

Seminararbeit für das Proseminar IT/RAK

SS 2003

DVD, Standards und Formate

Lehrveranstaltungsnummer: 401173/1

Lehrveranstaltungsleiter: Mag. Univ. Ass. Christian Kurz

Name	Matrikelnummer
Gesperger Christoph	0000303
Goluch Gernot	0026039

Inhaltsverzeichnis:

1. Einleitung

2. Die Technik der DVD

2.1 Physikalischer Aufbau und Spezifikation der DVD

- 2.1.1 Der Aufbau einer DVD
- 2.1.2 Der Aufbau einer Halbdisk und Layer
- 2.1.3 DVD Typen und Kapazitäten

2.2 Speicherung und Auslesen von Daten

- 2.2.1 speichern von Daten
- 2.2.2 lesen von Daten

2.3 Herstellung einer DVD

- 2.3.1 pressen
- 2.3.2 brennen: R, RW

2.4 Datenformat der DVD

- 2.4.1 Informationsbereich
- 2.4.2 Sektoren
- 2.4.3 Dateisystem
- 2.4.4 Fehlerkorrektur, ECC

3. DVD Formate

3.1 Read-only-Formate

- 3.1.1 DVD-ROM
- 3.1.2 DVD-Video
- 3.1.3 DVD-Audio

3.2 Writeable Formate

- 3.2.1 DVD-Recordable (-R, +R)
- 3.2.2 DVD-Rewriteable (-RW, +RW)
- 3.2.3 DVD-Random Access Memory (RAM)

3.3 Kompatibilität der beschreibbaren Formate

3.4 Kopierschutzverfahren

- 3.4.1 APS
- 3.4.2 CSS
- 3.4.3 CPPM
- 3.4.4 CRPM

3.5 Neue Technologien

- 3.5.1 Blu-Ray
- 3.5.2 Advanced Optical Disk

4. Methodik

5. Zusammenfassung

6. Bibliographie / Referenzen

Abstract

We already know the Digital Versatile Disc as the new medium for films and computer games. Now it starts to conquer the home PC. DVD is the future medium for saving your data, music, pictures and videos. But buying a DVD is not that easy like buying a VHS-Video tape: -R, +R, -RW,...

What format to choose? The "standard-fight" between the different companies producing DVD's has already begun. In this paper we will take a closer look on the different standards for DVD's which are available now or will be available soon on the market. To handle the questions "Which standard is going to be the one ruling the market?" or "What DVD is the right for my needs?" we will deal at the beginning with the basic technology of the DVD. After handling the standards available today and their resources we will make a glimpse in the future of the future medium DVD.

1. Einleitung

Mit der Digitalisierung der Speichermedien in der modernen Computertechnologie und anderen Branchen durch die Einführung der CD im Datenverarbeitungsbereich wie auch in der Musikbranche wurden viele Probleme der alten Speichermedien, wie z.B. magnetische Datenträger, eliminiert. Die CD bot einen, vorher nicht denkbaren, Speicherplatz an sowie etliche andere Features die vorher nicht denkbar gewesen waren. Für eine lange Zeit war somit die CD das Medium der modernen Datensicherung, ob nun Daten im EDV Bereich oder für Musikstücke. Nun kommt jedoch langsam aber sicher auch die CD in ihre Jahre und die Anforderungen der heutigen Datenverarbeitung bzw. Sicherung verlangen nach neuen Möglichkeiten. So wurde die Digital Versatile Disc, aka DVD, entwickelt.

Es gibt jedoch noch kein einheitliches Format wie es bei Videokassetten, zum Beispiel, der Fall ist. Dieser „Kampf der Standards“ wird sich wahrscheinlich durch die jeweilige Marktperformance entscheiden.

Die DVD bedient sich auch dem Prinzip der digitalen Datensicherung, sprich einem ähnlichen Prinzip wie das der CD.

Die digitalisierten Daten werden in eine Folge von Erhöhungen und Vertiefungen auf eine Metallschicht gebracht und von dort mit der Hilfe eines Lasers und der damit entstehenden Lichtreflexion wieder gelesen.

Die neuen technologischen Entwicklungen ermöglichen jedoch einen weit komplexeren und kompakteren Aufbau der DVD.

Durch diese weit aus bessere Technologie hat sich der Speicherplatz um Längen vervielfacht und somit kann die DVD auch in Gebieten eingesetzt werden für die die CD noch zu wenig geboten hatte, wie z.B. der Filmindustrie.

Für den privaten Gebrauch muss man zwischen einmal beschreibbare sowie wiederbeschreibbare Disks unterscheiden die wieder anderen Prinzipien des Speicherns von Daten folgen.

Wird im Fall der einmal beschreibbaren DVD's noch mit Farbstoffen gearbeitet, so werden im Fall der wiederbeschreibbaren DVD's sich die Eigenschaften von Atomen in Metallen zu Nutze gemacht.

Obwohl die Frage des Formats noch nicht entschieden ist kann man jedoch mit Bestimmtheit sagen dass die DVD sich am Markt der Datensicherung durchsetzen wird bzw. in gewissen Branchen schon durchgesetzt hat und zurzeit kein Konkurrent mit ähnlicher Performance in Sicht ist.

2. Die Technik der DVD

2.1 Physikalischer Aufbau und Spezifikationen der DVD

2.1.1 Der Aufbau einer DVD

Eine DVD besteht aus zwei Halbdisk, die beide 0,6 mm dick sind. Diese werden Rücken an Rücken aneinander geklebt (*bonding*), woraus die Möglichkeit entsteht DVD's beidseitig mit Daten zu beschreiben, aber hierzu ein wenig später.

2.1.2 Der Aufbau einer Halbdisk und Layer

Die Halbdisk, wie oben erwähnt 0,6 mm dick, besteht aus 1-2 Informationsschichten (im weiteren *Layer* genannt).

Der äußere Layer muss etwas lichtdurchlässig sein um das Lesen der zweiten, voll reflektierenden, Schicht zu ermöglichen.

Die Materialien die eine solche Halbdisk beinhaltet und den Zweck der einzelnen Schichten können sie der Tabelle 1 entnehmen.

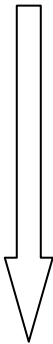
	Material	Zweck
Außen  Innen	Transparentes Polykarbonat	<ul style="list-style-type: none"> - Informationsträger - Effektiver Schutz vor Umwelteinflüssen
	Gold (oder ein anderes halbtransparentes Material)	<ul style="list-style-type: none"> - halbtransparent da diese Schicht etwas lichtdurchlässig sein muss (s.o.)
	Lack	<ul style="list-style-type: none"> - trennt die Layer
	Aluminium	<ul style="list-style-type: none"> - wird auf den zweiten Informationsträger aufgedampft - Voll reflektierend
	Lack	<ul style="list-style-type: none"> - Schutzschicht - Grundierung für das Zusammenkleben zweier Halbdisks

Tabelle 1 Materialien einer Halbdisk

Eine Layer setzt sich nun schlussendlich aus 2 Komponenten zusammen:

- dem Informationsträger
- und dem Reflektor.

(s.o.)

Zum Aufbau einer DVD siehe auch Abbildung 1 weiter unten.

2.1.3 DVD-Typen und Kapazitäten

Aus den oben erwähnten Spezifikationen ergibt sich nun eine Vielzahl von möglichen Kombinationen einer DVD:

- *single sided*:
einseitig beschriebene Disk
- *double sided*:
beidseitig beschriebene Disk
- *single Layer*:

nur ein Layer pro Seite (die innere Layer, da durch die Distanz der Daten zur Oberfläche der Disk diese besser geschützt sind)

- *double Layer*:
zwei Layer pro Seite

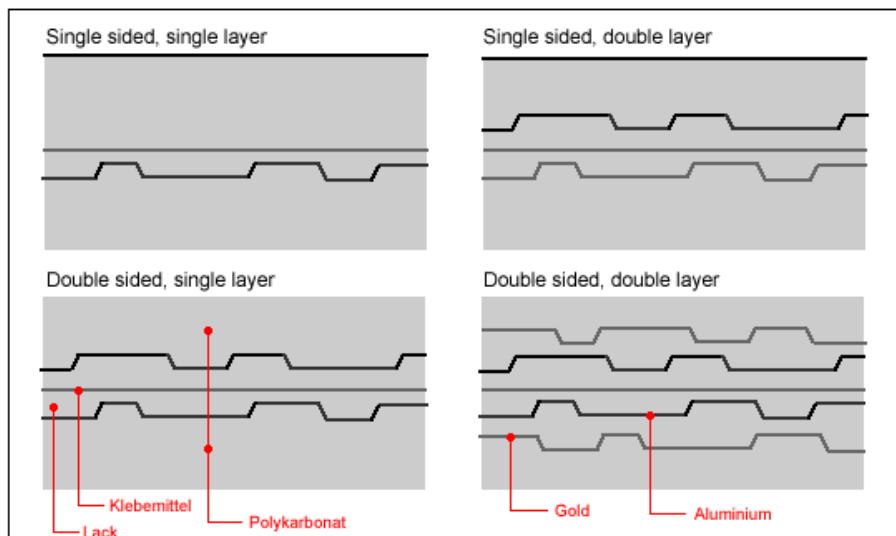


Abbildung 1 Querschnitt einer DVD versch. Typen

Die Kapazität eines einzelnen Layer auf einer Disk mit 120mm Durchmesser beträgt ca. 4,7 GByte. Bei einer double sided DVD ergibt sich so logischerweise die Verdoppelung dieser Kapazität, sprich 9,4 GByte.

Nicht so, wie man annehmen könnte, jedoch bei einer double Layer.

Durch eine großzügigere Verteilung der Daten auf der zweiten Layer, um Lesefehler zu vermeiden, ergibt sich eine Speicherkapazität von nur 8,5 GByte. Der Vorteil hier ergibt sich jedoch dadurch das beim abspielen der Laser nur auf die zweite Layer fokussiert werden muss um die Daten der zweiten Schicht zu lesen und nicht wie bei der double sided Disk diese manuell umdrehen muss.

Der zweite Layer kann somit nur 3,8 GByte Daten enthalten.

DVD-Typ	Durchmesser	Seiten	Layer pro Seite	Kapazität
DVD-1	80mm	1	1	1,4 GByte
DVD-2	80mm	1	2	2,5 GByte
DVD-3	80mm	2	1	2,7 GByte
DVD-4	80mm	2	2	5,0 GByte
DVD-5	120mm	1	1	4,7 GByte
DVD-9	120mm	1	2	8,5 GByte
DVD-10	120mm	2	1	9,4 GByte
DVD-14	120mm	2	1 bzw. 2	13,2 GByte
DVD-18	120mm	2	2	17 GByte

Tabelle 2 DVD-Typen und Kapazitäten [1]

Die im Handel am häufigsten anzutreffenden Typen sind die DVD-5, DVD-9 und DVD-10.

Die „Vorliebe“ des Marktes für single sided Disks entsteht schlichtweg daraus da die Beschriftung einer double sided Disk sehr schnell auf grenzen stößt, sie ist nur auf dem Ring in der Mitte möglich.

Und dies ist in unserem visuellen Zeitalter oft nicht sehr zielführend da keine Möglichkeit eines gut positionierten und ersichtlichen „Eye Catchers“ besteht.

2.2 Speicherung und Auslesen von Daten

Eine DVD verwaltet ihre Daten in achtbittigen Binärzahlen (Bytes) wie in der modernen Computertechnologie üblich.

Diese werden nun durch so genannte *Pits* und *Lands* dargestellt.

Die Vertiefungen die durch den Press- bzw. Brennvorgang auf der Layer einer DVD entstehen werden *Lands* genannt. Die dazwischen liegenden unberührten Bereiche sind die *Pits*. *Pits* und *Lands* folgen, logischerweise, hintereinander.

Diese werden in Spuren spiralenförmig auf der DVD von innen nach außen angeordnet.

Der Spurbstand beträgt $0,74 \mu\text{m}$. (Ein Mikrometer entspricht $\frac{1}{1.000.000}$ Meter).

Ein *Pit* hat eine Länge von $0,4 \mu\text{m}$ (sog. *3T-Pits*) bis maximal $1,87 \mu\text{m}$ bei single Layer Architektur bzw. von $0,44 \mu\text{m}$ bis $2,13 \mu\text{m}$ bei double Layer Architektur.

Die unterschiedlichen Längenmaße bei single bzw. double Layer entstehen durch die verminderte Reflexion des Lasers bei zwei Layer.

Zur Veranschaulichung der Größenverhältnisse ein Beispiel: Wenn die DVD die Größe eines Fußballfeldes hätte, dann würde die Länge der *Pits* 2 Millimeter betragen.

2.2.1 Speichern von Daten

Würde man nun die achtbittigen Binärzahlen (Bytes) direkt als Abfolge von *Pits* und *Lands* auf die DVD pressen, wären erhebliche Probleme die Folge, da schon kleinste Kratzer bzw. Staubkörner die Lesbarkeit der Daten auf einer DVD beeinträchtigen könnten.

