

CD, DVD: Agenda

- Grundlagen der CD-/DVD-Technik
- Audio-CD, CD-ROM
- CD-R, CD-RW
- DVD und Video
- DVD-R, DVD-RAM
- ISO-9660 Dateisystem
- UDF / Packet-Writing



CD/DVD: Literatur

www.disctrronics.co.uk/

(übersichtliche Kurzbeschreibungen zu CD/DVD)

www.cdrfaq.org/

(alles rund ums Thema CD-R und CD-RW)

www.dvddemystified.com/dvdfaq.html

(J. Taylor, 'DVD Demystified')

www.smart-projects.net/

(schöne Übersicht unter 'useful links')

www.robertsdvd.com/

(umfangreiche Link-Sammlung zu DVD)

www.phoenix.com/techs/specs.html

(El Torito Format für bootfähige CDs)

diverse c't Artikel:

02/93 178ff CD "color books" und Dateiformate

DVD: 23/99 S.100ff

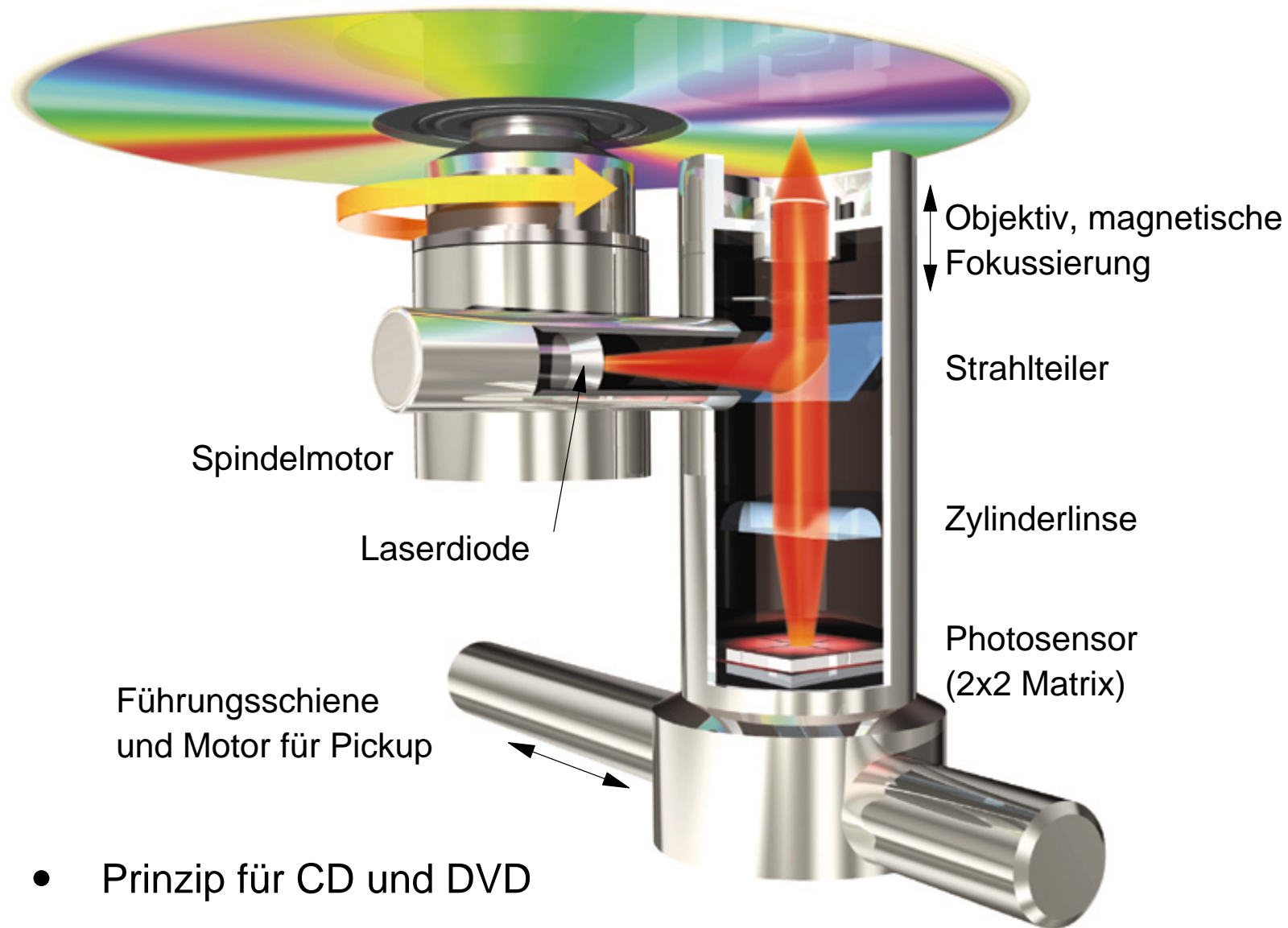
diverse Standards, insbesondere ECMA-xxx (frei verfügbar), www.ecma.ch

