

Interne Speicher	
Halbleiterspeicher	Register, Cache, SRAM, DRAM, SDRAM, Flash, ROM
Externe Speicher	
Halbleiterspeicher	Flash-RAM (PC-Card, Miniaturspeicherkarten)
Magnetische Speicher	
sequentiell	Magnetband, Bandkassette, Streamer, DAT
rotierend	Diskette, Harddisk, Wechselpatten
Optische Speicher	
analog	Bildplatte, Laservision
digital	
nicht beschreibbar	CD-ROM, DVD
einmal beschreibbar	CD-R, DVD-R
mehrfach beschreibbar	DVD-RAM, CD-RW, DVD-RW, DVD+RW, Blue-Ray Disc

Theoretische erreichbare Speicherdichte

Die theoretisch erreichbare Datendichte mit rotierenden magnetischen Speichertechnologien liegt bei 2 Tb/in² (Terabit pro Square-Inch), was 20 Millionen A4-Seiten/cm² entspricht. Dies ergibt umgerechnet einen Papierturm von 2000 m Höhe.

Faktor 20 grösser als bei den herkömmlichen Technologien (Stand 2003) oder einen Faktor 8 höher als bei heutigem Pixie Dust.

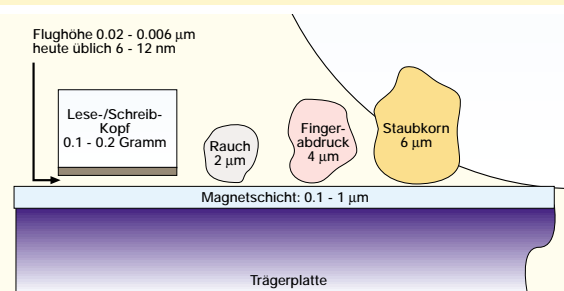
Nanopartikel

Unter Nanopartikel versteht man Speicherzellen auf der Basis von einzelnen Molekülen.

Die magnetischen Partikel haben Dimensionen im Nanobereich. Erreichbare Speicherdichte: 130 Tb/in² / 1,3 Milliarden A4-Seiten/cm². Faktor 1300 grösser als bei den herkömmlichen Technologien (Stand 2003)



Massgebend bei der Entwicklung von neuen Disk-Laufwerken sind das Plattenmaterial von Aluminium über Glas bis zum Kunststoff und die Technologien bei den Lese-/Schreib-Köpfen. Mit den heutigen GMR-Köpfen (Gigant Magnetoresistiv) lassen sich Speicherdichten von 100 Gigabit pro Square Inch erzielen, also 20 mal mehr als vor vier Jahren. Das jährliche Wachstum der Speicherdichte liegt bei 60 bis 100%.



Speichermedien Teil 2

Magnetische Technologien haben noch lange nicht ausgedient

In der Informationsverarbeitung spielen die magnetischen Speichertechnologien nach wie vor die wichtigste Rolle. Bei der Datensicherung über längere Zeiträume für KMUs und Privatpersonen sind dagegen die kostengünstigen optischen Technologien wie CD-ROM und DVD im Vormarsch.

Hat man der Festplatte schon oft das Ende vorausgesagt, so kann sich diese Technologie dank einer jährlichen Steigerung der Speicherdichte von 60 bis 100 Prozent nach wie vor bestens im Geschäft halten. Kein PC kommt ohne Speicher aus und die Entwicklung dieser wichtigsten Komponente geht in rasendem Tempo voran. Kam der erste IBM-PC 1981 noch mit 64 Kilobyte Arbeitsspeicher aus, so sind heute die 2000 bis 4000fachen Kapazitäten als Grundausstattung im PC oder Notebook auch bei günstigen Modellen absolut üblich.

Bei der Festplatte sind noch grössere Quantensprünge mit einem Faktor

100 000 feststellbar. Die erste PC-Harddisk von 1980 hatte eine Kapazität von fünf Megabyte und heute sind Harddisks mit Kapazitäten von bis zu 500 Gigabyte bzw. 0,5 Terabyte für Hochleistungs-Rechner erhältlich. Der Standard liegt bei 40 bis 80 Gigabyte.

