

DVD - die 12cm-Revolution

15 Jahre nach der ersten CD ist es soweit - ein neues Medium betritt die Bühne des Unterhaltungs- und Computermarktes. Die DVD wird ab Herbst diesen Jahres der Multimedia-Datenträger schlechthin sein, ob es sich um Spielfilme, Musik oder Computerdaten handelt, bis 18 Gigabyte Fassungsvermögen bietet die neue Silberscheibe. Geschichte, Technik und Funktion der DVD beschreibt unser Beitrag.

Solange es das optische Speichermedium CD gibt, arbeitet die Industrie an dessen Weiterentwicklung. Ursprünglich lediglich als reiner Ersatz für die alte Schallplatte konzipiert, haben sich die CD und ihr Ableger Laserdisc längst in anderen Bereichen wie Video und Computerdaten etabliert. 74 Minuten Audiodaten und bis 680 MB Computerdaten erschienen lange Zeit als Nonplusultra.

Seit den Ankündigungen der Industrie zum neuen Medium DVD mutieren diese Daten jedoch zum mickrigen Standard des Vergessens - bis 18 GB Daten, mehrere Stunden Spielfilm bis ins HDTV-Format hinein sind angepeilt. Damit entsteht ein völlig neuer Standard, der wohl recht schnell die heutige CD verblassen lassen wird.

Seit Jahren arbeiten zahlreiche Firmen parallel an der Entwicklung des neuen Mediums. Dabei kam es, wie zu befürchten, zur Herausbildung zweier unterschiedlicher Standards. Auf der einen Seite standen zunächst Philips und Sony, auf der anderen Seite ein Konsortium von mehr als

20 Firmen der Elektronik- und Filmindustrie, hier seien stellvertretend nur Matsushita, Toshiba, THOMSON, Time Warner, Panasonic und Pioneer genannt, sich unversöhnlich gegenüber.

Krieg der Systeme

Während die Philips-Sony-Gruppe bis heute für ein Festhalten an der ausschließlich einseitigen Abtastung der weiterentwickelten CD (MM-CD genannt) eintritt, propagiert das SD-Konsortium (SD - Super Density) auch die Abtastung beider Seiten der CD, wie wir es von der Schallplatte her kennen, entweder durch manuelles Wenden, neue, doppelseitige Laser-Abtaster oder maschinelles Wenden. Das Hauptargument der MM-CD-Fraktion ist die einfache Handhabbarkeit der CD und die damit verbundene einfache und preiswerte Mechanik der Player mit dem Ziel der schnellen Verbreitung des Standards.

Das SD-Konsortium hingegen wurde bei seiner Entwicklungsabsicht vom Vorhaben der Filmindustrie dominiert, komplet-

te Spielfilme in möglichst hoher Qualität, angestrebt ist hier zukünftig HDTV-Standard, nebst hochwertigstem, mehrsprachigem Begleitton und Untertitelung auf der kleinen 12cm-Scheibe unterzubringen. Dazu kam die Absicht, das neue Supermedium in der Computerindustrie als Datenträger mit enormem Fassungsvermögen zu etablieren.

Während sich beide Lager über die grundsätzliche Herstellungs- und Abtasttechnik einig waren, es sollten wieder die bekannten 12cm-Scheiben aus Polycarbonat mit der aufgedampften Reflexionsschicht und das Einbringen der Informationen als sogenannte Pits (Löcher) sein, gingen die Interessen aus kommerzieller Sicht so weit auseinander, daß es 1995 mit der Präsentation der DVD zum Eklat kam.

Zur Internationalen Funkausstellung IFA 95 in Berlin traten beide Lager mit eigenen Geräten und eigenen Medien vor die Öffentlichkeit. Ein Desaster drohte, denn sollte es dabei bleiben, hätte es wieder, wie schon bei den Video-Standards, zwei verschiedene, nicht kompatible Systeme gegeben und

das mit allen Konsequenzen für Anbieter und Markt.

Einigung in letzter Minute

Quasi in letzter Minute, im Dezember 1995, einigten sich beide Lager vor allem auf Druck der Computerindustrie, die inzwischen federführend in der zur Lösung des Problems gebildeten „Technical Working Group“ war, auf einen gewissen, einheitlichen Standard, der sowohl abwärts- als auch aufwärtskompatibel ist. Das heißt, man hält sich sowohl die MM-CD-Richtung mit der Möglichkeit, auch herkömmliche CDs auf den neuen Playern abspielen zu können, als auch die SD-Intention der zweiseitigen DVD zur Aufnahme riesiger Datenmengen offen.