Ein zweites Problem ist das binäre Zahlen bei denen eine 1 auf eine 1 folgt nicht abspeicherbar wären. Das ergibt sich aus der Eigenschaft das *Pits* und *Lands* jeweils die binäre 0 darstellen und nur der Übergang von einer Erhebung in eine Vertiefung (sozusagen der Aufstieg bzw. die Talfahrt) eine binäre 1 darstellen. (schon die minimale Länge eines *Pits*, das 3T-Pit steht für zwei binäre Nullen)

Um diese Probleme zu vermeiden werden die Zahlen „gestreckt“.

Dieser Vorgang erfolgt mit Hilfe der *EFM Plus* (Eight to Sixteen Modulation):

Hier werden mittels Übersetzungstabellen (siehe Tabelle 3) die achtestelligen Binärzahlen in sechzehnstellige umgewandelt.

Diese Methode ist eine Weiterentwicklung der Eight to Fourteen Modulation die bei der CD-Herstellung eingesetzt wird, deswegen EFM Plus und nicht ESM.

Dezimalwert	Binärwert (8 Bit)	Kodierung (16 Bit)
0	00000000	0010000000001001
1	00000001	0010000000010010
2	00000010	0010000100100000
3	00000011	0010000001001000
4	00000100	0010000010010000
5	00000101	0010000000100100
6	00000110	0010000000100100

Tabelle 3 Auszug einer Übersetzungstabelle der EFM [1]

Wenn man sich nun die Kodierung der Zahlen 5 und 6 ansieht wird man feststellen das diese den gleiche 16 Bit Kodierungszahl haben. Dies ergibt sich daraus das die vollständige Kodierungstabelle für jeden Wert vier verschiedene 16 stellige Binärzahlen vorsieht. Welche Zahl nun mit der Kodierung gemeint ist ergibt sich aus der Kodierung des Vorgängers. Die Zuordnung zu einer der vier Übersetzungstabellen erfolgt nach bestimmten Eigenschaften, z.B. wenn eine Kodierung mit einer

oder keiner null endet (10 oder 01) dann wird für die nächste zu kodierende Zahl die erste Übersetzungstabelle verwendet. Es gibt nun noch sechs weitere solcher Eigenschaften, die wir hier jedoch nicht näher betrachten wollen.

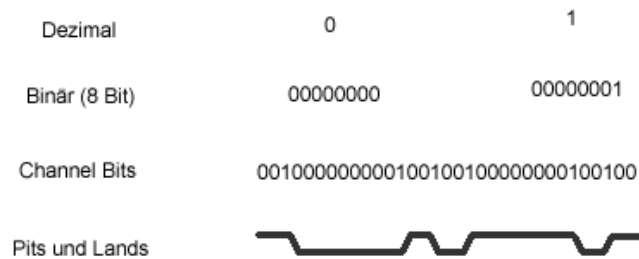


Abbildung 2 Weg von der Dezimalzahl zu den Pits und Lands

Die von EFM Plus verschlüsselte Folge von Bits werden *Chanel Bits* genannt und können nach der Kodierung direkt in Pits und Lands umgewandelt werden (Abbildung 2).

2.2.2 Lesen von Daten

Das Lesen von Daten, gespeichert auf einer DVD, erfolgt über die Abtastung durch einen Laser. Der Laser wird auf die Hälfte eines 3T-Pits gebündelt und auf die spiralförmige Anordnung der Pits und Lands ausgerichtet.

Die schon weiter oben besprochenen Reflektoren (Gold bzw. Aluminium) werfen das Licht zurück auf einen Sensor, der die Veränderung der Reflexion des Lichts misst wenn dieser über die Pits und Lands der Spur fährt. Aus diesen Messdaten ergeben sich dann in Folge die Chanel-Bits, aus denen die Bytes mit Hilfe der EFM Plus Methode dekodiert werden, um die Daten in der gewünschten richtigen Form verwenden zu können.

Um dieses Verfahren zu ermöglichen, wird ein Laser mit einer Wellenlänge (die Strecke die das Licht für eine Schwingung benötigt) von 635 bis 650 nm ($1 \text{ Nanometer} = \frac{1}{1.000.000.000} \text{ Meter}$).

Die Farbe des Lasers ist rot.

Die Veränderung der Reflexion des Lichtes entsteht durch die Pits und Lands. Diese reflektieren Licht unterschiedlich, Pits streuen das Licht und Lands reflektieren es gleichmäßig (Abbildung 3).

Es ist auch eine bestimmte Menge an reflektiertem Licht nötig, um das Auslesen der Daten adäquat zu gewährleisten:

- single Layer:
70% des eintreffenden Lichts müssen reflektiert werden
- double Layer
25 – 40 %, auf Grund der geringeren Datendichte

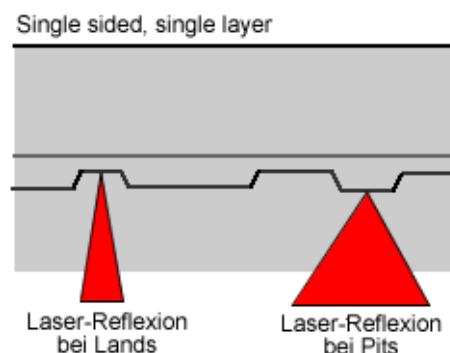


Abbildung 3 Streuung des Laserstrahls

2.3 Herstellung einer DVD

In diesem Punkt gehen wir nur kurz auf die verschiedenen technischen Verfahren zur Herstellung einer DVD ein. Eine genauere Behandlung dieser Thematik würde jedoch eine eigene Seminararbeit füllen.

2.3.1 pressen

Die vorgefertigten Halbdisketten werden aufgeheizt, um danach mit dem „Metal Vater“ die gewünschte Pitsstruktur auf diese zu pressen. Die Halbdisketten sind nach diesem Vorgang noch transparent und so wird diese mit einer Schicht Aluminium und einer Schicht Gold (oder ein anderes halbtransparentes Material) überzogen.

Danach werden die zwei fertigen Halbdisketten zusammengeklebt. Ein Verfahren hierfür ist das so genannte *Radical UV Cured Bonding*, bei dem die beiden Halbdisketten an der Aluminium Seite mit Lack überzogen werden, so zusammengeklebt, und anschließend mit UV-Licht gehärtet werden.

2.3.2 brennen: R, RW

- R (einmal beschreibbare DVD's):

Hier wird, genauso wie beim Brennen von CD's, ein Farbstoff verwendet, der es erlaubt ihn mit einem starken Laserimpuls farbundurchlässig zu machen. So wird vermieden, dass das Licht von der Reflexionsschicht zurückgeworfen werden kann. Durch dieses Verfahren werden Pits erzeugt. Der Farbstoff reagiert nur bei sehr starkem Laserlicht, da sonst jedes DVD Laufwerk die Datenstruktur zerstören könnte. Farbstoffe die hierzu verwendet werden können sind z.B.: Cyanin oder Phtahlocyanin.

Dieses Verfahren ermöglicht es natürlich beide Seiten einer DVD zu beschreiben, wenn der Rohling für solche Zwecke produziert wurde. Jedoch das Beschreiben zweier Layer ist mit diesem Verfahren noch nicht möglich.

-RW (widerbeschreibbare DVD's):

Die Informationsschicht besteht hier aus Metall, der als Träger der Pits und auch als Reflektor dient. Das *Phase-change* Verfahren, das hierbei zum Einsatz kommt, basiert auf dem folgenden Prinzip: Wenn die Metallschicht durch einen Laser auf 200 Grad Celsius erhitzt wird, entsteht eine kristalline Struktur (Abbildung 4), sprich eine gittermäßige Anordnung der Atome. Diese reflektiert das Licht sehr gut und wird somit als Land erkannt.

Pits werden mit Hilfe eines Lasers der das Metall auf 500 bis 700 Grad Celsius aufheizt erzeugt und somit eine amorphe Gitterstruktur (Abbildung 4) entsteht, die das Licht nicht so gut reflektiert.

Die Metallschicht ist beidseitig von einem Dielektrikum umgeben, das bei hohen Temperaturen das Metall sehr schnell abkühlen lässt. Wenn das nicht der Fall wäre würden sich Pits bei langsamerer Abkühlung wieder in Lands verwandeln.

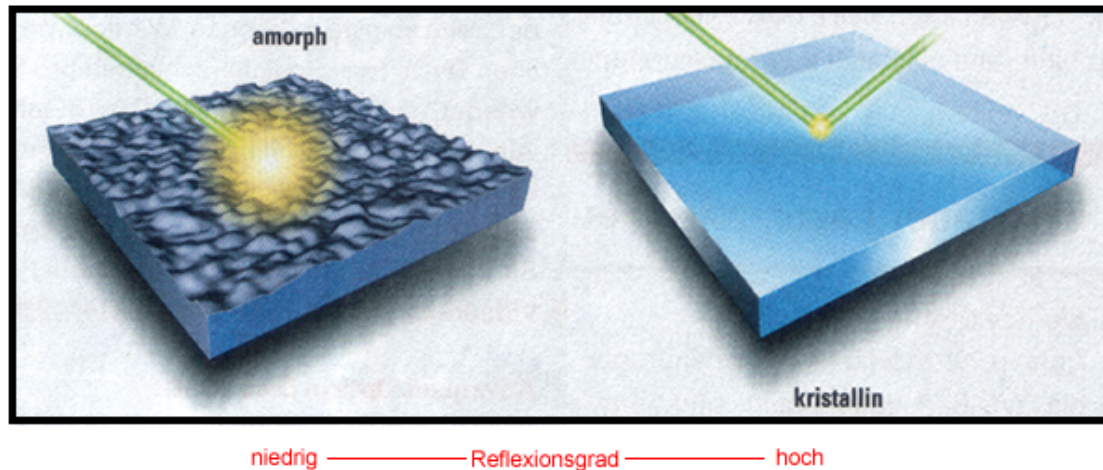


Abbildung 4 kristallines und amorphes Metall [6]

2.4 Datenformat der DVD

2.4.1 Informationsbereich

Auf einer DVD können Daten ebenso wenig wahllos verteilt werden, wie auf anderen Medien. So ergeben sich neben den physikalischen Bedingungen (siehe 2.3) auch logische Bedingungen für die Datenanordnung.

Drei Teile ergeben den Informationsbereich einer DVD (*Track*): die Lead In Zone, die Lead Out Zone und selbstverständlich die Datenzone. Wir werden nun in diesem Kapitel näher auf diese eingehen.

Lead In Zone

Die erste Zone des Informationsbereiches, die Lead In Zone, hat die Funktion der Einleitung der Datenzone. Diese „Einleitungszone“ unterteilt sich wiederum in fünf Bereiche (Abbildung 5):

- *Initialzone*
Dieser Bereich besteht aus einem einzig langen Pit und stellt somit keine Daten bereit. Die Länge der Initialzone ist nicht spezifiziert und kann somit beliebig gewählt werden
- *Referenzkode*
Das DVD-Laufwerk benützt die Referenzkode Zone um erforderliche Daten für die internen Einstellungen zu ermitteln. Mit Hilfe dieser Daten, bei denen es sich um Fehlerkorrekturcodes handelt, wird eine Art „Generalprobe“ vollzogen.
- *Puffer 1*
Diese Zone dient nur zum trennen der Referenzkode Zone und der Kontrolldaten Zone. Sie enthält wie die Initialzone keine Daten.
- *Kontrolldaten*
Ein Block von Kontrolldaten wird 192-mal auf die Disk (in die Zone) geschrieben. Das wird deswegen gemacht da dieser Bereich immens wichtig für das Auslesen der DVD ist. Jeder Kontrolldatenblock enthält entsprechende Informationen über den Typ der Disk, die zulässigen Datentransferraten und optional Information über den Urheber der DVD. Ein weiterer Teil, der wichtigste, enthält ein Inhaltsverzeichnis, auch TOC (Table of Content) genannt, über und wo die Daten die auf der DVD zu finden sind. Wird dieses zerstört ist die DVD unbrauchbar.
- *Puffer2*
Diese Zone dient nur zum trennen der Kontrolldaten Zone und der Datenzone. Sie enthält wie die Initialzone keine Daten.

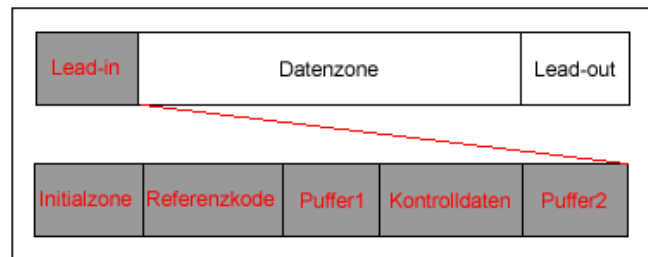


Abbildung 5 Informationsbereich einer DVD

Lead Out Zone

Die Lead Out Zone markiert das Ende einer DVD. Die enthält keine Nutzdaten und ist eher als ein großer Puffer am Ende der DVD zu verstehen.

