

Zeitschrift: Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins, des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen = Bulletin de l'Association suisse des électriciens, de l'Association des entreprises électriques suisses

Herausgeber: Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätsunternehmen

Band: 66 (1975)

Heft: 10

Artikel: Die Entwicklung der Speichertechnologien in der elektronischen Datenverarbeitung

Autor: Neukom, H.

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-915288>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 05.04.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Die Entwicklung der Speichertechnologien in der elektronischen Datenverarbeitung

Von H. Neukom

681.327.2 : 621.377

Der vorliegende Aufsatz versucht einen Überblick zu geben über die in der Datenverarbeitung heute und in nächster Zukunft verwendeten Speichertechnologien. Um eine Strukturierung des Gebietes zu ermöglichen, wird zuerst eine Definition des Speichers in der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) aufgestellt, mit deren Hilfe die Speicher ihrer Technologie nach eingeordnet werden. Einer kurzen Beschreibung der heute gebräuchlichen Speichertechniken folgt ein Ausblick auf verschiedene Neuentwicklungen. Der Versuch, die Zukunftsaussichten der einzelnen Technologien und ihre zukünftigen Anwendungsbereiche darzustellen, rundet das Thema ab, wobei die aufgestellten Zukunftsperspektiven die persönliche Meinung des Autors wiedergeben.

Cet article tente de donner un aperçu des technologies de mémoires actuelles et de celles qui seront bientôt appliquées pour le traitement numérique de l'information. Afin de permettre une structuration de ce domaine, l'auteur établit tout d'abord une définition de la mémoire dans le traitement numérique électronique de l'information, les mémoires étant ordonnées suivant leur technologie. Après une brève description des techniques actuelles des mémoires, différentes innovations sont décrites, puis l'évolution probable des technologies et leurs futurs domaines d'application sont esquissés, conformément à l'estimation personnelle de l'auteur.

1. Definition und Klassifizierung der Speicher

1.1 Definition

Es sei hier der Versuch unternommen, eine möglichst allgemeine und umfassende Definition des Speichers in der elektronischen Datenverarbeitung (EDV) zu geben. Wird der Speicher als System betrachtet, so kann er nach dem Systemansatz in das Supersystem einer Computeranlage eingeordnet werden. Als Supersystem wird das nächst höhere, übergeordnete System verstanden. Als Input in den Speicher liefert das Supersystem Befehle (Funktionen, Adresse, Zeitsynchronisation usw.) und zu speichernde Informationen. Diese Informationen können aus Daten, Datenfiles, Programmen usw. bestehen. Der Output des Speichers in das Supersystem umfasst Reaktionen und Antworten auf die erteilten Befehle (Bestätigungen, Adressen, zeitliche Referenzen usw.) und die gespeicherte Information. Die gespeicherte Information muss dem Supersystem in derselben Form zurückgegeben werden, wie sie eingespielt worden ist, da ein Speichersystem normalerweise keine Verarbeitungsaufgaben hat. Damit sind die

recht einfachen Beziehungen des Speichers zu seiner Umwelt, dem Supersystem, definiert.

Das Speichersystem selber kann in Subsysteme zerlegt werden (Fig. 1). Als Subsystem wird ein funktionell wesentlicher, meist selbständiger Teil des Systems verstanden.

Im allgemeinen wird man die folgenden Subsysteme aufstellen:

- Funktionssteuerung: Nimmt die Befehle des Supersystems in Empfang und steuert den Kontroll- und Datenfluss im Speichersystem.
- Zeitliche Steuerung: Regelt den zeitlichen Ablauf der verschiedenen auszuführenden Befehle.
- Adreßsteuerung: Bestimmt den Teil des Speichermediums, mit welchem momentan gearbeitet werden soll.
- Speichermedium: Bildet das eigentliche Kernstück des Systems. Es bewahrt die eingegebene Information für unbestimmte Zeit in unveränderter Form auf.

In folgendem beschäftigt sich der Aufsatz ausschliesslich mit dem letztgenannten Subsystem, dem Speichermedium. Die Klassifizierung der Speicher erfolgt hauptsächlich auf Grund dieses Speichermediums und seiner Eigenschaften. Die Ausführungen über die Technologien betreffen nur die Speichermedien, da die anderen Subsysteme weitgehend in das viel allgemeinere Gebiet der Elektronik überhaupt fallen.

1.2 Klassifizierung der Speicher

Speichersysteme können nach einer Vielzahl von Kriterien klassifiziert werden, beispielsweise nach Speichervolumen, Arbeitsgeschwindigkeit, Anwendung usw. Die hier verwendete Einteilung ist mindestens in der ersten Stufe recht weit verbreitet, führen doch verschiedene Kriterien auf diese Unterscheidung. In einer zweiten Stufe wird die Einteilung den Technologien entsprechend verfeinert.

In bezug auf Aufgabe, Grösse und Geschwindigkeit werden die Speicher in a) Arbeitsspeicher und b) Massenspeicher eingeteilt.

Diese Einteilung soll auch hier übernommen werden.

