

7 Optische Speicher

7.1 Zur Geschichte der CD

7.2 CD-Formate

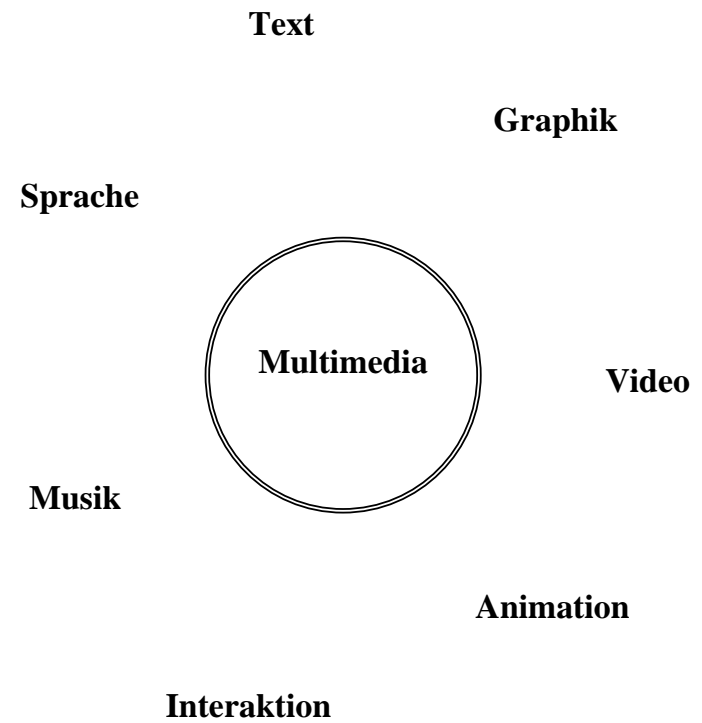
7.3 Codierung

7.4 Fehlerbehandlung

7.5 DVD

7.6 Blu-ray Disc und HD-DVD

Multimedia-Komponenten:



Zur Geschichte der CD:

- 1982: Red Book (CD-DA)**
- 1985: Yellow Book (CD-ROM)**
- 1986: Erste Microsoft CD-ROM Konferenz**
- 1986: Green Book (CD-I)**
- 1986: High Sierra Proposal**
- 1988: ISO 9660 Dateisystem**
- 1989: Yellow Book Supplement (CD-ROM XA)**
- 1990: Orange Book Part I (CD-MO)
Orange Book Part II (CD-R, CD-WO)**
- 1991: MPEG-1 für CD-I**
- 1992: Photo-CD**
- 1993: White Book (Video CD)**
- 1995: Blue Book (CD Extra)**
- 1996: Orange Book Part III (CD-RW)**
- 2000: Purple Book (Double-Density CD)**

CD-Formate:

CD-DA (Compact Disc Digital Audio), diese stellt die Grundlage für alle weiteren Formate dar.

CD-ROM (CD Read Only Memory), es wird eine Sektoradressierung eingeführt.

CD-ROM XA (Extended Architecture), Audio- und Videodaten lassen sich verschränkt speichern. Zur Kompression von Audiodaten wird das ADPCM-Verfahren eingesetzt.

CD-I (Interactive), man benötigt für eine CD-I spezielle Abspielgeräte.

Photo CD, sie speichert Bilder in verschiedenen Auflösungen, Base/16, Base/4, Base, 4-Base, 16-Base und 64-Base, wobei Base für eine Bildgröße von 768 x 512 Pixel steht.

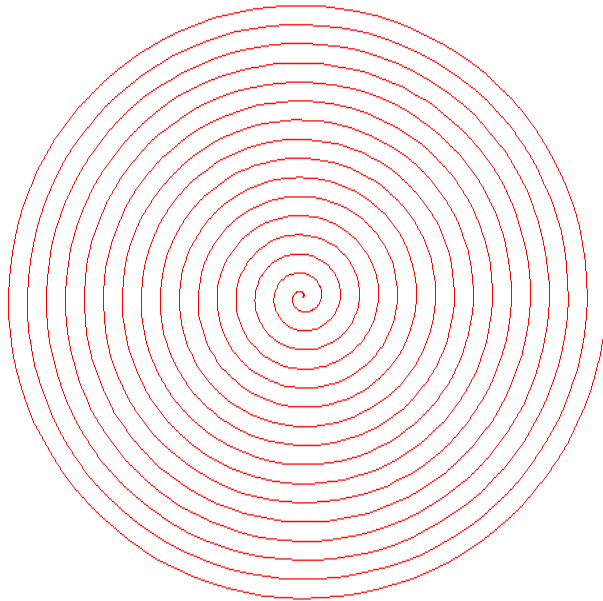
Video CD enthält MPEG-1 Video in CIF-Auflösung und MPEG-1 Layer II Audiodaten.

