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: 74 (1983)

Heft: 11

Artikel: Vom Magnetband zur optischen Speicherplatte

Autor: Rinderknecht, H. R.

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-904815

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: 09.12.2025

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

Vom Magnetband zur optischen Speicherplatte

H. R. Rinderknecht

Es wird ein Überblick über die Speicherung von Stimmen, Musik und Daten gegeben, von der Entdeckung der akustischen Grundlagen über den Phonographen von Edison bis zur stürmischen Entwicklung der modernen Speichertechnik.

Aperçu de la mémorisation de la voix, de la musique et de l'information, depuis la découverte des bases de l'acoustique, en passant par le phonographe d'Edison, jusqu'au développement impétueux des mémoires électroniques modernes.

Adresse des Autors
H. R. Rinderknecht, Journalist, Bäumliackerstrasse 1, 4103 Bottmingen.

Der Wunsch, Vergängliches festzuhalten, ist so alt wie die Menschheit. Dabei dachte man nicht nur an die mündliche Überlieferung, an das Aufzeichnen von Ereignissen in Bild und Schrift, sondern auch immer an das Einfangen und Festhalten von Tönen, Stimmen, Musik und Sprache. Der Weg vom utopischen Wunschdenken bis zur technischen Machbarkeit reicht bis in unseres Jahrhundert.

Zur Geschichte

Bereits in Romanen des Mittelalters ist die Rede davon, Töne und Geräusche etwa wie Wein «auf Flaschen zu ziehen». Damals waren das noch Hirngespinste, Jahre später wurde es jedoch Wirklichkeit – zuerst durch Edisons «Phonographen», dem Urahnen des modernen Plattenspielers. Das Magnetband, die Magnetplatte und die optische Speicherplatte sind Marksteine der Entwicklung moderner Speichermedien.

Unter den bedeutenden technischen Neuerungen unseres Jahrhunderts wird stets das Magnettonverfahren genannt. Es ist die heute gebräuchlichste Art, Musik, Sprache, Geräusche, aber auch Daten zu konservieren. Weder die Weltraumfahrt noch die Computertechnik sind ohne Magnetband denkbar. Schon in den dreissiger Jahren kannte man Tonbandgeräte und Magnetbänder. Sie waren aber zu jener Zeit noch dem professionellen Einsatz vorbehalten.

Erst um 1950 war die Technik der Magnettonaufzeichnung und -wiedergabe so weit fortgeschritten, dass das Tonband auch für den Amateur interessant wurde. Von jenem Zeitpunkt an nahm die Entwicklung und Verbreitung der Magnettontechnik einen ungeheuer schnellen Verlauf. Heute ist sie sowohl aus dem geschäftlichen wie auch aus dem privaten Bereich nicht mehr wegzudenken. Speichermedien sind zur Selbstverständlichkeit geworden.

Die eigentliche Geschichte der Magnettontechnik ist vergleichsweise jung; doch die Theorien und Erkenntnisse, die dem Verfahren zugrunde liegen, reichen weit zurück. Jene Denker und Wissenschafter, die die Lehre vom Schall wie Mosaiksteinchen zum heutigen wissenschaftlichen Gesamtbild zusammentrugen, schufen auch die Grundlage für das weite Gebiet der Elektroakustik, für die Schallplatte, den Tonfilm, das Tonband, das Radio und das Fernsehen. Einige Meilensteine dieses langen Entwicklungsweges sollen hier genannt werden, vor allem jene wissenschaftlichen Erkenntnisse, die zu den Erfolgen der heutigen Tonbandtechnik führten.

Der griechische Philosoph und Mathematiker *Pythagoras* (582–507 v. Chr.) muss im Zusammenhang mit der Magnettontechnik als erster genannt werden. Er fand die Gesetze harmonisch schwingender Saiten und erkannte die Zusammenhänge zwischen den Schwingungszahlen der Töne.

Erst zweitausend Jahre nach ihm, im 16. Jahrhundert, entstand die chromatische, zwölfstufige Tonleiter. *Galileo Galilei* (1564–1642) [1], der Begründer der neuzeitlichen Naturwissenschaft, beschrieb als erster den Schall als Wellenbewegung. Er entdeckte, dass die Tonhöhe einer Saite von ihrer Schwingungszahl abhängt und die Schwingungszahl gleicher und gleich stark gespannter Saiten in ihrer Länge umgekehrt proportional ist. Zur Zeit Galileis gelang es auch erstmals dem französischen Naturforscher *Pierre* (1592–1655), die Geschwindigkeit des Schalls in der Luft exakt zu ermitteln. Dabei stellte man auch fest, dass die Schallgeschwindigkeit für hohe und tiefe Töne gleich gross ist.

Erstaunlich für den damaligen Stand der Wissenschaft war die Theorie des deutschen Universitätsprofessors *G. Chr. Schellhammer* aus Helmstatt im Jahre 1688. Er trat an die Öffentlichkeit mit der Behauptung: «Töne können nur durch eine wellen-

förmige Bewegung der Luft entstehen, wobei die Luft in schneller Folge angestossen werden muss.» Diese Erkenntnis benützte dann im Jahre 1700 der Pariser Mathematiker *Joseph Sauvenez* zu weiteren Versuchen, die zu einer neuen Wissenschaft führten. Sauvenez nannte seine Lehre Akustik.

Von da an nahmen Wissen und Erkenntnisse um den Schall schnell zu. Sir *Isaac Newton* (1643–1727) [1] verdankt die Wissenschaft nicht nur die drei grundlegenden Bewegungsgrundsätze und das Gravitationsgesetz. Er begründete neben vielen anderen wissenschaftlichen Theorien auch die Lehre vom Schall und berechnete als erster die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des elastischen Impulses.