1.2.1 Arbeitsspeicher

Unter Arbeitsspeichern werden diejenigen Computer-internen Speicher verstanden, die von den übrigen Computerteilen wie Rechenwerk, Steuerwerk usw. direkt erreicht werden können. Der Zugriff erfolgt somit über spezielle, dafür reservierte Pfade und geht nicht über das allgemeine Ein-/Ausgabewerk des Computers.

Arbeitsspeicher sind im allgemeinen sehr schnelle, kleine bis mittelgrosse Speicher (mittelgross im Vergleich zu den viel

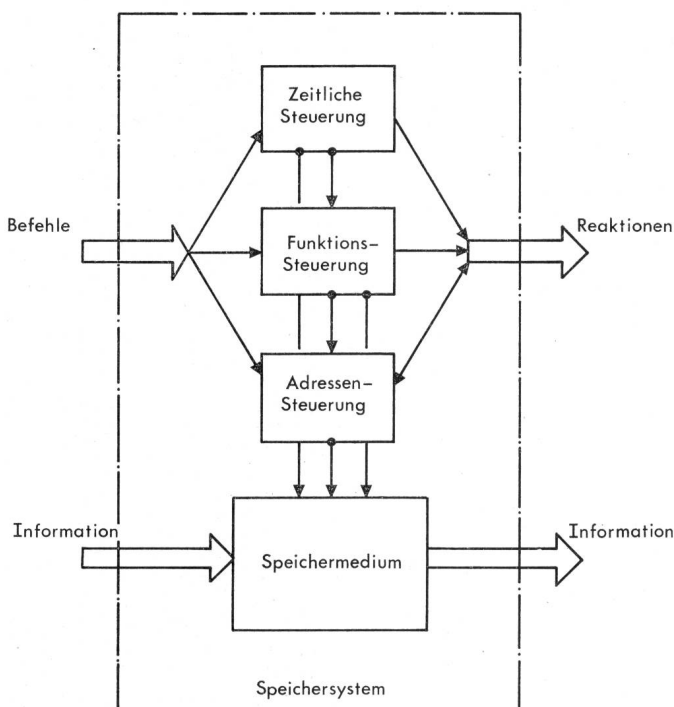


Fig. 1 Das Speichersystem und seine Subsysteme

grösseren Massenspeichern), die vielfach mit Hilfe der Computer-Instruktionen in ihrer ganzen Grösse direkt adressiert werden können.

Die Arbeitsspeicher können gemäss den verwendeten Technologien der Speichermedien weiter unterteilt werden. Die wohl bekanntesten Technologien beruhen auf der Möglichkeit, mit Hilfe der magnetischen Hysterese-Eigenschaften binäre Informationen zu speichern (Fig. 2). Als typische Beispiele, die heute sehr verbreitet sind, gehören die *Magnetkern-* und die *Dünnspeicher* zu dieser Technologie. Eine weitere, in ihrem Ursprung recht alte Technologie verwendet die sog. *Verzögerungsleitungen* als Speichermedium.

Unter den neuen Technologien hat vor allem die elektronische Speicherung mit Hilfe von *Halbleiterelementen* einen festen Platz in der Computertechnik gefunden. Als weitere Möglichkeiten sind in letzter Zeit die Anwendung der *Supraleitung* und neuer *magnetischer Effekte in speziellen Kristallen* in der Literatur erwähnt worden. Diese weitere Einteilung ist in Fig. 3 schematisch dargestellt.

1.2.2 Massenspeicher

Als Massenspeicher sollen alle computerexternen Speicher verstanden werden, mit denen der Computer nur mit Hilfe seines Ein-/Ausgabewerkes verkehren kann. Sie können auch, im Gegensatz zu den internen Arbeitsspeichern, nicht direkt mit Hilfe der Operandenadressen der Computer-Instruktionen adressiert werden.

Die Massenspeicher sind im Vergleich zu den Arbeitsspeichern langsamer, dafür jedoch beträchtlich grösser in ihrer Speicherkapazität. Eine weitergehende Unterteilung ist nur noch rudimentär möglich, da alle heute standardmässig verwendeten Massenspeicher die gleiche Technologie benützen. Wie bei den heutigen Arbeitsspeichern wird hauptsächlich die Speichermöglichkeit der magnetischen Hysterese ausge-

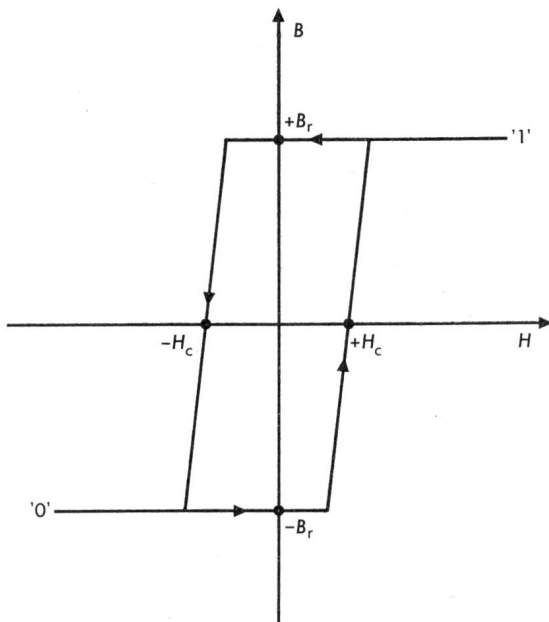


Fig. 2 Magnetische Hysteresekurve

- B Induktion
- H Feldstärke, proportional elektrischem Strom
- B_r bleibende Magnetisierung, wenn kein Strom mehr fliesst
- H_c Koerzitivfeldstärke
- Speicherkonvention: $+B_r = '1'$
 $-B_r = '0'$

