

4. Digitale Speichermedien

- 4.1 Halbleiterspeicher 
- 4.2 Magnetische Speicher
Bänder, Disketten, Festplatten
- 4.3 Optische Speicher
u.a. 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

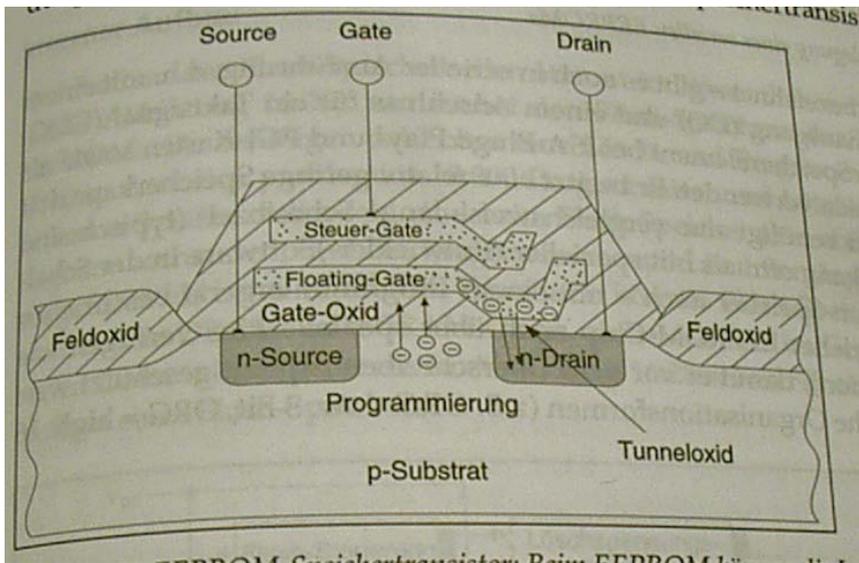
Halbleiterspeicher: Übersicht (2)

- 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

Prinzip von EEPROM- und Flash-Speicherzellen



4. Digitale Speichermedien

- 4.1 Halbleiterspeicher
- 4.2 Magnetische Speicher 
Bänder, Disketten, Festplatten
- 4.3 Optische Speicher
u.a. CD und DVD

Literatur:

z.B. Messmer/Dembowski, PC-Hardwarebuch, Kapitel 25

Grundlagen der magnetischen Aufzeichnung

- Drei Arten von Magnetismus:
 - Diamagnetismus: schwächt vorhandenes Magnetfeld ab
 - Paramagnetismus: verstärkt vorhandenes Magnetfeld
 - Ferromagnetismus: Bei bestimmten Substanzen führt Magnetisierung durch äusseres Magnetfeld zu lang anhaltender Erzeugung eines eigenen Magnetfeldes
 - » ferromagnetische Substanzen: Eisen, Kobalt, Nickel (und Legierungen)
 - » Ausrichtung der sogenannten Weiß'schen Bezirke
- Induktion:
 - Strom in Spule erzeugt Magnetfeld ("schreiben")
 - Veränderliches Magnetfeld erzeugt elektrische Spannung in Spule
 - Vorbeigeführte Spule kann von *abwechselnd magnetisierten* Stellen "lesen"

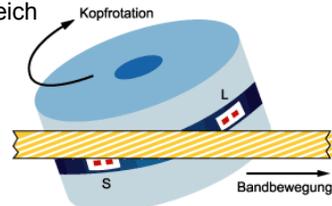
Magnetbänder: Grundlagen

- Prinzip:
 - Kunststoffstreifen, mit ferromagnetischem Material beschichtet
 - Grundsätzlich nur sequentieller Zugriff
- Geschichte:
 - entwickelt bei IBM (ca. 1951), Produkt ab 1953
 - IBM "Reel-to-Reel" System 726
 - Standard seitdem:
Bandbreite 1/2 Zoll
- Bis ca. 1995:
 - Magnetbänder preisgünstigster Massenspeicher
- Ab ca. 2000:
 - Festplatten teilweise günstiger als Magnetbänder



Magnetband-Standards

- Magnetbänder in "Cartridges":
 - z.B. Digital Linear Tape (DLT) von DEC/Quantum
 - » Kapazität 160 GByte in aktuellem "S-DLT 320" Standard
- Magnetbänder, die die Cartridge nicht verlassen (Kopf fährt in Cartridge):
 - QIC (Quarter Inch Cartridge) von 3M, 1972
 - » Kapazität 20 GByte in aktuellem "Travan"-Standard
- Diagonalaufzeichnung (*helical scan*):
 - 8mm-Standardbänder aus dem Heimvideobereich (ab 1985: Exabyte)
 - » Kapazität 80 GByte (heute aktueller VXA-2-Standard)
 - Digital Data Storage (DDS)
 - » analoges System basierend auf (erfolgreichem) Audio-Standard DAT