Daß DVD ursprünglich Digital Video Disc hieß, ist heute durch den Systemstreit aus dem Sprachgebrauch schon wieder gestrichen. DVD bleibt nun ein namenloses Kürzel, auf ein einheitliches Markenzeichen für die DVD wird man sich herstellerübergreifend bis zur Markteinführung einigen. So ist nun der Weg auf den Markt frei. Im Herbst diesen Jahres werden die ersten DVD und die entsprechenden Player verfügbar sein.

Filmindustrie bremst

Probleme macht lediglich noch die Filmindustrie, die von der Angst um die zu frühzeitige weltweite Vermarktung von Kinofilmen umgetrieben wird. Die DVD könnte schließlich kurzen Prozeß mit dem alten, aber gewinnträchtigen Ritus machen, neue Kinofilme erst mit einer halbjährlichen Verzögerung aus dem gelobten Land zu entlassen. Die Frage des Kopierschutzes ist noch nicht abschließend geklärt und nach wie vor besteht die amerikanische Filmindustrie auf einer Zeitcodierung für DVDs, die außerhalb der USA vertrieben werden. So werden die Europäer sich zum DVD-Start wohl mit Filmen zufriedengeben müssen, die man ohnehin schon auf VHS-Kassette in der Videothek findet.

Im Wissen um dieses Dilemma ist es wohl auch zu erklären, daß einige DVD-Gerätehersteller als erstes DVD-Player für den PC vorgestellt haben, hier den ersten Massenmarkt erblickend. Denn gerade auf diesem Gebiet ist für die DVD ein ähnlich rasanter Siegeszug zu erwarten wie für die gute, alte 650-MB-CD-ROM.

Immerhin, die Einigung auf den weltweiten Standard wird dem Kunden die entsprechenden Geräte deutlich preiswerter und schneller zugänglich machen als z. B. seinerzeit den CD-Player. Denn die Technik für die einseitig bespielten DVD ähnelt weitgehend der herkömmlichen CD-Technik und läßt die Hersteller von relativ

geringen Umrüstungskosten sowohl für die Geräteproduktion als auch die eigentliche DVD-Herstellung sprechen.

Loch an Loch - bei DVD noch enger

Trotz aller Ähnlichkeit zur alten CD weist die DVD jedoch grundlegende Unterschiede zu dieser auf. So sind zwar alle Maße, das Material und das Abtast- bzw. Schreibverfahren gleich geblieben (man kann eine einseitige DVD optisch nicht von einer CD unterscheiden), aber wie hat man die hohe Speicherkapazität letztendlich realisiert?

Dazu noch einmal ein kleiner Rückblick zur CD. Sie besteht aus einer Polycarbonatscheibe von 1,2 mm Dicke und 12 cm Durchmesser, in die per Hochleistungslaser spurförmig kleine, unterschiedlich lange Vertiefungen, die sogenannten Pits eingebracht sind. Diese Pits enthalten die Informationen nach einem genormten Schlüssel. Auf diese Schicht wird eine Metallschicht aufgedampft, die vornehmlich der guten Reflexion des Laserlichts dient.

Als abschließenden Schutz trägt man schließlich eine Lackschicht auf, die auf der Oberseite mit dem Labelaufdruck versehen ist. Die Pits werden durch den Player-Laser abgetastet und die Information nach dem genormten Schlüssel zu den erwarteten Daten zusammengesetzt. Zur Veranschaulichung dieses Aufbaus soll die Abbildung 1 dienen, die treue Leser bereits aus dem „ELVjournal“ 5/94 kennen. Dort kann man detailliert über die Technik, den Aufbau und die Herstellung der CD nachlesen.

Grundsätzlich entspricht der Aufbau der DVD der 5-GB-Generation diesem CD-Prinzip. Abweichend hierzu sind die Pits wesentlich kleiner, enger aufgebracht, die Spuren sind enger und als Folge dessen wird eine kürzere und damit genauer zu fokussierende Laser-Wellenlänge eingesetzt.

