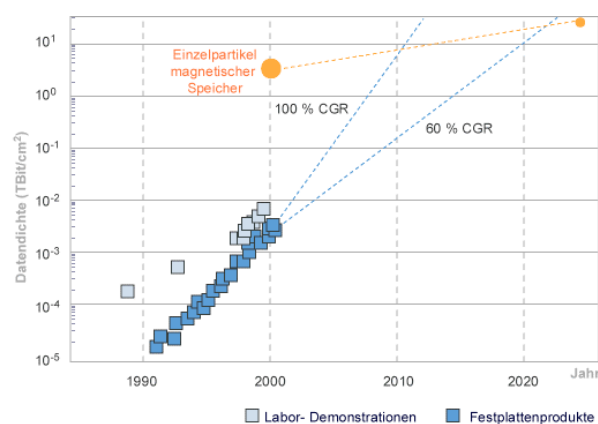


Zigarettenrauch (0.3 µm)



© tecChannel

## Entwicklungstrends



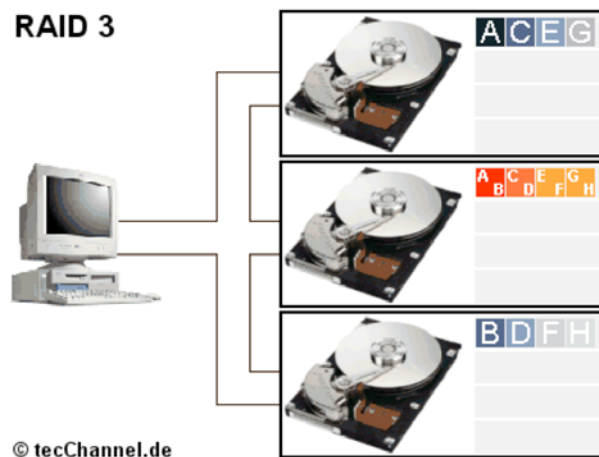
CGR =  
Compound  
Growth Rate

- Hinweis: Die theoretische Obergrenze für die Speicherdichte wurde und wird immer wieder nach oben verschoben.

## RAID-Technologie

- RAID = Redundant Array of Inexpensive Disks (Patterson/ Gibsen/ Katz, Berkeley 1988)
- Ursprünglich fünf RAID-"Level" (verschiedene Verfahren), heute 0 bis 7
- RAID Level 0:
  - keine Redundanz, Zugriffsbeschleunigung durch „Striping“
  - relevant für grosse Medienserver
- RAID Level 1:
  - Spiegelung auf zweiter Festplatte
- RAID-Level 2-7:
  - Nutzdaten auf mehrere Laufwerke verteilt
  - Redundante Information (Paritätsinformation) zusätzlich gespeichert
  - Damit auch bei Laufwerksausfall Information rekonstruierbar
- Gut erklärt auf <http://de.wikipedia.org/wiki/RAID>

## Beispiel: RAID Level 3



## Weitere magnetische Datenspeicher

- Disketten (*floppy disk*)
  - Kontakt der Schreib-/Leseköpfe mit der Magnetschicht
  - Hoher Verschleiß, kleine Kapazität
  - Weiterentwicklung „SuperDisk“ (240 MB und mehr) wenig erfolgreich
- ZIP-Laufwerke
  - Inkompatible Weiterentwicklung der Disketten-Technologie
  - Berührungsloser Flug wie in Festplatten (Bernoulli-Effekt)
  - 100 bis 750 MB
- Magneto-Optische Laufwerke (MO)
  - Erhitzen des magnetischen Materials zusätzlich zu magnetischem Schreiben
  - Beliebig oft wiederbeschreibbar
  - Wesentlich haltbarer als Disketten
  - Kapazität z.B. 1,3 GB