Anordnung der Tracks

Bei gepressten single Layer DVD's enthält diese meist nur einen Track, somit gibt es nur ein Lead In am Anfang und ein Lead Out am Ende (Abbildung 6). Es können jedoch auch zwei Tracks hintereinander geschaltet werden. Hier werden Daten zeitlich versetzt zueinander auf die DVD geschrieben.

Bei double Layer DVD's brauchen wir nun jedoch zwei Tracks mit jeweils einem eigenen Lead In und einem eigenen Lead Out. Es gibt zwei verschiedenen Möglichkeiten einer solchen Datenanordnung:

- *Parallel Track Path (PTP)*

Hier liegen sowohl bei der ersten als auch bei der zweiten Schicht die Lead In sowie die Lead Out Zone außen. Sprich es gibt zwei Tracks die einfach parallel nebeneinander angeordnet liegen (Abbildung 6).

Diese Methode wird bei der Datenspeicherung verwendet, da hier die Daten nicht sequenziell ausgelesen werden müssen. Bei Daten wie Videos, Musik etc. könnte solch eine Anordnung jedoch zu unerwünschtem Ruckeln oder Unterbrechungen führen, da am Ende des ersten Tracks sich der Laser wieder auf die Anfangsposition zurückbewegen muss.

- *Opposite Track Path (OPT)*

Diese Methode ermöglicht es, einen einzigen Track über zwei Layer zu legen, die entgegengesetzt zueinander angeordnet sind (Abbildung 6).

Hier wird nur ein Lead In, somit auch nur ein Inhaltsverzeichnis, ein Lead Out und eine Middle Area, die dem Laser „sagt“, dass hier der erste Layer zu Ende ist und er sich auf den zweiten fokussieren soll, benötigt.

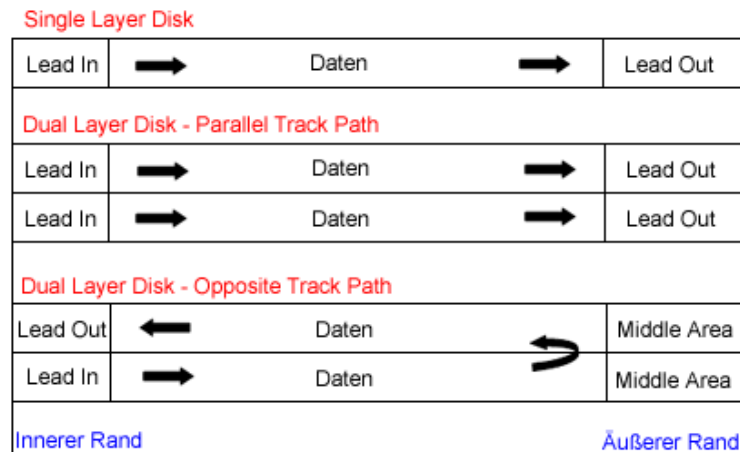


Abbildung 6 Anordnungsmöglichkeiten von Tracks

2.4.2 Sektoren

Nun kommen wir zum Datensektor, der die eigentlich Nutzdaten enthält. Diese werden in so genannte Sektoren aufgeteilt, die jeweils eine feste Größe von 2064 Bytes haben.

Solch ein Sektor enthält jedoch nur 2048 Bytes tatsächliche Nutzdaten, der Rest fällt auf andere wichtige Informationen die notwendig sind um das korrekte arbeiten mit den Nutzdaten zu ermöglichen.

Der Anfang jedes Sektors wird *Header* genannt. Dieser enthält einen Identifikationsbereich (4 Bytes), der wiederum aus einem Sektorinformationsbereich (1 Byte), dieser enthält Informationen über den Disk-Typ und die Reflexionseigenschaft des Materials, und einer Identifikationsnummer (3 Bytes), besteht.

Anschließen an diesen Bereich ein Fehlererkennungscode (2 Bytes) oder auch *ECC* (Error Correction Code) genannt, gefolgt von einem reservierten Bereich *RSV* (6 Bytes).

Danach folgt der Datenbereich mit den tatsächlichen Nutzdaten und abschließend noch ein *ECC* (4 Bytes).

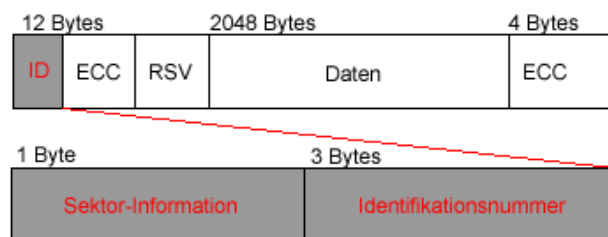


Abbildung 7 Bestandteile eines Sektors

Ist nun die Aufteilung der Nutzdaten auf die Sektoren erfolgt, werden diese jedoch nicht direkt in die Sektoren geschrieben. Eine sequenzielle Abfolge der Daten würde ein zu hohes Risiko von möglichem Informationsverlust bedeuten. Deshalb werden die Nutzdaten nochmals in 12 Teile zu je 172 Bytes Länge geteilt. Diese Teile werden dann nach einem vorgegebenen Prinzip „vermischt“.

Bsp.: Die Zeichenkette „DEUTSCHES SCHULBUCH“ soll so umgeordnet werden, dass bei hohem Datenverlust der Informationsgehalt nicht verloren geht.

Ohne Umordnung würde ein Datenverlust von 5 Zeichen erheblich sein „DEUTSCHESBUCH“.

Dies könnte nun alles Mögliche bedeuten, und der Aufwand zur Herstellung der ursprünglichen Bedeutung wäre enorm. Die Buchstaben werden bei der Vermischung um jeweils 5 Stellen nach vor geschoben. Siehe nun Tabelle 4 zur weiteren Vorgangsweise der Vermischung

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
Ursprüngliches Wort	D	E	U	T	S	C	H	E	S		S	C	H	U	L	B	U	C	H
Nach Mischung	D	S	S	H	V	E	C		U	C	U	H	S	L	H	T	E	C	B
Nach Entschlüsselung	D	E	.	T	S	C	.	E	S		.	C	H	U	.	B	U	C	.

Tabelle 4 Vermischung von Nutzdaten

Wie man hier sieht, ist die Zeichenkette bei Anwendung dieses Mischvorganges um einiges leichter zu rekonstruieren, als ohne solch einen Vorgang. Der Datenverlust ist der gleiche, der Informationsverlust jedoch ungleich niedriger.

Nachdem die Nutzdaten nun auf diese Art und Weise ineinander verschachtelt sind, werden sie auf die Disk gepresst. Die Daten sind nun *cross interleaved* (über kreuz geschachtelt)

2.4.3 Dateisystem

Datenträger speichern ihre Daten immer anhand einer logischen Struktur, dem Dateisystem.

Das Dateisystem fungiert als Schnittstelle zwischen der Speicherposition der Datei auf dem Medium und ihrer logischen Position in einem Verzeichnisbaum.

Eines der meistgenutzten Dateisysteme ist der ISO-9660-Standard (1988, International Standardisation Organisation). Die Restriktionen dieses Standards waren jedoch zu starr um den Anforderungen der DVD gerecht zu werden.

So wurde das *Universal Disc Format* (UDF) entwickelt, das auch schon bei der widerbeschreibbaren CD eingesetzt wurde.

Dateilängen von bis zu 255 Zeichen (64.000 verschiedene Zeichen stehen zur Auswahl) werden durch UDF unterstützt, weiterhin die Verwendung des beschreibbaren Datenträgers, bei entsprechender Formatierung, ähnlich wie der einer Festplatte.

Jedoch ist UDF noch nicht so weit verbreitet und so wurde, wie so oft, ein Übergangstandard entwickelt, der das neue Format in den ISO-9660 Level 3 (dieser weiterentwickelte ISO-Standard wird bei der CD verwendet und so von nahezu allen Betriebssystemen unterstützt) umwandelt (*UDF-Bridge* oder *Micro-UDF*).

	ISO-9660 Level 1	ISO-9660 Level 3	UDF-Bridge	UDF
Namenslänge	8	128	128	255
Verzeichnistiefe	8 Ebenen	beliebig	beliebig	beliebig
Sonderzeichen	-	+	+	+
sonstiges		fragmentierte Dateien	ISO-9660 Level 3	Unicode

Tabelle 5 Merkmale verschiedener Dateisysteme [1]

2.4.4 Fehlerkorrektur ECC

Im Jahr 1960 veröffentlichten Irving S. Reed und Gustav Solomon eine Arbeit mit dem Namen „Polynomial Codes over Certain Finite Fields“, auf deutsch übersetzt „polynomielle Codes über bestimmte endliche Felder“. Die Erkenntnisse dieser Arbeit sind heute die Basis, natürlich mit Kombination von diversen anderen Techniken, für die heute weit verbreiteten *Reed Solomon Product Codes*. In ihrer Arbeit arbeiten Reed und Solomon mit Matrizen und Zahlenkörpern. Um dies anschaulich darzustellen, folgt nun eine kleine Demonstration dieser Methode:

Eine 3x3 Matrix enthält neun Einträge, die hier Zahlen sind. Natürlich können diese Zellen aus beliebigen Zahlkörpern bestehen. Solch eine Matrix kann natürlich auch ohne größeres Problem aus einer Datenreihe erzeugt werden, indem man diese in gleich lange Teile teilt und zeilenweise anordnet.

$$\text{Bsp.: } \begin{bmatrix} 1 & 2 & 3 \\ 4 & 5 & 6 \\ 7 & 8 & 9 \end{bmatrix}$$

Nun werden die *Checksummen* gebildet, sprich die Zeilen und Spalten aufsummiert.

$$\text{Bsp.: } \begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & 3 & 6 \\ 4 & 5 & 6 & 15 \\ 7 & 8 & 9 & 24 \\ \hline 12 & 15 & 18 & \end{array}$$

Diese Checksummen dienen nun als Kontrolldistanz. Wird nun ein Eintrag in der Matrix durch einen Fehler verändert, stimmen die neuen Checksummen nicht mehr mit den alten überein und somit wird offensichtlich, dass ein Fehler passiert ist.

$$\text{Bsp.: } \begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & 3 & 6 \\ 1 & 4 & 6 & 15 \text{ FEHLER} \\ 7 & 8 & 9 & 24 \\ \hline 12 & 15 & 18 & \\ \text{FEHLER} & & & \end{array}$$

Es lässt sich natürlich sofort erkennen, welche Zellen fehlerhaft sind, dazu muss man nur die fehlerhaften Checksummen der Zeilen mit den Spalten vergleichen:

Checksumme der Zeile 2 fehlerhaft.

Checksumme der Spalten 1, 2 fehlerhaft.

➔ Zellen (1,2) und (2,2) sind fehlerhaft.

Daraus ergeben sich folgende Gleichungen, indem man die fehlerhaften Zellen durch x und y ersetzt:

$$\text{Spalte1: } 1 + x + 7 = 12$$

$$\text{Spalte2: } 2 + y + 8 = 15$$

$$\text{Zeile 2: } x + y + 6 = 15$$

Wir haben 2 Gleichungen für 2 Unbekannte und dies ergibt folglich durch leichtes Umformen eine eindeutige Lösung: $x = 4$; $y = 5$. Durch einsetzen in die 3te Gleichungen kann man das Ergebnis überprüfen.

Beispiel 1 Fehlerkorrektur nach Reed und Solomon, Fehler korrigierbar

Was passiert, wenn nun jedoch bei der Datenübertragung die Checksummen fehlerhaft übertragen werden?

Hier könnten Schlimmstenfalls aus richtigen Daten falsche gemacht werden. Jedoch darf man nicht vergessen, dass es mehrere Checksummen gibt. Wenn nun die einer Spalte fehlerhaft übertragen wird und somit logischerweise ein „Fehler“ ermittelt wird, jedoch keine Zeile einen Fehler meldet, dann ist es klar, dass die Checksumme fehlerhaft sein muss.

Was ist nun, wenn zwei Checksummen falsch übertragen werden

$$\text{Bsp.: } \begin{array}{ccc|c} 1 & 2 & 3 & 6 \\ 4 & 5 & 6 & 1 \\ 7 & 8 & 9 & 24 \\ \hline 12 & 5 & & 18 \end{array}$$

Aus den Gleichungen: $4 + x + 6 = 1$

$$2 + x + 8 = 5$$

Daraus ergibt sich einerseits $x = -9$ und $x = -5$.

Hieraus ergibt sich, dass mehr als eine Checksumme fehlerhaft ist.

Dieser Fehler ist jedoch nicht korrigierbar.