Wie sehr sich die Struktur beider Medien unterscheidet, kann man in Abbildung 2 sehen: die Pits der DVD sind deutlich kleiner und enger angeordnet. Dazu sind die Pits bei der DVD grundsätzlich in ein oder zwei Schichten eingebrannt, wobei die er-

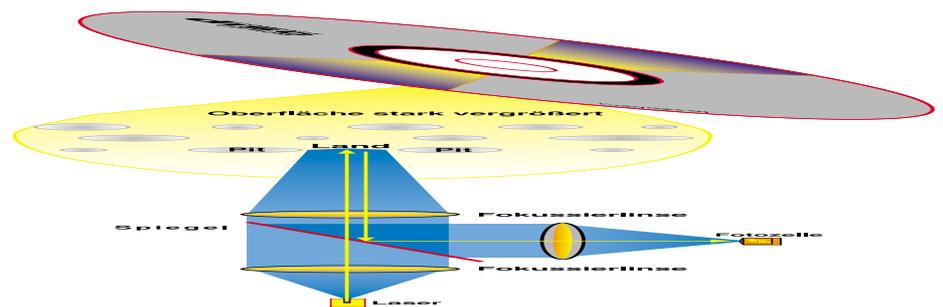


Bild 1: Der Aufbau einer CD als technologische Grundlage der DVD

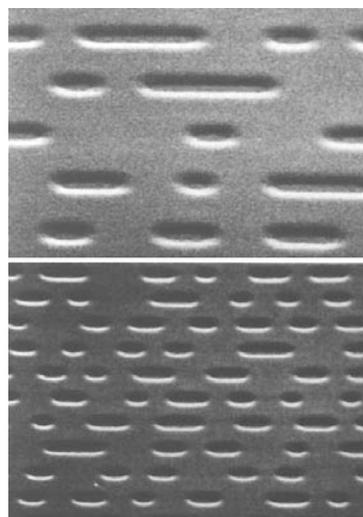


Bild 2: Die höhere Dichte der Pits auf der DVD (unten) ist auf dieser Elektronenmikroskop-Vergrößerung deutlich zu sehen (oben CD-Struktur).

ste im Gegensatz zur CD nicht in fast 1,2 mm Tiefe, sondern bereits in 0,6 mm Tiefe liegt. Dies hat Konsequenzen bei der Form der Laserabtastung, wie wir sehen werden. Dazu kommt ein verbessertes Fehlerkorrekturverfahren, das weniger Schreib-/Lesefehler zuläßt und damit deutlich mehr Platz für Informationen auf der DVD läßt.

Schärfere Laser

Die Laser-Wellenlänge beträgt beim DVD-Verfahren 650 bis 635 nm, liegt also im rot sichtbaren Bereich, während die herkömmlichen CD-Laser mit 780 nm und damit unsichtbarem Infrarotlicht arbeiten. Dazu sind die neuen Lasersysteme mit einer speziellen Optik ausgestattet, die eine höhere numerische Apertur (NA, beschreibt das Maß des Fokussierungspunktes eines Elektronen- oder Laserstrahls) aufweist, wodurch sich ein kompakterer, stärker gebündelter Laserstrahl ergibt (Abbildung 3).

Die Abwärtskompatibilität zur CD ist hier nun recht einfach lösbar. Man verän-

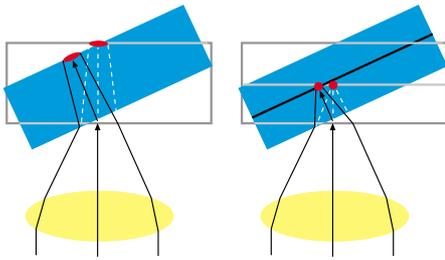


Bild 3: Die DVD erfordert eine wesentlich genauere Fokussierung des Laserstrahls (links CD, rechts DVD). Grafikidee: Toshiba

lediglich die Fokussierung des Laserstrahls auf 1,2 mm statt 0,6 mm Tiefe, wählt also eine zweite numerische Apertur, und kann so problemlos auch die Pits der CD abtasten. Das Funktionsprinzip ist in Abbildung 4 illustriert.

