

Ein Speichermedium dient zur [Speicherung](#) von [Daten](#) bzw. Informationen.

Man kann hierbei zwischen nur lesbaren, einmalig beschreibbaren und wiederbeschreibbaren Datenträgern unterscheiden. Außerdem lassen sich solche Medien danach klassifizieren, wie die Informationen auf ihnen gespeichert werden.

1. Mechanische Speicherung

[Lochstreifen](#), [Lochkarte](#)

2. Elektronische Speicherung

[Flash-Speicher](#), [Speicherkarten](#)

3. Magnetische Speicherung

[Magnetband/-platte](#), [Diskette](#), [Festplatte](#)

4. Optische Speicherung

[Compact Disc](#), [DVD](#), [Blue-ray Disc](#)

Lochstreifen

Geschichtliche Entwicklung

Lochstreifen dienten von Mitte des neunzehnten Jahrhunderts bis ins zwanzigste Jahrhundert der Darstellung und Speicherung von [Daten](#) auf langen Papier- oder auch Kunststoffbändern. Zunächst wurden sie in der Datenübermittlung durch Telegrafen eingesetzt. Dabei wurden Morse-Punkte (kurze Signale) z. B. durch senkrecht übereinander stehende Löcher, Striche (lange Signale) durch diagonal angeordnete Löcher kodiert (Wheatstone-Lochstreifen-Code). Die heute noch bekannten Lochstreifen werden als [Speichermedium](#) für Fernschreiber und Computer eingesetzt.

Joseph-Marie Jacquard verwendete erstmals 1805 Lochstreifen als Steuereinheit einer Webmaschine. Der Lochstreifen ist der Vorläufer der Lochkarte als Datenspeicher. Die Lochkarte als Datenspeicher wurde erstmals 1890 von der staatlichen Verwaltung in den USA bei der Volkszählung durch Herman Hollerith eingesetzt.

Lochstreifen und ähnliche mechanische Speichersysteme wie [Lochkarten](#) waren vor dem Aufkommen magnetischer Speichermedien wie dem [Magnetband](#) und der [Magnetplatte](#) die wirtschaftlichsten les- und beschreibbaren Datenträger. Aufgrund ihrer Robustheit, der einfachen Handhabung und weiten Verbreitung, sowie der Tatsache, dass sie notfalls mit bloßem Auge gelesen werden können, wurden Lochstreifen in geringem Maße noch zu Beginn des einundzwanzigsten Jahrhunderts z. B. in der militärischen Nachrichtentechnik eingesetzt. Im Computerbereich haben sie ihre Bedeutung allerdings verloren.

Prinzip

Das Schreib-/Leseprinzip entspricht bis auf das Format des Datenträgers im Wesentlichen den Lochkarten:

Zum Beschreiben eines Lochstreifens wurden Stanzen verwendet, die im rechten Winkel zur Laufrichtung eine Leiste von Stanzköpfen besaßen. Für jedes zu speichernde (oder zu übertragende) Zeichen wurde eine Spalte des Lochstreifens mit einem entsprechenden Muster bestanzt. Danach wurde der Streifen durch die in der Mitte entlang des Bandes verlaufenden Transportlöcher eine Position weitergeführt und das nächste Zeichen geschrieben.

Das entsprechende Lesegerät bestand aus einer Reihe von Kontaktstiften, die in ihrer Anordnung den Stanzköpfen des Schreibers entsprachen. Der Lochstreifen wurde über die Stifte gelegt, die nur einen Kontakt schließen konnten, wenn an ihrer jeweiligen Position ein Loch ausgestanzt war. Wie das Schreiben ging auch das Lesen zeichenweise vor sich. Typischerweise wurden Schreib-/Lesegeschwindigkeiten von ca. 6 Zeichen/Sekunde erreicht. Neuere Lesegeräte verwendeten Lichtschranken anstelle der Kontaktstifte und konnten dadurch wesentlich schneller arbeiten. Eine Lochreihe mit n möglichen Lochpositionen erlaubt die Darstellung von 2^n verschiedenen Zeichen. Verbreitete Codes waren der Baudot-Code mit fünf Lochpositionen für Fernschreiber und ASCII mit

sieben oder acht (sieben plus Paritätsbit) Lochpositionen für Computeranwendungen.

Lochkarte

Ursprünge

Lochkarten und lochkartenähnliche Systeme werden ab etwa der Mitte des 18. Jahrhunderts im Bereich der Automatisierung und der Datenverarbeitung verwendet. Sie wurden meist eingesetzt um wiederkehrende Abläufe rationell zu wiederholen. Es wurden unter anderem lochkartengesteuerte Webstühle gebaut, wobei die ersten Lochkarten hier hölzerne Plättchen waren. Drehorgeln werden oftmals noch heute mit lochkartenähnlichen Speichermedien (so genannte Faltkartonnoten oder Lochbandrollen) gesteuert, aber auch andere automatische und teilautomatische Musikinstrumente bedienen sich dieses Verfahrens. Charles Babbage sah für seine Analytical Engine eine Lochkartensteuerung vor. Frühe Datenverarbeitungs und -registrieranlagen sind ohne Lochkarten nicht zu denken.

Die Ursprünge der Lochkarte gehen auf die Funktionsweise von Spieldosen und anderen Automaten zurück, in denen eine sich drehende Walze oder Scheibe mit darauf angebrachten Stiften oder Löchern die automatisierte Wiedergabe von Musikstücken und die Steuerung mechanischer Abläufe ermöglichte.

Spätere Geschichte

Die Einführung von [Magnetbändern](#) als schnellen und transportablen Massenspeichern verdrängte, beginnend Mitte der 1960er Jahre, langsam die Lochkarte als Speichermedium für Computer. Eine in den späten 1960er Jahren von IBM vorgestellte kleinere Karte höherer Kapazität konnte sich nicht mehr durchsetzen.

Lochkartensysteme fanden wegen ihrer Robustheit aber auch andere Anwendungsbereiche, so zum Beispiel für Schlüsselkarten und Ausweiskarten. Teilweise wurden die Lochkarten dabei in transparenten oder durchscheinenden Kunststoff eingeschweißt. Mittlerweile sind auch diese Lochkarten wieder weitgehend durch Chipkarten und ähnliche Systeme ersetzt worden.

Lochkarten im Hollerith-Format gibt es heute noch bei einigen mechanischen Stempeluhrn. Sie finden auch noch in US-amerikanischen Wahlautomaten Verwendung. In der Computertechnik sind reale Lochkarten heutzutage nicht mehr von Bedeutung. Jedoch werden noch immer häufig Umfragedaten in Dateien gespeichert, deren Format an Lochkarten angelehnt ist - auch im 21. Jahrhundert gibt es also noch "Spalten" und "Karten", wenn auch nur virtuell.

Arbeitsweise

Um Lochkarten zu beschreiben bzw. zu stanzen, gab es Lochkartenstanzer. Diese Geräte hatten eine Schreibmaschinentastatur, eine Zuführvorrichtung für die Lochkarten und eine Programmkkarte. Auf dem Lochkartenstanzer wurden die Daten in die Lochkarte gelocht und zur Kontrolle auf einer zweiten Maschine, dem Kartenprüfer nochmals eingegeben. Wenn die Lochungen übereinstimmten, wurde die Karte als geprüft gekennzeichnet. Zur Vereinfachung und Beschleunigung der Arbeit diente die Programmkkarte. Dort konnten

z. B. auf der Karte Felder als numerisch oder alpha-numerisch definiert werden. Zu diesen Feldern konnte direkt gesprungen werden. Auch gab es eine Kopiertaste, mit der die gerade gestanzte Karte bis zu einer gewünschten Spalte kopiert werden konnte. Diese Funktion wurde später von Betriebssystemen mit Terminalgesteuerte Eingabe übernommen um eine editierte Zeile auf einem Fernschreiber oder später auch Monitor neu auszugeben. Die zuletzt eingegebene Zeile kann noch heute z. B. bei der Windows Eingabeaufforderung zeichenweise durch die Cursor-Rechts-Taste kopiert werden.

Lochkartenstanzer konnten zur Datenausgabe von Programmen wie Drucker angesteuert werden. Neuere Geräte druckten zusätzlich zum gestanzten Code den Inhalt als Klartext mit auf die Karten, erfahrene Programmierer konnten die Lochkarten auch ohne weitere Hilfsmittel, einfach nur durch Betrachtung der Lochpositionen, lesen.

Eingelesen wurden die Lochkarten durch optische oder mechanische Lesegeräte. Der

Lochkartenstapel wurde in ein Lesefach eingelegt und mit einem Gewicht beschwert. Auf Knopfdruck wurde das Gerät angeschaltet. Durch ein Gebläse wurde der Stapel aufgelockert und eine Karte nach der anderen wurde eingelesen. Der Lesevorgang selbst erfolgte entweder durch mechanisches Abtasten mit Stiften oder durch Lichtschranken mit Fotozellen.

Flash

Definition

Flash-Speicher sind digitale Speicher(-Chips); die genaue Bezeichnung lautet **Flash-EEPROM**. Im Gegensatz zu "gewöhnlichem" EEPROM-Speicher lassen sich beim Flash-EEPROM Bytes, die kleinste adressierbare Speichereinheit, nicht einzeln löschen.

Anwendung finden Flash-Speicher überall dort, wo Informationen persistent (nichtflüchtig) auf kleinstem Raum gespeichert werden müssen.

Beispiele:

DiskOnChip

USB-Sticks

[Speicherkarten](#) für Digitalkameras, Mobiltelefone, Handhelds, ...

MP3-Player

dauerhafte Speicherung der Firmware in vielen Geräten mit Mikrocontrollern (Eingebettete Systeme)

Funktionsprinzip

Die Bytes eines Flash-Speichers können einzeln adressiert werden. Dabei können sie einzeln geschrieben, aber nicht einzeln gelöscht werden. Will man Speicherwerte löschen, muss ein ganzer Sektor (meistens ein Viertel, Achtel, Sechzehntel usw. der Gesamtspeicherkapazität) gelöscht werden. Zum Schreiben auf den Flash-Speicher, Löschen einzelner Sektoren bzw. Löschen des gesamten Speichers müssen spezielle Kommandos (z. B. eine so genannte Unlock-Sequenz) an den Flash-Speicher geschrieben werden. Das verhindert das unbeabsichtigte, "zufällige" Beschreiben oder Löschen des Speichers. Im Gegensatz dazu kann bei EEPROMs jedes Byte auch einzeln gelöscht werden.