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

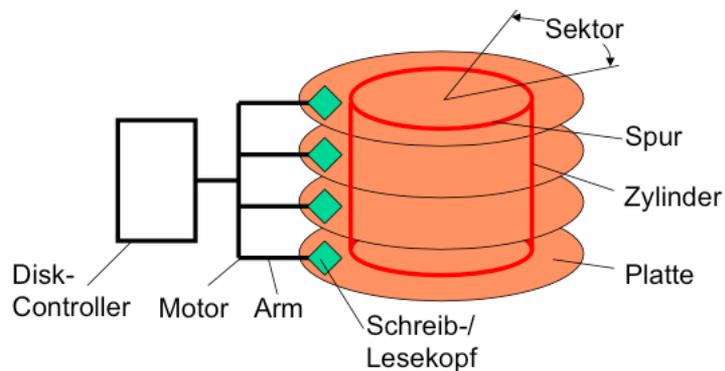
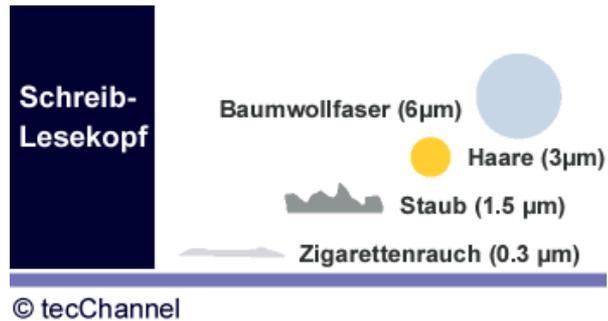


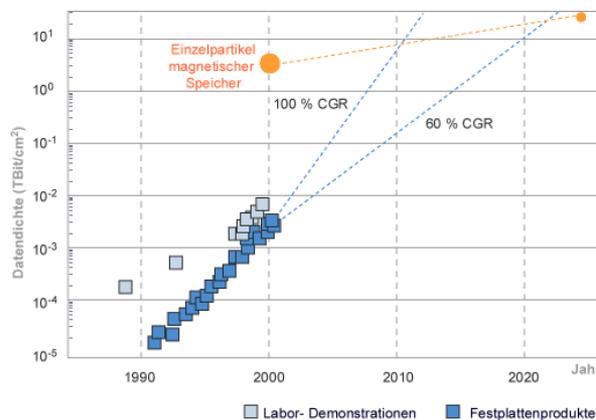
Abb.: Linnemann, TFH Berlin

"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 Parkkrampen
 - » Stromgenerator für "Autopark"



Entwicklungstrends



CGR =
Compound
Growth Rate

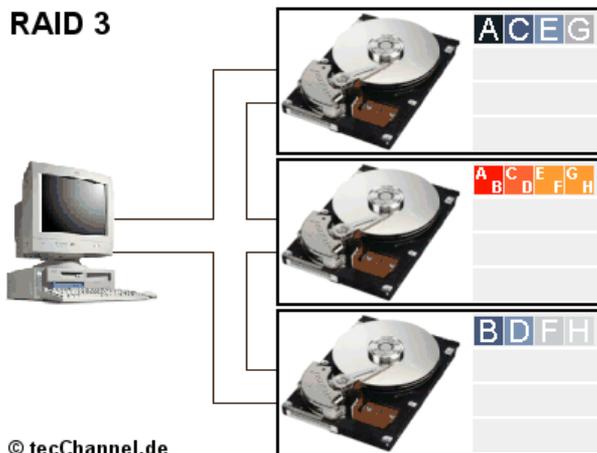
© tecCHANNEL/ IBM

- 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



Weitere magnetische Datenspeicher

- Disketten (*floppy disk*)
 - Kontakt der Schreib-/Leseköpfe mit der Magnetschicht
 - Hoher Verschleiß, kleine Kapazität
 - Weiterentwicklung "SuperDisk" (120 MB und mehr) wenig erfolgreich
- ZIP-Laufwerke
 - Inkompatible Weiterentwicklung des Disketten-Technologie
 - Bernoulli-Effekt genutzt
 - 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