Am Anfang der Geschichte der eigentlichen Tonaufzeichnungen stand der Pfälzer Chemiker *Johann Joachim Becher* (geb. 1635). Er beschrieb 1706 eine Sprechmaschine, eine Maschine, die Töne festzuhalten und wiederzugeben imstande sein sollte. Diese Maschine ist nie gebaut worden, doch die Idee veranlasste spätere Forschergenerationen dazu, tiefer in das Gebiet der Akustik einzudringen, um noch klarere Vorstellungen über die Physik des Schalls zu gewinnen. Der deutsche Physikprofessor *Georg Simon Ohm* (1789–1854), vor allem durch das Ohmsche Gesetz (1827) bekannt, behandelte in einer Theorie den Unterschied zwischen Ton und Klang [1].

Hermann von Helmholtz (1821–1894) schliesslich untersuchte experimentell die Zusammensetzung der Klänge [1]. Seine Erkenntnisse veröffentlichte er 1862 unter dem Titel «Lehre von den Tonempfindungen».

Um jene Zeit trat der vielseitige amerikanische Erfinder und Elektrotechniker *Thomas Alva Edison* (1847–1931) auf den Plan [1]. Um 1875 entdeckte er, dass sich die Membrane zur Umwandlung von Schallschwingungen in mechanische Schwingungen eignet. Das war der entscheidende erste Schritt für eine technische Realisierung der seit Jahrhunderten angesammelten wissenschaftlichen Erkenntnisse. Ohne voneinander zu wissen, suchten *Edison* und der französische Physiker *Charles Cros* einen Weg, die Luftschwingungen des Schalls in mechanische Bewegung umzusetzen und so «niederzuschreiben», dass eine Rückwandlung in Schallschwingungen jederzeit möglich war.

Der 12. August 1877 ist das historische Datum, an dem Edison der erste Versuch mit einer Sprechmaschine und seinem Nadelton-Verfahren, der Fixierung und Wiedergabe von Tönen auf mechanischem Weg auf einer Walze, gelang. Der «Phonograph» war erfunden. Noch im gleichen Jahr erhob Charles Cros Anspruch auf Priorität seiner Erfindung. Die Sprechmaschine von Cros war der von Edison sehr ähnlich; doch sie wurde praktisch nie gebaut. Der «Phonograph» von Edison setzte sich durch.

Edison hatte für die Tonaufzeichnung Metallfolien verwendet. *Alexander Graham Bell* [1] – er war Taubstummenlehrer – verbesserte den Edison-Phonographen entscheidend, indem er die bisher der Tonaufzeichnung dienende Metallfolie durch einen leichter gravierbaren Wachszylinder ersetzte. Den nächsten Schritt tat *Emil Berliner* mit einer «Plattensprechmaschine», die er 1890 zum erstenmal in Berlin vorführte. Wenig später erfand er eine Methode, die dazugehörenden Schallplatten auf galvanoplastischem Weg zu vervielfältigen. Um die Jahrhundertwende waren die verschiedenenen Tonaufzeichnungen soweit ausgereift, dass man sie auch kommerziell auszuwerten begann. Die Edison-Phonographen, nun mit Tonwalzen versehen, erlebten riesige Auflagen; auch Berliners «Schallplatten-Grammophon» wurde ein Verkaufserfolg.

Eine wirklich spürbare Verbesserung der bislang noch recht anspruchslosen Tonqualität bahnte sich jedoch erst in den zwanziger Jahren an, als neue elektroakustische Gerätemikrofone, Verstärker u.a. erfunden wurden, mit denen man die Methoden der rein akustischen Tonaufzeichnung ablösen konnte, wodurch die Tonqualität der Geräte spürbar verbessert wurde. Diese Erfindungen verhalfen neuen Schallübertragungsverfahren zum Durchbruch.

Vom Baumwollfaden zum Profiband

Im Jahre 1888 erschien in der amerikanischen Zeitschrift «The Electrical World» ein Artikel von *Oberlin Smith*, der damals in seiner Tragweite wohl kaum erkannt wurde. Smith legte darin die Idee für eine Tonaufzeichnung nieder: Ein Tonträger sollte durch einen Elektromagneten im Rhythmus der von einer Membrane aufgefangenen Schallwellen magnetisiert werden. Bei der Wiedergabe sollten dann umgekehrt die magnetischen Impulse

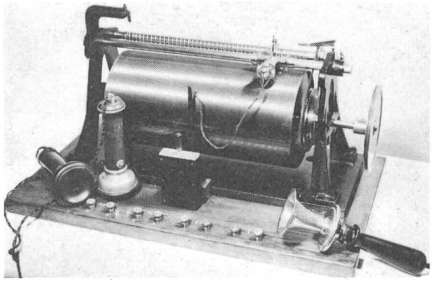

Fig. 1 Der Urahne des Tonbandgerätes
Valdemar Poulsen stellte sein «Telegraphon» 1898 der Öffentlichkeit vor. Es war das erste Gerät der Welt, das nach dem Prinzip der elektromagnetischen Schallaufzeichnung arbeitete.

elektrische Ströme erzeugen und diese wiederum eine Membrane in Schwingungen versetzen und dadurch die Töne hörbar machen.

Als Tonträger schlug Smith Drähte oder Bänder aus Stahl, aber auch Fäden aus Baumwolle oder Seide vor, die mit Stahlstaub durchsetzt waren. Damit hat er die eigentliche Idee der magnetischen Tonaufzeichnung schon zu einer Zeit beschrieben, die nach dem Stand ihrer Technik noch nicht reif war, seine Vorstellungen auch zu realisieren.

Erste Erfolge

Die ersten praktischen Versuche in Richtung der Idee von Smith unternahm der dänische Physiker *Valdemar Poulsen* (1869–1942). Seine Experimente fielen so zufriedenstellend aus, dass sein «Telegraphon» (Fig. 1) auf der Weltausstellung in Paris (1900) grosses Aufsehen erregte. Praktische Bedeutung hat dieses Gerät aber nicht erlangt, trotz der Richtigkeit des Prinzips.

Erst als die elektronische Verstärkertechnik eingeführt wurde, bekam das Magnettonverfahren einen neuen Auftrieb. Man musste jedoch feststellen, dass mit der Tonverstärkung auch die störenden Nebengeräusche beträchtlich zunahmen. Klang und Verständlichkeit wurden kaum besser. In den zwanziger Jahren bemühte sich eine Berliner Firma unter Anwendung des auch schon von Poulsen erprobten Stahlbandes um eine Verbesserung der Tonqualität, in der Hoffnung, das Magnettonverfahren für «tönende Filme» (die es damals noch nicht gab) brauchbar zu machen.