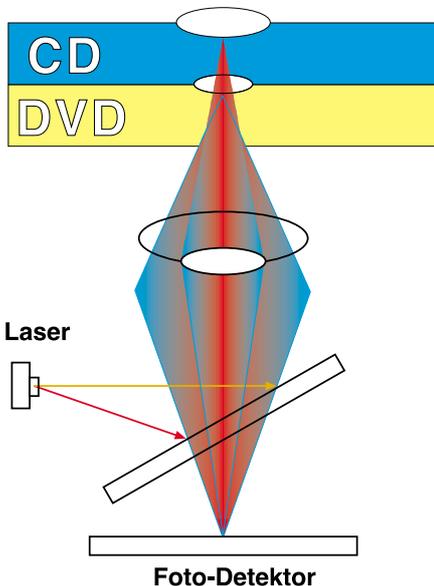


Bild 4: Die Abwärtskompatibilität zur CD erfordert lediglich ein Umschalten der Laserfokussierung. Grafikidee: Toshiba

Daß die kleinste DVD nun gerade 5 GByte an Daten faßt, ist kein technologischer Zufall, sondern das Ergebnis einer Rechnung, die die angepeilte, ursprüngliche Hauptanwendung als Träger für Spielfilme zugrunde legt:

Dabei geht man von einer üblichen Spielfilmlänge von max. 135 Min. aus. Da man eine weit bessere Abspielqualität als die der altbekannten großen Laserdisc erwartet, nimmt man eine Abtastrate besser als 3,5 MBit/s (die Maximalrate der Laserdisc) an. Bei der Tonwiedergabe ist natürlich die Unterstützung von Dolby-Digital-Surround-Ton 5.1 der Normalfall.

Dies setzt eine Abtastrate für den Ton von 384 kBit/s bei Unterstützung von 3 Sprachen voraus. Dazu wird Subtitelung von bis zu 4 Sprachen in die Norm ein-

gebracht. Dies erfordert noch einmal 10 kBit/s je Sprache. Daraus errechnet sich die komplette Abtastrate:

$$3,5 \text{ MBit/s} + 384 \text{ kBit/s} \times 3 + 10 \text{ kBit/s} \times 4 = 4,692 \text{ MBit/s}$$

Die gesamte Datenkapazität eines solchen Spielfilms wird nun aus der Abtastrate, also der erforderlichen Bitzahl je Sekunde, multipliziert mit 60 für eine Minute, wiederum multipliziert mit der Gesamtspielzeit von 135 Minuten, ermittelt. Dieses Produkt wird nun durch 8 (Bit) geteilt, um auf die erforderliche Byte-Angabe zu kommen. Wer jetzt nachrechnet, wird auf eine Gesamtkapazität von 4,75 GByte kommen. Für diese kleinste DVD hat man sich auf die Bezeichnung SD-5 festgelegt (Abbildung 5).

liegende Spur, die vom Laser lediglich eine zweite numerische Apertur verlangt. Ganz so einfach, wie es zunächst Abbildung 6 prinzipiell darstellt, ist das dennoch nicht. Man mußte ein Verfahren finden, das es optisch erlaubt, die in verschiedenen Tiefen liegenden Daten-Spuren eindeutig trennen zu können.

Die Basis dieser Mehrschicht-Technik ist eine teildurchlässige Folie, die über der ersten Abtastschicht aufgebracht wird (Abbildungen 7 und 8). Bei der Abtastung der tiefer liegenden Daten durchdringt der Laserstrahl durch eine darauf gerichtete numerische Apertur die semitransparente Folie, die das Zurückstrahlen des Lichts von der tiefen Schicht her erlaubt. Damit wir wissen, wovon wir bei der Veränderung der Fokussierung des Lasers sprechen, sei hier gesagt, daß die Zwischen-

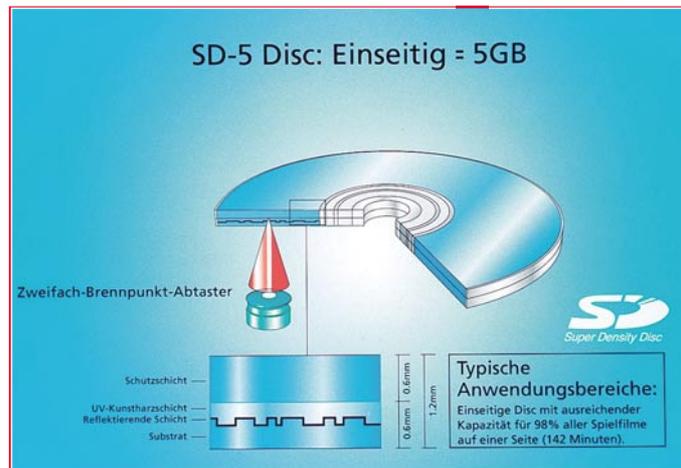


Bild 5: Der Aufbau der 5-Gbyte-Standard-DVD. Grafik: SD-Konsortium

Doppelt in die Tiefe

Richtig interessant wird es bei der nächsten Stufe der Datenmenge auf DVD. Da die Größe der Pits durch die Physik des nur endlich fokussierbaren Laserstrahls derzeit an ihrem technologisch machbaren Minimum angekommen ist, ging man bei der 9-GByte-DVD (SD-9) in die Tiefe. Neben der „Normalspur“ in 0,6 mm Tiefe verfügt die DVD über eine zweite, tiefer

