Zeitschrift: Schweizer Ingenieur und Architekt
Herausgeber: Verlags-AG der akademischen technischen Vereine
Band: 97 (1979)
Heft: 21

Artikel: Optischer Speicher mit Diodenlaser
Autor: [s.n.]
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-85470

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: 09.07.2025

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

L. de Moll, USA, zeigte, wie in innerstädtischer Lage eine 1971 in Philadelphia aufgegebene Fabrikanlage - ehem. etwa 8000 Beschäftigte, bis achtgeschossige Anlage, gute Bausubstanz, ca. 9 Acre - im Auftrage der Stadt wieder hergerichtet wird; diesmal für kleinere und mittlere Betriebe. Dabei bildet sie zugleich den Ansatz für die Sanierung der umliegenden Wohngebiete, die im Zuge der «suburb» -Wanderung der Betriebe vorkamen.
Anhand eingehender Flächen-, Kosten- und Betriebsanalysen gab es Abriss auf fünf Geschosse, vergrösserte Freiflächen, Teilungspläne, Halbierung der vorhandenen Geschossflächen: zu Kosten von ca US-$ 20 pro sq. foot, vergleichbar einer Neuansiedlung für kleinere und mittlere Betriebe; bei Lösung bestehender Probleme, bei Nutzung vorhandener, verloren geglaubter Ressourcen (Revitalisierung von Wohngebieten; Ausnutzung der bestehenden Infrastruktur) statt auf dem flachen Lande neue «Folgelasten» zu erzeugen!
Ein weiteres Beispiel führten E. Bielski, *T. Wroblewski* (Polen) vor, die Reorganisation zahlreicher Textilbetriebe in Lodz.
Sie berichteten über die vielfachen Notwendigkeiten, Möglichkeiten und Entwicklungsstufen, um gleichzeitig mit der Rekonstruktion der Industriebetriebe verbesserte Wohn-, Verkehrs- und Emissions-/Immissionsbedingungen zu schaffen. Es entstanden so Gebiete mit bis zu 35 000 bis 50 000 Beschäftigten.
Eingebettet war diese Tagung in ein reiches Programm von Begegnungen mit Menschen des Landes, mit ihrer wechselvollen Geschichte und einer sehr abwechslungsvollen Landschaft.
Ein Besuch im Salzbergwerk Wielczka aus dem 13. Jahrhundert zeigt, dass schon in längst vergangenen Tagen die Industrie Quell vom Reichtum war, darüber hinaus reiche Möglichkeiten bot zu architektonischer Gestaltung - über und unter der Erde: in reicher Ausgestaltung von Kapellen und Höhlen, in den Werkzeugen zu Abbau und Gewinnung des Salzes sowie in Geräten zu dessen Transport, horizontal und vertikal. Ein Beitrag zum Überleben in Kriegs- und Friedenszeiten.
Besuche in der Königsstadt Krakau zeigten den berühmt-behutsamen Umgang polnischer Stadtplaner mit historischer Bausubstanz. Folkloristische Veranstaltungen im Nationalpark der Hohen Tatra liessen reizvolle Einblicke in bisher noch weniger von Industrie geprägte Bereiche zu - mit noch heute sehr lebendiger charakteristischer Holzarchitektur.
Besonderer Dank aller Teilnehmer gebührt den Veranstaltern, allen voran Frau Mgr. inz. arch. *Ludmilla Horwath-Gumulowa,* welche mit ihrem unermüdlichen Einsatz alle Fäden spannte und bis zuletzt auch fest in Händen hielt.