Unterschieden wird bei Speichern grundsätzlich zwischen Halbleiterspeichern und peripheren Speichern. Halbleiterspeicher sind entweder mit dem Motherboard direkt verbunden, also «on-board» oder werden über Steckplätze eingebaut. Periphere Speicher, mit einer grossen Vielfalt an unterschiedlichen Technologien, werden als interne (eingebaut) oder externe Laufwerke (stand alone Drives) eingesetzt. Die interessantesten Entwicklungen sind bei den Halbleiterspeichern und bei den Festplatten zu beobachten. Aber auch die optischen Technologien machen mit ständig gestiegenen Kapazitäten auf sich aufmerksam.

Interessante Festplatten-Entwicklungen

Den mechanischen Festplatten wurde vor einigen Jahren keine grosse Zukunft mehr vorausgesagt, da sich optomechanische Technologien (MO) zu etablieren begannen.

Die MO-Technologie war aber zu langsam und die Bitkosten waren zu hoch. Die Festplattenproduzenten waren zudem sehr innovativ, so dass man vorderhand nicht auf diesen rotierenden Speicher verzichten kann. Das Prinzip einer Festplatte ist einfach: Auf einer hochpolierten Aluminiumplatte werden magnetische Oberflächen aufgetragen. Diese Scheibe oder ein Scheibenstapel wird zur Rotation gebracht, bei Notebooks mit 4000 bis 7000 Umdrehungen pro Minute und bei Desktops mit 5000 bis weit über 10 000 Umdrehungen pro Minute. Auf jeder Oberfläche wird ein ultraleichter, kleiner Lese/Schreibkopf eingesetzt, der mit einem Abstand von einigen wenigen Nanometern (1 Nanometer entspricht 0,000001 Millimeter) über der Plattenoberfläche fliegt und so Daten lesen und schreiben kann. Alle Komponenten werden ständig verbessert und daraus resultiert eine immer höhere Speicherdichte welche in Gigabit pro Quadrat-Inch (Gbit/Inch²) gemessen wird. Es wird mit neuem Plattenmaterial, wie Glas und Kunststoff experimentiert, man verfeinert die Oberflächenstruktur und die Optimierung der Zusammensetzung der Beschichtung gehört zu den weiteren Zielen. Die wichtigsten Verbesserungen sind bei der Kopfwicklung zu beobachten. Bis Anfang der 90er Jahre wurden Dünnfilmköpfe eingesetzt. Dann wurde die Ära der MR-Köpfe (Magnetoresistiv) gestartet und so fand 1991 die Lancierung des ersten Gigadrives statt. Die Speicherdichte lag bei einem Gbit/Inch². Mit der erweiterten MRX-Technologie liess sich die Speicherdichte ver-

dreifachen und mit den heutigen Köpfen, auf der Basis der GMR-Technologie (Giant Magnetoresistiv), sind auf Aluminiumplatten bereits 60 Gbit/Inch² und mit den neuesten Glasplatten bereits 100 Gbit/Inch² möglich. Das Resultat sind beispielsweise 3,5 Zoll-Festplatten für Desktop-Systeme mit 80 bzw. 125 Gigabyte pro Platte. Mit mehreren Platten im Laufwerk – dies ist nur eine Frage der gewünschten Bauhöhe – lassen sich heute Laufwerke mit einem halben Terabyte an Kapazität bauen.

Dies entspricht 500 000 000 000 Zeichen bzw. 250 000 000 A4-Schreibmaschinenseiten. Würde man diese auf einen Turm aufschichten, so würde dieser Turm rund 250 Kilometer hoch (10 Blatt Papier entsprechen einem Millimeter).

In Notebooks werden heute normalerweise 40 bis 60 Gigabyte-Festplatten, allerdings mit sehr geringen Bauhöhen und kleinerem Formfaktor eingesetzt. Das jährliche Wachstum der Speicherdichte wird mit rund 60 bis 100 Prozent angenommen, so dass bis in drei Jahren eine Speicherdichte von 400 bis 800 Gbit/Inch² möglich sein sollte. Lagen die Kosten vor acht Jahren für ein Megabyte bei einer EIDE-Platte bei 45 Rappen und bei einer SCSI-Platte (schneller) bei rund 65 Rappen, so sind diese innert fünf Jahren auf zwei (EIDE) bzw. vier (SCSI) Rappen gefallen. Heute wird für ein Gigabyte noch ein bis zwei Franken bezahlt. Das vorausgesagte Ende der Festplatte ist somit wohl in weite Ferne gerückt.