Ein Flash-Speicher besteht aus einer bestimmten, von der Speichergröße abhängigen Anzahl einzelner Speicherelemente. Die Speicherung eines Bits innerhalb eines solchen Speicherelements erfolgt über ein Floating Gate, dem eigentlichen Speicherelement des Flash-FETs. Es liegt zwischen dem Steuer-Gate und der Source-Drain-Strecke und ist von dieser wie auch vom Steuer-Gate mittels einer Oxid-Schicht isoliert. Im ungeladenen Zustand des Floating Gate kann in der Source-Drain-Strecke ein Strom fließen. Werden über das Steuer-Gate Ladungsträger auf das Floating-Gate gebracht, so kann in der Source-Drain-Strecke kein Strom mehr fließen. Der ungeladene Zustand wird wieder erreicht, indem die Ladungsträger via Fowler-Nordheim Tunneleffekt aus dem Floating-Gate abgezogen werden. Ist das Floating-Gate geladen, spricht man vom 0-Zustand, ist es entladen spricht man vom 1-Zustand.

Technologien

Am Markt sind derzeit folgende Flash-Technologien gängig, die sich vor allem in der internen Ansteuerungslogik unterscheiden:

NAND-Flash

NOR-Flash

Die NAND-Flash Technologie zielt auf Märkte, in denen es auf viel Speicher auf wenig Raum ankommt (wie bei den ersten 4 Beispielen oben). Die NOR-Flash Technologie setzt auf den Ersatz von UV-löschenbaren EPROMs (die zwischenzeitlich von Flash-Bausteinen nahezu ersetzt sind und kaum noch weiter entwickelt werden).

Flash-Speicher haben eine begrenzte Lebensdauer die in einer maximalen Anzahl an Lösch-Zyklen angegeben wird (zwischen 10-100.000 Zyklen für NOR-Flash und bis zu 1 Million für NAND-Flash). Dies entspricht gleichzeitig der maximalen Anzahl Schreib-Zyklen, da der Speicher jeweils blockweise gelöscht werden muss, bevor er wiederum beschrieben werden kann.

Speichergrößen

Bei den Speichergrößen sind wir (Stand November 2005) bei den NAND-Flashes bei ca. 8Gbit (8 Milliarden Bit! Entsprechend 1 Milliarden Byte), bei den NOR-Flashes immerhin bei 512Mbit. Der Unterschied in der Speicherkapazität röhrt vor allem daher, daß bei den NAND-Flashes die Daten- und Adress-Leitungen „gemultiplex“ sind, also auf den gleichen Pins des Gehäuses liegen, während bei den NOR-Flashes diese getrennt nach außen geführt werden. Dadurch können die NOR-Typen wesentlich schneller bei den Datenzugriffen sein, haben aber bedeutend mehr Pins und damit erheblich größere Gehäuse. De facto sind bei den „großen“ NAND-Typen die Gehäuse nahezu genauso groß wie bei den NOR-Typen. Das liegt aber an dem sehr großen Chip, der ja irgendwie Platz haben muß. Nur sind die wenigsten Pins auch tatsächlich irgendwo angeschlossen. So sind bei einem 8Gbit NAND-Typ NAND08GW3B2CN von STMicroelectronics von den 48 Pins des TSOP48 Gehäuses (48 Pins) nur 20 Pins belegt, während dies beim 128Mbit NOR-Typ M29DW128F70NF der selben Firma 50 Pins des TSOP56 Gehäuses (56 Pins) sind.

Vorteile

Datenerhalt bei fehlender Versorgungsspannung
(nichtflüchtiger Speicher/nonvolatile Memory)
geringer Energieverbrauch im Betrieb
günstiger Massenspeicher
Auslesen funktioniert genau so wie bei herkömmlichen statischen RAM-Bausteinen
resistent gegen Erschütterungen
kleine Bauform

Ablösung der Diskette für die Speicherung von Daten

Nachteile

langsamer als RAM (Random Access Memory), vor allem beim Schreiben
es können nur immer ganze Sektoren auf einmal gelöscht werden
relativ komplexe Ansteuerung beim Schreiben/Löschen (Memory Controller erforderlich)

nähert man sich der garantierten Anzahl von Löschzyklen, werden die Flash-Speicherchips zunehmend unzuverlässig

Speicherkarte

Die **Speicherkarte**, manchmal auch *Flash Card* oder *Memory Card* genannt, ist ein kleines **Speichermedium**, das verwendet wird, um [Daten](#) wie Text, Bilder, Audio und Video zu speichern. Gebraucht werden sie für kleine, mobile oder bewegliche Geräte. Die Daten darauf werden im so genannten [Flash-Speicher](#) gespeichert. Die meisten gegenwärtigen Geräte nutzen die Flash-Technik, obgleich andere Technologien entwickelt werden. Es gibt eine Vielzahl von Speicherkarten auf dem Markt:

CompactFlash-Karte (CF)
Smart Media Card
Multimedia Card (MMC)
Secure Digital Memory Card (SD)
xD-Picture Card
Memory Stick
MicroSD

Keine Speicherkarte im eigentlichen Sinne, aber aufgrund ähnlicher Anwendung und Aufbau hier mit aufgeführt ist der USB-Stick.

Diese Karten sind von unterschiedlichen Größen, und jede ist in einem Bereich der Speicherkapazitäten vorhanden, die gewöhnlich direkt dem Preis entspricht. Die CompactFlash Karte ist in etwa so groß wie ein Streichholzbriefchen, während die MultiMedia-Card (MMC) und die "sichere digitale Karte" SD-Card so groß wie eine Briefmarke sind. Die letzten zwei Karten besitzen mittlerweile (Sommer 2005) Speicherkapazitäten bis zu 2 Gigabyte.

Magnetband

Ein **Magnetband** ist ein [Speichermedium](#). Bei der analogen Speicherung von Audiomaterial wird es auch Tonband genannt. Es besteht heutzutage aus einer langen, schmalen Kunststofffolie, die mit einem magnetisierbaren Material beschichtet ist. Häufig ist auch die Rückseite beschichtet (Rückseitenmattierung), um freitragende Bandwickel zu ermöglichen. Früher gab es auch beschichtetes Papier und Band aus homogenem magnetischen Material. Das heutige Magnetband ist eine Entwicklung der AEG und der IG Farben (BASF) in den Jahren 1935 bis 1940.

Schreibmethoden bei der Anwendung als Speichermedium für digitale Daten

Es gibt prinzipiell 2 Verfahren, Daten auf ein Magnetband zu schreiben, das *Start-Stopp-Verfahren* und das *Streaming-Verfahren* (streaming mode).

Start-Stopp-Verfahren

Beim Start-Stopp-Verfahren werden immer einzelne Datenblöcke auf das Band geschrieben. Weil beim Schreiben das Band mit einer bestimmten Mindestgeschwindigkeit am Schreib-/Lesekopf vorbeilaufen muss, ist das Band für jeden Schreibvorgang zunächst zu beschleunigen (Startphase). Nach dem Schreiben wird das Band wieder gestoppt.

Wegen dieser Start- und Stopphasen müssen auf dem Magentband zwischen den Datensätzen leere Bereiche vorgesehen werden. Diese werden in der Fachsprache *Klüfte* oder *Interblock-Gaps* genannt. Dieses Verfahren wird nur noch sehr selten eingesetzt.

Blockung

Ein beschriebenes Magnetband sieht daher so aus:

XX.....XX.....XX.....XX.....

XX sind die Nutzdaten.
..... sind die Klüfte.

Daran erkennt man, dass ein beschriebenes Band zu einem großen Teil aus ungenutzten Klüften und nur aus einem geringen Teil aus Nutzdaten besteht.

Um den Anteil der Nutzdaten zu erhöhen, kann man die Daten blocken. Dazu fasst mehrere (kurze) *logische Datensätze* im Hauptspeicher des Rechners zu einem (langen) *physikalischen Datensatz* zusammen und schreibt diesen auf das Band. Dies hat mehrere Vorteile: Das Band wird besser ausgenutzt, weil sich der Nutzdatenanteil erhöht. Außerdem wird die Bandeinheit und das Magnetband geschont, weil weniger Schreibzugriffe erfolgen und so die erhebliche mechanische Belastung durch das Starten und Stoppen reduziert wird.

Man nennt die Länge der originalen Datensätze *logische Satzlänge*, die Länge des geblockten Satzes *physikalische Satzlänge* und die Anzahl der logischen Sätze in einem physikalischen Satz *Blockungsfaktor*.

Beispiel: Will man die Daten von Lochkarten auf ein Band übertragen, dann hat man eine logische Satzlänge von 80 Zeichen. Blockt man 100 Lochkarten zu einem physikalischen Satz, dann beträgt die physikalische Satzlänge 8000 Zeichen und der Blockungsfaktor ist 100.

Es ist also meist vorteilhaft, einen möglichst großen Blockungsfaktor zu wählen. Moderne Geräte (DLT, LTO usw.) arbeiten mit einer Blockgröße von 64 Kilobyte und mehr.

Streaming Mode

Der Streaming Modus ist die modernste Aufzeichnungsmethode. Beim Streaming Modus wird das Band kontinuierlich (ohne anzuhalten) beschrieben. Voraussetzung ist, dass die Daten schnell genug (zum Beispiel aus einem Pufferspeicher) an die Magnetbandeinheit geliefert werden. Dieses Verfahren ist wesentlich schneller als das Start-Stopp-Verfahren, Band und Bandgerät werden geschont. Auch benötigt man keine Gaps. Muß dennoch angehalten werden, werden sogenannte Filemarks auf das Band geschrieben. Das Wiederaufsetzen nach einem Stop ist zum Beispiel bei den modernen DLT und S-DLT Laufwerken nahezu verlustfrei.