schicht zwischen beiden Pit-Schichten nur 40 µm dick ist und die genormte Spurtiefe nur 0,74 µm beträgt! Das Reflexionsvermögen ist so gestaltet, daß etwa ein Drittel des auf die tiefere Schicht treffenden Lichtes zurückgeworfen wird, was wiederum erhöhte Präzision des optischen Empfangssystems bedingt.

Bei der Fokussierung des Lasers auf die außen (oder oben) liegende Schicht verhält sich die Folie weitgehend reflektierend, so daß diese Schicht ohne Probleme abgeta-

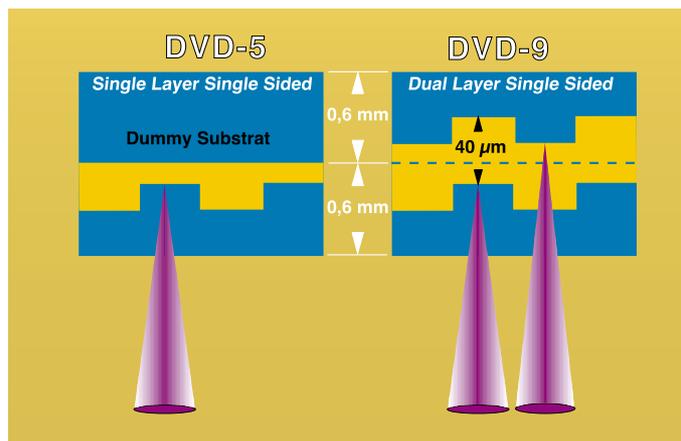


Bild 6: Nur 40 µm trennen die beiden Spuren der Dual-Layer-Disc. Dies stellt hohe Anforderungen an die Fokussierung des Lasers. Grafikidee: THOMSON

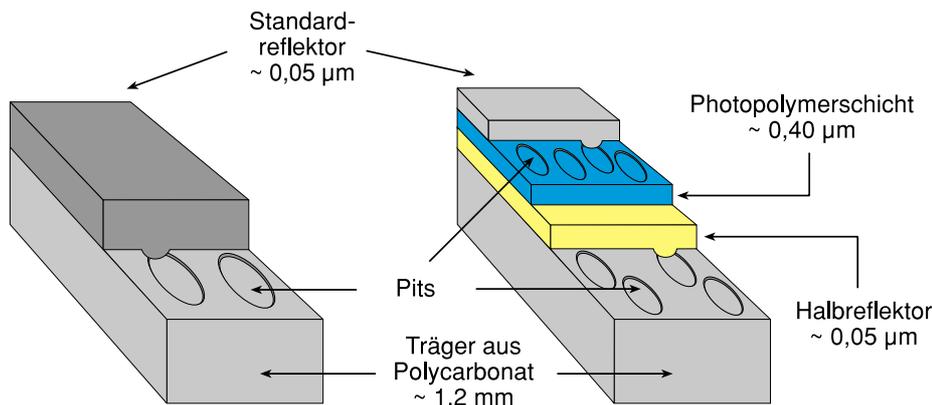


Bild 7: Der schichtweise Aufbau von CD (links) und Dual-Layer-Disc (rechts). Man erkennt deutlich die kleineren Pits und die semitransparente Folie zwischen den beiden Schichten der DVD. Grafikidee: 3M

stet werden kann.

Die tiefere Schicht wird aus einem speziellen Photopolymer hergestellt, das bei der Bestrahlung mit UV-Licht aushärtet.

In der Praxis wird die tieferliegende Schicht zuerst abgetastet und danach der Laser sehr schnell neu auf die äußere fokussiert. Damit der Übergang für den Nutzer nicht spürbar ist, kompensiert ein Da-

18 Gbyte im Doppelpack

Das Maximum an derzeit erreichter Speicherkapazität stellt das SD-18-Format dar. Hier lassen sich gewaltige 18 GByte auf der nun doppelseitig abtastbaren DVD unterbringen. Diese DVD sollen ihre Anwendung im Großrechnerbereich und in der

verfolgt, während die MM-Gruppe sich auf die einseitigen DVDs beschränkt, deren heutige Doppellayertechnik prinzipiell von dort stammt.