Adresse des Verfassers: *Claus-Gebhard Lezius,* Wilhelm-Bode-Strasse 12, D-3300 Braunschweig

---

Elektronik

Optischer Speicher mit Diodenlaser

Den ersten optischen Diodenlaser-Datenspeicher der Welt hat Philips Data Systems kürzlich vorgestellt. Der neue Speicher ist fabrikationsreif, wird aber noch nicht kommerzialisiert. Unter weitgehender Anwendung der Technologie, wie sie für die VLP-Bildplatte (Video Long Play) entwickelt wurde, ermöglicht dieses äusserst kompakte Speichergerät das Aufzeichnen und Lesen von Daten mit hoher Dichte. Als Speichermedium dient eine rotierende, mit Rillen versehene doppelseitige Scheibe von 30 Zentimeter Durchmesser. Die Scheibe speichert eine Informationsmenge von 10^{10} Bit, was dem Inhalt von rund einer halben Million maschinengeschriebener Textseiten entspricht. Sie ist damit den grössten heute angebotenen Speichern mit Magnetplatten zehnfach überlegen. Vorteile des optischen Speichers sind die Möglichkeit, Daten unmittelbar nach dem Schreiben zu lesen und der schnelle, wahlfreie Zugriff. Im Durchschnitt dauert der Zugriff zu einer beliebigen Speicherstelle nur 250 Millisekunden. So ist ein nahezu sofortiger Zugriff zu 5×10^9 Bit, dem Inhalt einer Plattenseite, möglich.

Ein Erfolg multidisziplinärer Technik

Wenn auch die Möglichkeit, Laser für die optische Datenspeicherung zu benutzen, schon seit einigen Jahren diskutiert wird, so stand doch eine Reihe von Problemen der Entwicklung eines brauchbaren Schreib-Lese-Speichers im Wege. Ein solches Aufzeichnungssystem benötigt einen Miniatur-Diodenlaser und eine Optik mit geringen Abmessungen, kombiniert mit einem empfindlichen Speichermedium, das sich für die Langzeitspeicherung eignet, sowie ein äusserst präzise arbeitendes Servo-System, das den Schlüssel zu einem schnellen, wahlfreien Zugriff darstellt. Mit anderen Worten: Verbesserungen des Standes der Technik waren gleich in mehreren Bereichen erforderlich.
Der Diodenlaser, der in dem neuen Datenspeicher verwendet wird, ist vom *Aluminium-Gallium-Arsenid-DH-Typ* und besteht aus einem Halbleiterplättchen von 0,1 Millimeter Kantenlänge, das in einem Gehäuse in der für einen Transistor üblichen Grösse untergebracht ist. Trotz der geringen Abmessungen hat die pulsierende Lichtquelle eine so hohe Leistung, dass sie einen grossen Gaslaser und den dazugehörigen Modulator ersetzen kann. Der Laser ist eingebaut in das 40 Gramm schwere, äusserst kompakte optische System (Bild 1), das ausserdem die Optoelektronik für die Spur-Nachlaufsteuerung und die Fokussierung enthält.

Lesen und Schreiben

Eine Diodenlaser-Optik dieser Art kann Daten auf eine ähnliche Weise lesen wie ein Video-Longplay-System. Mit erhöhter Leistung vermag der Laser ausserdem Daten in die Beschichtung der Speicherplatte «einzubrennen» oder zu schreiben. Bei dem System von Philips brennt der Laserstrahl Löcher im Durchmesser von 1 Mikrometer (1 Mikrometer = 1 Millionstel Meter) in eine Schicht aus einem Tellur-haltigen Werkstoff. Optische Datenbits, die auf diese Weise auf die Platte geschrieben worden sind, lassen sich sofort danach aufgrund ihrer Reflexionseigenschaften lesen. Die Optoelektronik erkennt den Unterschied zwischen dem starken Licht, das von der unzerstörten Reflexionsschicht zurückgeworfen wird, und dem schwachen Licht, das von einem eingebrannten Loch kommt (durch das ja der grösste Teil des auftreffenden Lichts entweicht). Die beiden unterschiedlichen Helligkeitsstufen werden in ein binäres elektrisches Signal umgewandelt und stellen dann die elektrischen Datenbits dar.