Beispiel 2 Fehlerkorrektur nach Reed und Solomon, Fehler unkorrigierbar

Es könnte nun auch passieren, dass die Checksummen zufällig „zusammenpassen“ würden und dann ein falsches Ergebnis erzeugt werden würde, das als richtig erscheinen würde.

Um solche Fehler zu vermeiden, kann das Verfahren nochmals auf die obige Matrix angewandt werden. Dies kann so oft wiederholt werden, wie man will, jedoch sollte man dabei beachten, dass der zusätzliche Nutzen auch die zusätzlichen Kosten, die durch die Berechnung mehrerer Checksummen entstehen, rechtfertigt.

Die praktische Anwendung des ECC geschieht nun folgendermaßen (Abbildung 8):

Bevor die in 172Bytes geteilten Sektoren mit EFM Plus moduliert werden, werden die Checksummen gebildet und hinzugefügt. Für Zeilen heißen die Checksummen *Parity Inner*, für Spalten *Parity Outer*.

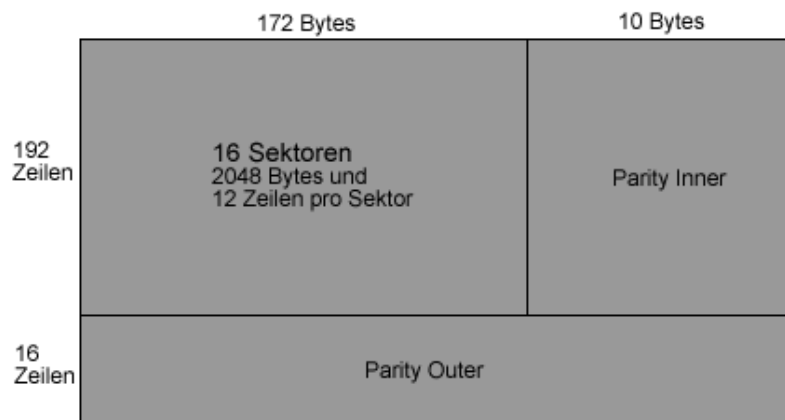


Abbildung 8 Fehlerkorrekturcode von Sektoren [1]

Jeder der 12 Teile eines Sektors erhält 10Byte Kode und eine Zeile zusätzlich.

Bei einem Bild zum Beispiel sind die Checksummen einfach die Kombinationen der Farben einer Zeile bzw. Spalte. Dies nur zur Verdeutlichung der universellen Anwendbarkeit des ECC.

3. DVD Formate

Im Jahr 1996 wurde die erste DVD auf den Markt gebracht. Am Anfang wurden vom DVD-Forum, einem Konsortium, dem mittlerweile mehr als 230 Firmen angehören, fünf Spezifikationen für die DVD festgelegt: DVD-ROM, DVD-Video, DVD-Audio, DVD-R, DVD-RAM. Die DVD-RW wurde nachträglich ebenfalls als offizielles Format aufgenommen.

Neben den offiziellen Formaten gibt es auch inoffizielle Konkurrenzformate, wie beispielsweise DVD+RW. Diese Formate sind teilweise kompatibel zu einem offiziellen Format, bieten jedoch noch weitere Features.

3.1 Read-only-Formate

3.1.1 DVD-Read-only-Memory (DVD-ROM)

Das Format DVD-ROM stellt die Basis aller anderen DVD-Formate dar und ist der direkte Nachfolger der CD-ROM.

Das Format beschreibt nicht, wie Daten auf einer DVD-ROM gespeichert werden müssen, sondern legt lediglich die physikalischen und logischen Parameter hierfür fest. Dazu zählen die Maße der Disk, das Dateisystem, welches zu verwenden ist, das Modulationsverfahren, sowie die Fehlerkorrektur. Außerdem werden durch die Spezifikation auch die Reflexionseigenschaften des Materials bestimmt, mit welcher durchschnittlichen Datenrate eine DVD mindestens ausgelesen werden muss und wie viel zusätzlicher Platz der Fehlerkorrekturcode auf der Disk einnehmen darf.

Jedes DVD-Format erfüllt bislang diese Eigenschaften gleichermaßen, daher ist jedes andere DVD-Format auch eine DVD-ROM, jedoch mit zusätzlichen Eigenschaften.

Auf handelsüblichen „*dual layer*“ - DVD-ROMs sind die Daten nach dem *Parallel Track Path-Verfahren* aufgezeichnet. Sie müssen nicht sequenziell ausgelesen werden, sondern der Laser springt zu der Position der Datei, die gerade angefordert wird. Darüber hinaus ist die Ordnerstruktur einer DVD-ROM frei von Restriktionen.

Die Daten einer DVD-ROM werden im *CLV-Modus* (Constant Linear Velocity) ausgelesen, da die Daten so schnell wie möglich benötigt werden. Eine konstante Datenrate ist hingegen hier nicht erforderlich. Das CLV-Verfahren bedingt, dass die Rotationsgeschwindigkeit beim Leseprozess variiert. Die DVD muss schneller rotieren, solange Daten nahe beim Mittelpunkt gelesen werden und nach außen hin immer langsamer werden. Dadurch wird eine hohe Datenrate erreicht.

Im Gegensatz dazu steht der *CAV-Modus* (Constant Angular Velocity). Hierbei rotiert die Disk konstant schnell, egal ob gerade Daten nahe beim Mittelpunkt oder am Rand gelesen werden. So müssen aufgrund der nach außen hin immer länger werdenden Datenspur mehr Daten mit derselben Geschwindigkeit verarbeitet werden.

Die möglichen Anwendungsgebiete dieses Formats sind sehr ähnlich zu denen der CD-ROM. Die größere Kapazität der DVD-ROM ermöglicht jedoch viel umfassendere Anwendungen, wie zum Beispiel größere und detailliertere Spiele oder besser ausgestattete Software.

3.1.2 DVD-Video

Die DVD-Video kann als Nachfolger der VHS-Kassette gesehen werden. Sie basiert grundsätzlich auf den Spezifikationen der DVD-ROM. Hinzu kommt ein so genannter *Application-Layer*, welcher einer zusätzlichen Spezifikation entspricht.

Das DVD-Video Format ist die derzeit am schnellsten wachsende Multimediatechnologie. Die DVD-Video erweitert die Möglichkeiten, welche die VHS-Kassette bietet, qualitativ und quantitativ. Das Format enthält Spezifikationen für viele verschiedene interaktive Anwendungsmöglichkeiten sowie die Unterstützung mehrerer Sprachen.

Besonderer Eigenschaften der DVD-Video:

- 135 Minuten hochwertiges Videomaterial auf einer einseitigen DVD: dies deckt in etwa 99% aller bisher erschienenen Filme ab. Für längere Filme eignen sich „*dual layer*“ - DVDs oder beidseitig beschriebene DVD's
- Wahlmöglichkeiten zwischen *Widescreen*, *Letterbox* und *Pan & Scan*
- Bis zu 8 verschiedene Tonspuren für ein und denselben Film
- Pro Tonspur bis zu acht Kanäle
- Bis zu 32 verschiedene Untertitel
- Interaktive Menüführung
- Bis zu neun verschiedene, wählbare Kameraperspektiven (*Angles*) pro Film
- Digitaler und analoger Kopierschutz
- Jugendschutz mittels Passwortabfragen

Struktur einer DVD-Video

Die Struktur einer DVD-Video ist im Vergleich zu einer DVD-ROM relativ kompliziert. Jedes Video, das auf einer DVD-Video gespeichert ist, hat eine eindeutige hierarchische Struktur. Es ist in einen *Video Manager (VMG)* und mehrere *Video Title Sets (VTS)* unterteilt, welche aufsteigend, beginnend mit der Eins, durchnummeriert sind.

Ein VTS ermöglicht das direkte Anspringen eines Abschnitts eines Films und kann mit einem Kapitel in einem Buch verglichen werden. Es ist möglich für jede Szene eines Films ein eigenes VTS anzulegen, sodass sie leichter ausgewählt werden können.

Jedes VTS ist wiederum unterteilt in *Informationen über das VTS (VTSI)*, einzelne *Videoobjekte (VOB)*, das Video selbst und ein Backup von jeder VTSI.

Die VTSis beinhalten Kontrolldaten über das aktuelle VTS, welches nachfolgt und vorausgeht und welche Interaktionen zu diesem Zeitpunkt des Films möglich sind. Die VOBs enthalten die eigentlichen Videodaten.

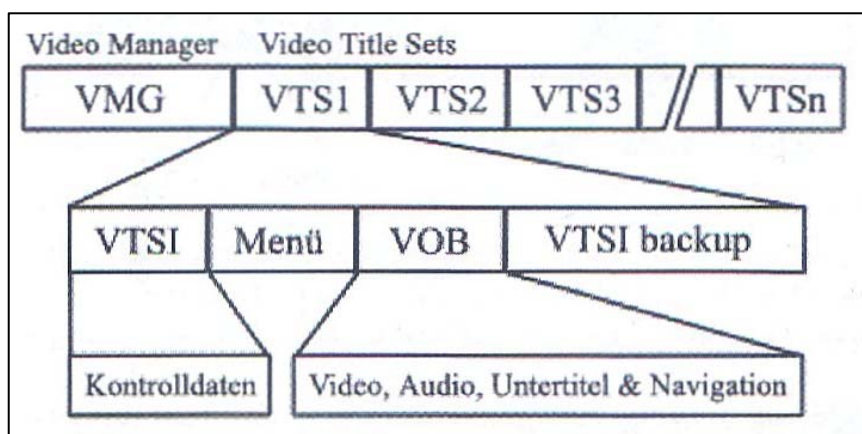


Abbildung 9 Die Aufteilung von Videos auf der DVD-Video [1]

Die Struktur eines Videos wird in Dateien zusammengefasst, die sich im Ordner *VIDEO_TS* auf der DVD befinden. Drei verschiedene Dateitypen werden bei der Übertragung der Struktur benötigt: *IFO*, *VOB* und *BUP*.

Die IFO Dateien enthalten alle beschreibenden Teile der Videostruktur. Dazu zählen der Video Manager und die Video Title Set Information. Die BUP Dateien wiederum enthalten Backups der IFO-Dateien. In den VBO-Dateien sind die Einzeldaten Video, Audio, Untertitel und Navigation

zusammengefasst. Diese folgen allerdings nicht als zusammenhängendes Stück aufeinander, sondern sind *gemultiplext*.

Beim Multiplexen werden sämtliche Einzeldaten zunächst in Teilstücke zerlegt und diese dann jeweils in der Reihenfolge Video-, Audio-, Untertitel- und Navigationsdaten zusammengesetzt. Anschließend werden sie in einer VOB-Datei abgelegt. Dies hat den Vorteil dass das Abspielgerät nicht ständig zwischen den jeweiligen Daten hin- und herspringen muss, damit der Film wiedergegeben werden kann. Dadurch entstehen keine Störungen bei der Wiedergabe.

Gemultiplexte Daten brauchen nur mit einem genügend großen Vorsprung des Lasers ausgelesen und wieder in ihre Einzeldaten zerlegt (*demuxt*) werden. Dabei ist die ständige Neupositionierung des Lasers nicht nötig. Es ist jedoch wichtig, dass alle Tonspuren und Untertitel mit gemultiplext werden, um Platz auf der Disk zu sparen.

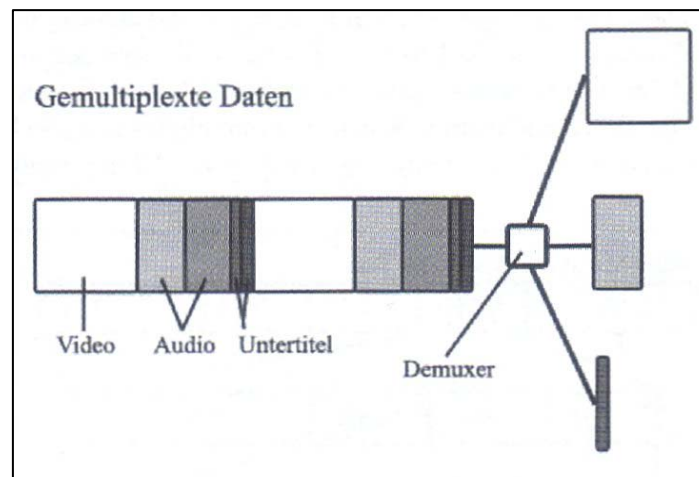


Abbildung 10 Gemultiplexte Daten und Demuxer [1]

Formate und Effekte

Das Filmmaterial auf einer DVD-Video kann in verschiedenen Seitenverhältnissen aufgezeichnet sein, welche unterschiedliche Ausgaben auf Fernsehgeräten erfordern. Außerdem ist es möglich, denselben Film aus verschiedenen Kameraperspektiven wiederzugeben, sowie Standbilder und Untertitel anzuzeigen.