Anwendungen

Tonband - zum Aufzeichnen und Abspielen von analogen Tonsignalen

Videoband (MAZ)

Bandlaufwerk im IT-Bereich zur Datensicherung und Archivierung:

Diskette

Eine **Diskette** ist ein magnetischer Datenträger, der zur [Datenspeicherung](#) verwendet wird. Im Speziellen handelt es sich dabei um eine flexible Kunststoffscheibe (daher der Name, oft auch „Floppy“ vom englischen *floppy disk*), die mit einem magnetisierbaren Material (meist Eisenoxid) beschichtet ist. Zum Schutz ist diese Scheibe meist in einem Kunststoffgehäuse verpackt, je nach Art entweder ebenfalls biegsam oder starr. Außerdem verfügen Disketten über einen Schreibschutz, welcher sich bei 3,5"-Disketten durch einen kleinen Schieber hinten rechts oben an- bzw. ausschalten lässt. Bei 5,25"- und 8"-Disketten muss eine seitliche Schreibschutz-Aussparung mit einem Aufkleber zum Schreibschutz zugeklebt werden. (Beachte die unterschiedliche Bedeutung: ein offenes „Loch“ bedeutet „Schreibschutz aktiv“ bei 3,5"-, jedoch „inaktiv“ bei 5,25"- und 8"-Disketten.)

Eigenschaften

Der Durchmesser von Disketten wird meist in Zoll (") angegeben, gebräuchliche Größen sind oder waren:

200 mm (ca. 8") mit 180 KB – das ursprüngliche Diskettenformat von IBM als Ersatz für die unhandlichen Stapel von [Lochkarten](#)

130 mm (ca. 5,25") mit 80 kB bis 1200 kB (160 kB bei den ersten IBM-PCs)

90 mm (ca. 3,5") mit 720 KiB bis 3520 KiB ≈ 3,4 MB (ED-Disketten mit 44 Sektoren formatiert)

Darüber hinaus wurden noch andere Größen (unter anderem 80 mm (ca. 3 Zoll) (Schneider CPC), 3,25 Zoll und 50 mm (ca. 2 Zoll)) entwickelt, die sich aber nicht durchsetzen konnten.

Die Normen für 3,5"-Disketten sind ISO/IEC 8860-1:1987 (doppelte Dichte), ISO/IEC 9529-1:1989 (hohe Dichte) und ISO/IEC 10994-1:1992 (extra-hohe Dichte); alle Angaben erfolgen in metrischen Einheiten. Diese Normen verdeutlichen die Messungen, die 90,0 mm × 94,0 mm × 3,3 mm ergeben.

Die magnetische Scheibe im Inneren hat einen Durchmesser von genau 86,0 mm. Man unterscheidet ein- und zweiseitig beschriebene Disketten (SS: single sided, DS: double sided), die Aufzeichnungsdichte, die sich aus dem verwendeten magnetischen Material ergibt (SD: single density, DD: double density, QD: quadruple density, HD: high density), sowie hard- oder soft-sektoriert.

Bei hard-sektorierten Disketten gibt es auf der Kunststoffscheibe ein Indexloch pro Sektor, bei soft-sektorierten nur eines. Dieses Indexloch legt den Startpunkt einer Spur fest, sofern es vom Laufwerk nicht ignoriert wird (Soft-Synchronisierung: Erkennen des Spurbeginns durch eine Synchronisierungs-Bitfolge).

Zur genauen Spezifikation einer Diskette gehören noch weitere Angaben:
die Anzahl der Magnetspuren („Tracks“) (typischerweise 40 oder 80)
die Anzahl Sektoren (Blöcke pro Spur) (zum Beispiel 18)
die Blockgröße (früher 128, 256 oder 512 Byte, heute meist nur noch 512 Byte)

das Aufzeichnungsverfahren (anfänglich FM, später meist MFM; bei Apple und Commodore wurde auch das GCR-Verfahren eingesetzt)

Es ist technisch möglich, je nach Spur eine verschiedene Anzahl von Sektoren unterzubringen, zumal auf den äußereren Spuren theoretisch mehr Platz ist; da jedoch dort die relative Geschwindigkeit des Kopfes auch höher ist, stieß dies auf Schwierigkeiten. Einige Hersteller variierten daher die entweder die Umdrehungsgeschwindigkeit (Apple) oder die Datenrate (Commodore) abhängig von der Kopfposition, was mehr auf der Diskette zu speichern erlaubte, diese aber inkompatibel zu Laufwerken anderer Hersteller machte.

Ein Trick, die Zugriffsgeschwindigkeit zu erhöhen, bestand im so genannten Interleave, wobei die Sektoren nicht numerisch aufsteigend, sondern in anderer Reihenfolge auf eine Spur aufgezeichnet wurden. Dadurch konnte z.B. die technisch notwendige Nachbearbeitung eines Lesevorgangs erfolgen, und direkt danach der versetzt angeordnete logisch nächste Sektor eingelesen werden. Die ideale Interleave-Rate war oft von der verwendeten Hardware abhängig.

Ähnlich gelagert war die Idee, den logisch ersten Sektor einer Spur etwas versetzt gegenüber den benachbarten Spuren anzutragen, so dass nach einem Spurwechsel im Idealfall z.B. gleich weiter gelesen werden konnte.

Diskettenlaufwerke

Ein Diskettenlaufwerk dient zum Lesen und Schreiben der Daten der Diskette. Es gibt interne, die in ein Computergehäuse integriert werden, und externe Laufwerke, die ein eigenes Gehäuse haben und über Kabel an den Rechner angeschlossen werden. Die Bauformen entsprechen denen der Disketten: 200 mm (8"), 130 mm (5,25") und 90 mm (3,5").

Während 8"-Laufwerke meist nach dem Anschalten pausenlos laufen und bei Nichtgebrauch die Schreib-Lese-Köpfe von der Diskette abgehoben werden, wird bei den kleineren Varianten der Motor nur bei Bedarf angeschaltet; die Köpfe können daher immer auf der Diskettenoberfläche verbleiben, ohne diese zu überlasten.

Geschichte

Die erste Diskette (200 mm, 8 Zoll) mit dem dazu gehörenden Laufwerk wird von IBM 1971 auf den Markt gebracht. Die Erfindung wird allgemein Alan Shugart zugeschrieben. Dieser gründet 1973 seine eigene Firma (Shugart Associates) und entwickelt 1976 die 5,25"-Diskette. 1978 stellt TEAC das erste 5,25"-Diskettenlaufwerk der Welt vor; für die damals neuen Mikrocomputer wird das neue Format sofort aufgegriffen, für Großrechner erst etwas später. 1981 stellt Sony die 90-mm-(3,5")-Diskette im starren Gehäuse mit zunächst $720 \cdot 1024 \text{ Byte} = 720 \text{ KiB} \approx 737 \text{ kB}$ (9 Sektoren), später $1440 \cdot 1024 \text{ Byte} = 1440 \text{ KiB} = 1474 \text{ kB} \approx 1,47 \text{ MB}$ (18 Sektoren) (fälschlicherweise mit 1,44 MB bezeichnet). Die falsche Bezeichnung mit 1,44 MB führt durch die Tatsache, dass bei Disketten 1 MB mit $1000 \cdot 1024 \text{ Byte} (!)$ berechnet wurde. Sie kommt im IBM-PC zum Einsatz und wird dadurch zum Standard.

Viele andere Systeme verwendeten dieselben Disketten, jedoch mit unterschiedlichen Aufzeichnungsformaten und Dateisystemen. So fasst etwa eine mit FFS formatierte 3,5"-Diskette eines Amiga-Rechners 1,76 MB. Später erscheinen noch so genannte ED-Disketten mit $2880 \cdot 1024 \text{ Byte} = 2880 \text{ KiB}$ (36 Sektoren) (fälschlicherweise mit 2,88 MB bezeichnet). Letztere fanden beim NeXT Verwendung, erreichten darüber hinaus aber kaum Verbreitung. Die 1,44 MB-Diskette blieb viele Jahre hindurch der übliche Standard, bis die Diskette durch die zunehmende Vernetzung der Rechner und die neuen, wesentlich mehr Daten fassenden, beschreibbaren optischen Medien (CD-R und DVD-R) an Verbreitung und Nutzung verlor. Seit ca. 2000 werden immer mehr neue Computer ganz ohne Diskettenlaufwerk verkauft.

Alternativen

Zeitweise wurden in IBM-PC und auch Apple-Computern Zip-Laufwerke (100 MB) als Diskettenlaufwerkersatz verbaut. Diese konnten sich aber nicht dauerhaft durchsetzen, da sie von den beschreibbaren optischen Medien verdrängt wurden. Ein sehr kurzes Gastspiel als Ersatz hatten SuperDisk Laufwerke (LS120). Neben speziellen

Speichermedien sind hier auch Standard-3,5"-Disketten mit einer Kapazität von 1,44 MB bzw. 720 KB verwendbar.

Sony versuchte sich 1998 mit einem HiFD- Diskettenlaufwerk das mit 200MB Kapazität und zur 1,44 MB-Diskette kompatibel die gängigen Laufwerke ablösen sollte.

All diese verbesserten Versionen des ursprünglichen 3,5-Zoll-Diskettenlaufwerkes konnten jedoch keine breitere Verbreitung erlangen; mittlerweile sind auch sie hinsichtlich Speicherkapazität und Geschwindigkeit überholt.

Neuere PC haben seit dem Jahr 2004/2005 keine eingebauten Diskettenlaufwerke mehr. Stattdessen kann man externe Diskettenlaufwerke an die USB-Schnittstelle anschließen, die jedoch bei Neugeräten nicht im Lieferumfang enthalten sind.

Heute werden zunehmend USB-Sticks ([Flashspeicher](#)) sowie andere externe USB- und FireWire-Massenspeicher wie [Festplatten](#) und [DVDs](#) als Datenträger verwendet, jedoch sind die notwendigen Fähigkeiten für einen vollständigen Ersatz der Diskette auf dieser Basis, vor allem die Bootfähigkeit, erst bei neueren x86-PC-Hauptplatinen gegeben.