ECMA-119 ISO-9660 Dateisystem

ECMA-267 DVD-ROM Spezifikation

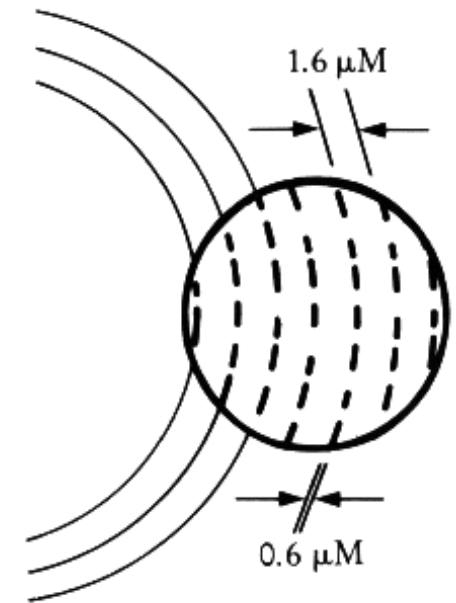
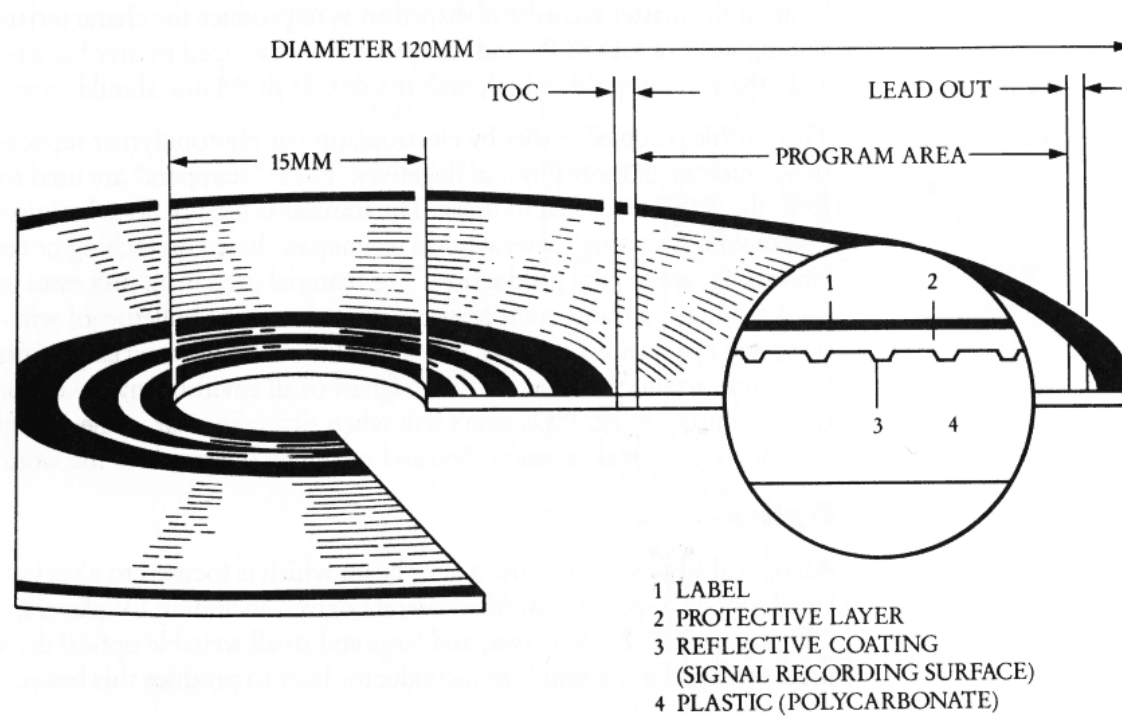
SCSI-3 MMC SCSI MultiMedia Command Set

CD: *Aufbau eines Players*



- Prinzip für CD und DVD

CD: Prinzip



- Polycarbonatträger, 12cm Durchmesser
- eingeprägte Vertiefungen ("pits") bilden die Daten
- spiralförmige Datenspur, 1.6μm Abstand, ca. 16000 Windungen
- Fertigungsmängel fest eingeplant => leistungsfähige Fehlerkorrektur

(Abbn. aus: CD-ROM - The new Papyrus)

CD: Reflexion

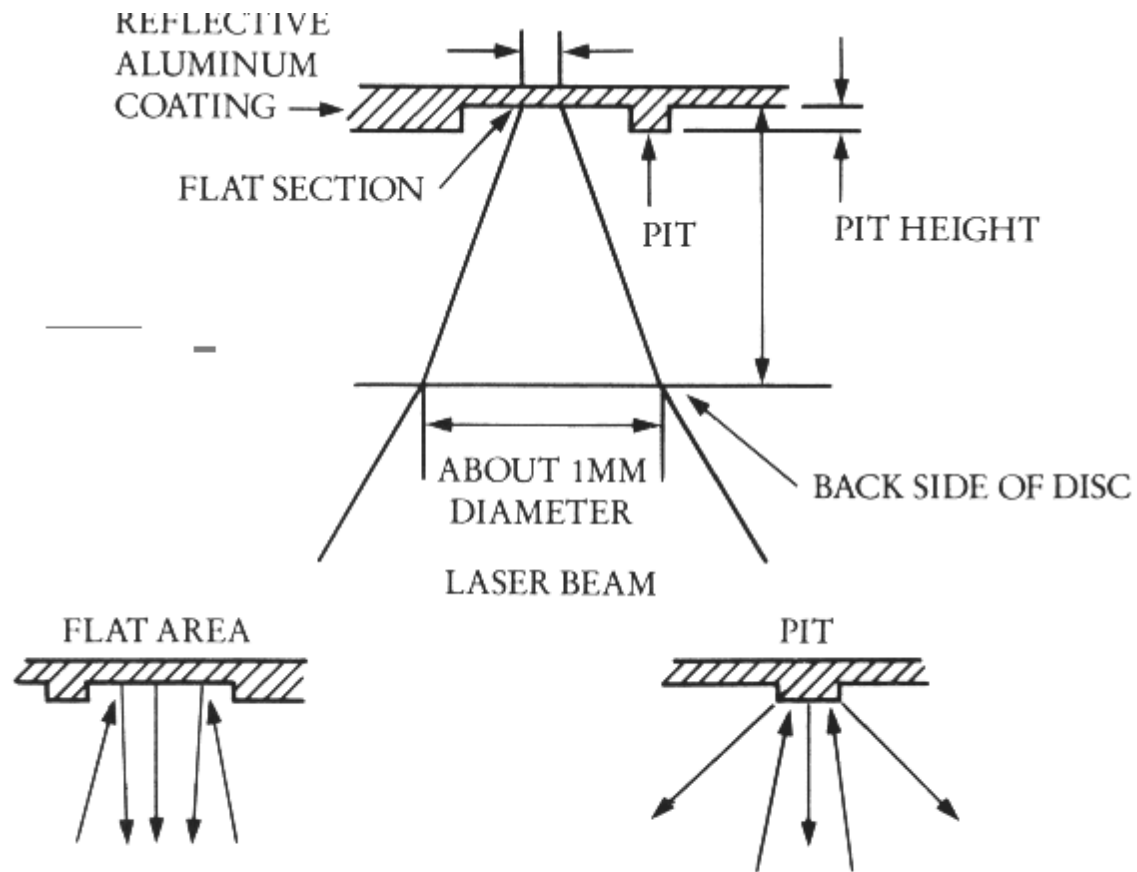
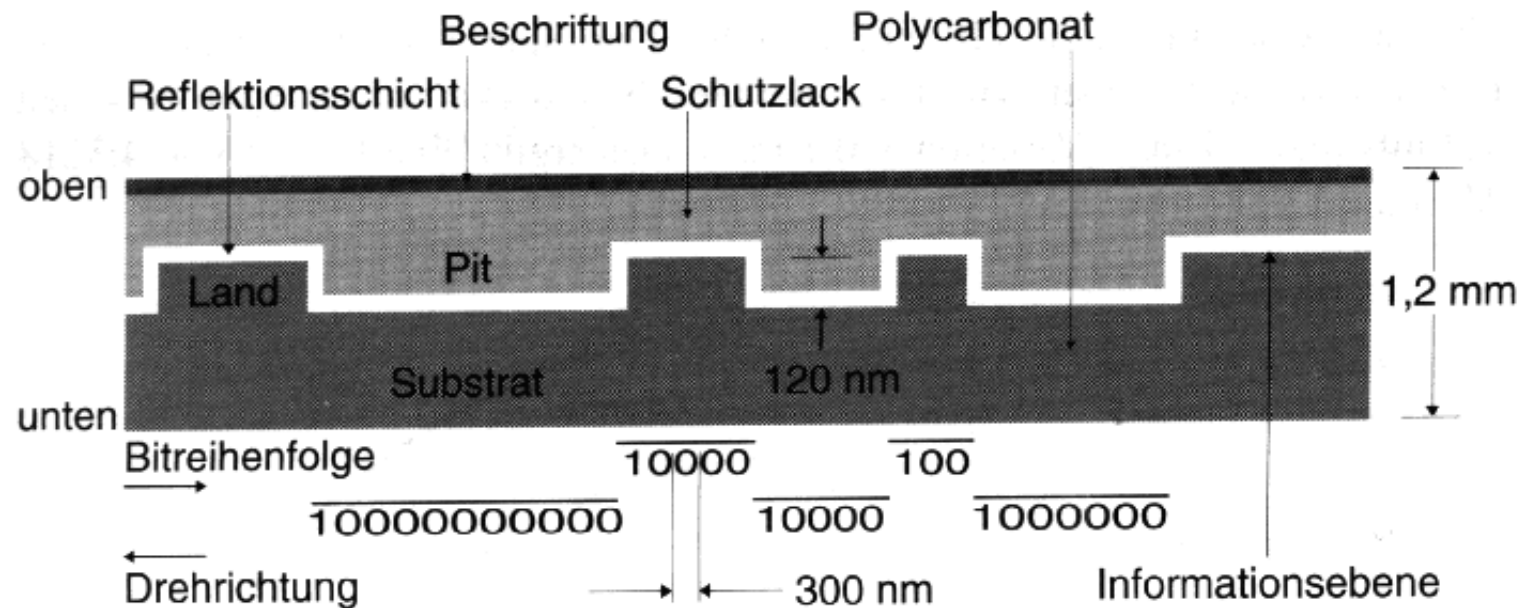