CD-R (Recordable), diese CD ist einmal beschreibbar, sie enthält eine vorgeprägte Spur.

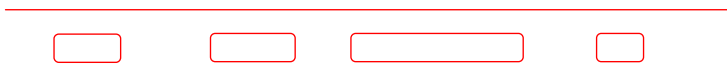
CD-RW (Rewritable), eine andere Benennung ist "Phase Change Erasable Disc", sie läßt sich wie eine Diskette nutzen.

Codierung:

Die Daten werden auf einer Spirale von über 5 km Länge in Form kleiner Vertiefungen aufgezeichnet.

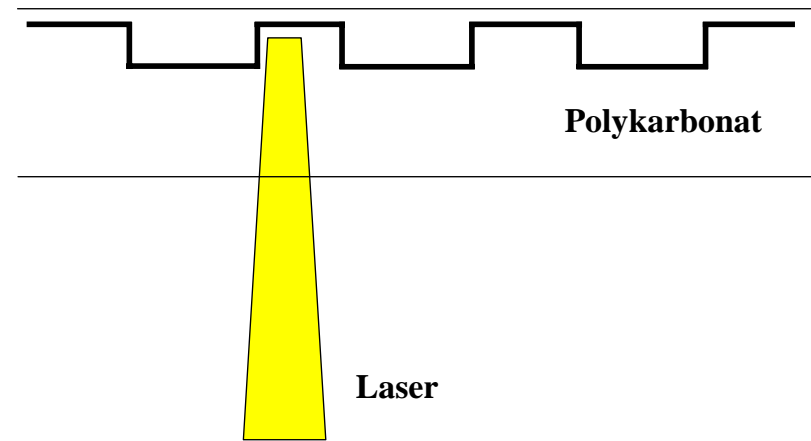


Aufsicht auf Spur:



Die Übergänge von "Pit" zu "Land" und von "Land" zu "Pit" stellen jeweils den Bitwert 1 dar.

Spurabtastung durch Laser:



Jede Änderung der Reflektion des Laserlichts wird als eine 1 gedeutet. Zwischen zwei Änderungen des Reflektionszustandes muß eine Mindestzeit vergehen.

Die Daten auf einer einmal gepreßten Audio-CD sind nicht korrigierbar. Durch Verschmutzungen der Oberfläche einer CD können Lesefehler hervorgerufen werden. Diese sollten nach Möglichkeit durch die Hardware behoben werden. Man erwartet von einer Audio-CD, daß die Wahrscheinlichkeit für einen nicht behebbaren Fehler kleiner als 10^{-8} ist. Einer Stunde Stereo-Musik entsprechen 635.040.000 Oktette Daten. Ein Wert von sechs fehlerhaft gelesenen Oktetten pro Stunde dürfte den Musikgenuß kaum beeinträchtigen.

Konversion von 8-Bit-Byte zu "Pits and Lands"

Daten: 11101000 11100010 10111010 11101011

Umsetzung in 14-Bit-Darstellung:

10000100000010 10000100010010 100100000001001 000010010000010

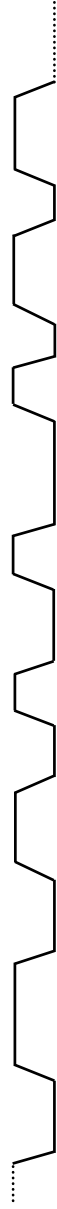
Einfügen von Pufferbit:

10000100000010 000 100001000010010 000 100100000001001 001 0000010010000010

Bitfolge:

10000100000010000010000100010010000010010000000100100100000100100000100100000010

"Pits and Lands":



Bemerkung: Der Wechsel zwischen "Pit" und "Land" wird durch eine 1 codiert.

Zu den Pufferbit:

Vier mögliche Anordnungen der Pufferbit:

000, 001, 010, 100

Die Pufferbit werden so gewählt, daß

- (i) die Zahl aufeinanderfolgender Nullen zwischen 2 und 10 liegt,
- (ii) das Synchronisierungsmuster
100000000001000000000010
nicht in den Daten erscheint,
- (iii) die DSV ("digital sum value") nahe bei Null liegt.