Über eine Schwierigkeit jedoch, die beim Stahlbandbetrieb immer wieder auftauchte, kam man einfach nicht hinweg: Wenn das Stahlband riss, was oft vorkam, konnte man es durch Schweissen neu verbinden. Dadurch

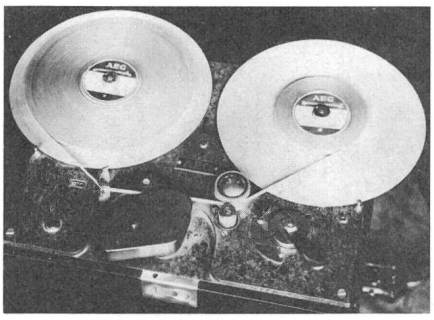

Fig. 2 Die «K3», eines der ersten transportablen Tonbandgeräte

Dazu gehörten ein Querstrom-Kohlemikrofon sowie in zwei separaten Koffern Verstärker und Lautsprecher. AEG 1935/36

wurden die magnetischen Eigenschaften einer Aufnahme örtlich so verändert, dass sich beim Abspielen ein lautes, störendes Knacken einstellte.

Das erste Tonband

Im Frühjahr 1928 führte der Dresdener Ingenieur *Fritz Pfleumer* Berliner Journalisten ein Magnettongerät eigener Konstruktion vor. Er kannte die Schwächen des bisherigen Verfahrens, wusste, dass sich Stahldrähte häufig verwirrten, ja rissen, und war mit dessen Tücken vertraut. Er ersetzte daher den stählernen Tonträger durch ein Papierband, dessen Oberfläche mit einer Eisenpulverschicht beklebt war.

Wesentlich war, dass man den Papierstreifen nach jedem Zerreissen in wenigen Sekunden durch einfaches Zusammenkleben wieder reparieren konnte. Beim erneuten Abspielen machte sich dann diese Klebestelle im Gegensatz zur Schweissstelle eines Stahlbandes akustisch kaum bemerkbar. Das war in der Tat ein Fortschritt.

1930 entschloss sich die Allgemeine Elektrizitätsgesellschaft (AEG), das Prinzip zur weiteren Entwicklung zu übernehmen. Auf der Suche nach einem möglichst feinen Eisenpulver wandte man sich an die Badische Anilin- und Soda-Fabrik (BASF) in Ludwigshafen. Diese schlug vor, anstelle des kaum brauchbaren Papiers Acetylzellulose zu verwenden und das Eisenpulver auf diese Kunststoff-Folie aufzubringen. Aus den ersten ermutigenden Laborversuchen entstand dann im Jahre 1932 eine zwischen beiden Firmen vereinbarte Arbeitsteilung: Die BASF sollte den Tonträger und die AEG die Magnettongeräte (Fig. 2, 3) entwickeln.

Schon zwei Jahre später waren die Entwicklungsarbeiten so weit vorangekommen, dass die BASF im August 1934, also vor 49 Jahren, der AEG für die Funkausstellung des Jahres 1935 in Berlin die ersten 50 000 m Tonband liefern konnte. Ursprünglich sollte das von der AEG entwickelte Magnettongerät «Ferroton» (der Name nimmt Bezug auf das Eisenpulver) genannt werden. Schliesslich erhielt es dann aber den Namen «Magnetophon». Darauf wurde das erste Tonband von BASF «Magnetophonband» genannt.

Verbesserung der Tonqualität

1935 entdeckte man, dass sich ein magnetisierbares schwarzes Eisenoxid besser für die Magnetschicht eignete als das bisherige Eisenpulver. Kurz darauf erwies sich dann das braune Gamma-Eisenoxid als noch vorteilhafter. Die magnetisierbaren Teilchen dieses Oxids wurden in ganz dünner Schicht gleichmässig auf einen Grundfilm aus Acetylzellulose aufgetragen. Die breiten Folien schnitt man in 6,5 mm breite und 1000 m lange Bänder und spulte sie auf Metallkerne. Bei der damaligen Bandgeschwindigkeit von 1 m/s bot ein Band also eine Spielzeit von fast 17 min. Dieses erste von der BASF in Serie gefertigte Tonband erhielt nach dem Namen Cellit der Kunststoffolie des Trägers die Bezeichnung «Magnetophon-Band Typ C».

Durch verbesserte Geräte und den ständig weiterentwickelten Tonträger erreichte man schon 1936 eine so gute Tonaufzeichnungsqualität, dass selbst ein berühmter Dirigent wie Sir *Thomas Beecham* davon begeistert war, als er nach einem Gastkonzert bei der BASF in Ludwigshafen hinterher die Tonaufnahme vom «Magnetophon-Band» abhörte.

1939 konnten schon 12 000 km Magnetophonband hergestellt und verkauft werden. Abnehmer der ersten Magnetophone und der ersten Magnetophonbänder waren die Rundfunkanstalten. Sie erkannten sehr schnell die neuen Möglichkeiten: bequemere Tonmontage, Tonkontrollen noch während der Aufnahme, längere Speicherzeiten gegenüber den bisher verwendeten Wachsschnitten auf Platten.

Nur mit der Tonqualität war man noch nicht ganz zufrieden. Im Tonfrequenzbereich von 50–5000 Hz entsprach sie zwar dem damaligen Mittelwellensender-Standard, aber sie war kaum besser als bei einer mittleren Schallplatte.

Ein entscheidender Schritt

Das änderte sich 1941 grundlegend: Ein Zufall bei technischen Versuchen im Forschungslabor der damaligen Reichsrundfunk-Gesellschaft in Berlin führte zur Entwicklung der Hochfrequenz-Vormagnetisierung durch *Braunmühl* und *Weber*. Durch die Kombination von Gleichstrom und sinusförmigem Strom hoher Frequenz wurden alle vorherigen Aufzeichnungen gelöscht und eine völlig gleichmässige Vormagnetisierung erzielt.