Festplatte

Eine **Festplatte** (engl. *hard disk (HD)* oder *hard disk drive (HDD)*) ist ein magnetisches [Speichermedium](#) der Computertechnik. 1973 startete IBM das „Winchester“-Projekt, das das erste Laufwerk mit fest eingebauten Platten (IBM 3340) hervorbrachte. Bis in die 1990er Jahre war deshalb für Festplatten die Bezeichnung *Winchester-Laufwerk* gebräuchlich. Auf ihr können beliebige Dateien, zum Beispiel des Betriebssystems, von Anwendungsprogrammen, oder persönliche [Daten](#) (Dokumente, Videos, Musik, Bilder) dauerhaft gespeichert werden.

Allgemeine technische Daten

Speicherkapazität

Das Fassungsvermögen einer Festplatte wird heute üblicherweise in Gigabyte (GB) angegeben. Vor allem Festplattenhersteller definieren bei der Angabe der Kapazität ein Gigabyte als $1000^3 \text{ Byte} = 10^9 \text{ Byte} = 1.000.000.000 \text{ Byte}$, während Computerprogramme ein Gigabyte meist als $1024^3 \text{ Byte} = 2^{30} \text{ Byte} = 1.073.741.824 \text{ Byte}$ behandeln. Mit den Binärpräfixen (*Mebibyte*, *Gibibyte*) versucht man diese Doppeldeutigkeit zu vermeiden.

Wenn man die Kapazität einer Festplatte, die in "Gigabyte" ($1000^3 \text{ Byte} = 10^9 \text{ Byte}$) angegeben wurde, in Gibibyte (GiB, $1024^3 \text{ Byte} = 2^{30} \text{ Byte}$) umrechnen möchte, so kann man folgenden Umrechnungsfaktor benutzen:

$$\frac{1000^3}{1024^3} = 0,93132$$

Beispiel:

$$80 \text{ GB} \cdot 0,93132 = 74,51 \text{ GiB}$$

Anfang 2005 waren Festplatten bis 400 GB (372,53 GiB) Kapazität erhältlich. Im Juni 2005 gab es von Hitachi bereits eine Festplatte mit 500 GB Kapazität für Endkunden zu kaufen.

Baugrößen

Die physikalische Größe von Festplatten wird traditionell in Zoll angegeben und ist keine exakte Größenangabe, sondern ein Formfaktor. So sind beispielsweise 3,5"-Festplatten exakt 100 mm breit,

was knapp 4 Zoll entspricht. Die Größe der Scheiben in diesem 100 mm breiten Gehäuse liegt aber um die 3,5 Zoll, wobei Serverplatten häufig etwas kleiner sind.

Die zur Zeit verwendeten Formfaktoren reichen von 5,25" bis 0,85", wobei der Trend zu kleineren Festplatten geht. Der 3,5"-Formfaktor ist im Desktop-Bereich der am weitesten verbreitete, in Laptops findet man meist 2,5"-Festplatten, in noch kleineren portablen Geräten (z.B. MP3-Player) häufig 1,8"-Festplatten.

5,25"-Baugrößen sind die ursprünglichen Baugrößen der Festplatten, jedoch ist diese Gattung aber seit 1996/97 ausgestorben. Einige SCSI-Server-Platten, sowie die LowCost-IDE-Platte *BigFoot* von Quantum waren die letzten Vertreter dieser Spezies. Man unterscheidet Geräte mit voller Bauhöhe (3,5" bzw. ca. 88 mm), die zwei Steckplätze belegen und halber Bauhöhe (1,75" bzw. ca. 44 mm). Die Breite beträgt 146 mm, die Tiefe ist variabel und sollte nicht wesentlich oberhalb von 200 mm liegen.

3,5"-Baugrößen wurden um ca. 1990 eingeführt und werden derzeitig in Desktop-Computern und Servern verwendet, die meisten Platten haben halbe Bauhöhe (1" bzw. ca. 25 mm). Im Serverbereich gibt es auch Platten bis 1,8" Höhe (1,8" bzw. ca. 44 mm). Die Breite beträgt 100 mm, die Tiefe ist variabel und sollte nicht wesentlich oberhalb von 150 mm liegen.

2,5"-Baugrößen finden Verwendung in Notebooks oder Spezialrechnern. Die traditionelle Bauhöhe war 0,5" (12,7 mm), mittlerweile gibt es mit 0,375" (9,5 mm) und 0,25" (6,35 mm) flachere Festplatten und auch Notebooks, die diese flachen Varianten benötigen. Die Breite beträgt 68 mm, die Tiefe beträgt 100 mm. Der Anschluss ist gegenüber den größeren Bauformen modifiziert, bei IDE wird z.B. ein 44-poliger Anschluss verwendet, der gleichzeitig die Betriebsspannung von +5 Volt zuführt (Pin 1 ist meist auf der Seite der Jumper). Im Gegensatz zu den größeren Platten kommen diese Platten auch mit nur einer Betriebsspannung aus.

1,8"-Baugrößen werden seit 2003 bei Sub-Notebooks sowie diversen Industrieanwendungen verwendet 1"-Baugrößen sind seit 2002 unter dem Name MicroDrives im Einsatz. Die meisten MicroDrives wurden bis Mitte 2004 als "verkleidete" CompactFlash-Typ-II-Speichereinheiten für digitale Kameras eingesetzt. Hauptnachteil ist die mechanische Empfindlichkeit außerhalb von Geräten und der hohe Stromverbrauch.

0,85"-Baugrößen sind derzeit (Januar 2005) nur in begrenzten Mengen über die Firma Toshiba verfügbar, welche diese Baugröße im März 2004 mit einer Kapazität von 4 GigaByte (3,73 GiB) zum erstenmal vorgestellt hat. Ob diese kleinen Bauformen jemals Bestand haben werden, ist fraglich. [Flash-Speicher](#) ist in diesem Bereich schon verfügbar und auf Wachstumskurs. Derzeitig ist Flash-Speicher noch teurer, aber wesentlich robuster und sparsamer im Energieverbrauch.

Aufbau und Funktion

Physikalischer Aufbau

Eine Festplatte besteht aus folgenden Bauelementen:
einer oder mehreren drehbar gelagerten Scheiben (engl. *Platter*)
einem Antrieb für die Scheibe(n)
bewegliche Schreib-/Leseköpfe (Heads)
jeweils ein Lager für die Schreib-/Leseköpfe und die Scheiben
einem Antrieb für die Schreib-/Leseköpfe
der Steuerelektronik für Motor- und Kopfsteuerung
Hochleistungs-DSP für die Schreib/Leseköpfe.
der Schnittstelle zur Verbindung mit dem Computer
einem Festplattencache

Festplatten, welche in Arbeitsplatzrechnern oder in PCs für den privaten Gebrauch verwendet werden – momentan zum größten Teil Platten mit ATA- oder SATA-Schnittstelle – rotieren mit Geschwindigkeiten von 5.400 bis 7.200 Umdrehungen pro Minute. Vor der Zeit der ATA-Festplatten und im Bereich der Hochleistungsrechner und Server wurden bzw. werden meistens Festplatten mit der technisch überlegenen SCSI-Schnittstelle verwendet, die inzwischen in der Regel 10.000 oder 15.000 Umdrehungen pro Minute erreichen. Bei den 2,5 Zoll-Festplatten, die hauptsächlich in Notebooks zum Einsatz kommen, liegen die Geschwindigkeiten im Bereich von 4.200 bis 7.200 Umdrehungen pro Minute.

Speichern und Lesen von Daten

Das Speichern der Daten auf einer Festplatte erfolgt durch die gezielte Magnetisierung kleinstter

Flächen einer Schicht ferromagnetischen Materials, die entsprechend ihrer Polarität den Wert 0 oder 1 annehmen. Der Schreib-/Lesekopf (Magnetkopf), im Prinzip ein winziger Elektromagnet, polarisiert die einzelnen Sektoren unterschiedlich und speichert so die Daten permanent.

Vor dem Schreiben der Daten werden diese in speziellen Verfahren wie den früher üblichen Verfahren GCR, MFM, RLL und heute üblicherweise mit PRML oder EPRML kodiert. Ein logisches Bit steht daher nicht mehr physikalisch als magnetisierte oder nicht magnetisierte Einheit auf der Plattenoberfläche. Durch die Schreibverfahren wird auch eine Kompression erreicht, so dass die Datendichte steigt.

Sowohl beim Schreiben als auch beim Lesen muss vor dem Zugriff auf einen bestimmten Block der Schreib/Lesekopf der Platte bewegt und anschließend abgewartet werden, bis durch die Rotation der Platte der Block unter dem Kopf vorbeigeführt wird. Diese mechanisch bedingten Verzögerungen liegen heutzutage bei ca. 5 - 10 ms, was nach Maßstäben anderer Computerhardware eine kleine Ewigkeit ist. Daraus ergibt sich die extrem hohe Latenzzeit von Festplatten im Vergleich mit RAM, die noch auf der Ebene der Softwareentwicklung und der Algorithmik berücksichtigt werden muß. Um eine hohe Performanz zu erreichen, muß eine Festplatte soweit wie möglich immer große Mengen von Daten in aufeinanderfolgenden Blöcken lesen oder schreiben, weil dabei der Schreib/Lesekopf nicht neu positioniert werden muß. Dies erreicht man, indem man möglichst viele Operationen im RAM durchführt und auf der Platte die Positionierung der Daten auf die Zugriffsmuster abstimmt.

Logischer Aufbau

Die magnetische Schicht der Scheiben ist der eigentliche Träger der Informationen. Sie wird auf zylindrischen Spuren magnetisch aufgeprägt, während die Scheibe rotiert. Eine Scheibe enthält typischerweise einige tausend solcher Spuren, meist auch auf beiden Seiten. Die Gesamtheit aller identischen Spuren der einzelnen Platten(oberflächen) nennt man Zylinder. Jede Spur ist in kleine logische Einheiten unterteilt, die man Blöcke nennt. Ein typischer Block enthält 512 Byte an Information. Jeder Block verfügt dabei über Kontrollinformationen (Prüfsummen), über die sichergestellt wird, dass die Information auch korrekt geschrieben oder gelesen wurde. Die Gesamtheit aller Blöcke, die die gleichen Winkelkoordinaten auf den Platten haben, nennt man Sektor. Leider wird der Begriff Sektor häufig fälschlicherweise auch synonym für Block verwendet.