Figure 4. Relation between pits and photodetector output.

- Lands reflektieren das Laserlicht
- Pits streuen das Laserlicht

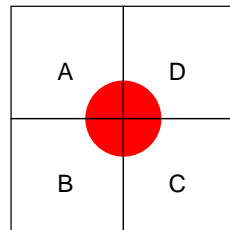
CD: Schichtaufbau



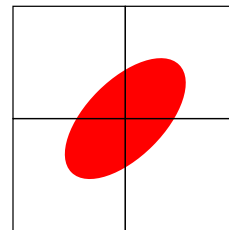
- Polycarbonatschicht ~ 1.2 mm
- Größe der Pits / Lands ~ 1.0 μm
- Interpretation: Land = 0, Pit = 1, Wechsel Land/Pit = 0
- Kratzer der Reflektionsschicht (Oberseite!) zerstören die Daten

CD: Fokussierung, Spurregelung, ...

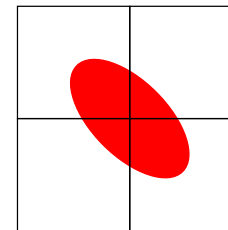
fokussiert



zu nah

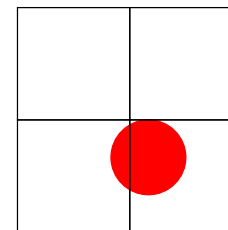
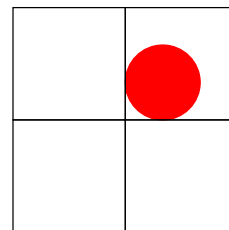
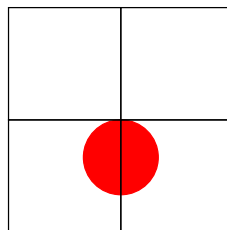
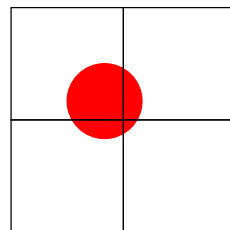


zu fern



Zylinderlinse im Strahlengang

spur mittig

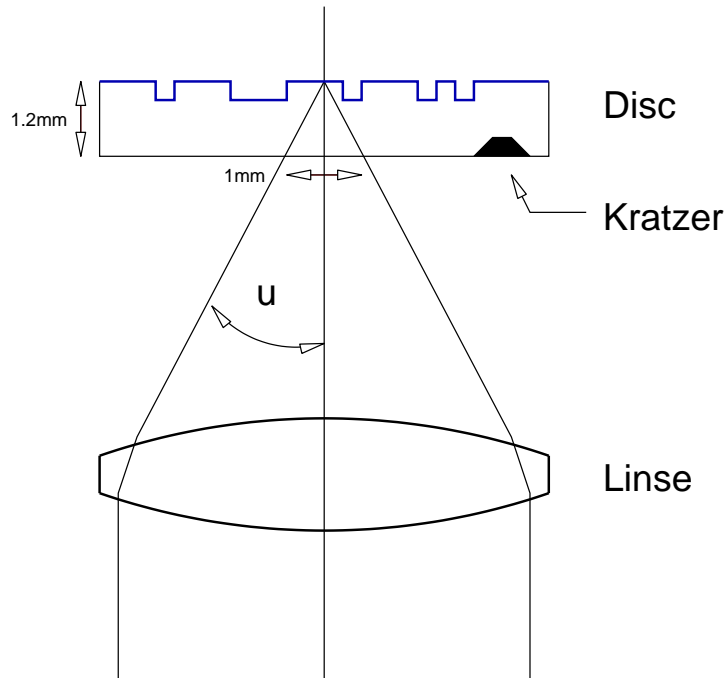


Lageregelung

Sensorfeld mit 2x2 Photodioden zur Regelung:

- Fokussierung: aus Differenzsignal $(A+C) - (B+D)$
- Spurregelung: aus Differenzsignal $(A+B) - (C+D)$
- Nutzsignal: Land/Pit-Übergänge aus Summensignal
- Drehzahl: aus Taktfrequenz des Nutzsignals