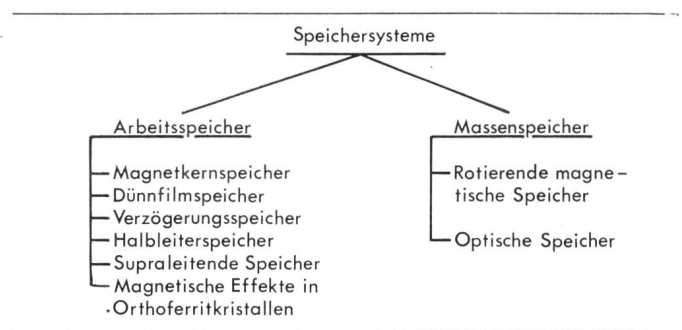


Fig. 3 Klassifizierung der Speichersysteme nach Technologien

nützt. Um grosse Kapazitäten zu erreichen, werden grosse Speicherflächen gebraucht, die mit Hilfe von Motoren bewegt werden. Diese Art Speicher kann unter dem Titel *rotierende magnetische Speicher* zusammengefasst werden.

Erst in jüngster Zeit sind Massenspeicher aufgetaucht, die sich neuer Speichertechnologien bedienen. Sie können mit dem Oberbegriff der *optischen Speicher* bezeichnet werden, benutzen sie doch alle bei der Aufzeichnung in irgend einer Form das sichtbare Licht.

2. Technologien der Arbeitsspeicher

2.1 Gegenwärtige Technologien

2.1.1 Magnetkernspeicher

Computer-Speicher ist für viele Leute fast synonym mit Kernspeicher. Bis heute ist weitaus der grösste Teil der in Betrieb stehenden Datenverarbeitungsanlagen mit Speichern dieser Technologie ausgerüstet. Eine eingehende Darstellung dieses Speicherprinzips kann in jedem Lehrbuch über Computer-Technik gefunden werden, womit sich die entsprechenden Erklärungen an dieser Stelle erübrigen.

Die Entwicklungstendenz bei den Kernspeichern war während langer Jahre auf grössere Geschwindigkeiten, grössere Kapazitäten und kleinere Kosten pro gespeichertes Bit ausgerichtet. Die Monopolstellung der Magnetkerne wurde schon zu verschiedenen Malen von anderen Technologien angegriffen; bis vor kurzem jedoch mit recht kleinem Erfolg. Die meisten Firmen haben grosse Investitionen zur Produktion von Kernspeichern gemacht und im Lauf der Jahre entsprechend grosse Erfahrungen gewonnen. Die Technologie ist heute so weit bekannt, dass keine prinzipiellen Durchbrüche mehr zu erwarten sind. Die Zugriffszeiten hängen im wesentlichen vom Durchmesser der Speicherkerne ab. Mit den heutigen 18-mils (0,5 mm)-Kernen lassen sich Schaltzeiten von etwa 140 ns und Zykluszeiten von etwa 500 ns produktiv erreichen. Kapazitäten bis zu $10 \cdot 10^6$ bit sind ebenfalls die heutige Norm.

Für die Zukunft kann gesagt werden, dass die Magnetkernspeicher mit Sicherheit ihre Monopolstellung verlieren werden. Ein totales Verschwinden dieser Speicherart ist jedoch wegen der vorhandenen Investitionen und Erfahrungen unwahrscheinlich; die absoluten Verkaufszahlen werden sich halten oder etwas vergrössern, während der prozentuale Marktanteil zurückgehen wird.

2.1.2 Dünnspeicher

Dünnspeicher verwenden anstelle von Kernen aus magnetischem Material dünne aufgedampfte Schichten mit

magnetischen Eigenschaften. Prinzipiell lassen sich zwei Unterarten unterscheiden:

- Flächenspeicher
- Drahtspeicher

Bei *Flächenspeichern* wird eine zusammenhängende Fläche von magnetischem Material auf ein isolierendes Substrat wie beispielsweise Glas aufgedampft (Fig. 4). Ein kreuzweises Gitter von Leiterbahnen wird auf oder unter dieser Magnetschicht angebracht. Bei jedem Kreuzungspunkt kann nun in der Magnetschicht ein Bit gespeichert werden.

Sperry Univac hat sich schon vor Jahren der zweiten Bauform, dem *Drahtspeicher*, zugewandt. Bei dieser Bauart wird die Magnetschicht direkt auf die eine Reihe sich kreuzender Leiter aufgedampft (Fig. 5). Der Film wird so angelagert, dass die sog. harte Magnetisierungsrichtung entlang der Drahtachse und die weiche Magnetisierungsrichtung um den Draht herum zeigt. Wiederum kann bei jedem Kreuzungspunkt ein einzelnes Bit gespeichert werden. Im weiteren hat diese Bauweise den Vorteil, dass das Auslesen der Information nichtzerstörend ist (Non-destructive readout), d. h. die Information bleibt beim Leseprozess gespeichert und muss nicht, wie beim Kernspeicher, nach dem Lesen wieder zurückgeschrieben werden. Unter anderem ermöglicht dies eine bedeutend schnellere Arbeitsweise im Vergleich zum Kernspeicher. Die Schaltzeiten können bis auf einige Nanosekunden verringert werden und Zugriffszeiten bis 50 μ s werden möglich. Speichergrößen bis $10 \cdot 10^6$ bit sind ebenfalls möglich und die Kosten pro Bit sind vergleichbar mit Kernspeichern.