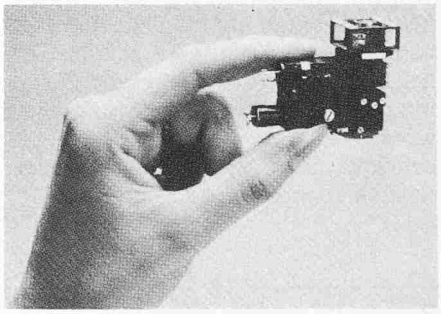

Bild 1. Optischer Schreib-Lese-Kopf mit Diodenlaser

Die auf die Platte geschriebenen Daten müssen natürlich durch eine Adresse gekennzeichnet werden, damit sie wieder aufzufinden sind und nicht verlorengehen. Darüber hinaus muss das Speichersystem Daten und Adressen an jeder Stelle der nutzbaren Plattenfläche schreiben können, wenn ein wahlfreier Zugriff gewährleistet sein soll. Das führt zunächst zu der Forderung, die optische Einheit exakt mit Mikrometergenauigkeit über die Spur mit den winzigen Löchern

zu führen. Tatsächlich ist diese ausserordentliche Präzision aber nicht erforderlich. Es konnte für das Positionieren der Optoelektronik das bei der Bildplatte gewonnene Know-how ausgenutzt und ein für VLP entwickeltes Verfahren in veränderter Form übernommen werden.

Das optische System

Aufgabe des optischen Systems ist es, Laserlicht mit ausreichender Leistung zu einem sehr kleinen Lichtpunkt auf der Speicherschicht zu konzentrieren. Es muss ausserdem Signale erzeugen, die die Abweichungen von der richtigen Scharfeinstellung und der Position über der Spur melden. Ein solches optisches System ist in Bild 2 dargestellt.

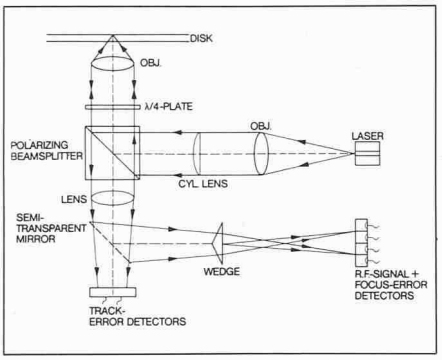

Bild 2. Optisches System

Als Lichtquelle dient ein *Gallium-Aluminium-Arsenid-Diodenlaser*, der eine Strahlung mit einer Wellenlänge von 820 nm abgibt. Etwa 40 Prozent des austretenden Lichtbündels werden von der ersten bikonvexen Linse erfasst. Das zweite optische Element ist eine schwach brechende Zylinderlinse, die Astigmatismusfehler im Laser-Lichtstrahl korrigiert. Das parallele Strahlenbündel wird auf einen polarisierenden Strahlteiler gerichtet. Das dort umgelenkte Parallelstrahlbündel wird durch eine bikonvexe Objektivlinse (NA = 0,6) auf die 300 Angström dicke Speicherschicht konzentriert, die das auftreffende Licht teilweise reflektiert und teilweise absorbiert. Der Durchmesser des Lichtpunktes auf der Scheibe beträgt 1 Mikrometer.

Das von der Platte reflektierte Licht, das zum optischen System zurückkehrt, durchläuft nach dem Passieren der Lambda-Viertel-Platte den Strahlteiler, der zum Trennen des reflektierten Lichtes vom ausgesandten Lichtstrahl dient. Etwa die Hälfte des Lichtes tritt durch einen halbdurchlässigen Spiegel hindurch und fällt auf eine geteilte Fotodiode. Ein eventueller Unterschied zwischen den elektrischen Signalen von den beiden Hälften der Diode dient als Kenngrösse für den Spurfehler. Die vom halbdurchlässigen Spiegel reflektierte andere Hälfte des Lichtes durchläuft ein Prisma und wird von ihm auf eine weitere geteilte Fotodiode fokussiert. Der Spannungsunterschied von den beiden Abschnitten dieser Fotodiode stellt ein Mass für den Fehler der Scharfeinstellung dar. Beide Fehlersignale sind an die Eingänge von Servo-Systemen für die Scharfeinstellung und die Spurnachführung geschaltet. Beide Regelkreise haben eine Bandbreite von 1 kHz.