CD: numerische Apertur



$$NA = n * \sin(u)$$

Brechungsindex 'n' eines Materials:

| | |
|---------|-------|
| Vakuum | = 1 |
| Luft | ~ 1 |
| Diamant | = 2.4 |

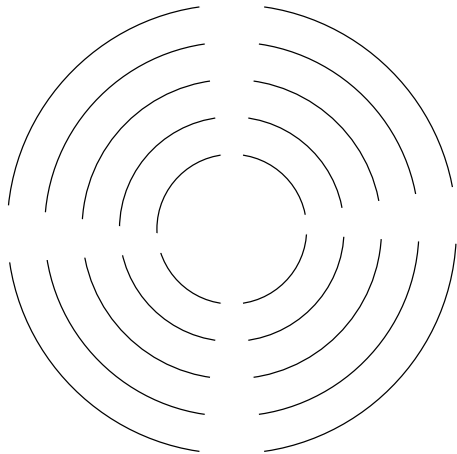
NA := Maß für Auflösungsvermögen des Objektivs

| | NA | Öffnungswinkel |
|-----|------------|----------------|
| CD | 0.45 | 24 .. Grad |
| DVD | 0.5 .. 0.6 | .. 37 Grad |

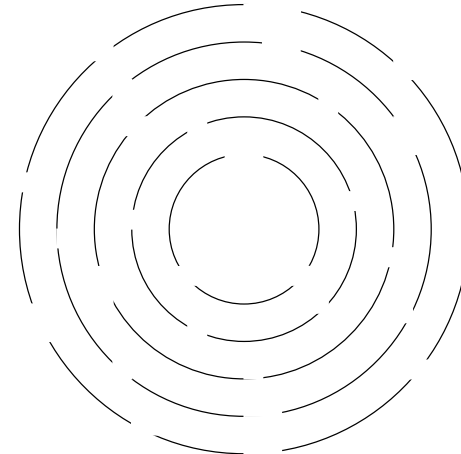
- Auflösungsvermögen wie bei Mikroskopen (!)
- gute Objektive notwendig (u.a. asphärische Linsen)
- Strahldurchmesser an der Oberfläche > 1mm
- feine Kratzer/Staub auf der Oberfläche stören kaum

CD: CAV vs. CLV

Constant Angular Velocity
(Floppy, aktuelle CD-ROM Laufwerke)



Constant Linear Velocity
(Audio/Video CD, DVD)



- Audiodaten: konstante Datenrate sinnvoll: CLV
- Drehzahl: innen hoch, außen langsam
- Angabe "48x"-Laufwerk: 48x Datenrate (CLV) der Audio-CD
- CAV erlaubt Spurwechsel ohne Drehzahländerung
- aktuelle CD-ROMs: CAV soweit per Daten/Fehlerrate möglich

Programme "CD-Bremse", "CD-Bänschmaak": home.t-online.de/home/Joern.Fiebelkorn/

CD: EFM

Eight-to-Fourteen Modulation:

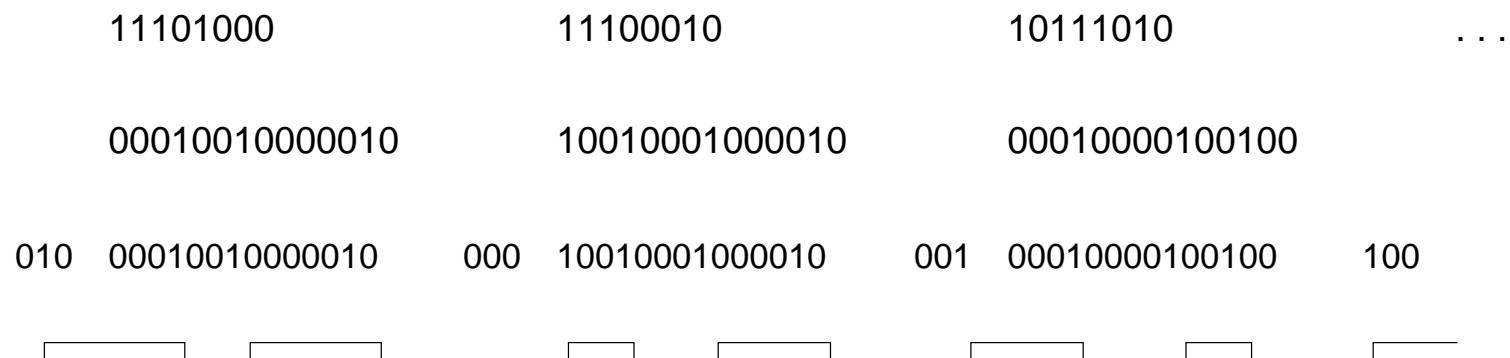
- selbsttaktende Aufzeichnung, NRZI
- minimal 2 Nullen, maximal 11 Nullen zwischen Einsen

| data bits | channel bits |
|-----------|----------------------|
| 0000 0000 | 01001000100000 |
| 0000 0001 | 10000100000000 |
| 0000 0010 | 10010000100000 |
| 0000 0011 | 10001000100000 |
| 0000 0100 | 01000100000000 |
| 0000 0101 | 00000100010000 |
| ... | ... via lookup table |

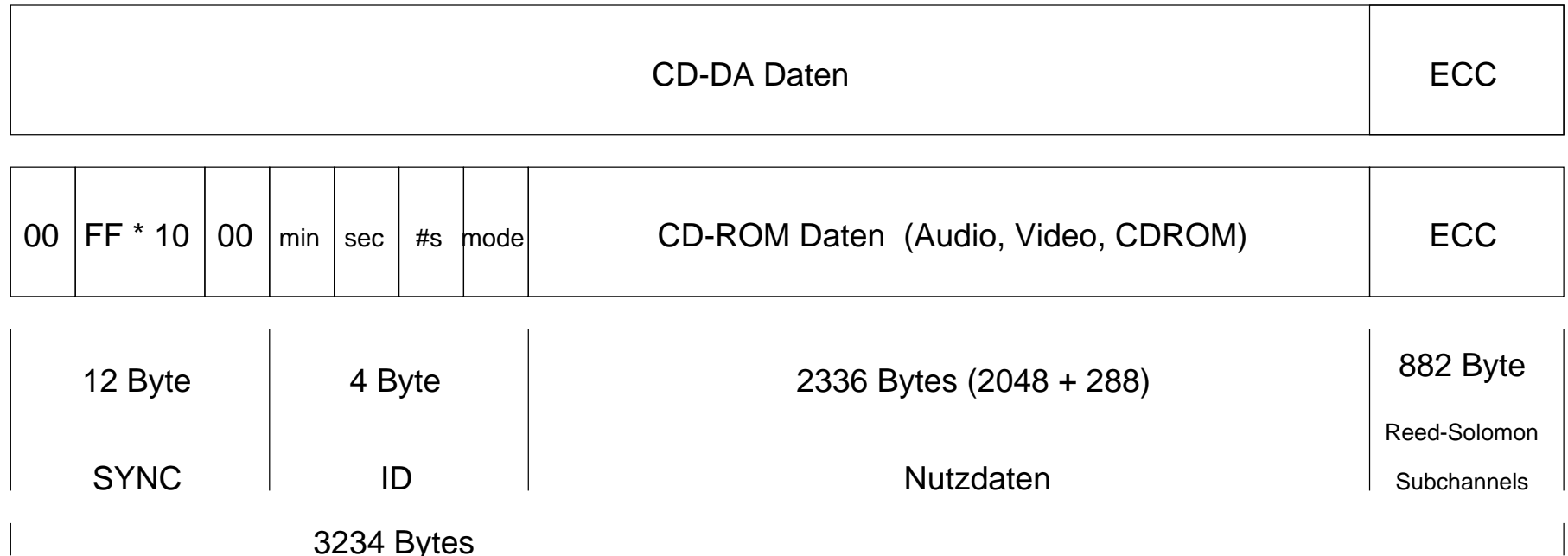
- zusätzlich 3 "Merge-Bits" zwischen zwei Codeworten einfügen
- eigentlich 8-17 Modulation
- DVD verwendet verbessertes 8-16 Verfahren