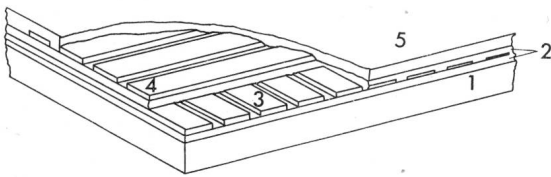


Fig. 4 Prinzip des Dünnschicht-Flächenspeichers

- 1 Grundplatte aus Kupfer
- 2 Isolationsschichten
- 3 Leiterbahnen (Bitadressierung)
- 4 Leiterbahnen (Wortadressierung)
- 5 magnetischer Film als Speichermedium

Drahtspeicher werden heute in Serie hergestellt und sind seit ein paar Jahren in kommerziellen Systemen im Gebrauch. Sie stellen einen grossen Konkurrenten zu den Kernspeichern dar. Es ist jedoch fraglich, ob sie sich langfristig durchsetzen können.

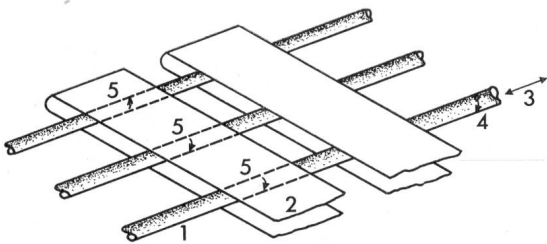


Fig. 5 Prinzip des Univac-Drahtspeichers

- 1 Kupferdrähte mit aufgedampfter Magnetschicht, Speichermedium und Leiter für Bitadressierung
- 2 Leiterbahnen für Wortadressierung
- 3 schwer magnetisierbare Richtung
- 4 leicht magnetisierbare Richtung
- 5 gespeicherte Information, von oben nach unten : 1, 0, 0

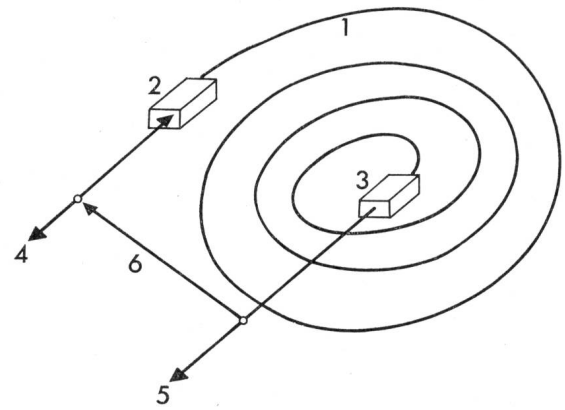


Fig. 6 Verzögerungsspeicher mit Drahtspirale

- 1 Drahtspirale als Verzögerungsmedium
- 2 elektrisch-mechanischer Wandler, empfängt Torsionsimpulse
- 3 mechanisch-elektrischer Wandler, erzeugt Torsionsimpulse
- 4 Schreibeingang
- 5 Leseausgang
- 6 Rückkoppelung

2.1.3 Verzögerungsleitungen

Speicher mit Verzögerungsleitungen haben schon eine lange Geschichte; trotzdem werden sie bis heute nur selten verwendet. Ihr Prinzip ist einfach und beruht auf der im Vergleich zur Lichtgeschwindigkeit langsamen Ausbreitungsgeschwindigkeit von Deformationswellen in festen Materialien. Die bekannteste Form ist die Drahtspirale (Fig. 6), auf welcher sich eine Torsionswelle fortbewegt. In letzter Zeit sind im Labor unter anderem Oberflächenwellen in Kristallen untersucht worden, die einige Neuerungen auf diesem Gebiet bringen werden.

Allen Verzögerungsspeichern gemeinsam sind zwei Eigenschaften, die sie in ihren Anwendungsmöglichkeiten etwas einschränken. Der gespeicherte Puls muss die gesamte Verzögerungsstrecke durchlaufen bis er wieder benutzt werden kann; einander folgende Pulse oder Bits können nur in der Reihenfolge gelesen werden, wie sie gespeichert wurden.

Im weiteren muss für eine längerfristige Speicherung das Ende der Verzögerungslinie mit dem Anfang rückgekoppelt sein, damit eine Schleife entsteht, auf der sich der Speicherinhalt im Kreise bewegen kann.

Zykluszeiten zwischen 10 und 100 μ s und Speicherkapazitäten bis 1000 bit sind die heutigen Parameter dieser Technologie. Ihre Anwendung findet sich meist im Gebiet der Tischrechner und der Computer-Terminals. Da solche Speicher in der Herstellung billig sind, werden sie ihr heutiges Feld in Zukunft wohl halten können.