MPEG stampft 95% ein

Nach dem Aufbau der DVD wollen wir nun einen Blick auf die Möglichkeiten der DVD werfen. Wie die CD dereinst die Audio-Technik revolutionierte, wird das DVD-System in der Heimvideo-Bildqualität neue Maßstäbe setzen. Die Bildqualität erreicht heute bereits die Fernseh-Studio-Norm und soll, wie gesagt, eines Tages sogar die gewaltigen Datenmengen in HDTV-Norm auf den heimischen Bildschirm holen.

Fast überflüssig, zu erwähnen, daß durch die ausschließlich digitale Speicherung und Wiedergabe das (analoge) Videoband an Wiedergabequalität um Längen gegenüber der DVD verliert. DVD übertrifft sogar in Form der SD-5 die Laserdisc, die bisher das Nonplusultra der Heimwiedergabequalität ist. Neben der hohen Auflösung und der präzisen Wiedergabe glänzt die DVD durch das extrem geringe Farbrauschen und die wegfallenden Abnutzungserscheinungen,

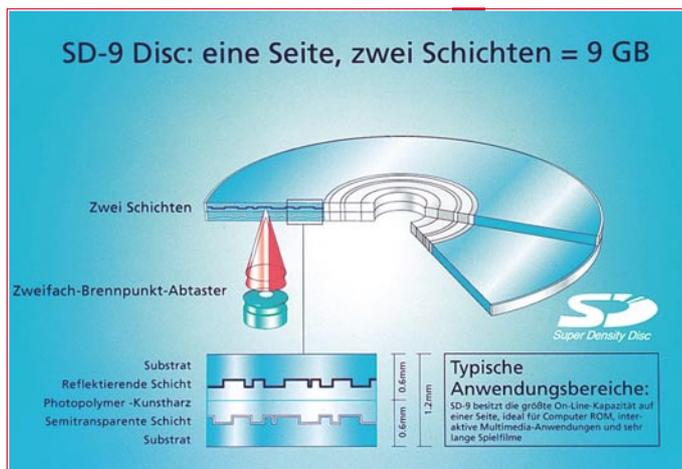


Bild 8: Der Aufbau der 9-GB-Dual-Layer-DVD. Grafik: SD-Konsortium

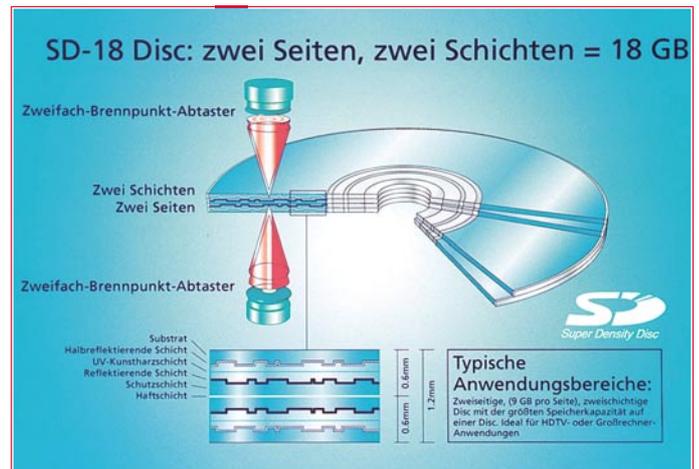


Bild 9: Im Sandwich: zwei Seiten mit je zwei Schichten ergeben 18 GByte bei der SD-18. Grafik: SD-Konsortium

ten-Zwischenspeicher diese minimale Pause. Dazu ist die Anordnung der beiden Spuren entgegengesetzt gestaltet, so daß der Übergang vom Ende der einen Spur auf den Anfang der anderen Spur möglichst schnell erfolgen kann. Zusätzlich hat man die Datenformate beider Spuren der DVD unterschiedlich gestaltet, so daß selbst bei einem falsch fokussierten Laser die Auswertelektronik sofort den richtigen Layer erkennen kann und ggf. Fehler sofort korrigiert.

Hauptanwendungsgebiet dieser auch Dual-Layer-Disc genannten DVD werden Computeranwendungen, besonders im Multimedia-Bereich, und überlange Spielfilme sein.

angestrebten Pressung von HDTV-Video-material finden.