Schnittstellen

Als Schnittstelle der Festplatte zu anderen Computer-Komponenten werden in der letzten Zeit hauptsächlich die parallelen Schnittstellen ATA (IDE, EIDE) (überwiegend bei Personal Computern) oder SCSI (bei Servern, Workstations und höherwertigen Personal Computern) verwendet.

Mit zunehmender Übertragungsgeschwindigkeit ergeben sich hierbei technische Schwierigkeiten, die für die Übertragungsrate eine obere Grenze setzen (bisher max. 320 MByte/s bei SCSI) und den Aufwand bei der Realisierung erhöhen. Deshalb wird seit einigen Jahren ein Übergang zu seriellen Schnittstellen angestrebt.

Seit 2002 gewinnt das neue Verfahren Serial ATA (S-ATA oder SATA) an Bedeutung. Die Vorteile gegenüber ATA (zur Abgrenzung nun vermehrt P-ATA oder PATA genannt) sind der höhere mögliche Datendurchsatz und die einfachere Verkabelung. 2005 wurden erste Festplatten mit Serial Attached SCSI (SAS) als potentieller Nachfolger von SCSI für den Server- und Storagebereich vorgestellt, über zwei Anschlüsse kann der Datenaustausch hier theoretisch mit bis zu 600 MByte/s erfolgen.

Geschichte

1956: IBM stellt das erste magnetische Festplattenlaufwerk vor. Auf 50 Speicherplatten von 61 cm Durchmesser wurde eine Kapazität von 5 Megabyte (MB) erreicht.

1973: IBM startet das "Winchester"-Projekt, das sich damit befaßte, einen rotierenden Speicher mit einem fest montierten Medium zu entwickeln (IBM 3340, 30 MB Speicherkapazität, 30ms Zugriffszeit). Beim Starten und Stoppen des Mediums sollten die Köpfe auf dem Medium aufliegen, was einen Lademechanismus überflüssig machte. Namensgeber war das Winchester-Gewehr 3030.

1979: Vorstellung der ersten 8" Winchester-Laufwerke. Diese waren jedoch sehr schwer und teuer (5 MB kosteten mehr als 5.000 Euro); trotzdem stieg der Absatz kontinuierlich.

1980: Verkauf der ersten 5 1/4" Winchester-Laufwerke durch die Firma Seagate Technology mit der Modellbezeichnung ST506 (6 Megabyte Kapazität). Diese Modellbezeichnung (ST506) wurde auch

über viele Jahre hinaus der Name für diese neue angewendete Schnittstelle, welche alle anderen Firmen als neuen Standard im PC-Bereich übernommen hatten. Zur gleichen Zeit kam neben dem bereits bestehenden Apple-Microcomputern der erste PC von IBM auf den Markt, dadurch stieg die Nachfrage nach diesen – im Vergleich zu den Winchester-Laufwerken kompakten – Festplatten rasant an.

- 1986: Spezifikation von SCSI, eines der ersten standardisierten Protokolle für eine Festplattenschnittstelle.
1997: Erster Einsatz des Riesen-Magnetowiderstands (englisch *Giant Magnetoresistive Effect (GMR)*) bei Festplatten, dadurch konnte die Speicherkapazität stark gesteigert werden. Eine der ersten Festplatten mit GMR-Leseköpfen war die *IBM Deskstar 16GP* (3,5", November 1997) mit einer Kapazität von 16,8 GB.
2004: 18. November 400 GB-Festplatte (3,5") von Hitachi. Erste Festplatten mit *Native Command Queuing* von Seagate.
2005: 500 GB-Festplatte (3,5") von Hitachi.

CD

Die **Compact Disc** (kurz: *CD*, englisch für *Kompakte Scheibe*) ist ein optischer Massenspeicher, der Anfang der 80er zur digitalen Speicherung von Musik von Philips und Sony eingeführt wurde (Audio-CD) und die Schallplatte ablösen sollte.

Später wurde das Format der Compact Disc erweitert, um nicht nur Musik abzuspeichern zu können. Als CD-ROM wird sie seitdem auch zur Speicherung von [Daten](#) für Computer eingesetzt.

Geschichte

In den 70er Jahren experimentierten Techniker aller Elektronikkonzerne mit digitaler Aufzeichnung von Klang. Die ersten Prototypen basierten auf magnetischen Speichermedien, wie etwa die klassische Audiokassette. Das erste Gerät auf dem Markt im Jahr 1977 war eine Erweiterung des Betamax-Videorekorders der Firma Sony. Das klobige Gerät und die Störgeräusche bei der Aufnahme konnten die Konsumenten nicht überzeugen. Sony entwickelte spezielle Verfahren um die Störgeräusche zu eliminieren. Um diese Verfahren zu testen, wurden heimlich bei einer Probe eines Konzertes von Herbert von Karajan im September 1978 Aufnahmen gemacht. Karajan wurde später von Sony eingeladen, die Aufnahmen zu beurteilen.

Zur gleichen Zeit arbeitete man bei der Firma Philips an der optischen Aufzeichnung von Bildsignalen, die die Videotechnik revolutionieren sollte. Bald entwickelte sich die Idee, diese Technologie auch für digitale Klänge zu nutzen. Beide Firmen standen plötzlich vor einem riesigen Problem. Sie hatten die neuen optischen Datenträger, ähnlich der Schallplatte, mit einem Durchmesser von 30 cm geplant. Bei der Aufzeichnung von bewegten Bildern konnten sie darauf etwa 30 Minuten Videomaterial unterbringen. Bei Audiodaten reichte aber die Kapazität für 13 Stunden und 20 Minuten. Sony war klar, dass das Geschäftsmodell der Musikindustrie zusammenbrechen würde, wenn sie solche Mengen an Musik an die Verbraucher vermarkten sollten.

Nachdem die Compact Cassette (Audiokassette) bereits gemeinsam mit der Firma Philips und Siemens standardisiert wurde, versuchten beide Firmen auch hier einen Standard herbeizuführen. Nach einigen Differenzen schlug Sony vor, dass die neue CD zumindest Ludwig van Beethovens Neunte Sinfonie in voller Länge erfassen sollte. Dieser Vorschlag hing mit Sonys damaligem Vizepräsidenten, Norio Ohga zusammen, der ein ausgebildeter Opernsänger war und sich schon immer wünschte, Beethovens Neunte ohne störendes Wechseln des Tonträgers hören zu können. Ohgas Lieblingsversion, dirigiert von Herbert von Karajan, dauerte 66 Minuten, die Techniker hielten sich an die damals längste zur Verfügung stehende Version von Wilhelm Furtwängler. Die Aufnahme aus dem Jahre 1951 dauerte exakt 74 Minuten. 74 Minuten bedeuteten 12 cm Durchmesser des optischen Datenträgers. Die Entwickler von Philips reagierten mit Skepsis, da ein so großes Ding nicht in die Anzugtaschen passen würde. Daraufhin maßen Sony-Entwickler Anzüge aus aller Welt aus, mit dem Ergebnis, dass für 12 cm überall Platz ist. Damit hatte Beethoven einen neuen Standard festgelegt. 1980 wurde von beiden Firmen für Audioaufnahmen der "Red Book"-Standard festgelegt. Am 1. Oktober 1982 erschien der erste CD-Spieler auf dem Markt und bereits 1988 wurden 100 Millionen Audio-CDs produziert.

Bei dem Durchmesser des Innenloches der CD (15 mm) setzten sich die Niederländer durch. Als Maßstab diente hierfür das seinerzeit weltweit kleinste Geldstück, das niederländische 10-Cent-Stück.

Funktionsweise

Aufbau einer CD

Die CD besteht zum größten Teil aus einem durchsichtigen Trägermaterial (Polycarbonat), das mittels Spritzprägen geformt wird. Die Oberseite dieses Trägers enthält die digitalen Informationen in Form von mikrometerkleinen Vertiefungen (*Pits*), die nicht einmal durch ein Lichtmikroskop zu erkennen sind (sondern beispielsweise nur durch ein Rastersondenmikroskop), und Zwischenräumen („*Lands*“), die zu einer einzigen langen, spiralförmigen Spur angeordnet sind (insgesamt etwa 5 km).

Diese „informationshaltige“ Oberfläche wird mit einem dünnen Aluminiumfilm bedampft und schließlich mit einem Lacküberzug geschützt und eventuell mit einem Etikett versehen oder bedruckt. Diese Informationen werden im Abspielgerät von einem Laser durch die Trägerschicht abgetastet. Daraus folgt auch, dass der Laser die Pits nicht als Vertiefungen, sondern durch das Polycarbonat als Hügel sieht.

Ein Spurabschnitt von ca. 0,3 Mikrometer Länge (eine Bitzelle) stellt ein sogenanntes Kanalbit (Null oder Eins) dar. Eine Bitzelle mit einem Wechsel am Anfang von Land/Pit oder Pit/Land stellt eine logische Kanalbit-Eins dar, eine Bitzelle ohne einen solchen Wechsel eine logische Kanalbit-Null (NRZ-I-Codierung).

Der so ausgelesene Datenstrom ist EFM-codiert (engl. Eight-to-Fourteen-Modulation EFM), das heißt jeweils 14 Kanalbits repräsentieren ein 8-Bit-Datenwort. Die 14-Bit-Datenwörter zeichnen sich dadurch aus, dass auf jede Eins immer mindestens zwei und maximal zehn Nullen folgen. Die 14-Bit-Datenwörter sind – unter anderem zur Sicherstellung dieser Bedingung (manche fangen mit einer Eins an, andere hören mit einer Eins auf) – jeweils noch durch drei Füllbits (auch Trennbits oder Mergingbits genannt) voneinander getrennt.