CD: *Kodierung der Daten:*

- Nutzdaten
- Nutzdaten in Frames einteilen, Interleaving
- Reed-Solomon Checksumme an Frames anfügen
- 14-bit EFM-Daten aus 8-Bit Nutzdaten
- 17-bit EFM mit Merge-Bits
- 17-bit EFM, Sync-Pattern anfügen
- Pits and Lands

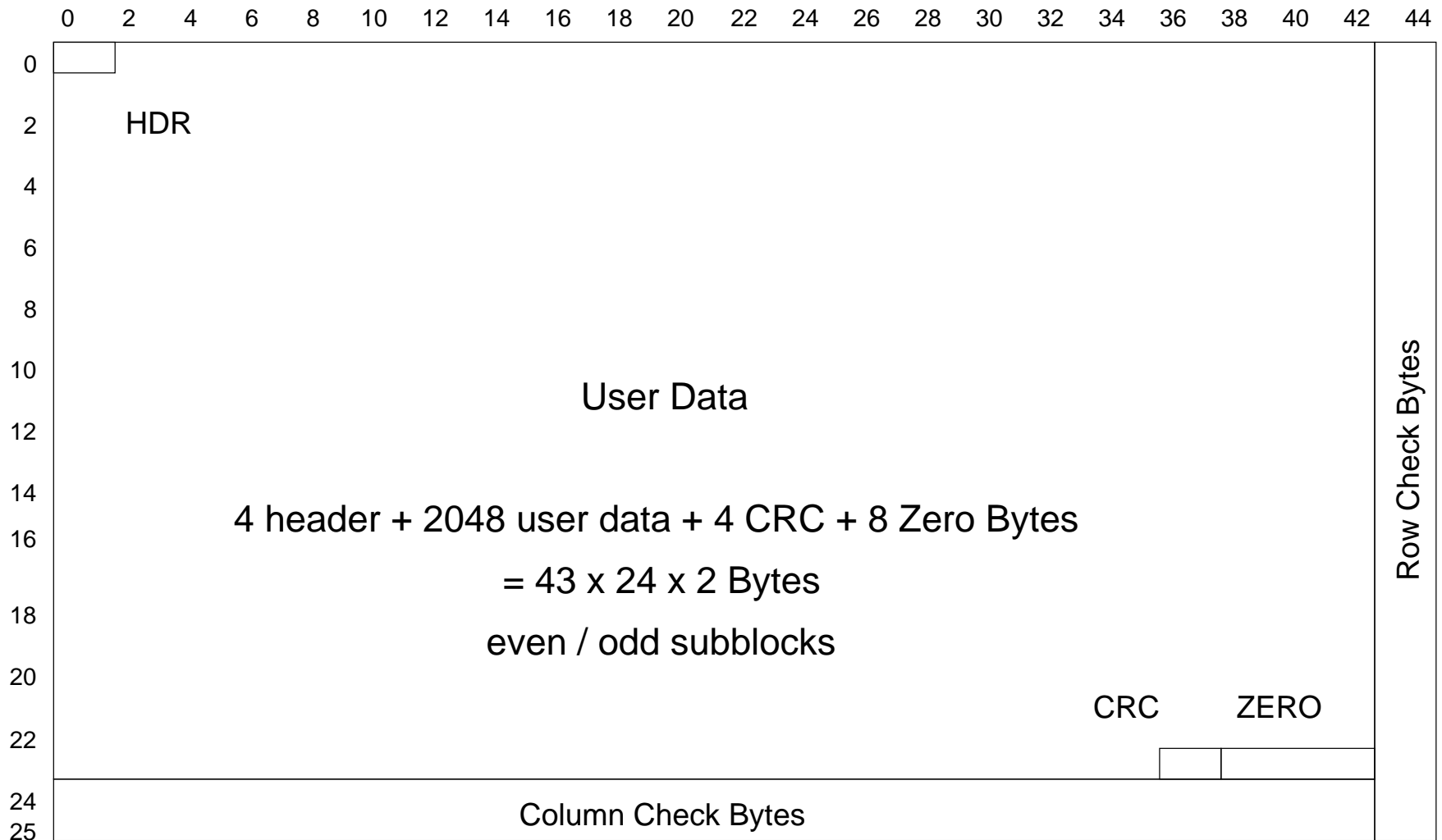


CD: *Sektoren (Frames)*