Ausschnitt aus der EFM-Tabelle:
(EFM = Eight to Fourteen Modulation)

0:	00000000	01 001000 100000
1:	00000001	10 000100 000000
2:	00000010	10 010000 100000
3:	00000011	10 001000 100000
4:	00000100	01 000100 000000
5:	00000101	00 000100 010000
6:	00000110	00 010000 100000
7:	00000111	00 100100 000000
8:	00001000	01 001001 000000
9:	00001001	10 000001 000000
10:	00001010	10 010001 000000
11:	00001011	10 001001 000000
12:	00001100	01 000001 000000
13:	00001101	00 000001 000000
14:	00001110	00 010001 000000
15:	00001111	00 100001 000000
16:	00010000	10 000000 100000
17:	00010001	10 000010 000000
18:	00010010	10 010010 000000
19:	00010011	00 100000 100000
20:	00010100	01 000010 000000
21:	00010101	00 000010 000000
22:	00010110	00 010010 000000
23:	00010111	00 100010 000000
24:	00011000	01 001000 010000
25:	00011001	10 000000 010000
26:	00011010	10 010000 010000
27:	00011011	10 001000 010000
28:	00011100	01 000000 010000
29:	00011101	00 001000 010000
30:	00011110	00 010000 010000
31:	00011111	00 100000 010000

Einige Merkmale der Audio-CD:

maximale Spieldauer:	74 Minuten, 33 Sekunden
konstante Lesegeschwindigkeit:	1,2 m/s - 1,4 m/s
Spurabstand:	1,6 μm
Durchmesser:	120 mm
Dicke:	1,2 mm
Zentrumsdurchmesser:	15 mm
Aufzeichnungsbereich:	46 mm – 117 mm
Datenbereich:	50 mm – 116 mm
Minimale "Pit"-Länge:	0,833 μm (1,2 m/s) bis 0,972 μm (1,4 m/s)
Maximale "Pit"-Länge:	3,05 μm (1,2 m/s) bis 3,56 μm (1,4 m/s)
"Pit"-Tiefe:	~0,11 μm
"Pit"-Breite:	~0,5 μm
Länge eines Kanalbit:	~0,3 μm
Standard Wellenlänge:	780 nm
Brechungsindex des Materials:	1,55
Zahl der Kanäle:	2 (4 zulässig)
Quantelung:	16 Bit linear
Abtastfrequenz:	44.100 Hz
Kanal-Bit-Rate:	4,3218 Mbit/s
Daten-Bit-Rate:	2,0338 Mbit/s
Audiodatenrate:	1,4112 Mbit/s
Verhältnis Datenbit zu Kanalbit:	8 : 17
Fehlerkorrekturcode:	Verschachtelter Reed-Solomon Code (25% Redundanz)
Modulationssystem:	Eight to fourteen Modulation (EFM)

Logischer Aufbau einer Audio-CD:

Vorspann ("Lead In") Daten Nachspann ("Lead Out")

Daten = 333.000 Blöcke

Block = 98 Rahmen ("Frames")

Rahmen = 24 Audio-Oktette
+ 1 Kontrolloktett
+ 2 * 4 Prüfoktette (Zu je 12 Audio-Oktetten gehören 4 Prüfoktette)
+ 24 Synchronisationsbit

74 Minuten Musik entsprechen $44.100 * 2 * 2 * 74 * 60$
Oktette = 783.216.000 Oktette.
Audio-Inhalt einer CD = $333.000 * 98 * 24$ Oktette =
783.216.000 Oktette.

Block: Nutzdaten: $24 * 98$ Oktette = 2.352 Oktette,
Verwaltungsdaten: $98 * (1 + 8) = 882$ Oktette,
Gesamt: 3.234 Oktette.

Bemerkung: Die hohe Zahl an Prüfoktetten erlaubt die Korrektur eines Bündelfehlers der Länge 25 mm.

Ein Audio-Rahmen:

Synchronisation	24 Bit
Subcode	14 Bit
$6 * 2 * 2 * 14$ Datenbit	336 Bit
$8 * 14$ Paritätsbit	112 Bit
$34 * 3$ Pufferbit	102 Bit
<hr/>	
Summe:	588 Bit

Bemerkungen:

1. 192 Datenbit werden in 588 Kanalbit codiert.
2. Das Subcode-Byte enthält 8 Bit, die den Subkanälen P, Q, R, S, T, U, V, W zugeordnet sind. Nur die Subkanäle P und Q werden von der Audio-disc genutzt.
3. Die Fehlerbehandlung erfolgt in drei Schritten:
 - a) Zunächst wird versucht, die fehlerhaften Byte zu korrigieren.
 - b) Unkorrigierbare Bytewerte versucht man durch Interpolation zu gewinnen.
 - c) Läßt sich auch die Interpolation nicht durchführen, dann wird der entsprechende Musikeil durch Stille ersetzt.