Aufgrund dieser Struktur des Datenstroms, bei der statt 8 Bits jeweils 17 Bits abgespeichert werden, passen überraschenderweise 50 Prozent mehr Information auf die Disc: Das kürzeste vom Laserpunkt auslesbare Pit/Land ist aus physikalischen Gründen knapp einen Mikrometer lang (limitierende Größe ist der Durchmesser des optimal fokussierten Punkts). Wenn im Datenstrom zwei Einsen aufeinander folgen dürften, würde dies in der Spur zum Beispiel wie folgt aussehen: Wechsel vom Land zum Pit plus Bitzellenlänge für die erste Eins und Wechsel vom Pit zum Land plus Bitzellenlänge für die zweite Eins (oder umgekehrt). Dieses so gebildete (kürzeste) Pit/Land würde genau eine Bitzelle darstellen. Umgekehrt entspräche eine Bitzellenlänge genau der Länge des kürzesten Pits/Lands, sprich knapp einen Mikrometer. Wenn jedoch immer wenigstens zwei Nullen auf eine Eins folgen bevor die nächste Eins kommt, kann ein solches kürzestes Pit/Land plötzlich drei Bits darstellen (Wechsel plus eine Bitzelle für die Eins plus zwei weitere Bitzellen für die beiden Nullen, dann folgt wieder der Wechsel für die folgende Eins). Eine Bitzelle hat dann – bei gleicher Pit/Land-Länge – nur noch die Länge von knapp einen drittel Mikrometer. Bei der EFM-Codierung ergeben sich zwar gut die doppelte Menge von Kanalbits (17 Kanalbits statt 8 Datenbits), diese passen jedoch auf zweidrittel des Platzes, den die uncodierten Datenbits erfordern würden.

Beim Auslesen werden die drei Füllbits sofort aus dem Datenstrom entfernt, und für die je 14 EFM-codierten Kanalbits wird dann mittels einer Übersetzungstabelle der entsprechende Wert des uncodierten 8-Bit-Datenworts ermittelt.

Die Daten sind darüber hinaus als Blöcke und Frames organisiert. Je 24 uncodierte Bytes (entsprechend 6 Stereo-Samples) zzgl. 8 Byte Fehlerkorrekturinformationen bilden einen Frame, von denen wiederum 98 einen Block bilden. Ein Block enthält also 2352 Byte uncodierte Nutzdaten, 75 Blöcke enthalten eine Sekunde Audiomaterial.

Fehlerkorrektur und Fehlerverdeckung

Damit sich Kratzer nicht negativ auf die Datensicherheit auswirken, sind die Daten mittels Paritätsbits gesichert, so dass Bitfehler erkannt und korrigiert werden können. Weiterhin sind aufeinanderfolgende Datenbytes per Interleaving auf eine größere Fläche verteilt. Der Cross-Interleave Reed-Solomon code (CIRC) ist dadurch in der Lage, einen Fehler von bis zu 3500 Bit (das entspricht einer Spurlänge von etwa 2,4 mm) zu korrigieren und Fehler von bis zu 12000 Bit (etwa 8,5 mm Spurlänge) bei der

Audio-CD zu kompensieren. Bei sehr starker Verkratzung des Trägers von der Unterseite ist jedoch die Lesbarkeit eingeschränkt oder ganz unmöglich.

Lesevorgang

Das Abtasten einer CD erfolgt mittels einer Laserdiode. Der Lichtstrahl wird mittels eines halbdurchlässigen Spiegels in zwei Teile gleicher Stärke aufgespalten. Einer der beiden Teilstrahlen wird auf die CD gelenkt, dort reflektiert und dann mit dem anderen Teilstrahl überlagert. Der Strahl, der auf die CD trifft, hat bei einem *Land* eine längere Laufstrecke zurückzulegen als bei einem *Pit*. Durch Interferenz der Lichtwellen entstehen aus den Laufzeitunterschieden zwei unterschiedliche Lichtintensitäten im Summenstrahl, die mit einer Photodiode erfasst und in elektrische Impulse umgewandelt werden.

Die Optik mit dem Laser bewegt sich beim Abspielen vom ersten zum letzten Track im Gegensatz zur Schallplatte von innen nach außen. Außerdem hat die CD keine feste Winkelgeschwindigkeit; diese wird der momentanen Position des Lesekopfs angepasst, so dass die Bahngeschwindigkeit (CLV) und nicht, wie bei der Schallplatte, die Winkelgeschwindigkeit (CAV) konstant ist. Wenn der Lesekopf weiter außen auf der CD liest, wird die CD also langsamer gedreht. Auf diese Weise kann überall auf der CD mit voller Aufzeichnungsdichte gearbeitet werden und es ist ein konstanter Datenstrom gewährleistet, wie er bei Audio-CDs benötigt wird. Im Red Book sind zwei verschiedene Geschwindigkeiten festgelegt, 1,2 m/s und 1,4 m/s. Somit sind entsprechend Spielzeiten von 74:41 Min. bzw. 64:01 Min., unter maximaler Ausnutzung aller Toleranzen 80:29 Min, möglich. Die Umdrehungsgeschwindigkeit wird durch einen Regelkreis anhand des Füllstandes eines FIFO-Puffers geregelt. Daher muss keine Umschaltung (weder manuell noch automatisch) je nach benutzter Linear-Geschwindigkeit erfolgen. Durch den genannten Puffer wirken sich Schwankungen der Drehzahl nicht auf die Wiedergabegeschwindigkeit aus.

Viele moderne CD-ROM-Laufwerke lesen Daten-CDs hingegen mit konstanter Winkelgeschwindigkeit, um das zeitraubende Beschleunigen und Abbremsen der CD beim Hin- und Herspringen der Leseposition zu vermeiden. Dadurch hängt bei Daten-CDs die Datenrate von der Position des Lesekopfes ab. Die auf der Verpackung angegebene Geschwindigkeit ist fast immer die maximale, nicht die durchschnittliche.

Varianten

Die Format-Spezifikationen der Audio-CD (kurz *CD-DA*), bekannt als „Red Book“-Standard, wurde von der niederländischen Elektronikfirma Philips entworfen. Philips besitzt auch das Recht der Lizenzierung des „Compact Disc Digital Audio“-Logos, das auf jeder CD erscheint. Die Musikinformationen werden in 16-Bit-Stereo und einer Abtastrate von 44,1 kHz gespeichert.

CDs gibt es in zwei verschiedenen Größen, am weitesten verbreitet ist die Version mit einem Durchmesser von 120 mm und 15 Gramm Gewicht, seltener die **Mini-CD** mit einem Durchmesser von 80 mm und 30 % der Speicherkapazität. Daneben gibt es auch CDs, die eine andere Form als eine runde Scheibe haben. Diese so genannten Freiformen (**Shape-CDs**) sind aber aufgrund von Abspielproblemen (eventuelle Unwucht, kein Einzug in Slot-Laufwerke) nicht populär. Einige CD-Spieler sind in der Lage, so genannte **HDCD**-CDs abzuspielen. Diese CDs sind mit echten 20 Bit Musik-Information kodiert (anstatt mit 16) und sollen bei hochwertigen Musik-Anlagen besser klingen. HDCD-CDs sind vollständig kompatibel mit „normalen“ CD-Spielern.

CD Video ist eine Mischform von CD-DA (Audio-CD) und LV/LD (Bildplatte) mit digitalem Nur-Audio-Teil und analogem Video-Teil.

Die Spezifikationen der **CD-ROM** sind im „Yellow Book“-Standard festgelegt. Ein plattformübergreifendes Dateisystem der CD-ROM wurde von der ISO im Standard ISO 9660 festgeschrieben. Sein Nachfolger lautet UDF.

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, Audio-CD-Inhalte und CD-ROM-Inhalte auf einer Scheibe zu kombinieren. Die einfachste Möglichkeit ist, einen Datentrack mit dem CD-ROM-Inhalt als ersten Track auf die CD zu bringen (**Enhanced CD**). Dem heutzutage praktisch nichtigen Vorteil, dass der CD-ROM-Teil auch in ausschließlich singlesession-fähigen CD-ROM-Laufwerken gelesen werden

kann, steht der vergleichsweise große Nachteil der Sichtbarkeit dieses Daten-Tracks für normale Audio-CD-Spieler entgegen – insbesondere, da manche ältere CD-Spieler auch eine Wiedergabe der CD-ROM-Daten als Audio-Daten ermöglichen. Das äußert sich je nach Lautstärke-Einstellung in ohrenbetäubendem und lautsprecherverstümmelndem Krach.

Als Weiterentwicklung wurde der Datentrack mit einer Index-Position von 0 versehen, wodurch dieser nicht ohne Weiteres vom CD-Spieler angefahren wird (**i-Trax**). Das Audiomaterial beginnt, wie bei einfachen Audio-CDs, an Index-Position 1 von Track 1. (Problematisch für die Abspielkompatibilität könnte die Tatsache sein, dass innerhalb des Tracks der Modus von *CD-ROM Mode 1* auf *Audio* wechselt.)

Heutzutage werden zu diesem Zwecke praktisch ausschließlich Multisession-CDs benutzt – die Audio-Daten liegen in der ersten Session, während die CD-ROM-Daten in einer zweiten Session enthalten sind, welche nicht von Audio-CD-Spielern gelesen wird (**CD-Extra**, **CD-Plus**). Natürlich wird für den CD-ROM-Teil ein multisession-fähiges CD-ROM-Laufwerk benötigt.

Eine Mischform ist die **CD+G** (CD+Graphics). Diese CD stellt zeitgleich zur Musik grafische Daten, wie beispielsweise den Liedtext, auf einem Bildschirm dar. Häufigste Anwendung dieses Formats ist Karaoke. In einem normalen CD-Spieler ist die CD+G als normale Audio-CD abspielbar. Auf speziellen Geräten (in jüngerer Zeit auch auf einigen DVD-Playern) ist zur Musik auch die Grafik auf dem Bildschirm sichtbar. Die zusätzlichen Daten sind im Subcode der CD gespeichert, d. h. sie sind im Gegensatz zum Inhalt von Datentracks nicht ohne Weiteres für ein Betriebssystem sichtbar.

Deutlich häufiger anzutreffen sind dagegen CDs mit **CD-Text**. Dabei werden im Subcode der CD (meist im Lead-In) zusätzliche Informationen, wie Titel und Künstler, gespeichert. Diese Informationen werden dann von entsprechenden Playern während des Abspielens der CD angezeigt.

