

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

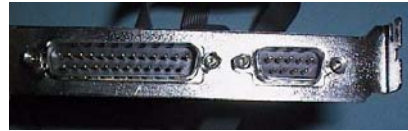
- Standard zur Verbindung von Geräten
 - z.B. Computer und Peripherie
- Prinzip 1: Parallele Übertragung
 - so viele Datenleitungen wie Wortbreite in Bits
- Prinzip 2: Serielle Übertragung
 - Bits werden in Folge übertragen
 - Synchroner Übertragung:
 - » Takt- oder Handshake-Information separat auf eigener Leitung übertragen
 - Asynchrone 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
 - » Vollduplex: gleichzeitige Nutzung in verschiedenen Richtungen (Zwei Kabel oder logische Kanäle)



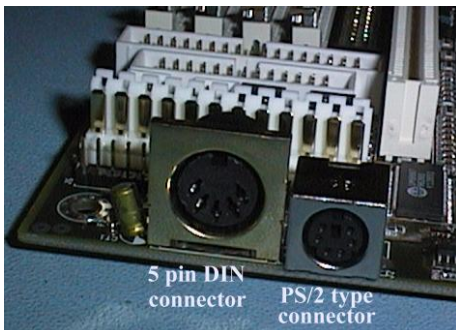
parallel (DB25S) + Game port



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>

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)

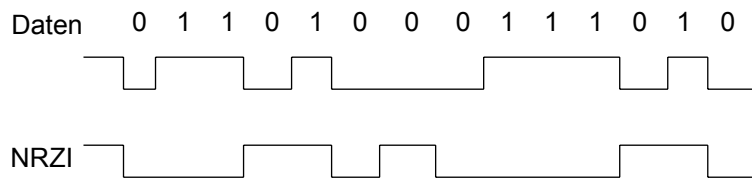


Type B USB connector
Downstream (Gerät)

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*)

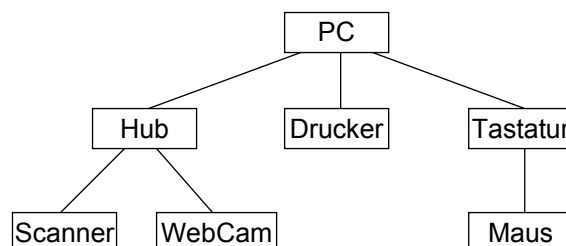
NRZI-Codierung



- Bei jeder Null Paritätswechsel generiert
- Bei Eins bleibt Polarität unverändert
- Nach sechs aufeinanderfolgenden Einsen zusätzliche Null eingefügt (*bit stuffing*)
- 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

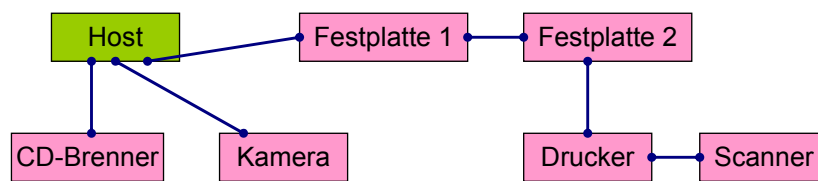
FireWire



- 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 Produktreihe:
1,6 GBit/s und 3,2 GBit/s
 - Seit 2004 definiert: „Wireless FireWire“ (Wireless Personal Area Network)
 - Siehe auch: <http://www.1394ta.org>

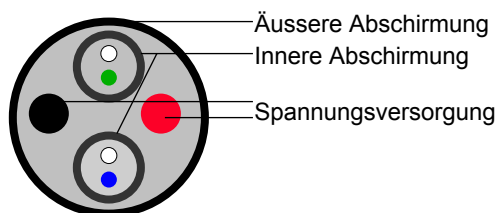
FireWire: Topologie

- 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:

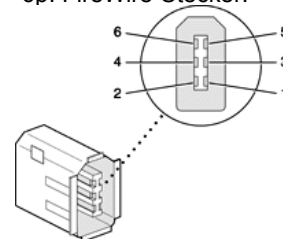


FireWire: Kabel und Stecker

- 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

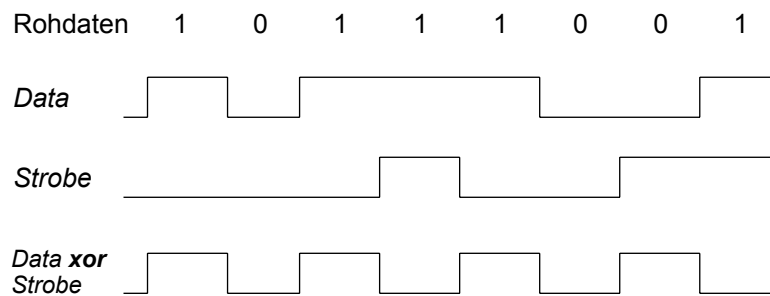


6p. FireWire-Stecker:



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)



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)



EPROM

A5. Schnittstellen und Speichermedien

A5.1 Schnittstellen für Computerperipherie

Universal Serial Bus

FireWire

A5.2 Halbleiterspeicher



Bänder, Disketten, Festplatten

A5.3 Magnetische Speicher

A5.4 Optische Speicher: CD und DVD

Literatur:

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

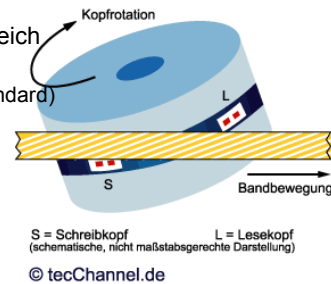
Magnetbänder: Grundlagen

- 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 (erfolgreichem) Audio-Standard DAT
 - (Super) Advanced Intelligent Tape (S-AIT)
 - Kapazität aktuell 500 GB unkomprimiert



Vergleich Magnetbänder-Festplatten 2006

- Kapazität:
 - 750 GB Festplatte (Seagate Barracuda 7200.10)
 - Modernes DLT-Band (DLT S-4): 800 GB
- Preise:
 - Festplatte ca. 400 € (pro GByte 0,53 €)
 - 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

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/in²
 - » 2003: 60 GBit/in²



Festplatte: Physikalischer Aufbau

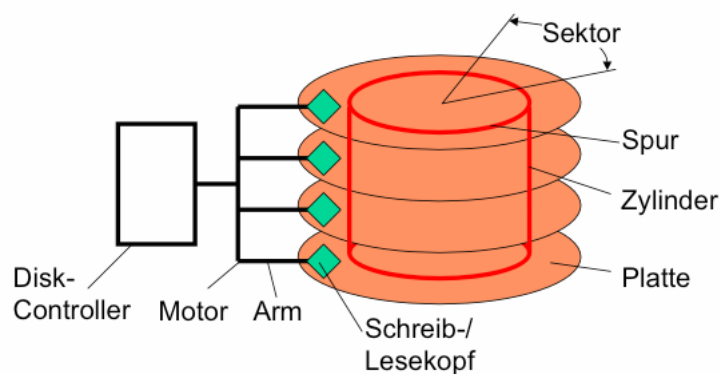
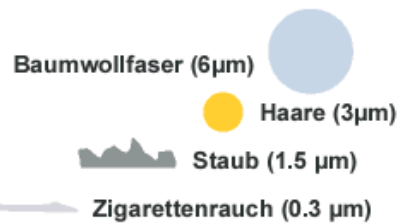


Abb.: Linnemann, TFH Berlin

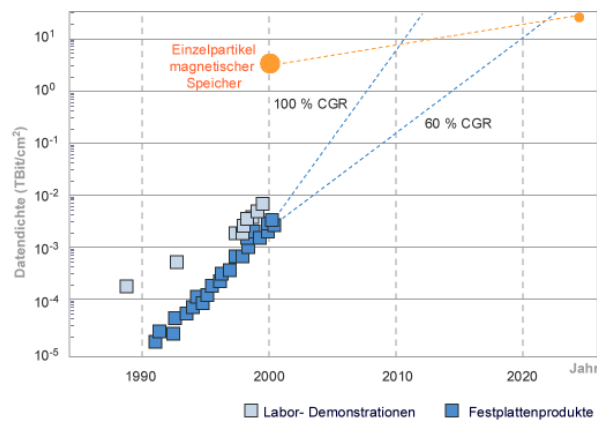
„Flughöhen“ bei Festplatten

- 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 Parkrampen
 - » Stromgenerator für „Autopark“



© tecChannel

Entwicklungstrends



CGR =
Compound
Growth Rate

© tecCHANNEL/ IBM

- 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

Beispiel: RAID Level 3

RAID 3



© tecChannel.de

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