2.2 Neue Technologien

2.2.1 Halbleiterspeicher

Speicherstromkreise werden heute von den meisten Halbleiterfabrikanten als Standardprodukte angeboten. Seit einiger Zeit wird diese Technologie in vielen Computern für Register-Pools, Pufferspeicher, Scratchpadmemories usw. angewendet. Bis vor kurzem war die Anwendung aus Preisgründen jedoch auf sehr kleine, dafür aber um so schnellere Speicher beschränkt. Erst die Erfolge bei der produktiven Herstellung von LSI-Komponenten (Large Scale Integra-

tion), wo bis zu 1000 Speicherzellen auf kleinstem Raum beisammen sind, verhelfen dieser Technologie langsam bei grösseren Speichern zum Durchbruch.

Halbleiterelemente können in zwei Varianten hergestellt werden: in bipolarer Technik und in MOS-Technik (Metal Oxid Semiconductors).

Bipolare Halbleiter sind sehr schnell, eignen sich jedoch nicht sehr gut zur LSI-Herstellung, ihre Anwendungsgebiete sind vor allem die sehr schnellen und kleinen Registerstacks und die Pufferspeicher. Diese ziemlich teuren Speicherelemente (Fig. 7) sind bis heute in bezug auf Geschwindigkeit noch nicht übertroffen. Zugriffszeiten bis zu einigen Nanosekunden und Kapazitäten von einigen tausend Bits können heute mit dieser Technik erreicht werden. Bipolare Speicherelemente werden auf diesem Spezialgebiet eine grosse Zukunft haben.

MOS-Halbleiterelemente eignen sich vorzüglich zur LSI-Herstellung. Schon heute sind kleine Kristalle mit bis zu 1024 Speicherplätzen im Handel erhältlich. Die grösseren Speicherkapazitäten müssen jedoch mit etwas kleineren Geschwindigkeiten erkauft werden.

Die Zugriffszeiten sind mit rund 100 ns den schnelleren Magnetkern- und Drahtspeichern vergleichbar; ebenso sind bald Kapazitäten bis Millionen Bits zu erwarten. Diese Technologie hat sicher die besten Zukunftsaussichten. Sie wird der grösste Konkurrent zu allen heutigen Speichersystemen sein und sich wahrscheinlich durchsetzen können.

2.2.2 Supraleitende Speicher

Supraleitende Speicher basieren auf zwei grundlegenden physikalischen Phänomenen. Da bei Temperaturen nahe beim absoluten Nullpunkt, etwa unter 4 K, gewisse Materialien jeglichen elektrischen Widerstand verlieren und zu idealen Leitern werden, sind in geschlossenen Leiterschleifen Dauerströme möglich. Dieser Zustand allein genügt jedoch zum Aufbau einer Speicherzelle noch nicht. Wird nun ein genügend starkes Magnetfeld durch die Leiterschleife geleitet, so gewinnt sie trotz tiefster Temperaturen ihren elektrischen Widerstand wieder zurück. Damit ist es möglich, Speicherzellen zu konstruieren. Fliesst ein Strom in der Leiterschleife, ist eine 1 gespeichert, fliesst kein Strom, eine 0. Mit Hilfe eines Magnetfeldes können solche Zellen «beschrieben» und mit Abführlern wieder «gelesen» werden.

Forschung und Laborversuche mit solchen Elementen deuten an, dass extrem schnelle und trotzdem sehr grosse Speicher gebaut werden könnten. Einige wenige Firmen sind aktiv auf diesen Gebieten, doch steckt die Technologie noch tief im Laborstadium, so dass mit der kommerziellen Anwendung erst in weiterer Zukunft zu rechnen sein wird. Das für solche Speicher benötigte Kühlgerät ist heute noch ziemlich gross und stellt ein weiteres Hindernis für den Einsatz dar.

2.2.3 Magnetische Effekte in Orthoferriten

Gewisse Ferritkristalle von seltenen Erden haben im Labor interessante magnetische Effekte gezeigt. Wird ein Kristall so hergestellt, dass die harte Magnetisierungsrichtung in der Kristallebene und die weiche senkrecht dazu liegt, so können durch Anlegen eines Magnetfeldes kleine Zonen entgegengesetzter Magnetisierung erzeugt werden (Fig. 8). Werden geeignete Leiterbahnen auf den Kristall aufgedampft (Fig. 9), so können diese Zonen («Bubbles») bewegt werden.