Anfang Juni 1941 führte die AEG in Berlin einem kleinen Kreis geladener Gäste erstmals ein solches Hochfrequenzgerät vor. Es war ein grosser Erfolg, denn es erwies sich, dass nunmehr bei einer ausgezeichneten Dynamik das gesamte Frequenzband und der gesamte natürliche Tonumfang von Sprache und Musik mit dem Magnettonverfahren beherrscht werden konnte. Ein entscheidener Schritt, der das Magnettonverfahren in vieler Hinsicht mit Abstand an die Spitze aller Schallaufzeichnungsmethoden stellte.

Die heutige Spitze

Nach 1948 begann die Entwicklung kleiner Magnettongeräte, die als Heimtongeräte schnell einen breiten

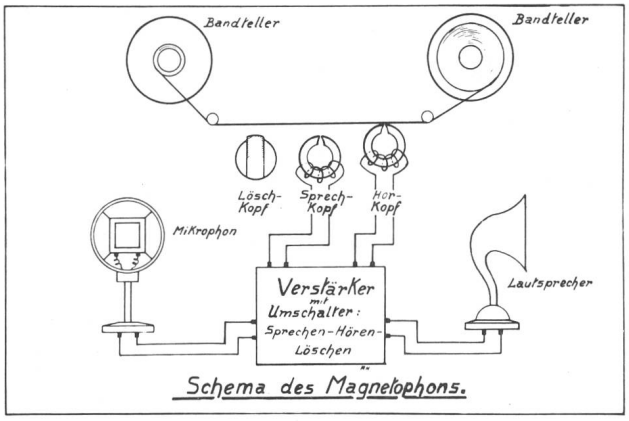

Fig. 3
Schemazeichnung eines der ersten Tonbandgeräte

Die Zeichnung trägt das Datum des 15. September 1935. Der Trichterlautsprecher wurde damals noch häufig verwendet.

Interessentenkreis fanden. Ein neues Hobby entstand: Man konnte Tonbandamateur werden. Schnell wurde das «Magnetophon-Band» den anderen Anforderungen angepasst, die der Amateur und sein Gerät stellten. Das erste Heimtonband war 1950 auf der Funkausstellung in Düsseldorf als «LGH» zu sehen, ein 52 µm dickes Band, das auf den ersten Heimtongeräten mit 19 cm/s Bandgeschwindigkeit und Halbspur gefahren wurde. Vieles hat sich seitdem getan. Geräte- und Bandhersteller arbeiteten Hand in Hand, um für die Tontechnik im Wohnzimmer Verbesserungen zu bringen. Zur anfänglichen Halbspur kam 1959 die Vierspurtechnik, zum Mono- der Sterobetrieb; und seit längerer Zeit experimentiert man auch mit der Quadrophonie.

Auch die Bandstärken konnten mehrfach verringert werden. 1953 kam von der BASF das erste Langspielband mit 35 µm, 1958 das Doppelband mit 26 µm und 1961 das Dreifachspielband mit 18 µm. In die gleiche Richtung einer Spielzeitverlängerung zielten die Reduzierungen der Bandgeschwindigkeiten (1952 bereits auf 9,5 cm/s, 1954 auf 4,75 und 1957 auf 2,38 cm/s). Mitte der sechziger Jahre kam ein besonders rauscharmes Band heraus (Low Noise), bald darauf (1967) gefolgt von einem zugleich rauscharmen und hoch aussteuerbaren Band (LH = Low Noise/High Output).

Der jüngste Schritt auf dem Wege zu noch besseren Tonbändern ist das sog. Profi-Band, das sich als Langspiel- oder Doppelspielband sowohl für professionelle Anwender – also Studios, Radio und Fernsehanstalten – als auch für alle Tonbandamateure mit besonderen Ansprüchen eignet. Nebst LH-Compact-Cassetten werden heute als letzte Entwicklungen die «chromdioxid II», die «ferro super LHI», die «ferrochrom II», die «chromdioxid super II» und die «metal IV»-Magnetbänder für unterschiedliche Verwendungszwecke hergestellt. Heute schaut man angesichts der technischen Daten der verschiedenen Profi-Bänder nur noch lächelnd auf das LGH-Band des Jahres 1950 zurück, obgleich das bereits ein Heimtonband war.

Das Magnetband bietet eine ausserordentliche Vielfalt von Möglichkeiten. Sie reichen von der akustischen Familienchronik mit den ersten Lauten des Juniors über die Aufnahme von Musik jeder Art, die eigene Reportage, das tönende Gästebuch, das selbstgestaltete Hörspiel bis zur Synchronvertonung des selbstgemachten Schmalfilms, über das Magnetband beim Computereinsatz bis zur Chromdioxid-Video-Cassette für die Aufzeichnung von Fernsehsendungen. Aber auch aus dem Berufsleben, von der Industrie über Technik und Wissenschaft bis hin zum Büro, ist das magnetische Aufzeichnungsverfahren nicht mehr wegzudenken. Das kleine Diktiergerät verwendet es ebenso wie das Textsystem und der Grosscomputer.

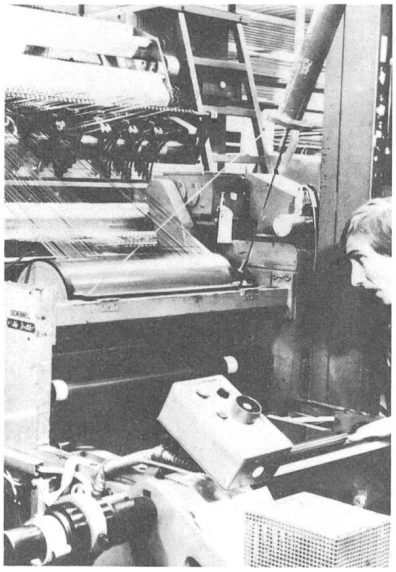

Fig. 4 Herstellung von Magnetbändern
Magnetbänder werden als beschichtete Folienbänder hergestellt und dann mit Präzisionsmaschinen auf Hundertstel von Millimetern genau in die jeweils benötigten Breiten zerschnitten.