Bei einem normalen Fernsehgerät beträgt das Seitenverhältnis von Bildbreite zu Bildhöhe genau 4:3. Leider sind nur wenige Videos im 4:3-Format enkodiert. Daher kommen, je nachdem in welchem Fernseher die Filme ausgegeben werden sollen, unterschiedliche Verfahren zum Einsatz.

„Letterbox“ heißt die Methode, die dem Bild am oberen und unteren Rand schwarze Balken hinzufügt, um das Verhältnis 4:3 herzustellen. Auf einem normalen Fernseher wird das Bild in Ausgangsgröße mitsamt den schwarzen Balken angezeigt.

Eine weitere Methode, um das Seitenverhältnis auf 4:3 zu bringen, besteht darin, am rechten und linken Rand etwas anzuschneiden. Dies hat natürlich einen Bildverlust zur Folge. Dieses Verfahren wird *Pan & Scan* genannt.

Eine der interessantesten Eigenschaften der DVD-Video ist die Möglichkeit, sich Szenen aus verschiedenen Blickwinkeln anzuschauen. Dazu muss der Film natürlich gleichzeitig aus mehreren Richtungen aufgenommen worden sein. Die VOB-Dateien enthalten dann noch zusätzlich bis zu neun verschiedene Kameraeinstellungen mitsamt den Audiodaten und Untertiteln.

DVD-Videos können jederzeit pausiert werden, wodurch das gerade eingezeigte Bild „eingefroren“ wird. Die Qualität dieses Bildes hängt davon ab, ob gerade viele Bewegungen in der Szene vorkommen.

Des Weiteren ist es möglich, bis zu 32 verschiedene Untertitel für ein und denselben Film auf einer DVD-Video aufzunehmen. Diese werden als Grafiken gespeichert, welche über das normale Videobild gelegt werden.

Die Steuerung von DVD-Videos kann in Form von interaktiven Menüs erfolgen. Diese machen es zum Beispiel möglich, bestimmte Szenen des Films anzuspringen oder Bonusmaterial auf der DVD zu benutzen. Jedes Menü besteht aus einem Bild oder einem sich wiederholenden Video als Hintergrund und kann bis zu 36 rechteckige Buttons aufnehmen.

3.1.3 DVD-Audio

Die DVD-Audio ist der Nachfolger der CD-Audio und bringt einige Neuerungen im Vergleich zu ihrem Vorgänger mit.

Da auch die DVD-Video gut geeignet wäre, als Audio-Format genutzt zu werden, sind die Ähnlichkeiten von DVD-Audio und DVD-Video sehr weitreichend. Die Unterschiede betreffen vor allem die Disk-Struktur sowie die verwendeten Kompressionsalgorithmen.

Merkmale der DVD-Audio:

- Mehrkanal-Audio in hoher Qualität
- Kopierschutz zum Schutz der Inhalte
- Zusätzliche Inhalte, wie Video, Standbilder, Text und Menüs
- Benutzerfreundliche Navigation

Disk-Struktur

Man unterscheidet zwischen zwei verschiedenen DVD-Audio-Disks. Solche, die nur Audiodaten enthalten, und solche, die sowohl Audio- als auch Videokaten enthalten. Bei letzteren werden die Audiodaten nicht mit den Videodaten zusammen geschrieben, sondern nehmen getrennte Bereiche der Disk ein.

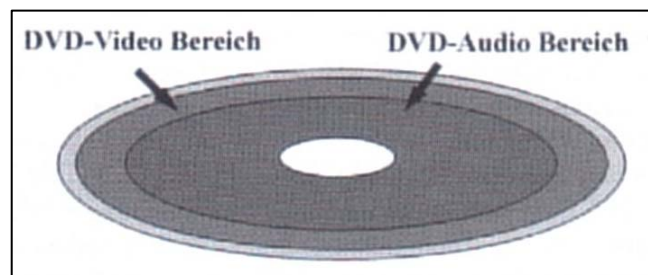


Abbildung 11 Die DVD-Audio mit zusätzlichen Videoinhalten [1]

Die Videodaten, welche sich am äußeren Rand der Disk befinden, sind nicht nur physisch, sondern auch in der Ordnerstruktur von den Audiodaten getrennt. Wie bei der DVD-Video befinden sie sich im Ordner *VIDEO_TS*, während das Audiomaterial im Ordner *Audio_TS* liegt.

Die hierarchische Struktur der Audiodaten unterscheidet sich von der der Videodaten. Die Seiten einer DVD-Audio werden als Album bezeichnet. Jedes Album kann in bis zu neun Gruppen unterteilt werden. Diese wiederum können bis zu 99 Tracks beinhalten, die für abgeschlossene Musikstücke stehen. Die einzelnen Tracks können wieder in bis zu 99 Indizes unterteilt sein. Dies macht es möglich auch innerhalb eines Musikstückes leichter zu navigieren.

Zwischen Gruppen und Tracks existiert eine weitere logische Instanz, die der internen Steuerung dient. Die *Audio Titles (ATs)*, wie diese Instanzen genannt werden, sind verantwortlich für das Einspielen von Standbildern oder Text während der Musikwiedergabe.

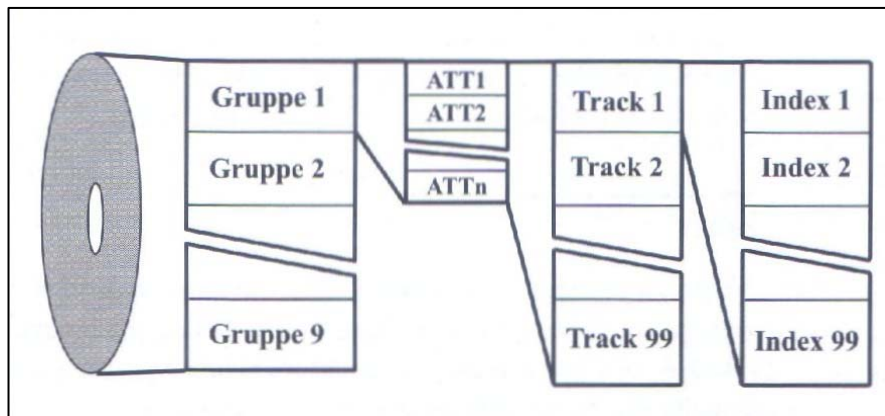


Abbildung 12 Die Hierarchie von Audiodaten auf der DVD-Audio [1]

Effekte

Während der Wiedergabe von Musik können Standbilder angezeigt werden. Dies setzt jedoch Geräte mit Bildwiedergabefähigkeiten voraus. Die Standbilder befinden sich im *VIDEO_TS*-Ordner auf der Disk. Falls Standbilder für ein Musikstück vorhanden sind, lädt das Abspielgerät diese vor der Wiedergabe in einen Zwischenspeicher und gibt sie an der gewünschten Stelle aus. Neue Standbilder werden nur zwischen den Musikstücken nachgeladen, um die Wiedergabequalität durch Umpositionierung des Lasers nicht zu gefährden.

Die DVD-Audio unterstützt auch Texte, die während der Wiedergabe der Musik angezeigt werden können. Es ist jedoch ein mindestens einzeiliges Display nötig, um sie anzeigen zu können.

3.2 Writeable-Formate

Es existieren eine Vielzahl an verschiedenen beschreibbaren und wiederbeschreibbaren Formaten, jedoch sind nur einige vom DVD-Forum selbst abgesegnet worden. Zahlreiche Entwickler von DVD-Technologie haben eigene Formate entwickelt und hoffen nun darauf, dass sie sich durchsetzen werden.

Beschreibbare und wiederbeschreibbare DVD's lassen sich derzeit in fünf spezifizierte Formate aufteilen. Während gepresste DVD's fast alle Laufwerke und Player lesen können, sieht die Sache bei beschreibbaren DVD's leider anders aus. Hier muss man ganz genau darauf achten, welche Rohling man für seinen Brenner verwenden darf, und welches Laufwerk dann die selbstgebrannte DVD abspielen kann.

ÜBERSICHT : WRITEABLE-FORMATE	
<i>Format</i>	<i>Entwickler</i>
DVD-R	Pioneer, Panasonic, Sanyo, Toshiba, Apple
DVD-RW	Pioneer, Apple
DVD-RAM	Panasonic, Sanyo, Toshiba
DVD+R	Philips, Hewlett Packard, Sony
DVD+RW	Philips, Hewlett Packard, Sony

Tabelle 6 Beschreibbare DVD-Formate

Die Formate DVD-R, DVD-RW und DVD-RAM sind vom DVD-Forum abgesegnet. Dazu gesellen sich noch zwei weitere (wieder-)beschreibbare Formate, die von der Konkurrenz, allen voran Philips entwickelt wurden.

Der Grund, warum es so viele unterschiedliche Formate von verschiedenen Herstellern gibt, ist einfach. Diejenigen Entwickler, deren Format sich am Ende durchsetzen wird, können mit großen Einnahmen aus Lizenzgebühren rechnen.

3.2.1 DVD-Recordable (DVD-R; DVD+R)

Die DVD-Recordable kann als direkter Nachfolger der CD-Recordable gesehen werden. Man unterscheidet zwischen dem DVD-R Format des DVD-Forums und dem DVD+R Format. Letzteres konnte sich jedoch nicht durchsetzen.

DVD-R

Die DVD-R ist das älteste beschreibbare DVD-Format. Es wurde von Pioneer entwickelt und ist seit 1997 im Einsatz. DVD-Rs sind nur einfach beschreibbar. Sie können als DVD-ROM, DVD-Audio oder DVD-Video genutzt werden.

Die ersten DVD-Rs hatten nur eine Kapazität von 3,95 GByte. Mitte des Jahres 2000 wurde die Spezifikation erweitert. Die mögliche Kapazität einer DVD-R beträgt seitdem 4,7 GByte, was genau einer DVD-5 entspricht.

DVD-Rs ähneln der DVD-ROM sehr stark, sowohl von der Datenstruktur, als auch den Reflexionseigenschaften her. Die Kompatibilität zur DVD-ROM ging so weit, dass der *Lead-in*-Abschnitt einen Bereich für das DVD-Video-Verschlüsselungssystem *CSS (Content Scrambling System)* enthielt. In diesen kann der Brenner die Keys schreiben, mit denen der Inhalt des Mediums geschützt ist. Grundsätzlich waren die ersten DVD-Brenner also im Stande, 1:1-Kopien von Video-DVDs zu erzeugen. Dies war jedoch bei den damaligen Preisen für Medien und DVD-Writer ein unwirtschaftliches Ansinnen. Als die Preise zu rutschen begannen, drängten die Filmstudios auf eine Auftrennung des DVD-R-Standards. Die bisherigen Medien erhielten die Bezeichnung „*DVD-R for Authoring*“ oder DVD-R(A). Der Hauptunterschied der Consumer-Variante „*for General Use*“ liegt darin, dass der CSS-Bereich schon bei der Herstellung vollgeschrieben wird, um 1:1 Kopien zu verhindern. Hinzu kommt, dass der Laser eines DVD-R(G)-Writers mit einer anderen Wellenlänge (650 statt 635 nm) arbeitet. Konsequenterweise können Consumer-Brenner keine Authoring-Medien beschreiben und umgekehrt.



Abbildung 13 Kopierschutz bei DVD-R(G)-Rohlingen [6]

Es gibt zwei Methoden, um Daten auf eine DVD-R zu schreiben. Bei „*Disk-at-once*“ wird die gesamte Disk auf einmal beschrieben. Im Gegensatz zu CD, wo zunächst der Datenbereich und anschließend das Lead In und Lead Out geschrieben wird, wird hier zunächst das Lead In, dann der Datenbereich und schließlich das Lead Out geschrieben.

Beim „*inkrementellen Schreiben*“ (*Incremental Writing*), der zweiten Methode, ist es möglich, Dateien direkt auf die DVD-R zu schreiben und zu einem späteren Zeitpunkt noch Dateien hinzuzufügen. Dies bedeutet, dass nicht alle Daten von vornherein auf der Festplatte vorliegen müssen. Sind alle benötigten Daten auf die Disk geschrieben, muss diese finalisiert werden, um überall lesbar zu sein. Dabei wird das Lead In und Lead Out auf die Disk geschrieben. Danach können keine Daten mehr hinzugefügt werden.

Das Format DVD-R hat zwei entscheidende Vorteile. Zum einen sind die Rohlinge etwa um die Hälfte billiger, als wiederbeschreibbare Rohlinge, zum anderen ist die Kompatibilität zu DVD-Playern und – Laufwerken am höchsten. Über 90 Prozent der Laufwerke können DVD-Rs lesen.

DVD+R

Dieses Format wurde von Philips, HP und Sony entwickelt. Es ist einfach beschreibbar und besitzt eine Speicherkapazität von 4,7 GByte. Das Format konnte sich jedoch gegenüber dem DVD-R Format des DVD-Forums, auf Grund geringerer Kompatibilität und höherer Preise der Disks nicht durchsetzen.