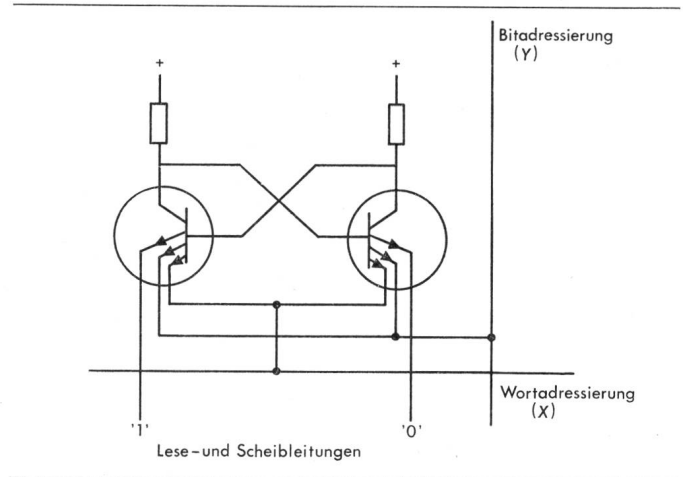


Fig. 7 Halbleiterspeicherzelle : integriertes Flip-Flop mit Mehrfachemitter-Transistoren

Fliesst durch die untere Leiterschleife Strom, so wird das Magnetfeld lokal reduziert und das «Bubble» springt in die untere Schleife. Mit Hilfe verschiedener Leiteranordnungen ist es gelungen, Register, Zähler, «Bubble-Generatoren», logische Schaltungen usw. herzustellen.

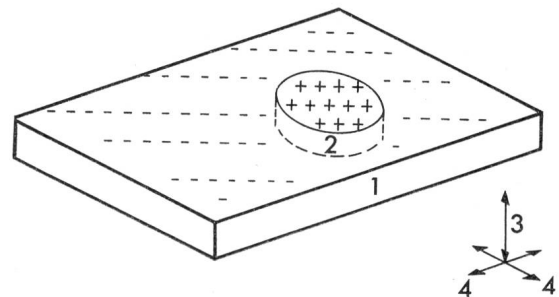


Fig. 8 Orthoferritkristall mit «Bubble»

- 1 Orthoferritkristall negativ magnetisiert
- 2 Zone positiver Magnetisierung, «Bubble»
- 3 leicht magnetisierbare Richtung
- 4 schwer magnetisierbare Richtung

Da mit dieser Technologie nicht nur Speicherelemente, sondern ganze logische Schaltungen gebaut werden können, eröffnet sich ihr ein riesiges Anwendungsgebiet. Die Hauptvorteile der Technologie sind der extrem kleine Raumbedarf, daraus folgend ein geringer Leistungsaufwand und grosse Schaltgeschwindigkeit. Sobald diese Technik einmal aus dem Labor in die Produktion kommt, wird sie ein ernsthafter Konkurrent zu den Halbleitern auf allen Anwendungsgebieten sein.

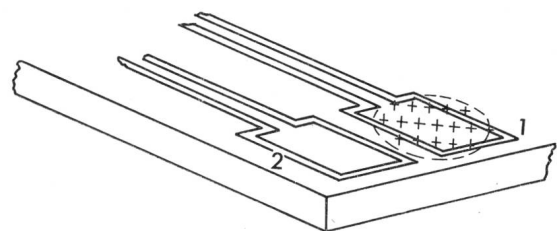


Fig. 9 Leiterbahnen auf Orthoferritkristall als Speicher

- 1 Leiterschleife mit «Bubble» = gespeichertes '1'
- 2 Leiterschleife ohne «Bubble» = gespeichertes '0'

3. Technologien der Massenspeicher

3.1 Rotierende – magnetische Speicher

Fast alle heute gebräuchlichen Massen- und Peripheriespeicher von Computeranlagen gehören in diese Klasse. Trommelspeicher, Plattenspeicher und, wenn «rotierend» etwas allgemeiner aufgefasst wird, Bandspeicher bilden die Hauptvarianten.

Allen Geräten gemeinsam ist das Aufzeichnungsprinzip. Der mechanisch bewegte Datenträger (also die Trommel, die Platte oder das Band) ist mit einer dünnen magnetisierbaren Oxidschicht bedeckt. Durch die Rotation des Datenträgers und die Bewegung (Positionierung) der Lese-/Schreibköpfe können alle Speicherplätze auf dem Datenträger erreicht werden. Lesen und Schreiben von Bits erfolgt mit Hilfe von stromdurchflossenen Spulen unter Ausnutzung des Induktionseffektes.

Die meisten dieser Geräte sind im Prinzip seit längerer Zeit bekannt und im Gebrauch. Da sie, auch mechanisch, recht kompliziert aufgebaut sind, wird die Zukunft sicher noch viele Detailverbesserungen bringen. Man wird versuchen, die Aufzeichnungsdichte und damit die Speicherkapazität zu erhöhen und gleichzeitig durch billigere Elektronik den Preis senken. Bis heute sind keine ernsthaften Konkurrenten zu dieser Klasse aufgetaucht.

3.2 Optische Speicher

Bei den optischen Speichern können zwei Arten unterschieden werden:

- Speicher, die mit Laser arbeiten;
- Speicher auf photochemischem Prinzip.

Fast alle der grossen Namen der Industrie beschäftigen sich heute mit der Erforschung und Anwendung von Laserstrahlen. So wird natürlicherweise auch die Möglichkeit untersucht, mit Hilfe von Laserstrahlen Speichersysteme aufzubauen.