Aufbau eines MODE-1-Blocks einer Daten-CD:

Byte-Nummer	Inhalt
0	0000 0000
1 - 10	1111 1111
11	0000 0000
12	Minuten (74 max.)
13	Sekunden (59 max.)
14	Blocknummer innerhalb Sekunde (75 Blöcke pro Sekunde)
15	01 ("Modus")
16 - 2063	Nutzdaten
2064 - 2067	4 Byte Fehlererkennungscode
2068 - 2075	8 Byte 0000 0000
2076 - 2247	172 Byte P-Parität
2248 - 2351	104 Byte Q-Parität

Wandlung von Bündelfehlern in Einzelfehler:

Nachricht der Länge der Länge 92:

Wie entsteht Farbe? Farbe entsteht,
wenn das Licht über sich ??????????,
wenn es reflektiert.

Beispiel: Bei der Übertragung ist ein Bündelfehler der
Länge 9 entstanden.

Die verschränkte Übersendung der Nachricht erlaubt
eine teilweise Fehlerkorrektur, man benutzt Matrizen,
die man spaltenweise füllt und zeilenweise ausliest. Für
das Beispiel werden die ersten 90 Zeichen der Nachricht
mittels einer 10 x 9 Matrix umgestellt.

```
WhFt   ,r  
itaedün e  
e rhabawf  
Fbtsecel  
eae, rhne  
nr L dnk  
tbewise t  
senecinei  
t?tnhckse  
e sntht r
```

Bei der Übertragung möge nun ein Bündelfehler gleicher Länge an der gleichen Stelle entstehen.

WhFt ,ritaedün ee rhabawf Fbtsecel
 eae, rhnenr L dnktbewise?????????ei
 t?tnhcksee sntht r

Rücktransformation:

Wie ent?teht Farb?? Farbe e?tsteht,
 w?nn das Li?ht über s?ch nachdenkt,
 wenn?es reflekt?ier

Verfügt man über fehlerkorrigierende Codes, die
 Einzelfehler beheben, dann läßt sich die Ursprungs-
 nachricht rekonstruieren.

Wie entsteht Farbe? Farbe entsteht,
 wenn das Licht über sich nachdenkt,
 wenn es reflektiert.

Nutzung der Rechteckspeicherung zur Fehlerkorrektur:

Beispiel:

	Zeilensummen				
	20	17	33	18	88
	16	08	31	12	67
	31	14	11	37	93
	12	19	18	20	69
Spaltensummen	79	58	93	87	317

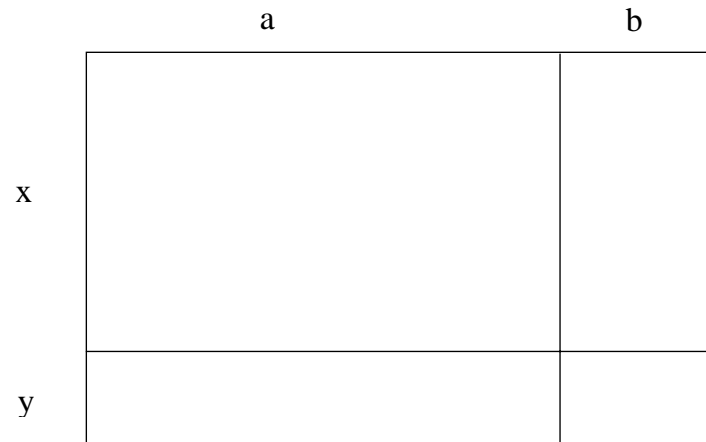
Werden bei der Übertragung Daten verfälscht, dann läßt
 sich die Verfälschung häufig erkennen und korrigieren.

20	17	33	18	88
16	28	31	12	67
31	14	11	37	93
12	19	08	20	69
79	58	93	87	317

Neuberechnung der Prüfsummen:

20	17	33	18	88	88
16	28	31	12	67	87 *
31	14	11	37	93	93
12	19	08	20	69	59 *
79	58	93	87	317	
79	78	83	87		327
	*	*			

Erweiterung des Rechteckschemas:



Zeilen: $(a+b, a)$ -Code, a Informationssymbole, b Schutzsymbole.