Das Computer-Magnetband

Als die BASF vor 49 Jahren das erste Magnetband auf Kunststoffbasis entwickelte, wurde der Grundstein für eine heute noch aktuelle Speichertechnologie gelegt. Neben Tonband, Compactcassetten, Musik- und Video-Cassetten werden viele Varianten von Magnetbändern für die unterschiedlichsten Anwendungen hergestellt, darunter vor allem das Computerband, das Magnetband der Datenverarbeitung.

Dessen Herstellung entspricht im Prinzip derjenigen des Tonbands. Doch werden an das Computerband äusserst hohe Anforderungen hinsichtlich der Fehlerfreiheit, der mechanischen Belastbarkeit und der Lebensdauer gestellt (Fig. 4, 5). Es besteht aus einem unelastischen Material, dessen Zerreissbarkeit nur gering ist, und ist einseitig mit einer dünnen magnetisierbaren Eisenoxidschicht bedeckt. Magnetbänder, die heute am häufigsten Verwendung finden, haben eine Breite von ½ Zoll, eine Länge von etwa 730 m und sind auf einer Kunststoffspule aufgewickelt.

Vergleichbar mit den Lochungen im Lochstreifen, sind die Daten auf dem Magnetband in Form kleiner unsichtbarer Magnetpunkte quer zur Längsrichtung aufgezeichnet. Hierbei bedeutet ein Magnetpunkt ein Einerbit, ein nicht magnetisierter Punkt eine duale Null. Neben dem 7-Spur-Band werden heute vorwiegend 9-Spur-Bänder (im Byte-Aufbau) verwendet.

Die meisten vorkommenden Aufzeichnungsdichten sind: niedrige, mittlere, hohe oder doppelte Dichte. Die manchmal anstelle der Zeichendichte verwendeten Begriffe 800 bpi bzw. 1600 bpi (Bit per Inch) bedeuten die Anzahl der Bits je Zoll, bezogen auf eine Spur. Es bedeuten also 800 bpi 320 Zeichen und 1600 bpi 640 Zeichen je cm. Die maximale heute erhältliche Aufzeichnungsdichte beträgt 6250 bpi bei einer maximalen Datenübertragungsrate von etwa 1200 Mbit/s. Das heisst, das System ist weder aus der Sicht der Speicherkapazität noch aus derjenigen der Übertragungsraten ausgewogen. Alle gelieferten Magnetbandrollen tragen eine Aufschrift, auf der zu ersehen ist, ob sie für eine Speicherung von 800 bzw. 6250 bpi geeignet und getestet sind.

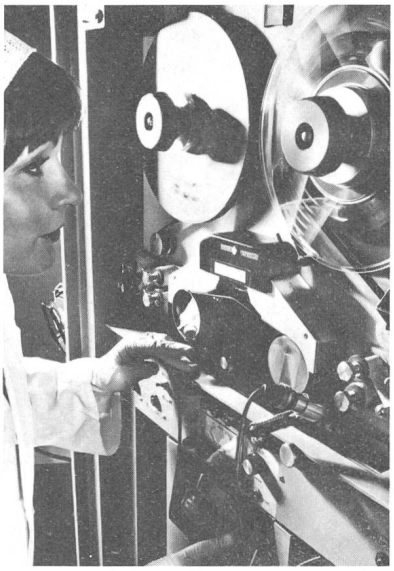

Fig. 5 Prüfung von Magnetbändern
Lesespannung, Drop out, Drop in und Skew (Bitversatz), das sind die Kenngrössen, nach denen jedes Magnetband geprüft wird. Für diese Prüfungen werden eigens entwickelte Geräte eingesetzt. Nur Bänder, die diese Prüfung ohne Beanstandung überstanden haben, werden für die Konfektionierung freigegeben.

BASF hat sich im Rahmen ihrer Möglichkeiten mit dem Problem erhöhter Aufzeichnungsdichten für Computerbänder befasst und bereits ein neues, aufbauend auf den Erfahrungen mit Audio/Video-Bändern mit einer Chromdioxid-Beschichtung versehenes Computerband entwickelt. Mit diesem Band ist man in der Lage, mit Aufzeichnungsdichten bis zu 40.00 fci zu arbeiten, was im Vergleich zu den heute üblichen Dichten eine Vervierfachung bedeutet. Ob ein solches Band in der Praxis eingesetzt werden kann, hängt allerdings von den Herstellern geeigneter Geräte ab.

Der Magnetplattenspeicher

Neben dem Computerband werden für die Datenverarbeitung die verschiedensten Plattenspeicher verwendet.

Im Gegensatz zum Magnetband ist die Magnetplatteneinheit ein Direktzugriffsspeicher. Der Datenträger selbst besteht meist aus einem senkrecht stehenden Magnetplattenstapel, der mit konstanter Geschwindigkeit um seine eigene Achse rotiert. Dabei sind mehrere Aluminiumplatten in gleichmässigem Abstand auf einer Achse montiert und bilden einen auswechselbaren Plattenstapel. Mit Ausnahme der obersten und untersten Plattenseite sind alle Plattenseiten für die Aufnahme der zu speichernden Daten bestimmt.

Für den Magnetplattenspeicher gilt hinsichtlich der Speicherkapazität ähnliches wie für den Magnetbandspeicher. Sie ist durch Auswechseln der Plattenstapel (3–11 beschichtete Platten mit 5–20 Oberflächen für Datenaufzeichnungen) beliebig erweiterbar. Gängige Speicherkapazitäten von Plattenstapeln sind heute beispielsweise 80, 200 oder 300 MB.