Weiterentwicklungen der CD sind die **DVD-Audio** und die **Super Audio Compact Disc**. Diese bieten wesentlich größere Kapazitäten von 4,7 GB (single-layer) bis 9,0 GB (double/dual-layer). Der Hauptvorteil ist dabei nicht eine längere Spielzeit, sondern dass die Audiodaten in 5.1-Sound vorliegen. Während die Super-Audio-CD und DVD Audio ausschließlich für Audiodaten verwendet werden, sind bei der DVD verschiedene Datenarten möglich (DVD Data, DVD Video, DVD Audio, DVD Rom, DVD+/-R(W)). Allerdings hat sich die DVD im Audiobereich noch nicht durchgesetzt.

Es gibt auch **CD-i**, **CDTV**, **Photo-CD**, **Video-CD**.

DVD

Die **DVD** ist ein digitales [Speichermedium](#), das optisch einer [CD](#) ähnelt, aber über eine deutlich höhere Speicherkapazität verfügt und vielfältiger nutzbar ist. Sie zählt zu den optischen Plattenspeichern. Das Kunstwort *DVD* geht ursprünglich auf die Abkürzung von *Digital Video Disc* und später *Digital Versatile Disc* (englisch für *digitale, vielseitige Scheibe*) zurück, ist seit 1999 aber nach Angaben des DVD-Konsortiums ein eigenständiger Begriff und unabhängig von einer Langform. In der Alltagssprache wird der Ausdruck *DVD* im Zusammenhang mit Filmen häufig verwendet im Sinne des logischen Formats DVD-Videos.

Geschichte und Verbreitung

Anfang der 1990er konnte sich die Compact-Disc als Massenspeicher-Medium bei Computern durchsetzen. Dadurch wuchsen nicht nur die Anwendungsfelder, sondern auch die Bedürfnisse der Verbraucher und der Unterhaltungsindustrie. Gewünscht wurde ein Medium, mit dem Videos ähnlich komfortabel gehandhabt werden können wie Musik- und Sprachaufnahmen mit der CD. Zwar gab es dies bereits als Video-CD (kurz: VCD), jedoch konnten auf der VCD maximal 74 Minuten Videomaterial in knapp VHS-Qualität untergebracht werden. Dies führte bei Spielfilmen dazu, dass die VCD mitten im Film gewechselt werden musste, ähnlich wie früher eine Musikkassette oder Langspielplatte. Aufgrund des hohen Anschaffungspreises eines VCD-Players (damals bei ca. 1000 DM), der wenigen Anbieter solcher Geräte und dem daraus resultierendem Mangel an Preiskampf, sowie des über Jahre geringen Angebotes an VCD-Filmen mit überdurchschnittlich hohen Preisen im

Vergleich zu VHS-Versionen, konnte sich die VCD außer in China nie wirklich durchsetzen. Als Träger von kopierten Filmen ist sie jedoch insbesondere in Asien noch verbreitet.

Die Unterhaltungsindustrie arbeitete bereits daran, die Kapazität der CD zu erhöhen. Hierbei gab es zwei unterschiedliche Konzepte: Sony und Philips betrieben die Entwicklung der *Multimedia-CD* (kurz: MMCD), Toshiba und Time Warner favorisierten die *Super Density CD* (kurz: SD).

Auf Druck der Film-Industrie, die, in Erinnerung an die Markteinführung der Videorekorder, nicht mehrere Standards unterstützen wollte, einigten sich die zwei Lager gegen Ende 1995 auf einen gemeinsamen Standard. Da die DVD zunächst als reines Speichermedium für Videodaten gedacht war, stand DVD anfangs für „Digital Video Disc“. Dies wurde jedoch revidiert, als andere Verwendungsmöglichkeiten abzusehen waren; man einigte sich auf „Digital Versatile Disc“ (versatile = vielseitig).

Es dauerte jedoch noch über ein Jahr, bis die ersten Abspielgeräte und DVD-Medien in den Handel kamen. Unstimmigkeiten wegen zu verwendender Kopierschutz-Verfahren waren der Grund. Zudem gelang es der Film-Industrie, mit einem Regionalcode Marktkontrolle zu gewinnen. Mit dem Code soll verhindert werden, dass z.B. eine DVD aus den USA auf einem europäischen Gerät abspielbar ist. Die Film-Industrie fürchtete hier Umsatzeinbußen, da Filme in den USA oft schon auf dem Videomarkt erhältlich sind, während sie in Europa noch gar nicht im Kino gezeigt wurden. Als Marketingstrategie ist auch bekannt, dass mit der regionalen Beschränkung der Anwendbarkeit von Produkten Käufern globales Einkaufen vergällt wird und deswegen in unterschiedlichen Regionen unterschiedliche Preise (sogenannte "Marktpreise") erzielbar sind. Sowohl der verwendete Wiedergabeschutz Content Scrambling System als auch der Regionalcode sind mittlerweile zwar leicht zu umgehen, jedoch reagierte die Industrie darauf einerseits mit rechtlichen Maßnahmen und andererseits mit dem Druck auf die Hersteller von DVD-Laufwerken, die Abfrage des Regionalcodes gerätetechnisch zu implementieren.

1999 kamen die ersten DVD-Brenner in den Handel, die Preise lagen jedoch bei weit über 2.500 €. Seit 2001 werden in Deutschland mehr Spielfilme auf DVD verkauft als auf vorbespielten VHS-Kassetten.

Mittlerweile wird an einigen DVD-Standards gearbeitet, bei der durch Abtastung der noch enger gesetzten Pits und Lands mit einem blau-violetten Laserstrahl noch höhere Datenmengen untergebracht werden können. Mögliche Nachfolgeformate sind die so genannte [Blu-ray Disc](#) (kurz: Blu-ray) und die *High Density DVD* (kurz: HD-DVD).

DVD-Formate

Die DVD gibt es in zahlreichen Varianten, welche als DVD-Formate bezeichnet werden. Alle acht DVD-Formate lassen sich in zwei Gruppen kategorisieren:

Drei spezielle DVD-Formate, die für bestimmte **Verwendungszwecke** optimierte Datenstrukturen aufweisen (und ursprünglich nur einen Lesezugriff erlaubten): DVD-Video, DVD-Audio und DVD-ROM. Fünf für den Konsumenten **beschreibbare DVD-Formate**: DVD-RAM, DVD-R, DVD+R, DVD-RW und DVD+RW. Diese fünf Formate lassen sich mit dem bloßen Auge von den drei erstgenannten anhand ihrer Rückseite unterscheiden. Die vom Konsumenten selbst beschreibbaren DVDs besitzen keine graue Rückseite (wie die CD), sondern sind farbig wie etwa blau, violett oder braun. Die DVD-RAM hat außerdem charakteristische aufgedruckte Sektormarken.

DVD-Datenstrukturen

Die DVD wird für folgende drei Verwendungszwecke eingesetzt, für die jeweils eigene DVD-Formate für spezielle Datenstrukturen geschaffen wurden:

DVD-Video ermöglicht die Wiedergabe von Bewegtbildern und Ton mit DVD-Video-fähigen Abspielgeräten.

DVD-Audio ermöglicht die Wiedergabe von Standbildern und Ton in sehr hoher Qualität mit DVD-Audio-fähigen Abspielgeräten.

DVD-ROM ermöglicht das Lesen von allgemeinen Daten (Computerdaten).

Daneben gibt es auch sogenannte **Hybrid-DVD**, welche wie ein „Mischling“ die Eigenschaften einer DVD-Video, DVD-Audio oder DVD-ROM in einer DVD kombiniert. Eine solche Hybrid-DVD enthält Videos, Musik und Computerdaten und präsentiert im DVD-Player, DVD-Rekorder oder DVD-Laufwerk des Computers die jeweils abspielbaren Inhalte.

Technisch ist eine Hybrid-DVD sehr einfach möglich, weil die DVD-Video und DVD-Audio auf der DVD-ROM basieren. Die DVD-ROM speichert alle Inhalte als Dateien nach dem UDF-Dateisystem ab. Für die DVD-Video und DVD-Audio mussten dann nur zwei weitere Festlegungen vorgenommen werden: Die erlaubten Dateiformate und der Ablageort auf der DVD. Für die Hybrid-DVD ist besonders

der Ablageort interessant. Wird eine DVD-Video oder Hybrid-DVD zum Beispiel in einem DVD-Rekorder eingelegt, so sucht dieser die Filmdateien im Unterverzeichnis VIDEO_TS. Nach dem gleichen Schema sucht ein DVD-Player die Audiodaten im Unterverzeichnis AUDIO_TS. Im DVD-Laufwerk eines Computers sind hingegen alle Dateien einer DVD ersichtlich, weil dieses jede DVD als eine DVD-ROM behandelt.

Beschreibbare DVD-Formate

Sony DCR-DVD201E HDV-Camcorder mit direkter Aufzeichnung auf eine 8cm DVD
Der Endbenutzer kann nicht nur käufliche DVDs abspielen (die im Presswerk hergestellt wurden), sondern er kann mit einem DVD-Brenner auch eigene DVD-Videos, DVD-Audio oder DVD-ROMs erstellen. DVD-Brenner sind beispielsweise in Computern und Hifi-DVD-Rekordern eingebaut und benötigen beschreibbare DVD-Formate. Historisch haben sich aus Kostengründen die fünf verschiedenen DVD-Formate DVD-R, DVD+R, DVD-RW, DVD+RW und DVD-RAM entwickelt mit einfacher und doppelter Speicherkapazität (DL).

Die drei DVD-Formate, die vom DVD-Forum stammen, werden auch als *Minus-Standard* bezeichnet. Nur diese Formate dürfen auch das offizielle DVD-Logo tragen. Entsprechend werden die zwei DVD-Formate von der DVD+RW-Allianz mit einem „+“ auch als *Plus-Standard* bezeichnet. Die DVD-Formate nach dem Plus-Standard sind technisch einfacher aufgebaut und die Lizenzgebühren für die Patentnutzung sind bedeutend niedriger. Diese anfänglichen Preisvorteile des Plus-Standards gibt es inzwischen durch den harten Wettbewerb mit dem Minus-Standard nicht mehr.

Die Formatvielfalt führte anfangs zu einer Kaufzurückhaltung bei den Konsumenten, da unklar war, welches beschreibbare DVD-Format die größere Investitionssicherheit aufweist. Die Industrie reagierte seit 2003 darauf mit (preisgünstigen) Multi-Brennern, die sowohl das Minus- als auch das Plus-Format unterstützen.