Zum *Schreiben* wird der Speisestrom des Lasers moduliert. Lichtimpulse mit einer Länge von 50 ns und einer Leistung von 12 mW reichen aus, um Löcher mit einem Durchmesser von 1 Mikrometer in die Speicherschicht zu brennen. Zum *Lesen* dient eine Lichtquelle mit einer geringeren Leistung. Die frisch geschriebenen Daten, die als nicht reflektierende Löcher in der Plattenbeschichtung gespeichert sind, werden von der gleichen Fotodiode gelesen, die auch das Signal für die automatische Scharfeinstellung liefert.

Wahlfreier Zugriff in kurzer Zeit

Bei der VLP-Bildplatte wird das Video-Signal normalerweise sequentiell von der gepressten Kunststoffscheibe abgelesen. Die *Information* wird in die Oberfläche der Platte in Form eines *Reliefmusters* eingeprägt. Das Relief weist eine Tiefe auf, die einem Viertel der Wellenlänge des verwendeten Laserlichts entspricht. Beim Lesen der eingeprägten Daten kommt es zu unterschiedlicher Reflexion der Bereiche mit erhobenem Relief und ohne Relief. Das wirkt sich in unterschiedlicher Helligkeit des reflektierenden Lichts aus.

Beim neuen optischen Speicher mit Diodenlaser besitzt die rotierende Platte eine vorgeprägte Spur, deren Tiefe ein Achtel der Wellenlänge des Laserlichts beträgt. Bild 4 zeigt die Elektronenstrahlmikroskop-Aufnahme einer vorgeprägten Spur, in die Daten eingeschrieben worden sind. In der Spur sind von Anfang an die Adressen für die Speicherstellen eingeformt (Bild 3). Das optische System

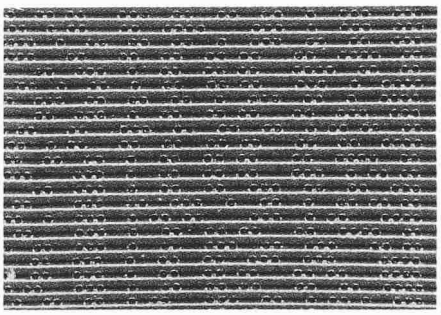

Bild 4. Mit dem Elektronenstrahlmikroskop angefertigtes Bild. Es zeigt die in die Speicherplatte eingeprägten Spuren

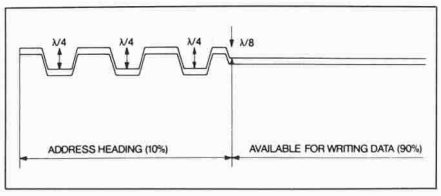

Bild 3. Längsschnitt durch die vorgeprägte Rille, in welche die Daten geschrieben werden. Den Beginn eines Sektors markiert ein Adressvorspann, dessen geprägte Daten eine Höhe von einem Viertel der Wellenlänge haben

kann somit der eingeprägten Rille folgen, unabhängig davon, ob bereits Daten eingeschrieben wurden oder nicht, und zugleich den Adressenvorspann suchen und lesen. Somit können Daten beliebig überall auf den nutzbaren Spurabschnitten aufgezeichnet und gelesen werden. In beiden Betriebsarten ist der Zugriff zu den gewünschten Adressen in beliebiger Reihenfolge möglich.

Die Adressenvorspänne werden nach den für die VLP-Platte entwickelten Aufzeichnungs- und Vervielfältigungsverfahren in Kunststoffolien geprägt. Wie Bild 5 zeigt, hat die Platte auf einer Seite 45 000 Spiralspuren, und jede Spur besitzt 128 Sektoren.