Zum Aufzeichnen und Wiedergeben der binären Informationen benützen Magnetplatteneinheiten eine Zugriffsmechanik, die aus zwei waagerecht angeordneten Zugriffsarmen pro Platte besteht, die paarweise an einem senkrechten Träger (Zugriffskamm) befestigt sind. Jedes Paar befindet sich zwischen zwei Platten, und jeder Zugriffsarm besitzt einen kombinierten Schreib-Lese-Kopf, der die darüber bzw. darunter liegende Plattenfläche an vereinbarten (adressierbaren) Stellen (Spuren) abtastet. Das Lesen des Platteninhaltes ist nur möglich, wenn sich die Schreib-Lese-Köpfe unmittelbar über der richtigen, gewünschten Speicherstelle befinden. Zunächst wird der Schreib-Lese-Kopf vom Zugriffsarm (Zugriffskamm) zu der richtigen Spur positioniert, damit die gespeicherten Daten gezielt angesprochen werden können. Die Übertragung (Speichern oder Lesen) erfolgt erst, wenn durch die Rotation die richtige Speicherstelle unter dem Schreib-Lese-Kopf vorbeikommt.

Informationsverfälschungen treten bei Magnetplattenspeichern seltener als bei Magnetbandspeichern auf, da kein mechanischer Kontakt zwischen der Magnetschicht und den Schreib-Lese-Köpfen entsteht und somit kein Abrieb auftritt.

Der Magnetplattenspeicher wird einerseits verwendet, um einen grossen Datenbestand, etwa alle Artikel mit ihren spezifischen Angaben und dem gegenwärtigen Lagerbestand im Direktzugriff zu haben. Andererseits kann die Magnetplatte auch eingesetzt werden, um einen Datenbestand physisch sequentiell einzuspeichern und in dieser Form stapelweise zu verarbeiten. In diesem Fall, der keinen Direktzugriff zulässt, sind die erhebliche Speicherkapazität und die hohen Übertragungsraten zum Einspeichern bzw. zum Lesen von Vorteil.

Bei den Magnetplattenstapeln dienen starre Aluminiumscheiben als Träger für die magnetische Schicht. Die flüssige Dispersion wird in einem Schleudervorgang auf die zuvor gegen Korrosion geschützten Platten aufgetragen, dann getrocknet, eingebrannt und schliesslich geschliffen und poliert. In einer Serie abwechselnder Prüf- und Montagevorgänge wird der Stapel aus drei bis zu elf Einzelplatten zusammengebaut (Fig. 6).

Die Endkontrolle erfolgt unter praxisnahen Bedingungen im werkseigenen Rechenzentrum. Bei den meisten Plattenspeichern besteht die Möglichkeit, den Plattenstapel aus der Magnetplatteneinheit herauszunehmen, um ihn gegen einen anderen auszutauschen. Grosse Anstrengungen werden zurzeit unternommen, um Arbeitsgeschwindigkeiten und Speicherkapazität des immer mehr in den Vordergrund rückenden Magnetplattenspeichers zu erhöhen.

Neuerdings gibt es Magnetplatteneinheiten, die Dünnfilmköpfe enthalten, die in der Lage sind, 3 Mio Zeichen/s zu schreiben und zu lesen und 2,5 Mia Zeichen pro Platte zu speichern, Werte, die bisher nicht erreicht worden sind. Die neuen Köpfe werden mit einem fotolithografischen Verfahren hergestellt, welches in ähnlicher Form in der Produktion von Silikon-Halbleiterschaltungen angewendet wird.

Die nächste Generation, mit der sich BASF, Philips und STC beschäftigen, ist diejenige der optischen Speicherplatte, in die z.B. bei Philips bei 5 cm Durchmesser bis 10 MB eingeschrieben, ausgelesen und bei Bedarf wieder gelöscht werden können. Das entspricht etwa 10 Mio Buchstaben. Die Platte von BASF wird mindestens 4 GB haben. STC (Standard Telephones and Cables, GB) hat bereits erste Pilotinstallationen und will 1984 mit den Lieferungen beginnen.

Diskette oder Floppy Disk

Als kostengünstiges Speichermedium ist aus den Erfahrungen der Magnetplatte die Diskette oder Floppy Disk, bei BASF FlexyDisk® genannt, entwickelt worden. Es handelt sich dabei um eine flexible beschichtete Folie, die in einer schützenden und stabilisie-

Fig. 6
Montage der Magnetplatten
Die beschichteten Magnetplatten werden zu Plattenstapeln von drei bis elf Platten zusammengebaut.

renden Kunststoffhülle verpackt ist. Ausgangsmaterial ist eine feste Polyesterfolie, die überall gleichmässig stark und deren Oberfläche absolut eben sein muss. Von der Beschichtungstechnologie hängt die Qualität, Datensicherheit und Lebensdauer ab. Ziel ist, eine gleichmässige, extrem dünne Beschichtung zu erreichen, denn je dünner die Magnetschicht, desto rascher können sich Magnetfelder aufbauen.

Zum Schutz und für die einwandfreie Funktion ist die Diskette beidseitig mit einem Vlies gefüttert in einer aus Kunststoff bestehenden, UV-beständigen, nichtknickenden und nichteinreissenden Hülle, auch Jacket genannt, verpackt.

Die Normal-Diskette hat in Relation zur Magnetplatte eine beschränkte Speicherkapazität und Zugriffszeit. Sie wird im Standardformat in 8 Zoll (200 mm) oder im Miniformat in 5,25 Zoll (130 mm) Grösse, einseitig oder beidseitig beschreibbar bei einfacher oder doppelter Datendichte geliefert. Laufwerkabhängig beträgt die Kapazität 0,40 bis 1,6 MB bei 8-Zoll- bzw. 0,125 bis 1,0 MB bei 5,25-Zoll-Disketten.

Seit einem Jahr werden auch 5,25-Zoll-High-Density-Disketten angeboten, deren Kapazität je nach Laufwerk 1,6 bis 2,0 MB beträgt. Die BASF hat bereits eine 8-Zoll-FlexyDisk® mit extrem dünnen Schichten entwickelt, die schon heute Aufzeichnungsdichten bis zu 5 MB zulässt. Die Laufwerke für dieses Medium sind bei einigen Herstellern in Prototypform vorhanden und werden vermutlich innerhalb der nächsten 12 bis 18 Monate im Markt eingeführt werden.