Spalten: $(x+y, x)$ -Code, x Informationssymbole, y Schutzsymbole.

Beispiel:

Datenfeld der CD-ROM, 2.048 Byte Nutzdaten, 4 Byte Kopffeld, 4 Byte EDC, 8 Byte reserviert, insgesamt 2.064 Byte. Das Datenfeld unterteilt man in zwei Rechteckfelder der Größe 24×43 . Man verwendet einen $(26, 24)$ -RS-Code für die Zeilen und einen $(45, 43)$ -RS-Code für die Spalten.

Illustration der Fehlerkorrektur bei Nutzung eines systematischen $(7, 4)$ Hamming Code:

Datum				Schutzbit		
x_3	x_2	x_1	x_0	k_2	k_1	k_0
0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	1	1	1	1
0	0	1	0	1	1	0
0	0	1	1	0	0	1
0	1	0	0	1	0	1
0	1	0	1	0	1	0
0	1	1	0	0	1	1
0	1	1	1	1	0	0
1	0	0	0	0	1	1
1	0	0	1	1	0	0
1	0	1	0	1	0	1
1	0	1	1	0	1	0
1	1	0	0	1	1	0
1	1	0	1	0	0	1
1	1	1	0	0	0	0
1	1	1	1	1	1	1

Bemerkung: Der Abstand zwischen je zwei Codewörtern beträgt mindestens 3, dies kann man nutzen, um Einbitfehler zu korrigieren oder Zweibitfehler zu erkennen.

Beispiel: Das Codewort $1\ 1\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0$ läßt sich zum Codewort $1\ 0\ 0\ 1\ 1\ 0\ 0$ korrigieren.

Korrektur von Vierergruppen:

Beispiel: 1001, 1100, 0010, 0101

Anordnen als 4 x 4 – Schema und Hinzufügen von Zeilen- und Spaltenparität:

1	0	0	1	1	0	0
1	1	0	0	1	1	0
0	0	1	0	1	1	0
0	1	0	1	0	1	0
1	0	1	1	0	1	0
1	1	1	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0

Während der Übertragung wurden einige Bit verfälscht. Eine Neuberechnung der Paritätsinformation zeigt mögliche Fehler an.

1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	
1	0	0	1	1	1	0	1	0	0	*
0	1	1	1	1	1	0	1	0	0	*
0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	
1	0	1	1	0	1	0				
1	1	1	0	0	0	0				
0	0	0	0	0	0	0				
1	0	1	1	0	1	0				
1	0	1	1	0	0	0				
0	1	0	1	0	0	0				
	*		*							

Informationen in den Zeilen 2 und 3 und den Spalten 2 und 4 wurden verfälscht.

Zu Reed-Solomon-Codes:

Sei $GF(q)$ ein endlicher Körper der Ordnung q .

Sei x ein Element aus $GF(q)$. Die kleinste Zahl m , für die $x^m = 1$ gilt, nennt man die Ordnung von x . Ein Element y aus $GF(q)$ der Ordnung $q-1$ heißt ein primitives Element von $GF(q)$. Die von Null verschiedenen Elemente eines endlichen Körpers lassen sich als Potenzen jedes Primitiv-elementes darstellen.

Sei z eine primitives Element, dann sind:

$$0, 1, z^1, z^2, z^3, \dots, z^{q-2}$$

alle Elemente von $GF(q)$.

Einen t Fehler korrigierenden Code der Länge $2^m - 1$ im $GF(2^m)$ gewinnt man folgendermaßen:

Sei z ein primitives Element des $GF(2^m)$, sei t die Zahl der zu korrigierenden Fehler, bilde:

$$g(x) = (x - z) * (x - z^2) * \dots * (x - z^{2^{*t}})$$

Sei nun $a(x) = a_0 + a_1 * x + a_2 * x^2 + \dots + a_{k-1} * x^{k-1}$ mit $k = 2^m - 1 - 2^{*t}$ die zu schützende Nachricht, dann ist

$$b(x) = \text{Rest}(x^{2^{*t}} * a(x) : g(x))$$

der Fehlerschutzcode.