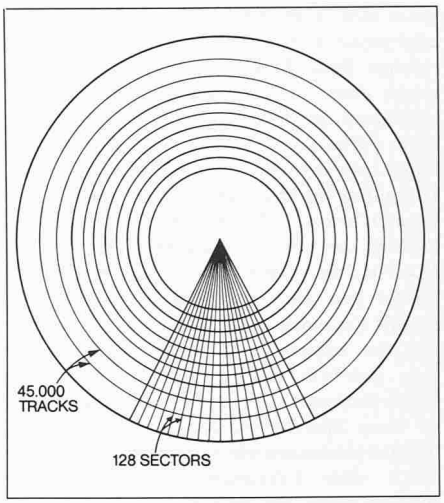

Bild 5. Schematische Darstellung, wie auf einer Plattenseite über fünf Millionen Sektoren individuell für das Schreiben und Lesen adressiert werden können, wodurch sich grosse Dateien leicht handhaben lassen

Zwischen den Adressenvorspännen liegen die flacheren vorgeprägten Spurteile. Nach dem Prägen der Folie wird das Aufzeichnungsmaterial auf die Oberfläche der Platte aufgedampft. Je zwei solcher Kunststoffscheiben werden Rücken an Rücken zu einer Doppelplatte mit Luftzwischenraum verbunden (Bild 6).

Wie in Bild 6 dargestellt, wird das Lichtbündel des Lasers durch die 1 mm dicke Kunststoffscheibe hindurch auf die Speicherschicht gerichtet. So ergibt sich ein hoher Schutz gegen Störungen durch Staub, Fingerabdrücke oder Kratzer. Auf die erreichbare Speicherdichte hat die Beleuchtung von hinten keinen Einfluss. Der Optikkopf liest die Adressvorspänne, positioniert sich selbständig über der vorgeprägten Rille und kann durch das Einbrennen von Löchern in die Speicherschicht Daten auf die Platte schreiben, wie es bereits beschrieben wurde. Die Linse des Objektivs hat von der Oberfläche der Kunststoffscheibe einen Abstand von 2 Millimeter. Probleme durch einen engen Kopfabstand wie bei Magnetplattenspeichern treten also nicht auf.

Der Anwender des optischen Datenspeichers kann in jeden der einzeln adressierbaren 42 000×128 Sektoren jeweils 1 KBit schreiben. Da sich die Platte je Sekunde 2,5mal dreht, bedeutet das eine durchschnittliche Zugriffszeit von 250 ms auf eine Speicherkapazität von 5×10^9 Anwender-Bit. Aus diesen Angaben lässt sich leicht errechnen, dass die Schreibgeschwindigkeit 300 000 bit/s beträgt.

Optik findet die exakte Position

Wenn auch durch die vorgeprägte Rille keine Notwendigkeit besteht, den optischen Schreib- und Lesekopf mit Mikrometergenauigkeit zu positionieren, so bestehen den-

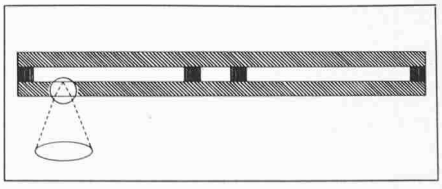

Bild 6. Durch das Zusammenfügen von zwei Kunststoffplatten Rücken an Rücken erhält die als Speichermedium dienende Beschichtung optimalen Schutz, ohne das Speichervermögen zu beeinträchtigen