Dies zeigt auch die theoretisch erreichbare Speicherdichte. Diese

liegt bei zwei Terabit pro Quadrat-Inch was rund 400 Gigabit pro Quadratmeter oder wiederum 20 000 000 A4-Seiten pro Quadratmeter entspricht.

Optische Technologien: DVD, das Zukunftsmedium?

Dank viel höheren Speicherdichten, ist die DVD-Technologie auf dem besten Wege, die alte CD-Technologie, sei es für Audio, für ROM, für einmal beschreibbar (CD-R) oder wiederbeschreibbar (CD-RW), abzulösen. Dies gilt heute vor allem für die Abspielgeräte, welche neben DVD auch sämtliche CD-Formate lesen. DVD bietet auch die Möglichkeit Datenträger zu beschreiben. Leider herrscht hier noch ein gewisser Standardisierungskrieg, da sich nicht alle grossen UE-Hersteller einigen konnten und zudem die wichtigen Computerhersteller auch noch ein Wörtchen mitreden möchten. Hier ist der Konsument gefordert. Für beschreibbare und wiederbeschreibbare Verfahren stehen DVD-RW, DVD+RW oder DVD-RAM zur Auswahl.

Die Kosten für die Datenträger sind gegenüber CD-R oder CD-RW nach wie vor sehr hoch, deshalb werden vor allem Kombinationsgeräte bestehend aus DVD-Player und CD-R/RW-Schreiber angeboten und im Computer sind die Toplaufwerke mit beschreibbarer DVD- und CD-RW im Vormarsch. Die Zukunft der DVD-Technik liegt in der Entwicklung von blauen Lasern mit deutlich kürzeren Wellenlängen, der sogenannten Blue-Ray-Disk.

Generelle Eigenschaften der Speichertechnologien

magnetische Technologien

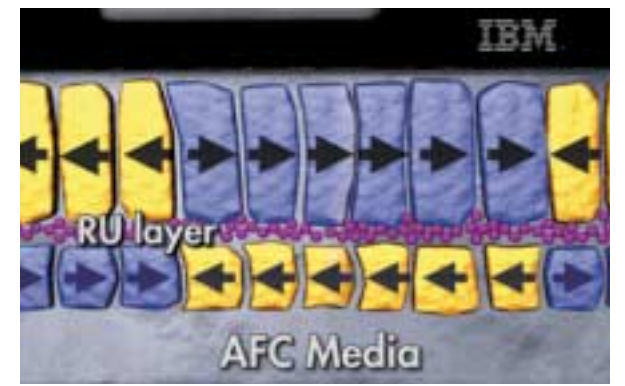
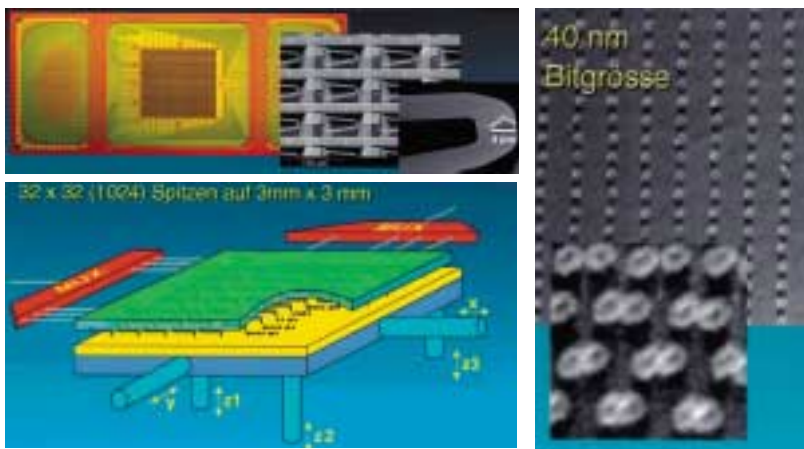
- mittelschnell, Mechanik
- grosse Kapazitäten, mittlere Kosten

Halbleiter-Technologien

- sehr schnell, keine Mechanik
- kleine Kapazitäten, hohe Kosten

optische Technologien

- langsam, Mechanik
- hohe Kapazitäten, niedrige Kosten



Thermomechanische Speicher: «Millipede» von IBM

Erreichbare Speicherdichte: 1 Pb/in² (Petabit pro Square-inch).
 Dies ergibt umgerechnet einen Papierturm von 1000 km Höhe.
 Die Distanz Erde – Mond als Papierturm entspricht einer Millipede-Speicherfläche von nur 45 x 50 cm.
 Dies ist ein Faktor 10'000 grösser als bei den heute herkömmlichen Technologien (Stand 2003).