Fig. 10 zeigt eine Möglichkeit eines solchen Speichersystems. Das Speichermedium selber besteht aus einem Magnesium-Wismut-Film. Zum Löschen der Information wird ein Magnetfeld aufgebaut und der Film mit dem Laserstrahl abgetastet (ähnlich wie in einer Fernsehöhre). An den Stellen, wo der Laserstrahl auftrifft, wird der Film momentan über seinen Curie-Punkt erhitzt. Damit werden alle diese

Punkte in Richtung des angelegten Feldes magnetisiert. Will man nun eine Information aufzeichnen, so kehrt man das Magnetfeld um. Mit Hilfe des Modulators wird der Laserstrahl so gesteuert, dass er eingeschaltet wird, wenn eine «1» geschrieben werden soll. Durch die Erhitzung über den Curie-Punkt wird die Magnetisierung an dieser Stelle umgekehrt, wodurch die «1» gespeichert ist.

Will man die Information zurücklesen, so beleuchtet man den Film mit einem anderen, schwächeren und polarisierten Laserstrahl. Die umgekehrte Magnetisierung an den «1»-Stellen dreht die Polarisationssebene des Strahlers, was in einem Photo-Detektor festgestellt wird.

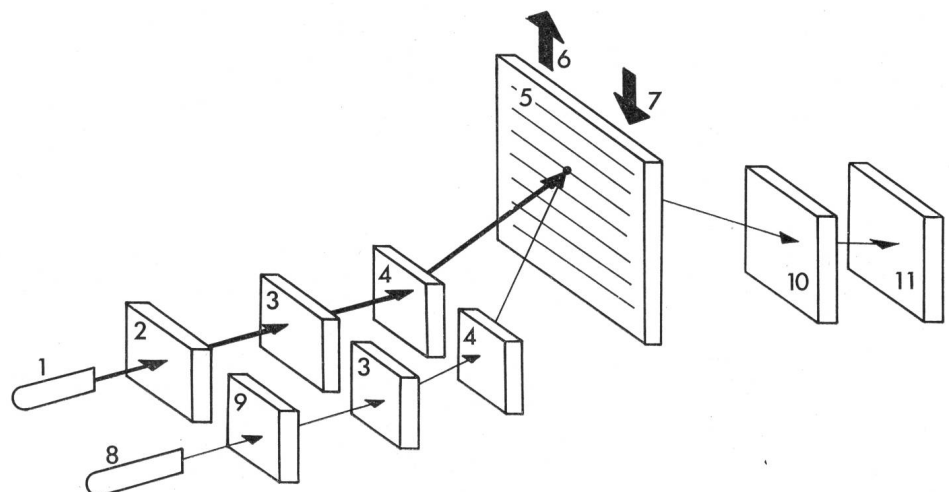
Andere Systeme benützten photoempfindliche Materialien, flüssige Kristalle mit Farbeffekten usw. Auch die Holographie wurde im Labor schon zur digitalen Speicherung verwendet. Bei allen Systemen ist vorläufig noch nicht mit einer kommerziellen Anwendung zu rechnen. Der heutige Zustand und der Preis der einzelnen Elemente werden dies noch für einige Zeit verhindern. Sobald es einmal soweit ist, können solche Systeme recht attraktive Eigenschaften bieten: Kapazitäten von etwa $1...100 \cdot 10^6$ bit oder noch mehr mit Zugriffszeiten in der Grössenordnung von etwa $1 \mu s$. Der Preis für diese, heute noch nicht existierende Kombination wird etwa das 2...4fache von heutigen grossen Massenspeichern betragen.

Die zweite Art der optischen Speicher hat wesentlich längere Zugriffszeiten; bis zu einer oder mehreren Sekunden. Dafür versprechen sie zu sehr kleinen Kosten pro Bit ungeheure Speicherkapazitäten; bis zu Milliarden von Bits. Bei vielen solchen Systemen versucht man, sich der photographischen Aufzeichnung auf Filmen zu bedienen. Verbesserungen werden gemacht mit Hilfe von lichtemittierenden Dioden, Fiberoptik, neuen Filmmaterialien usw. Trotzdem scheint eine kommerzielle Anwendung noch einige Zeit auf sich warten zu lassen.

Ein ähnliches System, bei welchem mit Hilfe von Laserstrahlen kleine Löcher in ein Plastikband gebrannt werden, und das bis zu 10^{12} bit Information speichern kann (Terra Bit Memory), wurde im Frühjahr 1972 der amerikanischen National Security Agency (Regierungsstelle) abgeliefert. Es findet als zentraler Informationsspeicher für eine Vielzahl von Computern Verwendung.

Fig. 10
Optischer Speicher mit Laser

- 1 starker Laser
- 2 Modulator
- 3 X-Ablenkung
- 4 Y-Ablenkung
- 5 Speicherplatte
- 6 Magnetfeld beim Löschen
- 7 Magnetfeld beim Schreiben
- 8 schwacher Laser
- 9 1. Polarisierung des Lesestrahles
- 10 2. Polarisierung des Lesestrahles
- 11 Photodetektor



4. Zukunftsaussichten

Fig. 11 zeigt in grober Form die heutige Marktaufteilung der verschiedenen Speichertechnologien in Funktion von Zugriffszeit und Speicherkapazität. Fig. 12 versucht eine Voraussage für die späteren 70er Jahre zu machen.