noch sehr hohe Ansprüche an das genaue und schnelle Einfahren der Optik über die richtige Spur. Das optische System ist auf einem Arm montiert, der durch einen Linearmotor angetrieben wird (Bild 7). Ein optisches Gitter auf dem Arm ermöglicht es, die Optik sehr schnell mit einer Genauigkeit von 10 Spuren (16 Mikrometer) zur gewünschten Spur zu bringen. Anschliessend führt die optisch-elektronische Nachführregelung den Kopf auf die richtige Spur. Danach wird der Sektor gelesen. Mit Hilfe dieser Technik konnte die Laufzeit des Schreib-Lese-Kopfes von der äussersten zur innersten Spur auf 0,1 s gedrückt werden. So beträgt bei 2,5 Umdrehungen/s die maximale Zugriffszeit zu einer Speichermenge, die der von fünf Magnetplattenstapeln entspricht, nur 0,5 s.
Nach dem Erkennen der gewünschten Adresse muss das System scharf eingestellt bleiben und über der Spur gehalten werden. Für das Einstellen der Schärfe wird der Abstand der Objektivlinse relativ zur Speicherschicht elektrodynamisch durch eine Schwingspule auf 1 Mikrometer konstant gehalten. Zum Führen des Kopfes über der Spur dient der gleiche Linearmotor, der für die Grobpositionierung verwendet wird. Selbst wenn eine Spur bis zu 0,1 Millimeter unrund ist, beträgt der Abtastfehler nur 0,1 Mikrometer.

Datenspeicherung ohne Fehler

Das fehlerfreie Auslesen der Daten wird durch geeignete Datenmodulation, das Einfügen von Codeworten in die Sektoren und eine hohe Redundanz von 20 Prozent sichergestellt. Auf diese Weise lassen sich 99,9 Prozent aller Fehler aufspüren und durch das elektronische Fehlerberichtigungssystem automatisch korrigieren. Die nicht korrigierbaren restlichen 0,1 Prozent der Fehler werden ebenfalls vom System erkannt, wonach alle Daten dieses Sektors in einem neuen Sektor abermals geschrieben werden. Für den Anwender bedeutet das, dass das Speichersystem fehlerfrei arbeitet.

Format der Speicherplatte

Auf der Platte befindet sich eine spiralförmige Rille von 0,6 Mikrometer Breite und 0,06 Mikrometer Tiefe. Die Tiefe entspricht beim Abtasten durch die Kunststoffscheibe von unten etwa einem Achtel der Wellenlänge des Laserlichts. Die Rille dient zum Positionieren des Schreib-Lese-Kopfes in radialer Richtung. Zwischen den Rillen oder Spuren liegt ein Abstand von 1,67 Mikrometer.
Jede Spur ist in 128 Sektoren aufgeteilt. Jeder Sektor hat, wie in Bild 2 dargestellt, einen Adressenvorspann, dem ein gleichmässig tiefer Rillenabschnitt für die einzuschreibenden Daten folgt. Die Daten werden geschrieben, indem der Laserstrahl Löcher von 1 Mikrometer Durchmesser in die 300 Angström dicke Beschichtung aus Tellurhaltigem Werkstoff brennt. Der Anwender kann in jeden Sektor 1 KBit schreiben, wenn auch die äusseren Sektoren sogar das Doppelte dieser Speicherkapazität aufweisen. Das Einbrennen der Löcher stellt eine optische Amplitudenmodulation dar, die der Phasenstruktur der durchlaufenden Rille überlagert ist.
Der eingeprägte Vorspann enthält sowohl Informationen für die Synchronisierung des Sektors als auch über Spur und Sektornummer. Das Feld mit den zu speichernden Daten wird synchron zum Vorspann geschrieben und enthält 22 Codewörter je Sektor. Die Codewörter bestehen aus 16 Zeichen zu je 4 Bit. Drei der 16 Symbole werden für die Fehlerberichtigung verwendet. Auf der Scheibe werden die Codewörter ineinander verschachtelt geschrieben, so dass eventuelle längere Fehlerhäufungen sich über einige Codewörter verteilen. So ist es möglich, einzelne falsche Zeichen in einem Codewort zu korrigieren und zwei oder mehr falsche Zeichen im Codewort in einem Sektor aufzuspüren. Im letzten Fall wird der ganze Sektor neu geschrieben. Das ist üblicherweise nur bei 0,1 Prozent aller Sektoren der Fall.