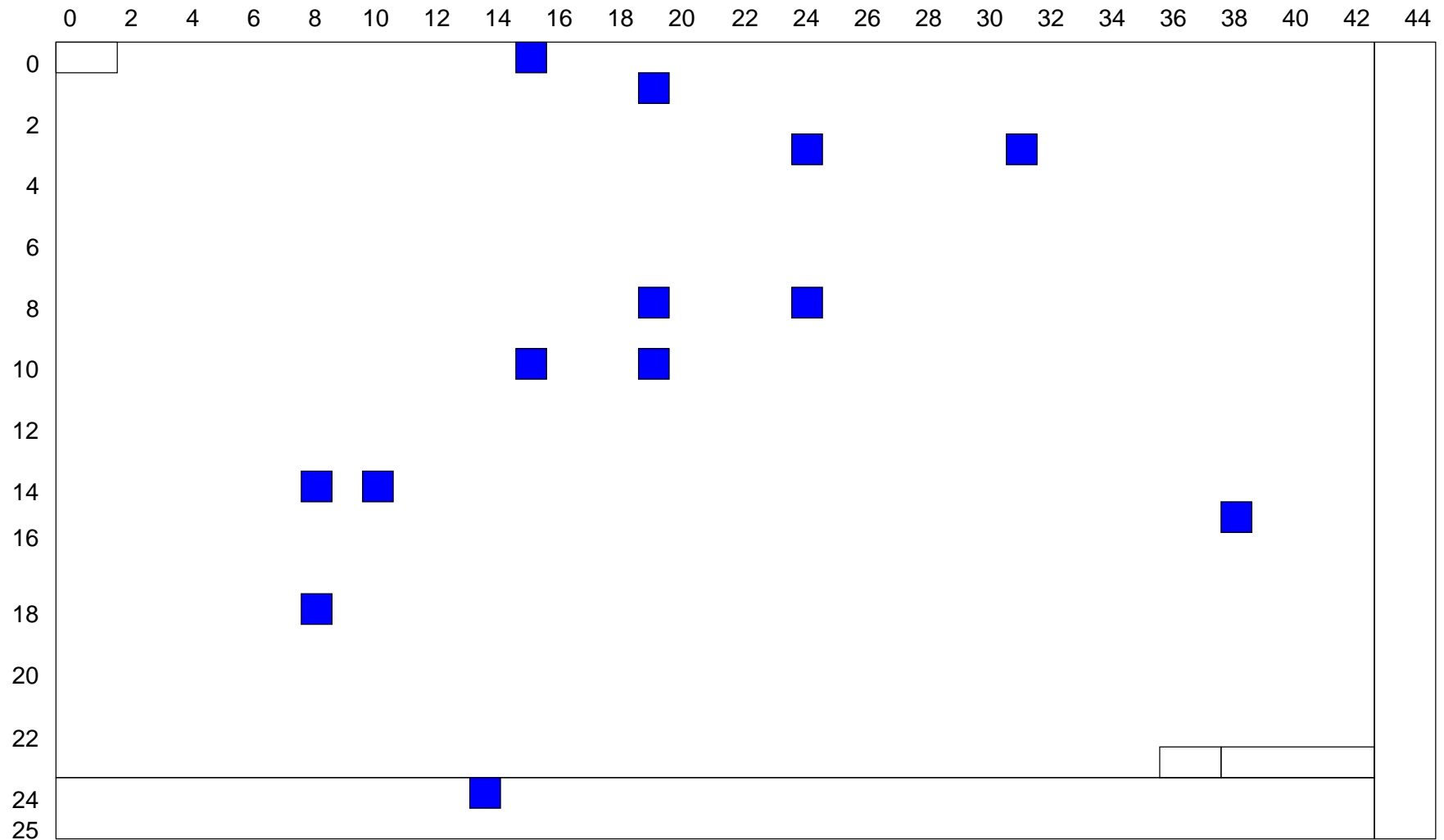
- 75 Sektoren pro Sekunde, 0 .. 74
- Numerierung per (minute, second, sector)
- 60 Minuten: 270.000 Frames (553 MB)
- 74 Minuten: 333.000 Frames (682 MB)

CD-ROM LEC Reed-Solomon Code



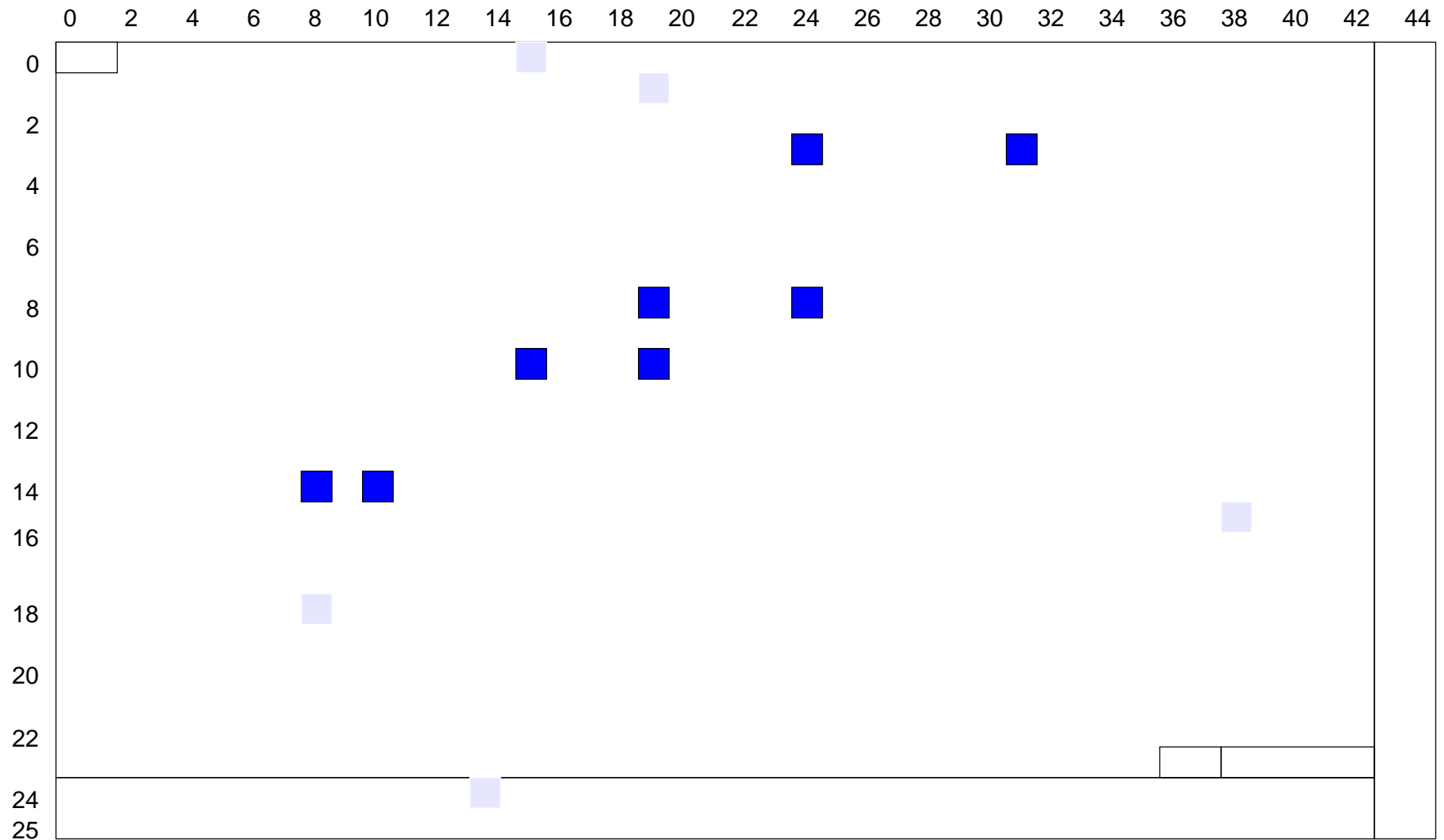
- Layered Error Correction (CD-ROM Mode 1)