Das Funktionsprinzip, in Abbildung 9 dargestellt, ist schnell erklärt. Die SD-18 besteht aus zwei Rücken an Rücken zusammengeklebten, nur je 0,6 mm starken Dual-Layer-Discs, deren beide Seiten von je einem Laser abgetastet werden. Dabei muß hier die Fokussierung der Laser noch genauer erfolgen als bei den zuvor beschriebenen DVDs, denn die einzelnen Schichten liegen hier noch dichter beieinander.

Daher werden diese DVDs wohl auch speziellen und sicher nicht ganz billigen Abspielgeräten vorbehalten bleiben. Diese Entwicklungsrichtung wird, wie beschrieben, derzeit auch nur vom SD-Konsortium

nungen, wie wir sie vom Videoband her kennen.

Video-Insidern wird es bei der Berechnungsformel für die benötigte Datenmenge eines Spielfilms aufgefallen sein: mit 3,5 MBit/s kann man keine Bildaufzeichnung nach Studionorm realisieren.

Gewaltige 167 MBit/s schreibt die CCIR-601-Studioform vor! Bei dieser Übertragungsgeschwindigkeit wären die knapp 5 Gigabyte Speicherkapazität der Standard-DVD gerade einmal für 4 Minuten digitaler Video-Wiedergabe ausreichend. Die Lösung des Problems heißt Datenkompression.

Das DVD-System macht sich die Vorteile des als MPEG 2 bezeichneten Hoch-

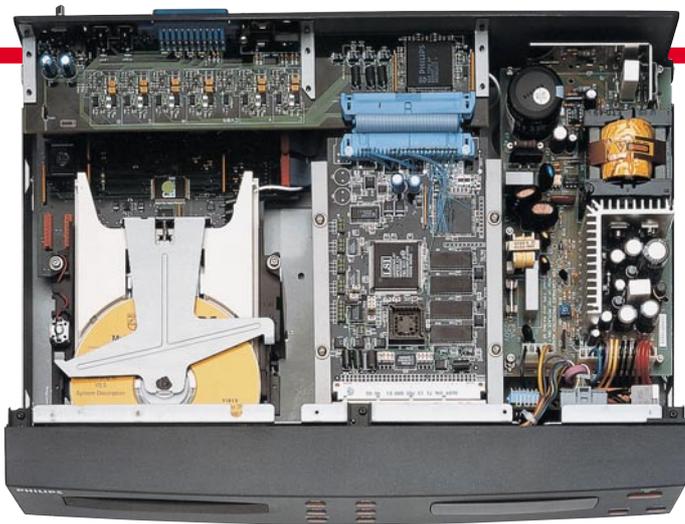


Bild 10: Die Mechanik des einseitigen DVD-Players ähnelt weitgehend der herkömmlichen CD-Technik. In der Mitte die Controller-Boards für Laufwerk und MPEG-Decodierung im Sandwich. Foto: Philips

leistungskompressionsverfahrens zunutze. Dieses basiert auf einem Satz flexibler Kompressionsnormen, die bereits die zweite derartige Spezifikation der MPEG-Arbeitsgruppe (MPEG - Moving Picture Experts Group) darstellen. Gerade in der Computerwelt, wo die Speicherprobleme von bewegten Bildern in verschärfter Form auftreten, sind die MPEG-Kompressionsverfahren inzwischen fester Bestandteil der Videoverarbeitung. Künftige und teilweise auch heutige Multimedia-Anwendungen setzen bereits MPEG-Hardware als Standard voraus.

Beim MPEG 2-System wird das Bildsignal auf Wiederholungen (sog. Redundanzen) analysiert. In der Regel sind mehr als 95% der digitalen Daten, aus denen sich

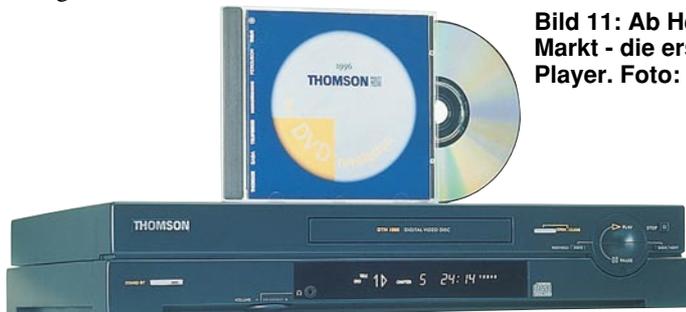
Audio-Kanal-Anzahl, Filmlänge und Bildkomplexität, um die 3,5 MBit/s.