Beispiel eines Reed-Solomon-Codes:

Wir betrachten den Körper $GF(5)$ und wählen in ihm ein primitives Element, z.B. 3

$$\begin{aligned} \text{dann } 3^0 \bmod 5 &= 1 \\ 3^1 \bmod 5 &= 3 \\ 3^2 \bmod 5 &= 4 \\ 3^3 \bmod 5 &= 2 \\ 3^4 \bmod 5 &= 1 \end{aligned}$$

Man wähle ein Polynom mit den Nullstellen $3^1 \bmod 5$ und $3^2 \bmod 5$.

Rechnung im $GF(5)$:

$$\begin{aligned} &(x - 3^1) * (x - 3^2) \\ &= (x - 3) * (x - 4) \\ &= x^2 - 7*x + 12 \\ &= x^2 + 3*x + 2 \\ &= g(x) \end{aligned}$$

Das Polynom $g(x)$ benutzt man als Divisionspolynom zum Informationsschutz für Wörter aus $GF(5) \times GF(5)$.

Der vollständige zum Polynom $x^2 + 3*x + 2$ gehörende Code:

00	00
01	23
02	41
03	14
04	32
10	21
11	44
12	12
13	30
14	03
20	42
21	10
22	33
23	01
24	24
30	13
31	31
32	04
33	22
34	40
40	34
41	02
42	20
43	43
44	11

Eine Beispielrechnung für das Wort (3, 2) aus GF(5) x GF(5).

Rechnung für $a(x) = 3*x + 2$:

$$\begin{array}{r}
 a(x) * x^2 : g(x) \\
 = 3*x^3 + 2*x^2 : x^2 + 3*x + 2 = 3*x + 3 \\
 - (3*x^3 + 9*x^2 + 6*x) \\
 \hline
 - 7*x^2 - 6*x \\
 \quad 3*x^2 + 4*x \\
 \quad - (3*x^2 + 9*x + 6) \\
 \quad \hline
 \quad - 5*x - 6 \\
 \quad \quad 0*x + 4 \\
 \quad \quad \hline
 \quad \quad 0*x + 4
 \end{array}$$

Das zu $a(x)$ gehörende Codewort ist nun:

$$\begin{aligned}
 c(x) &= a(x) * x^2 - (0*x + 4) \\
 &= a(x) * x^2 + 0*x + 1 \\
 &= g(x) * (3*x + 3)
 \end{aligned}$$

Eine Nullstelle von $g(x)$ ist auch eine Nullstelle von $c(x)$.

Allgemein gilt: Zu jedem Wort $b(x) = i*x + j$ mit i, j aus GF(5) existiert ein $q(x)$ mit

$$\begin{aligned}
 b(x) * x^2 &= g(x) * q(x) + r(x) \\
 \implies b(x) * x^2 - r(x) &= g(x) * q(x) \\
 \implies \text{Codewort: } c(x) &= b(x) * x^2 - r(x)
 \end{aligned}$$

Damit: Jede Nullstelle von $g(x)$ ist auch eine Nullstelle des Codeworts $c(x)$.

Im Falle $a(x) = 3*x + 2$ ist $c(x) = 3*x^3 + 2*x^2 + 0*x + 1$, und es gilt:

$$\begin{aligned}
 c(3) &= 0 \pmod{5} \\
 c(4) &= 0 \pmod{5}
 \end{aligned}$$

Tabellierung der Einzelfehler:

Fehlerpolynom für Fehler in der 3-ten Position: $i * x^3$
 $d3(i, x) = i * x^3 + c(x)$

i	d3(i, 3)	d3(i, 4)
0	0	0
1	2	4
2	4	3
3	1	2
4	3	1

Fehlerpolynom für Fehler in der 2-ten Position: $i * x^2$
 $d2(i, x) = i * x^2 + c(x)$

i	d2(i, 3)	d2(i, 4)
0	0	0
1	4	1
2	3	2
3	2	3
4	1	4

Fehlerpolynom für Fehler in der 1-ten Position: $i * x$

$$d1(i, x) = i * x + c(x)$$

i	d1(i, 3)	d1(i, 4)
0	0	0
1	3	4
2	1	3
3	4	2
4	2	1

Fehlerpolynom für Fehler in der 0-ten Position: $i * x^0$

$$d0(i, x) = i * x^0 + c(x)$$

i	d0(i, 3)	d0(i, 4)
0	0	0
1	1	1
2	2	2
3	3	3
4	4	4

Bemerkung: Bei Einzelfehlern sind die Paare $d_j(i, 3)$, $d_j(i, 4)$ für $1 \leq i, j \leq 4$ verschieden, daher sind Position und Wert bei Einzelfehlern eindeutig bestimmbar.