CD: Reed-Solomon Code



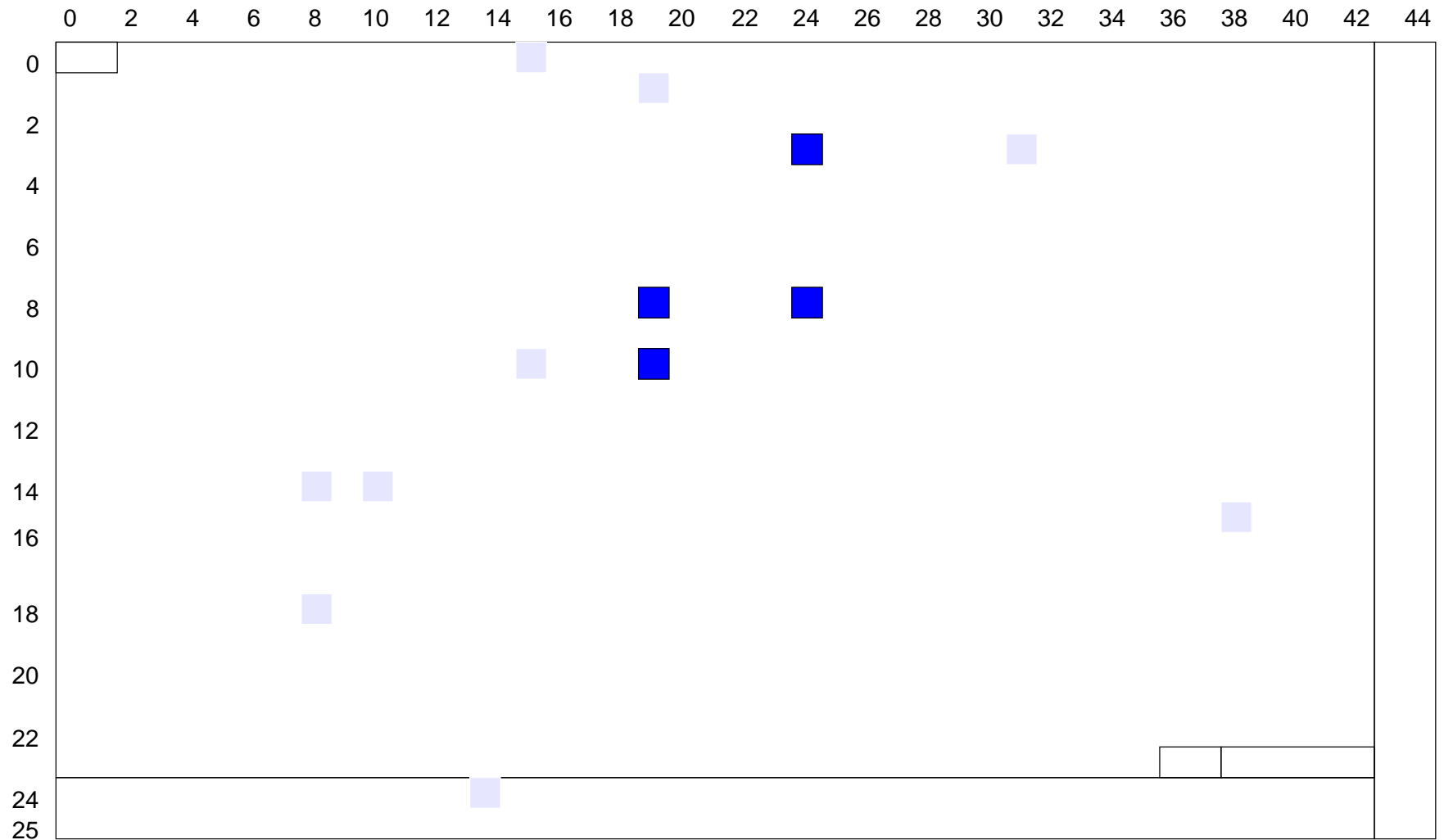
- Beispiel: Fehler vor der Korrektur

CD: Reed-Solomon Code



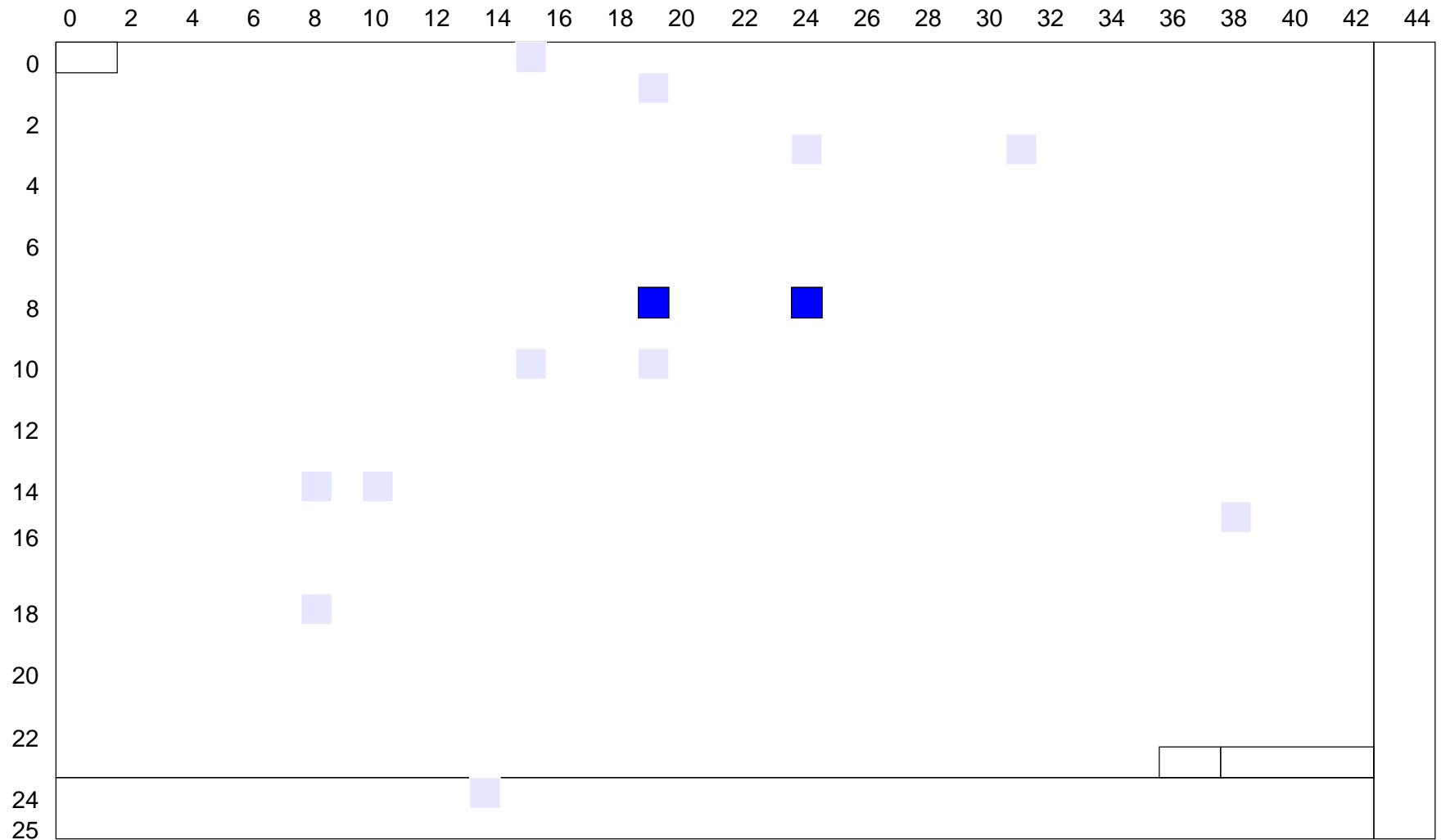
- erster Schritt: alle Einzelfehler in Zeilen korrigiert