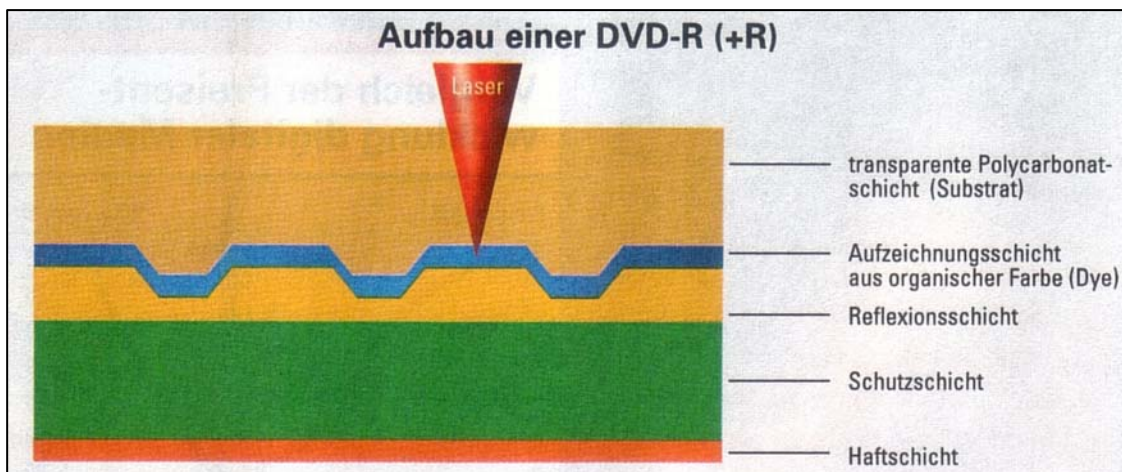


Abbildung 14 Aufbau einer DVD-R (+R) [6]

3.2.2 DVD-Rewriteable (DVD-RW; DVD+RW)

Sowohl die DVD-RW, als auch die DVD+RW verwendet das *Phase-change-Verfahren* zur Datenspeicherung. Daher sind auch die Kapazitäten beider Medien gleich, beide können 4,7 GByte erreichen. Außerdem haben beide dieselbe Lebensdauer von etwa 1000 Schreibvorgängen. Im Vergleich zur DVD-RAM ist dies jedoch wenig.

DVD-RW

Die DVD-RW ist der wiederbeschreibbare Nachfolger der DVD-R. Auch hierbei handelt es sich um eine Entwicklung von Pioneer, Apple, Compaq und über 200 weiteren Herstellern.

Das Format nutzt fast dieselben Datenstrukturen, wie DVD-R und sollte daher keine Kompatibilitätsprobleme mit DVD-Playern und Laufwerken aufweisen. Leider ist dem doch nicht so. Viele Laufwerke erkennen anhand der Reflexionsstärke, welches Medium sich auf der Spindel dreht. Die Reflexionseigenschaften der DVD-RW ähneln ungeschickterweise denen einer zweischichtigen DVD-ROM beziehungsweise DVD-Video. So sucht die Leseinheit vergeblich nach dem halbtransparenten zweiten *Layer*, übersieht die vorhandene RW-Schicht und bricht den Lesevorgang ab. Nur etwa 30 Prozent der Laufwerke können DVD-RWs lesen.

Die Medien werden durch Markierungen in der Schreibspur und den umliegenden Führungskanälen (*Lands*) vorformatiert. Die Schreibspur weist Wellen (*Wobble*) auf, anhand derer das Laufwerk die Geschwindigkeit reguliert. Aus der Wobble-Frequenz ergibt sich auch ein Signal zum Aufspüren der

zweiten Schreibhilfe, den „Land Pre-Pits“ zwischen den Aufnahmespuren. Die Pre-Pits liefern dem Laufwerk die aktuelle Speicherposition und ermöglichen damit beim Schreibvorgang die genaue Positionierung des Lasers.

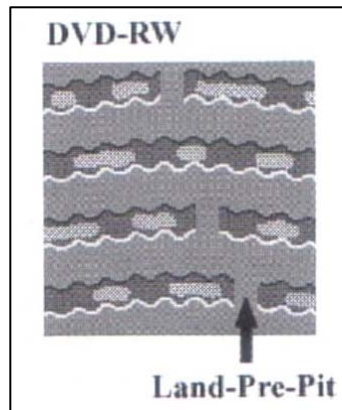


Abbildung 15 Die physikalische Struktur der DVD-RW [1]

Damit das Medium nicht auf einmal beschrieben werden muss, schreibt der Brenner zwischen die Blöcke mit den Fehlerkorrekturdaten sogenannte „Linking Sectors“. Diese Verbindungssektoren nutzt das Lesegerät später zur Resynchronisation.

Im Unterschied zur DVD-R wird der CSS-Bereich bei den -RW Medien schon zugespresst, statt ihn nachträglich in einem Durchgang zu beschreiben.

DVD+RW

Die DVD+RW ist in etwa zeitgleich mit der DVD-RAM auf den Markt gekommen. Die Intention der Entwickler war es eine Alternative zur DVD-RAM-Technologie zu bieten, die ihrer Meinung nach nicht massentauglich ist. Die DVD+RW kam 2 Jahre vor der DVD-RW auf den Markt.

Obwohl die Entwickler der DVD+RW ihr Format beim DVD-Forum eingereicht hatten, wurde die DVD-RW in die offiziellen Spezifikationen aufgenommen.

Der wesentliche Unterschied zu DVD-RW liegt darin, dass +RW aufgrund einer anderen Struktur des Spurrandes beim Brennen Sektoren genauer adressiert. Dank des hochfrequenten „Wobble“ können Brenner ohne den Umweg von „Land Pre-Pits“ und „Linking Sectors“ direkt an vorhandene Datenbestände anknüpfen. Diese Methode wird „Lossless Linking“ genannt.

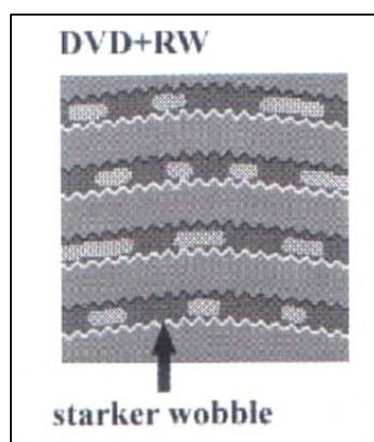


Abbildung 16 Die physikalische Struktur der DVD+RW [1]

Zudem können +RW-Writer Scheiben auch in Teilen neu beschreiben. Außerdem muss die DVD im Gegensatz zu der DVD-RW nach dem Beschreiben nicht finalisiert werden.

Für die Hersteller ist die Produktion von +R- und +RW-Medien deutlich einfacher. So entfällt beispielsweise das Vollschieben des CSS-Bereiches, da die Einhaltung des Kopierschutzes dem Brenner selbst überlassen wird. Da DVD+RW die gleichen Reflexionseigenschaften besitzt, wie -RW, leidet das Format bei älteren Lesegeräten an denselben Kompatibilitätsschwächen.

Das DVD+RW-Format sieht neben dem üblichen CLV-Schreibverfahren für sequenzielle Daten auch einen CAV-Modus für schnellere Dateizugriffe vor. Bei der aktuellen Brennergeneration sucht man allerdings vergeblich nach einer Umsetzung dieser Möglichkeiten. Dafür gibt es mehrere Gründe. Im CAV-Modus würden die Medien langsamer beschrieben als per CLV. Ein CAV-Brenner erreicht die Maximalgeschwindigkeit erst in den Außenbereichen. Zudem könnte kein DVD-Player mit diesen Optionen gebrannte Medien lesen.

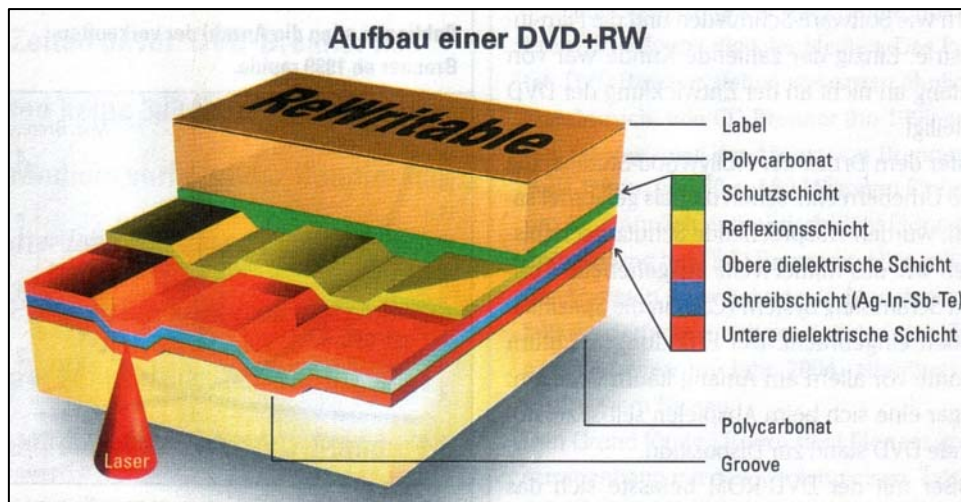


Abbildung 17 Aufbau einer DVD+RW [6]

3.2.3 DVD-Random Access Memory (DVD-RAM)

Die DVD-RAM kam parallel zur DVD-R auf den Markt. Das Format sollte von vornherein als Datenspeichermedium dienen. Die maximale Kapazität der ersten DVD-RAM-Generation betrug 2,58 GByte, erst später stockte das Format auf die DVD-üblichen 4,7 GByte auf.

DVD-RAMs verwenden das *Phase-change-Verfahren*. Auf physikalischer Ebene unterscheidet sich das Konzept des Formats erheblich von den anderen beschreibbaren Medien. Die Sektoren von DVD-RAM Medien verlaufen in konzentrischen Kreisen, wobei der Laser im Unterschied zu allen anderen DVD-Formaten sowohl die vorgestanzten Rillen (*Grooves*), als auch die dazwischenliegenden Erhöhungen (*Lands*) beschreibt. Außerdem erlaubt die DVD-RAM kleinere Strukturen als bei DVD's üblich, mit dem Zweck, eine höhere Kapazität zu ermöglichen.

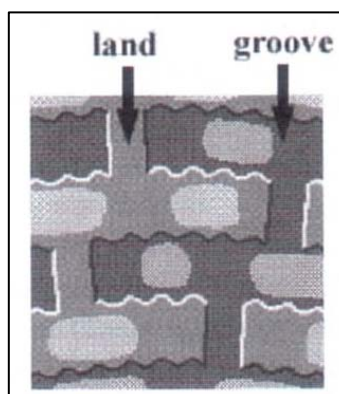


Abbildung 18 Die physikalische Struktur der DVD-RAM [1]

Eine DVD-RAM ist noch zusätzlich in einer Verschaltung (*Cartridge*) eingeschlossen, wie dies auch bei Disketten der Fall ist. Es gibt Cartridges, welche versiegelt sind. Bei diesen ist es nicht möglich, die Disk im Inneren herauszunehmen. Demzufolge muss das Laufwerk in der Lage sein, die komplette DVD-RAM-Diskette aufzunehmen. Der zweite Typ von Cartridges hingegen kann geöffnet und die Disk im Bedarfsfall herausgenommen werden.

Beidseitig beschreibbare DVD-RAM-Medien werden nur in versiegelten Cartridges ausgeliefert.

Diese Besonderheiten der DVD-RAM sind für die Inkompatibilität dieses Formats zu den meisten restlichen DVD-Formaten verantwortlich. Leider gibt es bisher nur wenige Laufwerke, die diese Disks überhaupt lesen können.

Vorteil dieses Formats ist die hohe Datensicherheit und die häufige Wiederbeschreibbarkeit. Bis zu 100000 Mal kann man einen DVD-RAM-Rohling beschreiben. Dies geschieht per „*Zoned CLV*“, einer Kombination aus CLV und CAV. Das Medium teilt sich in 36 Zonen auf, innerhalb derer das Laufwerk jeweils eine konstante Geschwindigkeit hält.

Darüber hinaus nutzt die DVD-RAM ein eigenes Fehlerkorrekturverfahren und verwaltet defekte Sektoren gründlicher, als alle anderen beschreibbaren DVD-Formate.

Trotzdem fehlt es immer noch an der nötigen Hardwareunterstützung. Lediglich einige wenige DVD-Player kommen mit diesem Format zurecht.

Das Format hat sich bisher nur in Japan durchgesetzt, angesichts der Inkompatibilität zu DVD-Playern dürfte das auch so bleiben.