Das weltweite Datenvolumen steigt ständig an

Das Volumen aller im Jahr 2000 erzeugten Informationen entspricht 3 Exabyte, dies ergibt die Informationsmenge von 500 Romanen pro Person der Weltbevölkerung. Letztes Jahr wurde eine Verdoppelung aller je produzierten Informationen erreicht. Neue Informationen verdoppeln sich jährlich.
 Auf Print (Druckmedien) entfallen dabei nur gerade 0.003%.

Physikalische Grössen

Bezeichnung	Zeichen	Faktor	Zahl	Beispiel
Zetta	Z	1021	1'000'000'000'000'000'000'000	Zettabyte (ZB)
Exa	E	1018	1'000'000'000'000'000'000	Exabyte (EB)
Peta	P	1015	1'000'000'000'000'000	Petabyte (PB)
Tera	T	1012	1'000'000'000'000	Terabyte (TB)
Giga	G	109	1'000'000'000	Gigabyte (GB)
Mega	M	106	1'000'000	Megabyte (MB)
Kilo	K	103	1'000	Kilobyte (KB)

Was entspricht was? Faustregel: 1 Byte ist ein Zeichen, eine A4-Seite mit Schreibmaschine beschrieben entspricht 2000 Zeichen, d. h. 2 Kilobyte (KB).

- 1 K = Eine Kurzgeschichte
- 1 M = Ein Taschenbuch
- 1 G = Beethoven's 5. Symphonie, hochwertig digitalisiert
- 1 T = Alle Röntgenbilder eines grossen Spitals
- 2 P = Inhalte aller je publizierten US-Forschungsberichte
- 5 E = Alle Wörter, welche die Menschheit schon gesprochen hat
- 1 Z = Anzahl Sandkörner aller Sandstrände auf der Welt

Alle 10 Jahre wurde und wird der Bedarf an Speicherkapazität für einen Benutzer um einen Faktor 1000 grösser. Hatte ein normaler PC vor rund 10 Jahren eine Festplatte von 100 Megabyte (MB) eingebaut, so sind es heute 80 Gigabyte (GB).

Die Halbleiterbausteine: Die Arbeitstiere im PC

Die Entwicklungen bei den Arbeitsspeicher-Bausteinen sind für den Benutzer sehr gut ersichtlich, denn die Innovationsschübe brachten immer wieder andere Modulformen hervor, zuerst das SIMM mit 30, später mit 72 Anschlüssen, dann das DIMM mit 168 Anschlüssen und zuletzt das neueste RIMM oder DDR-SIMM mit 184 Anschlüssen. Die höheren Anschlusszahlen waren notwendig, da die Datenbreite auf dem Speicherbus erhöht wurde.

Die Kapazität der Module ist abhängig von der Kapazität der einzelnen Speicherbausteine. Pro Baustein lassen sich heute zwei Gigabit integrieren. Dies entspricht mehr als zwei Milliarden Transistoren auf einem daumennagelgrossen Siliziumplättchen; in den Labors sind bereits Bausteine mit der doppelten Dichte lauffähig.

Die Steigerung der Taktraten und der Rechengeschwindigkeit bei aktuellen Prozessoren hat dazu geführt, dass auch an sich sehr schnelle Speicherbausteine moderne Prozessoren ausbremsen können. Die Zugriffsgeschwindigkeit auf den Hauptspeicher spielt immer noch eine wichtige Rolle bei der Leistungsfähigkeit eines Computersystems und wird vor allem bei grafischen Anwendungen und Spielen zum Flaschenhals.