Ton superb

Auch der Ton auf der DVD wird zum Feinsten gehören. In den USA gelieferte Spielfilm-DVDs lassen sich mit digitalen Audio-Tonspuren (2 oder 5 + 1 Kanäle) im Dolby-AC-3-Verfahren ausstatten. Im Gegensatz zur Dolby-Pro-Logic-Codierung stellt das Dolby-AC-3-Mehrkanaltonsystem fünf völlig unabhängige (diskrete) Kanäle zur Verfügung: links, Mitte, rechts, links hinten, rechts hinten. Hinzu kommt ein gemeinsamer Subwoofer-Kanal (5 + 1).

Das Dolby-AC-3-System, das mit einer

Bild 11: Ab Herbst auf dem Markt - die ersten DVD-Player. Foto: THOMSON



das Videosignal zusammensetzt, redundant und als solche ohne sichtbare Beeinträchtigung der Bildqualität komprimierbar. Durch die Beseitigung dieser Redundanz läßt sich mit dem MPEG 2-Verfahren bereits bei weitaus geringeren Bitraten eine hervorragende Bildqualität erzielen. Eine Version dieses Verfahrens wird auch zur Audio-Kompression als MPEG Audio auf der DVD eingesetzt.

Die im Rahmen des DVD-Systems eingesetzte MPEG 2-Codierung erfolgt in zwei Phasen. Das Signal wird zunächst auf seine Komplexität analysiert. Danach werden komplexen Bildern höhere Bitraten und einfacher aufgebauten Bildern niedrigere Bitraten zugeordnet. Damit arbeitet das System mit variabler Übertragungs-Geschwindigkeit, und das Bildsignal ist insgesamt auf bis zu 10 MBit/s komprimiert. Im Mittel schwankt die tatsächlich eingesetzte Bildrate komprimiert und je nach

digitalen Bitrate von 384 kBit/s arbeitet, konnte sich unter Video- und Heimkino-Liebhabern bereits weitgehend etablieren. Als echtes Digitalsystem bietet es hochwertige Tonqualität und einen ausgezeichneten Dynamikbereich.

Als zusätzliche Alternative zum Dolby-AC-3-Ton bietet das DVD-System dem Produzenten auch die Möglichkeit der Tonaufzeichnung in 16-Bit-Linear-Stereoqualität mit Dolby Pro Logic-Codierung. Zur Erleichterung des Vertriebs auf internationalen Märkten lassen sich auf der DVD bis zu 8 Sprachen sowie bis zu 32 verschiedene Untertitelungen speichern.

In Zukunft wiederbeschreibbar

Ein Blick in die Zukunft von DVD läßt natürlich die Frage nach einer wiederbeschreibbaren DVD auftauchen. Auch sie kommt, vom SD-Konsortium als zweiseitige Disc mit 3,2 GB je Seite, einmal beschreibbar. Die Technologie unterscheidet sich dabei außer in der höheren optischen Präzision nicht wesentlich von der heutigen Technik der CD-Writer.

Daneben kommt auch die Rewritable DVD, also die mehrfach beschreibbare DVD mit 2 x 2,6 GB je Seite, deren Technik der bekannten magneto-optischen Datenträger entspricht.

Das Lesen und Schreiben von Daten erfolgt durch Konvertieren der Aufnahmeschicht von einem amorphen in einen kristallinen Zustand und umgekehrt durch die Hitzeeinwirkung einer Laserdiode. Dabei kommt eine neuartige Phasen-Wechsel-Technologie zum Einsatz, und das Überschreiben alter Daten mit neuen geschieht in einem Zug ohne extra Löschvorgang. Damit ist das digitale Selbst-Aufzeichnen zumindest kürzerer Spielfilme (bzw. mit Seitenwechsel auch kompletter Filme)

home-made möglich.

Die ersten, ab Herbst 1996 verfügbaren DVD-Geräte sind jedoch ausschließlich Abspielgeräte der unterschiedlichsten Form wie Heimstudio-Player (Abbildung 10/11) und Einbau- bzw. externe Player für den Computerbereich (Abbildung 12).



Bild 12: Der DVD-ROM wird eine schnelle Verbreitung in der Computerwelt vorausgesagt. Foto: Philips