Für die einzelnen Technologien können dazu folgende zusammenfassende Bemerkungen gemacht werden:

a) Halbleiterspeicher und magnetische «Bubbles»

Sie werden noch etwas schneller, vor allem aber billiger und damit grösser werden. Die Expansion ihres Gebietes wird ohne Zweifel auf Kosten der Kern- und Drahtspeicher gehen. Sollten die magnetischen «Bubbles» kommerziell produziert werden, so werden sie sich im gleichen Gebiet ausbreiten.

b) Kern- und Drahtspeicher

Sie werden sich, von der Halbleiter-Konkurrenz gezwungen, nach grösseren Kapazitäten hin entwickeln müssen. Bezüglich Geschwindigkeit sind keine grossen Fortschritte mehr zu erwarten. Sie werden somit grössenmässig ins Gebiet der heutigen Massenspeicher vorstossen und diese durch ihre kleinere Zugriffszeit konkurrenzieren.

c) Supraleitende Speicher

Falls diese wirklich auf den Markt kommen, werden sie eine heute bestehende Lücke ausfüllen, da sie hohe Kapazität mit sehr kleiner Zugriffszeit kombinieren. So können sich ganz neue Aspekte in der Anwendung der EDV ergeben. Je nach der Preisentwicklung dieser Speicher könnten sie eventuell die anderen, langsameren Massenspeicher mit vergleichbarer Kapazität konkurrenzieren.

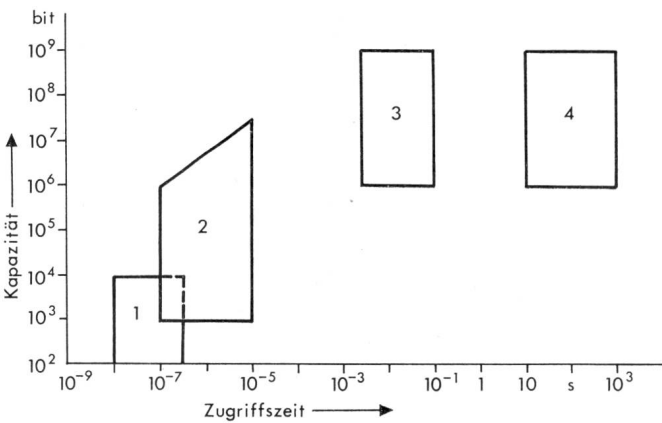


Fig. 11 Marktaufteilung bezogen auf Speichertechnologien 1971

- 1 Halbleiterspeicher
- 2 Magnetkernspeicher und Dünnspeicher
- 3 Trommel- und Plattenspeicher
- 4 Magnetbandspeicher

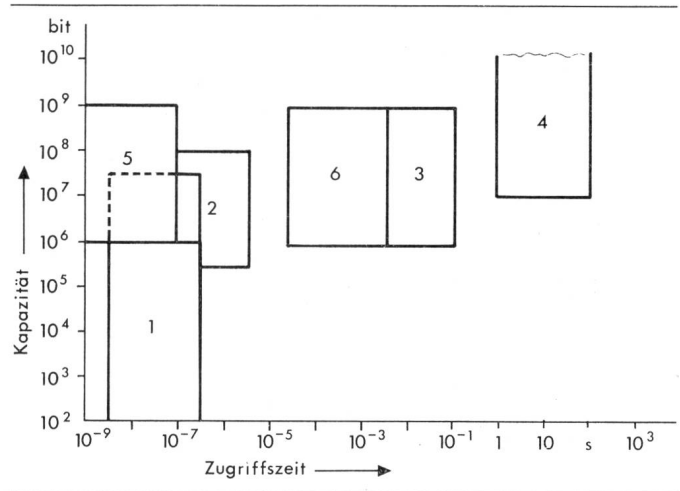


Fig. 12 Marktaufteilung bezogen auf Speichertechnologien 1979

- 1 Halbleiterspeicher und «Bubbles»
- 2 Magnetkernspeicher und Dünnspeicher
- 3 Trommel- und Plattenspeicher
- 4 magnetband- und photo-optische Speicher
- 5 supraleitende Speicher
- 6 Laserspeicher

d) Laserspeicher

Diese neuen Speichersysteme werden mit einiger Wahrscheinlichkeit in den nächsten Jahren verfügbar sein. Sie werden geschwindigkeitsmässig in die Lücke zwischen Kern-/Drahtspeichern und Trommel-/Plattenspeichern vorstossen und somit eine ernsthafte Konkurrenz zu den heutigen peripheren Massenspeichern darstellen.

e) Photo-optische und Bandspeicher

Ihr Anwendungsgebiet wird sich gegen sehr hohe Kapazitäten und lange Zugriffszeiten entwickeln. In diesem Gebiet der archivarischen Datenspeicherung werden sie weitgehend ein Monopol erreichen.

Weitere und vor allem präzisere Voraussagen zu machen, ist wohl etwas anmassend. Es ist bestimmt sehr interessant, die Entwicklung auf diesem Gebiet zu verfolgen, vor allem auch die Preisentwicklung. Da die Preise nicht nur von der technischen Entwicklungsstufe, sondern wesentlich von Angebot und Nachfrage und der Wirtschaftslage allgemein abhängen, sind sicher noch viele Überraschungen möglich.

Adresse des Autors:

Hans Neukom, dipl. El.-Ing. ETH, Sperry Univac, Hardturmstrasse 161, 8021 Zürich.