Deshalb versuchen die Chip- und Boardhersteller immer schnellere Übertragungsraten zwischen Prozessor, Arbeitsspeicher und den sehr wichtigen Chipsets zu realisieren, was zu immer neuen Bezeichnungen für Halbleiterspeicher führt und

eine Technologie flussend die andere ablöst. Der aktuelle Wechsel ersetzt die bewährten SDRAM-Module immer mehr durch die viel schnelleren aber auch teureren DDR-Bausteine. Beim Kauf eines PCs ist dies zu beachten, denn dadurch entstehen beachtliche Preisunterschiede für das System.

Weitere diskutierte und in Entwicklung stehende Verfahren sind SLDRAM oder VCM.

Die weitere Zukunft wird aber von Embedded DRAM (EDRAM, System on Chip), nichtflüchtigen ferroelektrischen RAM (FeRAM) und RAM mit weniger Leistungsaufnahme und höherer Busbreite geschrieben. Auch bei den RAMs ist so noch lange kein Innovationsende absehbar.

Ein Blick in die weitere Zukunft zeigt, dass in den Labors bereits heute an Alternativ-Verfahren für alle möglichen Speicherverfahren gearbeitet und geforscht wird, so z. B. im Bereich der Nanotechnologien (noch kleiner, noch schneller und noch geringerer Energieverbrauch) oder bei den thermomechanischen Speichern mit sagenhaften Dichten.

Wir können also getrost in die Zukunft schauen und noch mehr unsinnige Informationen wie Tausende Videoclips, Millionen von gestreamten Musikstücken und die Fotoalben aller Familienangehörigen der letzten hundert Jahre auf dem PC abspeichern. Eines gilt aber immer: Unabhängig wie gross die Speicherplatte ist, sie ist immer zu 80 Prozent voll.

Robert Weiss

Datendichten 2003

Mainstream: Speicherdichte 60 Gb/in² bzw. 560000 A4-Seiten/cm². Dies ergibt umgerechnet einen Papierturm von 56 m Höhe (10000 Blatt ergeben 1 m Höhe)

3,5 Zoll-Technologie: 80 GB/Platte, Flughöhe des Schreib/Lesekopfs beträgt noch 12 nm (Nanometer)

Spitzenprodukte: Speicherdichte 100 Gb/in² bzw. 930000 A4-Seiten/cm². Dies ergibt umgerechnet einen Papierturm von 93 m Höhe

3,5 Zoll-Technologie: 125 GB/Platte, Flughöhe des Schreib/Lesekopfs beträgt noch 6 nm (Nanometer)

Pixie Dust Speicher-Technologie von IBM: Speicherdichte 240 Gb/in² bzw. 2230000 A4-Seiten/cm². Dies ergibt umgerechnet einen Papierturm von 223 m Höhe

Desktop-Drives: 400 GB, Notebook-Drives: 200 GB, Microdrive: 6 GB

1. Vergleich: Kapazität
 Einsatzgebiet: Festplatte in einem Desktop-PC



	1980	2003	Veränderungsfaktor
Dimension:	230 x 150 x 90 mm	102 x 147 x 26 mm	8
Gewicht:	3500 Gramm	630 Gramm	5.6
Kapazität:	5 MB	500'000 MB = 500 GB = 0.5 TB	100 000
Preis:	3500 \$	1000 \$	3.5
Preis pro Megabyte:	700 \$	0.002 \$	350'000

2. Vergleich: Formfaktor
 Einsatzgebiet: Festplatte in kleinen mobilen Geräten, wie Digitalkamera



	1980	2003	Veränderungsfaktor
Dimension:	230 x 150 x 90 mm	43 x 36 x 5 mm (CompactFlash)	400
Gewicht:	3500 Gramm	630 Gramm	5.6
Kapazität:	5 MB	4000 MB = 4 GB	800
Preis:	3500 \$	5000 \$	7
Preis pro Megabyte:	700 \$	0.1 \$	5600

3. Vergleich: Mobiler Einsatz
 Einsatzgebiet: Festplatte in einem Notebook oder Tablet-PC



	1980	2003	Veränderungsfaktor
Dimension:	230 x 150 x 90 mm	70 x 100 x 9.5 mm	47
Gewicht:	3500 Gramm	100 Gramm	35
Kapazität:	5 MB	60 000 MB = 60 GB	12000
Preis:	3500 \$	100 \$	35
Preis pro Megabyte:	700 \$	0.0017 \$	420000

HD-Vergleiche