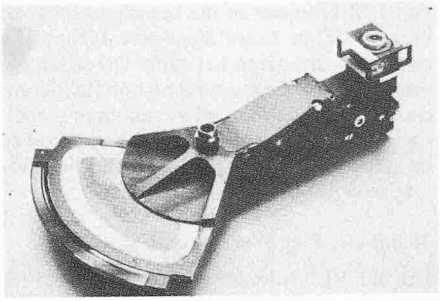

Bild 7. Der optische Schreib-Lese-Kopf (rechts) ist auf einem Arm montiert. Ein Linearmotor dient sowohl zum schnellen Zugriff als auch zum Nachführen des Kopfes über der gewünschten Spur

Vielfältige Anwendungsmöglichkeiten

Philips sieht für den optischen Speicher *zwei verschiedene Anwendungsbereiche:* Zum einen das Speichern von *alphanumerischer Information,* zum anderen das Speichern von *Bildern.* Die digitale Bildspeicherung verlangt grosse Speicherkapazitäten, wie sie das neue Speichermedium reichlich bietet. Da sowohl Texte als auch Bilder mit schnellen Zugriffszeiten geschrieben und gelesen werden können, mag sich die Speicherplatte durchaus zum elektronischen Gegenstück von Papier und Mikrofilm entwickeln.
Zur hohen Kapazität kommt als Vorteil die *Speichermöglichkeit über lange Zeiträume* hinzu, was der optischen Speicherplatte ermöglicht, magnetische Medien wie Band oder Platte in einer Vielzahl von Anwendungen zu ersetzen. Dazu gehören nicht allzu häufig aktualisierte grosse Dateien, z. B. für ein Bildschirmtext-System mit Wirtschaftsdaten. Schon jetzt ist die Datendichte zehnmal höher als bei magnetischen Speichermedien. Dieses Verhältnis wird sich in Zukunft wahrscheinlich sogar noch erhöhen. Mit der Fortentwicklung dieses Verfahrens werden die Speicherkosten pro Bit dann deutlich unter denen jedes anderen heute verfügbaren Mediums liegen, so dass es zu einem fundamentalen Wandel bei den Datenspeicherkonzepten kommen wird.

Bei der optischen Speicherplatte als elektronischem Gegenstück zu dem mit Worten und Bildern bedruckten Papier lassen sich keine Beschränkungen für Art oder Menge der Information erkennen, die geschrieben oder gelesen werden können. Für die Kopplung mit bestehenden oder zukünftigen Nachrichtennetzen, z. B. mit faseroptischen Kabeln, zeigen sich ebenfalls keine Grenzen. Mit Sicherheit werden solche optischen Speicher im Büro der Zukunft in Textverarbeitungssysteme integriert werden. Sie bieten dann einen *elektronischen «Aktenschrank»* für alle Dokumente und sogar für die Briefe, die mit Fernkopierern empfangen werden. Für die Entwicklung der *elektronischen Post* ist dieser Speicher geradezu ein logischer Schritt. In *Krankenhäusern* wird die Speicherplatte *Patientendateien* ermöglichen, die lückenlos die ganze Krankengeschichte dokumentieren, einschliesslich der Röntgenaufnahmen, EKG-Kurven oder anderem Bildmaterial mit geschriebenem und sogar mit gesprochenem Text.
Das neue Speichermedium mit seiner hohen Kapazität von 10^{10} Bit in einem preisgünstigen, kompakten und zuverlässigen Gerät eröffnet ungeahnte Möglichkeiten. Schon das gegenwärtige System kann als ein gigantischer programmierbarer Festwertspeicher (PROM) angesehen werden. Die Fortführung der heutigen Technik wird aber ohne Zweifel zu noch höheren Ein- und Ausgabegeschwindigkeiten und Speicherdichten sowie löschbaren Plattenbeschichtungen führen. Mit solchen Systemen erwachsen der Datentechnik gewaltige Schreib-Lese-Speicher (RAM). Die optische Speicherplatte präsentiert sich schon heute als Lösung für viele Speicheraufgaben der Zukunft.