3.3 Kompatibilität der beschreibbaren Formate

Eines der wichtigsten Themen, seit es beschreibbare Formate gibt, ist die Kompatibilität der einzelnen Formate untereinander. Durch zahlreiche Unterschiede auf physikalischer, logischer und auch technischer Ebene, wird es dem Konsumenten nicht gerade leicht gemacht, die richtige Wahl zu treffen. Auch die Hersteller müssen abwägen, welche Formate sie unterstützen wollen. Jedes zusätzliche Format bedeutet nämlich zusätzlichen Aufwand und Kosten.

KOMPATIBILITÄTSÜBERSICHT					
<i>Geräteklasse (Lesen / Schreiben)</i>					
Format	DVD-R(G)	DVD-R(A)	DVD-RAM	DVD-RW	DVD+RW
DVD-R(G)	+ / +	+ / -	+ / -	+ / +	+ / -
DVD-R(A)	+ / -	+ / +	+ / -	+ / -	+ / -
DVD-RAM	- / -	- / -	+ / +	- / -	- / -
DVD-RW	+ / +	+ / -	+ / -	+ / +	+ / -
DVD+RW	+ / +	+ / -	- / -	+ / -	+ / +

Tabelle 7 Die Kompatibilitäten der beschreibbaren Formate

Die kompatibelsten Geräte sind DVD-Brenner für das Format DVD-R(G). Alle wichtigen beschreibbaren Formate, außer DVD-RAM und DVD-R(A), werden von ihnen sowohl lesend, als auch schreibend unterstützt.

DVD-RAM wird bisher so gut wie gar nicht unterstützt, obwohl DVD-RAM-Laufwerke inzwischen relativ weit verbreitet sind.

Die meisten schreibfähigen Geräte unterstützen auch das Schreiben der älteren CD-Rs und CD-RWs in ausreichender Qualität und Geschwindigkeit.

DVD-Player, welche DVDs nur auslesen und nicht beschreiben können, unterstützen sämtliche Formate, von der CD bis zur DVD-RAM.

3.4 Kopierschutzverfahren

Die DVD wurde von Grund auf mit einem umfassenden Kopierschutzsystem ausgestattet. Es scheint so, als hätte man aus den Erfahrungen, die die Branche mit der Diskette und der CD gemacht gelernt. Bei der DVD wurde ein komplett neuer Ansatz gewählt. Die Inhalte sollten von Anfang an geschützt werden. Die Verfahren, welche auf Ebene der Hardware und Software entwickelt wurden, sind unter dem Namen *Content Protection System Architecture (CPSA)*, was soviel bedeutet wie „Systemarchitektur für den Inhaltsschutz“, zusammengefasst. Diese Architektur soll auch für zukünftige Technologien gerüstet und beliebig erweiterbar sein. Es werden grundsätzlich zwei Ansätze für die DVD verwendet:

- Wasserzeichen (*Watermarking*):
Hierbei handelt es sich um bestimmte Bitmuster, die über den digitalen Inhalt verteilt werden. Sie beeinflussen jedoch die Wiedergabe nicht, das bedeutet, dass die Musik nicht schlechter klingt und Videos nicht schlechter aussehen. Das Abspielgerät kann nun mittels implementierter technischer Maßnahmen diese Wasserzeichen erkennen. Wasserzeichen sind demzufolge ein passiver Kopierschutz, der zusätzliche Technik voraussetzt, um zu greifen.
- Verschlüsselung (*Encryption*):
Im Gegensatz zu Wasserzeichen ist die Verschlüsselung ein aktiver Kopierschutz, da die digitalen Inhalte von vornherein verändert werden. Die Verschlüsselung kann recht unterschiedlich aussehen, sie muss jedoch auf alle Fälle während der Wiedergabe des Inhalts entfernt werden.

Kein Kopierschutz ist jedoch perfekt. Mittlerweile ist es sehr leicht möglich die Inhalte einer DVD trotz Kopierschutz zu lesen. Zu jedem Schutzmechanismus gibt es auch verschiedene Angriffstechniken, die den Schutz außer Kraft setzen.

3.4.1 Analog Copy Protection System (APS)

Das APS ist eines der bekanntesten Kopierschutzverfahren. Entwickelt wurde es von der Firma Macrovision.

APS ist im Stande, das analoge Kopieren von Videosignalen auf VHS-Recorder zu verhindern. Ursprünglich sollte das System das Kopieren von VHS-Kassette zu VHS-Kassette verhindern, es wurde jedoch für digitale Videos angepasst und basiert auf Wasserzeichen. Heutzutage ist in allen gängigen Abspielgeräten für DVD-Videos Technologie, die dieses Wasserzeichen erkennt.

Erkennt ein Abspielgerät das APS-Wasserzeichen, so wird das Videosignal von einem Chip übersteuert, welcher im Gerät implementiert ist. Die Übersteuerung hat keinen Einfluss auf die Wiedergabe des Videos auf dem Fernseher, nur der VHS-Recorder wird davon beeinflusst.

Die Übersteuerung spricht einen Regler am Videorecorder an und sorgt dafür, dass dieser Regler das Eingangssignal für die Aufzeichnung verschlechtert, anstatt es zu verbessern. Dazu werden zufällig zusätzliche Informationen in die Austastlücke eingestreut, die ein zu helles oder zu dunkles Bild vortäuschen. Die Aufnahme ist also nicht zu gebrauchen.

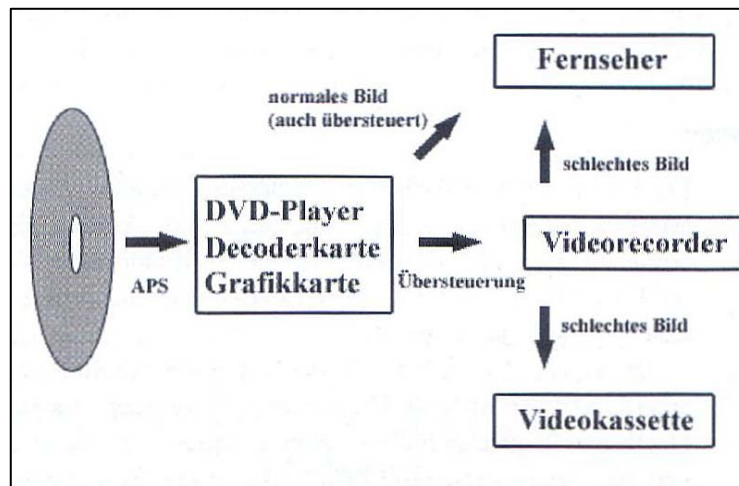


Abbildung 19 Die Wirkungsweise des Analog Copy Protection Systems [1]

Es existieren bereits mehrere Möglichkeiten, APS zu umgehen. Es besteht zum Beispiel die Möglichkeit, einen Decoder anzuschließen, der unter anderem die Daten, die in die Austastlücke des Videosignals eingestreut wurden, wieder entfernt.

Digital lässt sich der Kopierschutz relativ leicht mittels eines *Hacks* für den Software-DVD-Player ausschalten.

Derartige Hacks existieren auch für die Treiber von Grafikkarten. Diese verhindern, dass ein Video, das über den TV-Out-Ausgang ausgegeben wird, APS enthält.

Eine weitere Möglichkeit wäre, die DVD zu *ripen*. Das Videomaterial wird dabei mittels einer Software auf die Festplatte kopiert und anschließend komprimiert. Die Datei, welche dabei entsteht, ist frei von APS-Wasserzeichen und kann entweder gebrannt oder über den TV-Out-Ausgang an einen Videorecorder zu analogen Aufzeichnen geleitet werden.

3.4.2 Content Scrambling System (CSS)

Das *Content Scrambling System* ist der bekannteste Kopierschutz der DVD-Video. Er wird nur für Videos verwendet und verschlüsselt den Inhalt einer DVD.

Vor jeder Entschlüsselung des Videomaterials muss ein Authentifizierungsverfahren durchlaufen werden. Dies bedeutet, dass jede Software, die eine DVD-Video wiedergeben möchte, sich als lizenziertes Software-DVD-Player zu erkennen geben muss. Die Software kann sich mittels eines *Authentication Keys*, welchen die Hersteller des Players von der *DVD Copy Control Association* (DVDCCA) erhalten, gegenüber dem DVD-Laufwerk authentifizieren. Anschließend wird ein *Session Key* generiert, der ab diesem Zeitpunkt bis zur Beendigung der Wiedergabe zur Verschlüsselung der weiteren Kommunikation dient.

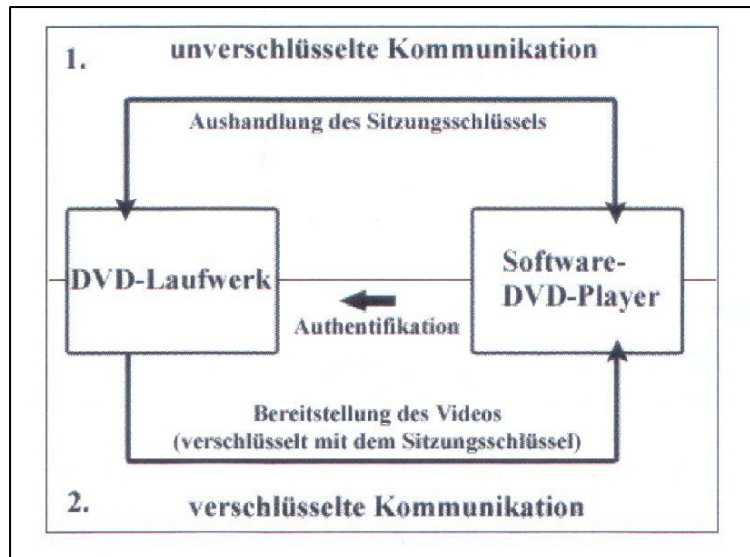


Abbildung 20 Die Authentifizierung des Content Scrambling Systems [1]

Auch die Hersteller von DVD-Laufwerken müssen bei der DVDCCA vertraglich gebunden sein, um die so genannten *Player Keys* zu erhalten, welche direkt in die Hardware des Laufwerks eingebunden werden. Das Laufwerk selbst weist sich dadurch gegenüber der DVD als lizenziert aus, indem es seine Schlüssel mit denen der DVD vergleicht.

Eine DVD, die mit CSS verschlüsselt wurde, trägt alle Player Keys, die von der DVDCCA vergeben wurden.

Das Laufwerk entschlüsselt zunächst die auf der Disk gespeicherten *Disk- und Title Keys*. Diese werden dann zusammen mit einem einzelnen Datensektor an den Software-DVD-Player übermittelt. Dieser wiederum entschlüsselt mittels des Disk Keys den Title Key und mit diesem dann den übermittelten Sektor. Ist der Versuch erfolgreich verlaufen, wird das gesamte Video ausgelesen. Nun kann der Player die Daten mit dem Title Key entschlüsseln und das Video ausgeben.

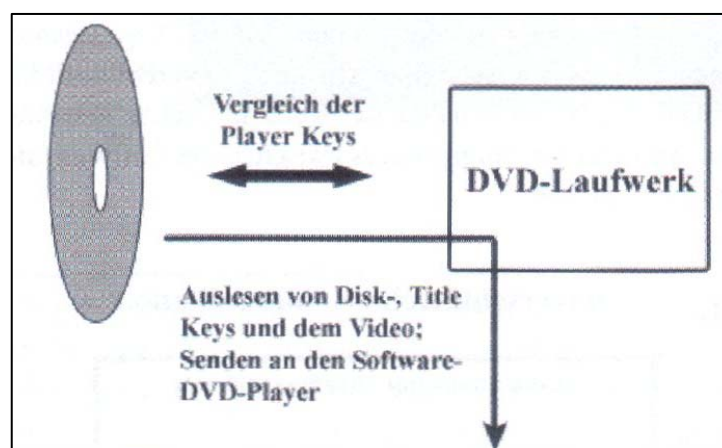


Abbildung 21 Das Auslesen des Videos von der DVD [1]

CSS hat viele Lücken, die leicht umgangen werden können. Eine davon ist, dass sämtliche je vergebene Player Keys auf jeder CSS-verschlüsselten DVD gespeichert sind. Daher ist es lediglich notwendig, diesen Bereich der DVD auszulesen, um vollen Zugriff auf die Daten jeder DVD zu haben. Auch jeder Software-DVD-Player enthält Schlüssel, die einfach extrahiert werden können.

Das Bekannteste unter den Programmen, die den Inhalt einer DVD auf die Festplatte kopieren können, ist *DeCSS*. Mittlerweile gibt es schon zahlreiche *Ripper*, die ohne viel Aufwand des Anwenders DVDs auf die Festplatte kopieren.

3.4.3 Content Protection for Prerecorded Media (CPPM)

CPPM wird für die DVD-Audio eingesetzt. Es unterscheidet sich nur geringfügig von dem für Videos eingesetzten *CSS*.

Der größte Unterschied besteht in den im Vergleich zu *CSS* weitaus längeren Schlüsseln.