Seit 2004 werden einige dieser fünf DVD-Formate auch für den Konsumenten nicht nur mit einer, sondern mit zwei übereinandergeklebten beschreibbaren Schichten angeboten. Diese DVDs werden mit dem Kürzel „DL“ für „Dual Layer“ gekennzeichnet, wie zum Beispiel „DVD-R DL“, „DVD+R DL“ und „DVD-RAM DL“. Bei RW-Rohlingen verhindern die zu geringen Reflexionseigenschaften den Einsatz einer zweiten Schicht.

Eine DVD-RAM ist mit dem bloßen Auge unmittelbar von anderen DVD-Formaten unterscheidbar anhand ihrer typischen Sektorierung, die sich in vielen kleinen verstreuten Rechtecken äußern (siehe auch Vergrößerung). Die Sektorierung dient einer höheren Datensicherheit.

Die fünf beschreibbaren DVD-Formate lassen sich unterscheiden nach ihrer Veränderbarkeit und Datensicherheit.

Die fünf beschreibbaren DVD-Formaten lassen sich in zwei Gruppen einteilen nach ihrer **Veränderbarkeit**:

DVD-Rohlinge, die nur *einmal beschreibbar* sind: DVD-R und DVD+R. Bei diesen Medien wird die Information in einen sogenannten Dye geschrieben. Dies ist ein organischer Farbstoff, meist violetter Farbe.

DVD-Medien, die *nachträglich veränderbar* sind: DVD-RW, DVD+RW, DVD-RAM. Die RW-Medien verwenden als funktionelle Schicht anstatt des bei den DVD-Rohlingen verwendeten Dyes eine metallische Schicht. Bei den DVD-Medien ist die DVD-RAM 100 Mal öfter wiederbeschreibbar (circa 100.000 Mal) als die DVD-RW bzw. DVD+RW, die etwa 1.000 Schreibvorgänge überstehen.

Weiterhin ist die **Datensicherheit** ein weiteres wichtiges Unterscheidungsmerkmal der einzelnen beschreibbaren DVD-Formate:

Die **DVD±R** reagieren aufgrund ihrer organischen Farbstoffe viel empfindlicher auf Sonnenlicht und Hitze als die **DVD±RW** mit ihren anorganischen Farbpigmenten.

Andererseits ist bei der **DVD±RW** erst nach mehrfachem Schreiben (2–10 mal) sichergestellt, dass die Daten stabil gespeichert bleiben, weil sich erst danach die chemischen Eigenschaften nicht mehr so leicht verändern.

Die **DVD-RAM** weist von allen beschreibbaren DVD-Formaten die höchste Datensicherheit auf, weil sie zusätzlich folgende zwei Eigenschaften aufweist:

Sektorierung: DVD-RAM-Medien besitzen eine eingeprägte Sektorierung, die sich visuell als ein Muster

von kleinen verstreuten Rechtecken auf der Unterseite einer DVD-RAM zeigen, siehe Abbildung. Sie dienen einer höheren Lese- und Schreibgenauigkeit.

Defektmanagement: Die DVD-RAM besitzt dasselbe bewährte Defektmanagement wie Festplatten. Jede geschriebene Information wird von der Hardware kontrollweise gelesen (verifiziert) und ggf. verbessert. Es gibt daher keine versteckten Schreibfehler wie bei der DVD±R oder DVD±RW.

Speicherkapazität

Zwei Gründe erklären die im Vergleich zur herkömmlichen CD erheblich größere Speicherkapazität der DVD:

Zum einen sind die Datenspuren mit ihren Vertiefungen (*Pits and Lands*) schmäler und enger nebeneinander gereiht als auf einer CD. Zudem sind die möglichen Vertiefungslängen kleiner. Das bedeutet vor allem, dass auf weniger Raum mehr Daten gespeichert werden können, erhöht aber zugleich die Anfälligkeit gegenüber Kratzern oder anderen Verunreinigungen der Oberfläche.

Zum anderen ist es möglich, auf einer (zweilagigen) DVD zwei Datenschichten übereinander zu lagern.

Blue ray Disc

Die **Blu-ray Disc** (aus engl. für *Blaustrahl-Scheibe*, Abkürzung: **BD**) ist ein möglicher Nachfolger der [DVD](#). Die Technologie und die dazu gehörigen Endgeräte sind für Privatkunden konzipiert. Für die höheren Ansprüche gewerblicher Nutzer existieren die Varianten Professional Disc for Data (PDD) und Professional Disc for Broadcast (PDB).

Die Spezifikationen für die Blu-ray Disc wurden am 19. Februar 2002 durch die neun Unternehmen der Blu-ray Group, Matsushita, Pioneer, Philips, Sony, Thomson, LG Electronics, Hitachi, Sharp und Samsung, beschlossen; dieser Gruppierung schlossen sich Ende Januar 2004 zusätzlich noch Dell und Hewlett-Packard an. Mitte März 2005 schloss sich dem Blu-ray-Forum auch noch Apple an. Mit dem Blu-ray-Forum hat die Blue-ray Disc einen schlankeren organisatorischen Überbau als das DVD-Forum mit seinem konkurrierenden DVD-Nachfolgerformat HD-DVD.

Für die Blu-ray-Disc ist wie für die HD-DVD der Kopierschutz Advanced Access Content System (AACS) aus dem Bereich des Digital Rights Management vorgesehen.

Technologie

Die Blu-ray Disc basiert, wie die HD-DVD, auf einem blau-violetten Laser mit 405 nm Wellenlänge.

Zudem basiert die wiederbeschreibbare Blu-ray Disc auf der Phase-Change-Technik.

Bei einem Durchmesser von 12 cm fasst eine Scheibe bis zu 27 GB (einlagig) bzw. 54 GB (zweilagig) an Daten.

Eine 4-lagige Version der Blu-ray Disc, die auf einer Seite um 100 GB fassen soll, wurde von TDK vorgestellt.

Ein wichtiger Bestandteil der Spezifikation ist auch ein Kopierschutz in Form einer eindeutigen Identifikationsnummer. Damit würden sich Blu-ray Discs besonders gut für HDTV eignen, das dank der hohen Auflösung eine bessere Qualität als die gängigen Systeme wie PAL und NTSC bietet, aber auch dementsprechend mehr Speicherplatz benötigt.

Eine weitere Neuerung an der Blu-ray Disc ist, ähnlich wie bei der HD-DVD, der verkürzte Abstand des Lasers zum Datenträger, sowie die geringere Wellenlänge (andere Farbe) des Laserstrahls. Da bei der Blu-ray Disc, gegenüber der HD-DVD, ebenfalls eine etwas schwächere Schutzschicht und zudem ein schmälerer Laserstrahl verwendet wird, kann hier auch noch mal zusätzlich eine höhere Speicherkapazität erreicht werden.

Interaktive Anwendungsschicht

Im Rahmen der Blu-ray Disc Spezifizierung wird ebenfalls eine interaktive Anwendungs-Schicht definiert, die unter anderem das bisherige DVD-Menü ersetzen soll. Diese Anwendungsschicht wird auf Java basieren, dem so genannten Blu-ray Disc-Java.

Dies wird es erlauben, interaktive Anwendungen wie zum Beispiel interaktive Filme (freie Wahl der

Handlung!), Einblendungen, Spiele, Webangebote oder multimediale Zusatzinformationen zu integrieren.

Varianten

Professional Disc for Data (PDD) - professionelle Variante von Sony mit robusterer Verarbeitung und einem anderen Dateisystem; voraussichtlich ab Mai/Juni 2004 in Japan verfügbar

Professional Disc for Broadcast (PDB) - professionelle Variante von Sony mit robusterer Verarbeitung und einem anderen Dateisystem

Diese Varianten entsprechen nicht den Produkten für Endnutzer. Sie sind ausschließlich für Firmen gedacht und werden nur in geringen Stückzahlen hergestellt.

Alternativen

HD-DVD (zuvor: *Advanced Optical Disc*)

Eine neuere Entwicklung mit anderer Technik sorgt für bis zu einem Terabyte pro Scheibe.

HVD - Holographic Versatile Disc

Daten

Der Begriff **Daten** ist der Plural von Datum (lat. Singular *datum*, Plural *data* = Gegebenes).

Die Informatik und Datenverarbeitung (EDV) benutzen Daten als (maschinen-) lesbare und bearbeitbare Repräsentation von Information. Die Information wird dazu in Zeichen (bzw. Zeichenketten) kodiert, deren Aufbau strengen Regeln folgt, der so genannten Syntax. Daten werden zu Informationen, wenn sie in einem Bedeutungskontext stehen.

Beispiel: 0815 kann eine Telefonnummer sein und damit zu den Daten gehören. Wenn dazu der Name des Teilnehmers genannt wird, so wird daraus eine Information.

Man unterscheidet:

strukturierte Daten (zum Beispiel Datenbanken, XML)

unstrukturierte Daten (beispielsweise Dokumente)

transiente Daten

Während sich strukturierte Daten relativ einfach maschinell weiterverarbeiten lassen, ist dies bei unstrukturierten Daten nur schwer oder ungenau möglich.

Das Synchronisieren von Daten wird als Datenabgleich bezeichnet.

Definition Daten: Daten sind logisch gruppierte Informationseinheiten, die zwischen (Computer-)Systemen übertragen werden.

Speichern

Der Begriff **speichern** bezeichnet das Sammeln und Einlagern von Sachen oder Informationen (Daten) in einem Speicher. Das Wort Speicher ist abgeleitet aus dem spätrömischen *spicarium* = Getreidespeicher (*spica* = Ähre/Spitze).

Im Zusammenhang mit Dingen wird der Begriff speichern seltener verwendet. Im allgemeinen Sprachgebrauch haben sich hier die Wörter lagern bzw. ein-/auslagern etabliert.

In der Informatik bezeichnet der Begriff Speichern den Prozess des Schreibens von Informationseinheiten in bzw. auf ein [Speichermedium](#). Die Begriffe lagern oder einlagern werden für das Speichern von Information nicht verwendet, jedoch hat sich der Begriff auslagern für das Kopieren von Information aus dem Hauptspeicher eines Computers auf einen Sekundärspeicher etabliert.