DVD-Spezifikation:

Buch A: DVD-ROM

Buch B: DVD-Video

Buch C: DVD-Audio

Buch D: DVD-R (write-once)

Buch E: DVD-RAM (rewritable)

Audiokennzahlen:

Abtastraten (kHz): 44,1 / 48 / 88,2 / 96 / 176,4 / 192

Bittiefe: 16 / 20 / 24

Kanäle: 2 / 4 / 5.1 / 6 / 7.1 / 8

Dynamik-Bereich (dB): 96 / 120 / 144

DVD-Kapazitäten:

DVD-5 (12 cm, SS/SL)	4,70 GB
DVD-9 (12 cm, SS/DL)	8,54 GB
DVD-10 (12 cm, DS/SL)	9,40 GB
DVD-14 (12 cm, DS/ML)	13,24 GB
DVD-18 (12 cm, DS/DL)	17,08 GB
DVD-R 1.0 (12 cm, SS/SL)	3,95 GB
DVD-R 2.0 (12 cm, SS/SL)	4,70 GB
DVD-R 2.0 (12 cm, DS/SL)	9,40 GB
DVD-RW 2.0 (12 cm, SS/SL)	4,70 GB
DVD+R 2.0 (12 cm, SS/SL)	4,70 GB
DVD+RW 2.0 (12 cm, SS/SL)	4,70 GB
DVD-RAM 1.0 (12 cm, DS/SL)	5,16 GB
DVD-RAM 1.0 (12 cm, SS/SL)	2,58 GB
DVD-RAM 2.0 (12 cm, SS/SL)	4,70 GB
DVD-RAM 2.0 (12 cm, DS/SL)	9,40 GB
CD-ROM (12 cm)	0,682 GB

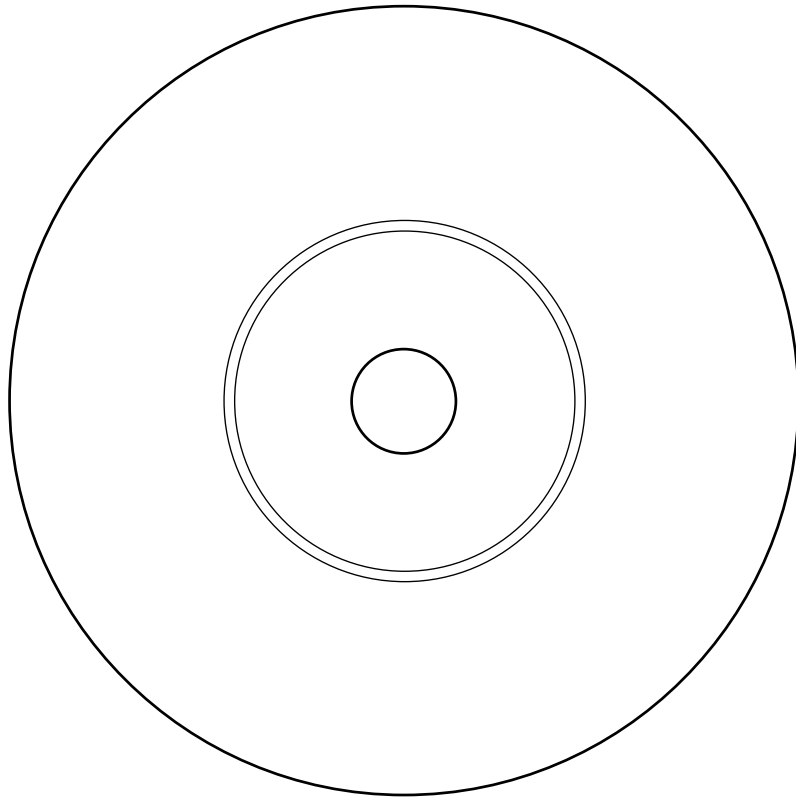
Abkürzungen: SS = single-sided, DS = double-sided,
SL = single layer, DL = double layer,
ML = mixed layer

Bemerkung: Neben der 12 cm DVD ist auch ein 8 cm
DVD genormt.