Die Erhöhung der Speicherkapazität, die jetzt sechzehnmal so gross ist wie die der ersten Minidisketten, beruht auf einer deutlichen Erhöhung der Aufzeichnungsdichte, die unter anderem geringere Schichtstärken zwecks besserer Auflösung der magnetischen Aufzeichnung erfordert. Mit neuer Schichtrezeptur und verfeinertem Herstellverfahren werden jetzt Magnetschichten von nur noch etwa $^1/_{1000}$ mm – die herkömmliche Schichtdicke ist mehr als doppelt so gross – erzeugt, deren Abriebfestigkeit bzw. Lebensdauer durchaus dem bisherigen hohen Standard entsprechen.

Mit der heutigen Beschichtungs- und Aufzeichnungstechnologie nähert man sich allerdings sehr schnell den Grenzen des technisch Machbaren. Noch etwas weit von der möglichen technischen Anwendung entfernt, beschäftigt sich die BASF heute mit dem Problem der Vertikalaufzeichnung, d.h., es wird nicht nur in einer Ebene – horizontal – sondern in zwei Ebenen – horizontal und vertikal – aufgezeichnet, wozu selbstverständlich neue Magnet- bzw. möglicherweise Metallschichten entwickelt werden müssen. Eine 8-Zoll-FlexiDisk® könnte mit solchen neuen Aufzeichnungsverfahren bis etwa zu einer Speicherkapazität von 20 MB kommen.

Anlässlich der NCC '81 in Chicago wurden von zwei japanischen Herstellern erstmals Mikro-Disketten unterhalb von 5,25 Zoll vorgestellt, die man damals noch als «Exoten» belächelte. Inzwischen sind ihnen alle Zukunftschancen gegeben worden. Es gibt sie in drei verschiedenen Grössen: in 3,00 Zoll von Hitachi und Matsushita, in 3,25 Zoll von Tabor, in 3,50 Zoll von Shugart und Sony und 3,90 Zoll von IBM. Sie weisen auch unterschiedliche konstruktive Merkmale (flexibles oder festes Kunststoffgehäuse) auf. Bei der Diskussion um die Mikro-Disketten-Grösse ist weltweit noch keine Standardisierung in Sicht, obwohl bereits als erster Computerhersteller Hewlett-Packard sich für die 3,50-Zoll-Mikro-Diskette von Sony entschieden hat. In den USA und in Japan haben sich inzwischen einige namhafte Laufwerk- und Mediahersteller zum Zwecke der Standardisierung zusammengeschlossen. Die BASF arbeitet an der Standardisierung in den entsprechenden europäischen und US-Normengremien mit. Sie bereitet sich auf eine Entwicklung und Fertigung dieser Disketten vor, in Zusammenarbeit mit der Geräteindustrie.

Vielfach ist dem Anwender von Disketten noch zu wenig bewusst, welche Qualitätsunterschiede bei Disketten existieren. Insbesondere bei No-Name-Produkten und Billigangeboten besteht nämlich die Gefahr einer schneller Abnutzung der Diskette und der hiermit verursachten Verschmutzung der Schreib-Lese-Köpfe. Ein ursprünglich billiges Produkt kann durch verschliessbedingten, frühzeitigen Austausch und eventuell notwendige Wartungsarbeiten nachträglich unzumutbar teuer werden. Für eine regelmässige, schonende und gründliche Wartung der Schreib-Lese-Köpfe an Disketten-Laufwerken haben BASF und 3M spezielle Reinigungs-Disketten entwickelt, die alle mikroskopisch kleinen Ablagerungen von Schmutz oder Staub und die durch den normalen Abrieb der Diskettenbeschichtung anfallenden Oxid-Staubpartikel entfernen. Bei BASF sind je nach Wunsch Cleaning FlexyDisk® mit speziellem Reiningungsvlies für Trockenreinigung oder mit besonderer Polierbeschichtung ebenfalls ohne zusätzliche flüssige Reinigungszusätze lieferbar. 3M hingegen bietet ein Verfahren an, das aus einer kombinierten Nass/Trocken-Reinigung besteht. Dabei ist ein Teil der Diskettenhülle ausgestanzt. Dadurch liegt ein Segment des Reinigungsvlieses frei, auf das eine spezielle Reinigungsflüssigkeit gegossen wird.

Data Cartridges

Für den Computeranwender ergeben sich heute zwei Probleme, die unbedingt sicher und kostengünstig gelöst werden müssen. Es ist einerseits die Datensicherung bei festplattenorientierten EDV-Systemen und andererseits die Forderung nach absolut sicherer und fehlerfreier Aufzeichnung der Daten.

Für Back-Up-Anwendungen sind die üblicherweise in der Gross-EDV verwendeten Magnetbandlaufwerke zu teuer, und der Einsatz von Disketten scheidet meist aus Kapazitätsgründen aus. Aus der Kenntnis dieser Problemstellung heraus entwickelte 3M vor einigen Jahren eine Spezialkassette, die 3M Data Cartridge. Mittlerweile existiert ein komplettes System, das für nahezu alle Anwendungsbereiche geeignet ist. Besonderer Vorteil der Data Cartridge ist der Präzisionsantrieb, der eine gleichmässige Wickelspannung sowie eine exakte, schonende Bandführung und einen optimalen Band/Kopf-Kontakt garantiert, da er völlig schlupffrei arbeitet. Die besondere Magnetbandbeschichtung lässt je nach Cartridgetyp Aufzeichnungsdichten von 800 bpi bis zu 10 000 bpi zu und ermöglicht die Aufnahme von Speicherkapazitäten formatiert bis zu 67 MB.

Der Datenspeicher der nahen Zukunft

Die derzeit auf dem Markt befindlichen Speichermedien sind von ihrer Kapazität her, je nach Einsatzart, beschränkt. Hohe Speicherkapazität, kurze Zugriffszeit und Archivfähigkeit des Speichermediums sind Anforderungen an die heutigen Magnetspeicher, die zwar erfüllt werden, allerdings nicht in ihrer Gesamtheit. An die

Entwicklung neuer Speichermedien werden deshalb heute andere, höhere Anforderungen als an die Magnetspeicher gestellt. Zielsetzungen für die Entwicklung neuer Speichertechniken sind:

- höhere Speicherkapazität als die heutigen Magnetplattensysteme,
- schneller und wahlfreier Direktzugriff,
- Archivfähigkeit des neuen Mediums
- deutlich verbessertes Preis/Leistungs-Verhältnis im Vergleich zu heutigen Massenspeichern.