Da *CPPM* und *CSS* sehr ähnlich sind, sind auch die Möglichkeiten, den Kopierschutz zu umgehen, in etwa die selben.

Auch die Schwachstellen ähneln denen von *CSS*. Die nötigen Authentifizierungsschlüssel sind ebenfalls in jeder lizenzierten Software enthalten.

3.4.4 Content Protection for Recorded Media (CPRM)

Dieser Kopierschutz ist etwas Besonderes unter allen Verfahren. Er funktioniert auch über die Verschlüsselung des Inhalts der beschreibbaren DVD und einen Authentifizierungsprozess.

Sämtliche beschreibbaren DVD-Formate können mit diesem Kopierschutz ausgestattet werden. Damit können nun auch Privatanwender ihre Inhalte schützen.

Auch bei beschreibbaren Medien sind in einem geschützten Bereich die nötigen Schlüssel untergebracht, um den Inhalt der DVD zu entschlüsseln. Diese befinden sich an der selben Position, wie bei kommerziellen Disks, unterscheiden sich jedoch von diesen. Jede beschreibbare DVD ist daher einmalig. Diese Bereiche sollen auch nicht veränderbar sein, sodass diese Schlüssel eine beschreibbare DVD permanent kennzeichnen.

Wenn nun versucht wird, eine Kopie einer anderen DVD herzustellen, kann zwar der Inhalt der Quelle kopiert werden, die bereits vorhandenen Schlüssel können aber nicht ersetzt werden. Natürlich passen diese nicht zu der Verschlüsselung der Daten von der kopierten Disk. Folglich ist der Inhalt der kopierten DVD beim Auslesen nicht benutzbar.

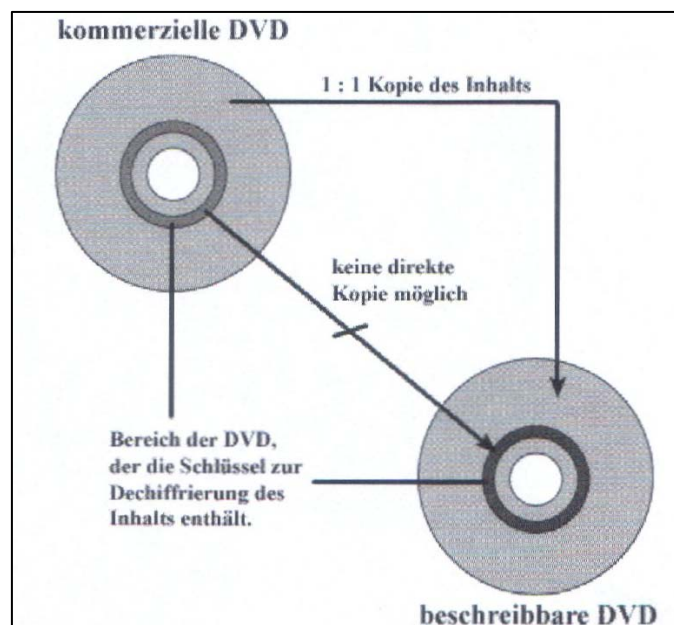


Abbildung 22 CPRM und 1:1 Kopien [1]

Da der Kopierschutz auf dem selben System aufbaut, wie *CSS* und *CPPM*, hat er dieselben Schwächen. Daher sind Kopien von *CPRM* geschützten Medien durchaus möglich, da es denkbar ist, dass es Softwarelösungen geben wird, die das Problem mit den ungleichen Schlüsseln beheben.

3.5 Neue Technologien

3.5.1 Blu-Ray Disc

Am 19.02.2002 einigten sich neun führende Unternehmen der Unterhaltungsindustrie (Hitachi, LG, Matsushita, Pioneer, Philips, Samsung, Sharp, Sony und Thompson) auf einen gemeinsamen neuen Standard für die wiederbeschreibbare DVD, die so genannte „*Blu-Ray Disc*“.

Das neue Format soll einseitig bis zu 27 GByte und zweiseitig über 50 GByte auf einer DVD mit einem Durchmesser von 12 Zentimetern speichern können. Erst durch den Einsatz eines blauen Lasers mit einer Wellenlänge von 405 Nanometern und einer numerischen Apertur von 0,85 wird diese Speicherkapazitätserhöhung ermöglicht. Die Datentransferrate liegt bei 36 Mbit pro Sekunde. Der Spurbabstand liegt bei 0,32 Mikrometern und die kleinste Pitlänge bei einer DVD mit 27 GByte liegt bei 0,138 Mikrometern. Die Daten werden im Phase Change-Verfahren aufgezeichnet und können dabei im MPEG-2-Video-Format, sowie im AC3- oder MPEG 1 Layer 2-Audio-Format vorliegen.

Die DVD wird in einer Cartridge ausgeliefert und kann über eine einheitliche ID, welche sich auf der DVD befindet, kopiergeschützt werden.

Das Haupteinsatzgebiet der Blu-Ray Disc soll der digitale Videorecorder sein. Es ist jedoch keine Distributionsform für bereits produzierte Videos vorgesehen.

Außerdem werden die Blu-Ray Discs nicht auf bereits produzierten Playern laufen. Erste Laufwerke, die diese Technologie nutzen, sollen bereits Mitte Mai 2003 auf den Markt kommen.

3.5.2 Advanced Optical Disc (AOD)

Die in der Unterhaltungsbranche eher kleineren Hersteller Toshiba und NEC haben ihren eigenen Standard kreiert, der auf der Advanced Optical Disc-Technologie basiert. Die Advanced Optical Disc besteht aus zwei 0,6 mm dicken Layern, wodurch sie sich von ihrem Aufbau her der normalen DVD ähnelt. Dies kommt laut NEC und Toshiba den Produktionskosten zu gute, da bisherige Infrastrukturen zur Herstellung von DVDs genutzt werden können. Auch bei diesem Verfahren wird zur Beschreibung der Disks blaues Laserlicht mit einer Wellenlänge von 405 Nanometern verwendet. Bei AOD ist es möglich, auf einer Diskseite in der Größe eines herkömmlichen Rohlings bis zu 20 GByte an Daten – etwa 5 GByte mehr als bei einer DVD – zu speichern. Dadurch, dass jedoch auch die zweite Lage des Silberlings beschreibbar ist, ergibt sich die Möglichkeit, auf der Scheibe bis zu 40 GByte an Informationen unterzubringen. Im PAL-Format sollen so bis zu rund 25 Stunden Spielzeit auf die Disk passen. Damit liegt die Kapazität etwas unterhalb der Blu-Ray Disc.

Die AOD soll auf herkömmlichen DVD-Playern laufen, jedoch zur „Blu-Ray“-Technologie inkompatibel sein. Außerdem werden keine Cartridges zum Schutz der DVD benötigt, wie dies bei der Blu-Ray-Disc der Fall ist.

Toshiba setzt bei dieser Technologie auf die „Land and Groove“-Technik, die Datenkodierung erfolgt im PRML (Partial Response Maximum Likelihood) –Verfahren, das Dateiformat wird UDF sein.

Während „Blu-Ray“ den Vorteil des Entwicklungsvorsprungs hat, kann AOD auf die Unterstützung des DVD-Forums bauen, welches sich für AOD-Technologie entschieden, und sich von der Blu-Ray-Disc ein für alle mal abgewandt hat. Im zweiten Quartal 2003 wird das Konsortium die genauen Spezifikationen für AOD festlegen.

Erste Laufwerke für den PC sollen noch heuer, komplette Geräte für die Heimkino-Anlage 2004 auf den Markt kommen.

4. Methodik

Als Ausgangspunkt unserer Arbeit führten wir die obligatorische Google-Suche durch. Wir fanden auf Grund der Aktualität der Thematik sehr viel Information im Internet, ließen jedoch wieder von dieser Informations-Auffindungs-Methode ab, da uns diese nicht die von uns gewünschten Informationen bzw. die Glaubwürdigkeit dieser Informationen lieferte.

So bedienten wir uns fortan mit der „alt bewährten“ Methodik zur Informationsfindung. Wir durchforsteten die Bibliothek der TU-Wien nach Büchern die die Thematik der DVD bzw. der Technik der DVD befassten. Fachbücher fanden wir zwar keine, jedoch half uns die Zeitschriften-Abteilung der Bibliothek, in der wir zig Ausgaben der Zeitschrift CT (Magazin für Computertechnik) durchgingen und in Folge durcharbeiteten. Das CT eignet sich unseres Erachtens besonders gut da solch aktuelle Themen dort sehr gut und genau behandelt werden.

Nichtsdestotrotz begannen wir auch nach einem Buch zu suchen, da die grundlegenden Techniken der DVD bzw. der Digitalen Datenspeicherung in den aktuellen Zeitschriften natürlich weniger behandelt werden.

Nach einiger Suche im Internet (Amazon etc.) und Büchergeschäften (Morawa, Amadeus, etc.) schränkten wir unsere Wahl auf zwei Bücher, „DVD Demystified von Jim Taylor“ und „DVD Technikstandards und Troubleshooting von Martin Potthast und Alexander Beneke“.

Die Entscheidung wurde uns von den div. Buchgeschäften abgenommen, denn das Buch von Jim Taylor, das an sich viel versprechender war benötigte eine Lieferzeit von bis zu einem Monat. So viel unsere Wahl schlussendlich auf das Buch „DVD Technikstandards und Troubleshooting von Martin Potthast und Alexander Beneke“.

Mit diesem Buch und den Informationen aus den div. Fachzeitschriften war die Informationssuche für uns abgeschlossen und wir begannen die Arbeit in Angriff zu nehmen.

5. Zusammenfassung

Die DVD hat es inzwischen, aufgrund ihrer Eigenschaft, ein billiges aber qualitativ sehr hochwertiges Home Entertainment Format darzustellen, geschafft, einen Massenmarkt zu erobern. Mittlerweile befindet sich in jedem neu fabrizierten PC ein DVD-ROM-Laufwerk.

Auch der Markt der Audio-DVDs befindet sich in einem gewaltigen Wachstum. Die neuen wiederbeschreibbaren Formate wie DVD-R(W) oder DVD+R(W) werden dazu beitragen, dass dieses Medium nicht nur die CD-ROM und die Audio-CD, sondern auch Bandformate wie VHS ablösen wird.

Der Kampf um die Vorherrschaft auf dem Markt ist auch heute jedoch noch nicht abgeschlossen. Der Konkurrenzkampf der unterschiedlichen Firmen, die hinter den Formaten stehen, wird derweil auf dem Rücken der Konsumenten ausgetragen. Immer neue Geräte überschwemmen den Markt, alle mit unterschiedlicher Kompatibilität zu den jeweiligen Formaten der Konkurrenz.

Natürlich ist keines der aktuellen beschreibbaren DVD-Formate der Weisheit letzter Schluss. Auch dass nur DVD-R und -RW offiziell vom DVD Forum abgesegnet wurden, dürfte für die wenigsten Interessenten den Ausschlag zum Kauf geben. Vielmehr scheint für viele der Preis der Rohlinge ein Kaufkriterium zu sein.



Abbildung 23 Preisentwicklung von DVD-Medien [3]

Hier hat die DVD-R bisweilen noch die Nase vorn. Doch mittlerweile gibt es auch bei den anderen Formaten No-Name-Medien zu Spottpreisen, trotz der relativ aufwendigen Herstellugn. Mit der Auseinandersetzung um Blu-Ray und AOD setzt sich beim DVD-Nachfolger das derzeitige Formatwirrwarr um beschreibbare DVDs fort. Mit der Entscheidung des DVD-Forums, die AOD-Technologie zu unterstützen, hat das Konsortium aber mit Sicherheit nicht die erhoffte Klarheit geschaffen, sondern nur – wie schon zuvor – seine Meinung geäußert und Unterstützung zugesagt. Dies wird jedoch die gegnerischen Parteien sicher nicht davon abhalten, das schon lange in der Vorbereitung stehende Eigenprodukt weiterzuführen. Bleibt nur zu hoffen, dass entsprechende Lese- und Schreibgeräte dem Trend folgen, zu allen Medien kompatibel zu sein.

6. Bibliographie / Referenzen

- [1] Martin Potthast, Alexander Beneke: „DVD Technikstandards und Troubleshooting“, SYBEX-Verlag GmbH Köln, 2002
- [2] Ct Magazin für Computertechnik : Ausgabe 06/2003; Seiten 52-53, 200-203
- [3] Ct Magazin für Computertechnik : Ausgabe 25/2003; Seiten 113-121, 124-133
- [4] Ct Magazin für Computertechnik : Ausgabe 11/2002; Seiten 94-109
- [5] PC Business: Ausgabe 03/2003; Seiten 8-15
- [6] PC Magazin: Ausgabe 04/2003; Seiten 48-52
- [7] PC Welt: Ausgabe 01/2003; Seiten 138-143