Kennzeichen der 120 mm DVD Read-Only Disc:

Durchmesser:	120 mm
Zentrumsdurchmesser:	15 mm
Dicke:	2*0,6 mm
"Burst Cutting Area":	44,6 mm - 47 mm
"Lead-In"-Beginn:	45,2 mm - 48 mm
Datenbereich:	48 mm - 116 mm
"Lead-Out"-Beginn:	Ende des Datenbereichs + 2 mm
Spurabstand:	0,74 µm
"Pit"-Länge:	0,400 µm - 1,866 µm (SL) 0,440 µm - 2,054 µm (DL)
Länge eines Datenbit:	~ 0,2667 µm (SL); ~ 0,2934 µm (DL)
Länge eines Kanalbit:	~ 0,1333 µm (SL); ~ 0,1467 µm (DL)
Durchmesser des Lichtpunkts:	0,58 µm - 0,60 µm
Maximallänge eines korri- gierbaren Bündelfehlers:	6,0 mm (SL) 6,5 mm (DL)
Wellenlänge:	650 nm oder 630 nm
Brechungsindex des Trägers:	1,55
Reflektivität:	45% - 85% (SL) 18% - 30% (DL)
Drehgeschwindigkeit (einfache Geschwindigkeit):	570 Upm - 1.630 Upm
Lesegeschwindigkeit (einfache Geschwindigkeit):	3,94 m/s (SL) 3,84 m/s (DL)
Nutzdatenrate (einfache Geschwindigkeit):	11,08 Mbit/s

BCA = "Burst Cutting Area"



Bereich: 44,6 mm – 47 mm

In der BCA können bis zu 188 Byte in Form einer barcode-ähnlichen Codierung gespeichert werden. Hiermit läßt sich eine Individualisierung der einzelnen DVD-Scheiben erreichen.

Aufbau der Datenspeicherung:

Sektorgröße (Nutzdaten):	2.048 Byte
Logische Sektorgröße:	2.064 Byte (2.048 + 12 Kopf + 4 EDC)
Kopf:	4 Byte Identifikator + 2 Byte Schutzcode + 6 Byte Copyright Daten
Aufzeichnungseinheit:	2.366 Byte (2.064 + 302 ECC)
Physikalischer Sektor:	2.418 Byte (2.366 + 52 Sync-Symbole)
Modulationsverfahren:	8/16 (EFMPlus)
Korrektureinheit:	16 Sektoren
Fehlerkorrektur:	Reed-Solomon Produkt Code (208, 192, 17) x (182, 172, 11) (192 * 172 = 16 * 2.064) (208 * 182 = 16 * 2.366)
Korrektur-Overhead:	13% (308/2366)
Format-Overhead:	16% (37.856 / 32.768)
Maximalzahl zufälliger Fehler:	≤ 280 in 8 ECC-Blöcken

Datenformat für logischen Sektor:

ID (4)	IED (2)	CPR_MAI (6)	160 Datenbyte: D₁₆₀ bis D₃₃₁
172 Datenbyte: D₁₆₀ bis D₃₃₁			
172 Datenbyte: D₃₃₂ bis D₅₀₃			

172 Datenbyte: D₁₇₀₈ bis D₁₈₇₉			
172 Datenbyte: D₁₈₈₀ bis D₂₀₄₇			EDC (4)

ID = Identification Data
IED = ID Error Detection Code
CPR_MAI = Copyright Management Information
EDC = Error Detection Code

Verbesserungen der DVD gegenüber der CD:

	CD	DVD	Gewinn
Länge eines Kanalbit:	300 nm	133,3 nm	2,25
Spurabstand:	1,6 µm	0,74 µm	2,16
Datenbereich:	8,605 mm²	8,759 mm²	1,02
Verhältnis Kanalbit zu Datenbit:	17 : 8	16 : 8	1,06
Fehlerkorrektur:	52% 1060/2064	15% 308/2064	1,32
Verwaltung:	8% 278/3390	2,6% 62/2418	1,05
			7,28

Blu-ray Disc und HD-DVD:

Gegenwärtige Planungen sehen folgendes vor:

Beide sind abwärtskompatibel zur DVD.

Kapazität pro Schicht:	HD-DVD:	15 GB
	Blu-ray:	25 GB
Datentransferrate:	HD-DVD:	36 Mbit/s
	Blu-ray:	72 Mbit/s
Video-Auflösung:	1920 x 1080	
Codecs:	MPEG-2, H.264, VC-1	
Wellenlänge:	405 nm	
Kopierschutz:	Advanced Access Content System	

Bemerkung: Beide Konsortien planen die Einführung universeller Abspielgeräte für CD, DVD und dem neuen Format durch die gleichzeitige Bereitstellung dreier Laser, je einen für 780 nm, 650 nm und 405 nm.