Bei Forschungs- und Entwicklungsprojekten, die neue Speichertechnologien erwarten lassen, stehen viele Erkenntnisse und Phänomene aus der Elektronik, Magnettechnik, Optik und Chemie Pate. Hauptziel dieser wissenschaftlichen Arbeiten ist es, noch kürzere Zugriffszeiten, höhere Datendichte und vor allem niedrigere Kosten zu erreichen.

Seit einer Reihe von Jahren wird in den Philips-Forschungs- und Entwicklungsabteilungen an optischen Aufzeichnungsmethoden gearbeitet. Als Ergebnis dieser Anstrengungen konnte Philips im Dezember 1978 die Video-Long-Play-Platte auf den Markt bringen. Analog zu einer Schallplatte für Sprache und Musik ist diese Platte ein Aufzeichnungsmedium für Bildfolgen. Aufbauend auf den genannten Arbeiten hat man die Entwicklungsarbeiten weitergeführt, um diese Speichertechnik auch im Bereich der Informationsverarbeitungssysteme zu verwenden. Die jüngsten Entwicklungen lassen eine optische Speicherplatte erwarten, die sich im Vergleich mit den derzeitigen Datenträgern für vielfältigste Einsatzgebiete eignet.

Laser (Light amplification by stimulated emission of radiation) für die optische Datenspeicherung zu benutzen wird schon seit einigen Jahren diskutiert, doch standen der Entwicklung eines brauchbaren Schreib/Lese-Kopfes noch technische Probleme im Wege. Ein solches Aufzeichnungsverfahren benötigt einen Miniatur-Diodenleser und eine Optik mit geringen Abmessungen sowie ein Speichermedium, das sich für die Langzeitspeicherung eignet.

Fig. 7 Optische Speicherplatte

Auf dieser Platte von 30 cm Durchmesser lässt sich die gleiche Information unterbringen, für die man sonst 1 000 000 maschinengeschriebene Textseiten braucht. Neben der Platzersparnis bietet die optische Speicherplatte noch den Vorteil, dass der Zugriff zur gesuchten Information deutlich weniger Zeit beansprucht als das Blättern in den Ordnern.

Vor einiger Zeit stellte Philips den Prototyp des ersten optischen Plattenspeichers mit Diodenleser der Welt vor. Das äusserst kompakte Speichergerät kann Daten mit hoher Dichte aufzeichnen und auslesen (Fig. 7). Als Speichermedium dient eine rotierende, mit Rillen versehene doppelseitige Kunststoffplatte von 30 cm Durchmesser. Die Platte kann eine Informationsmenge von 10^{10} bit speichern, was dem Inhalt von rund ½ Mio maschinengeschriebener Textseiten entspricht. Seit diesem Frühjahr 1983 sind es sogar 1 Mio Textseiten. Die Platte ist damit den grössten, heute in Computersystemen arbeitenden Speichern mit Magnetplatten weit überlegen.

Die optische Speicherplatte DOR (*D*igital *o*ptical *r*ecorder) hat eine vorgeprägte Spur, deren Tiefe ein Achtel der Wellenlänge des Laserlichts beträgt. Das fehlerfreie Auslesen der Daten wird durch geeignete Datenmodulation, das Einfügen von Codeworten in Sektoren und eine hohe Redundanz von 10% sichergestellt. Auf diese Weise lassen sich 99,9% aller Fehler aufspüren und durch das elektronische Fehlerberichtigungssystem automatisch korrigieren. Die restlichen 0,1% der Fehler werden zwar ebenfalls vom System erkannt, können aber nicht mehr sofort automatisch berichtigt werden. Das System schreibt in diesen seltenen Fällen die betreffenden Daten neu in einen anderen Sektor ein. Für den Anwender bedeutet das, dass das Speichersystem fehlerfrei arbeitet.

Für den optischen Speicher gibt es zwei verschiedene Anwendungsbereiche: zum einen das Speichern von alphanumerischen Informationen, zum anderen die Faksimile-Speicherung. Die Faksimile-Speicherung verlangt grosse Speicherkapazitäten, wie sie das neue Speichermedium nun reichlich bietet. Da sowohl Texte als auch Faksimile mit schnellen Zugriffszeiten geschrieben und gelesen werden können, hat die optische Speicherplatte reelle Chancen, ein elektronisches Gegenstück von Papier und Mikrofilm zu werden.

Das neue Speichermedium eröffnet mit seiner hohen Speicherkapazität und einem kompakten und zuverlässigen Gerät für die Zukunft ungeahnte Möglichkeiten. Erste Testinstallationen wurden Ende 1982 vorgenommen, und ab Mitte 1983 sind bereits Auslieferungen vorgesehen.

Nachteil dieser Technologie ist es, dass die aufgezeichneten Daten nicht überschrieben werden können. Deshalb wird der Einsatz der optischen Speichertechnologie vorläufig spezifisch sein und dazu auch führen, dass sowohl Magnetband als auch Magnetplatte noch für längere Zeit nicht vom Markt verdrängt werden. Dies führt dazu, dass es bei der heutigen Technologie noch zur Erhöhung der Ein- und Ausgabegeschwindigkeiten bei konventionellen Speichermedien kommen wird.

Literatur

[1] *H. Wüger:* Pioniere der Elektrotechnik im Bull. SEV:
Bell, Alexander Graham 63(1972)13, S. 694
Edison, Thomas Alva 63(1972)12, S. 661
Galilei, Galileo 55(1964)15, S. 766
Helmholtz, Hermann 62(1971)13, S. 642
Newton, Isaac 69(1978)3, S. 127
Ohm, Georg Simon 53(1962)12, S. 1299