CD: Reed-Solomon Code



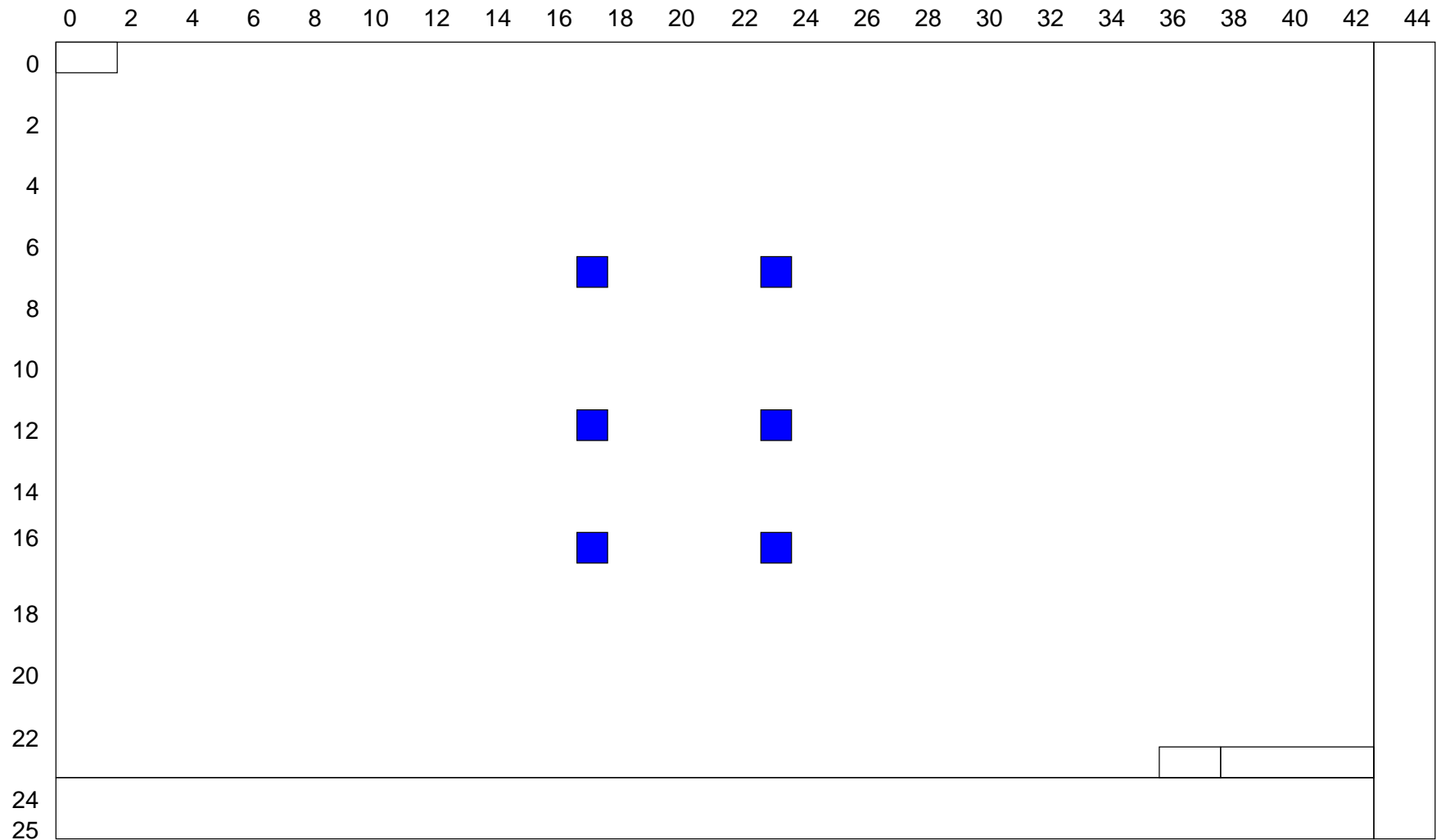
- zweiter Schritt: alle Einzelfehler in Spalten korrigiert

CD: Reed-Solomon Code



- dritter Schritt: wieder die Zeilen korrigiert, dann wieder die Spalten

CD: *Reed-Solomon Code*



- keine Einzelfehler in Zeilen/Spalten, trotzdem korrigierbar
- Bitfehlerrate CD-ROM besser als $1E-13$

CD: "colors"

| | | |
|-------------------------------|------------|----------|
| Red-Book CD-Audio | Mixed Mode | (1980) |
| Yellow Book CD-ROM | | (1984 ?) |
| Mode 1 (zus. Fehlerkorrektur) | | |
| ISO 9660 & Co Dateisysteme | | |
| Mode 2 (ohne zus. ECC) | | |
| CD-ROM XA | | (1989) |
| Form 1 | Form 2 | |
| Green Book CD-I | | |
| Orange Book CD-R/RW | Photo CD | (1990) |
| Blue Book CD-Extra | | |
| White Book Video-CD | | |

plus diverse Mischformate . . .

CD: Datenformate Daten / Audio

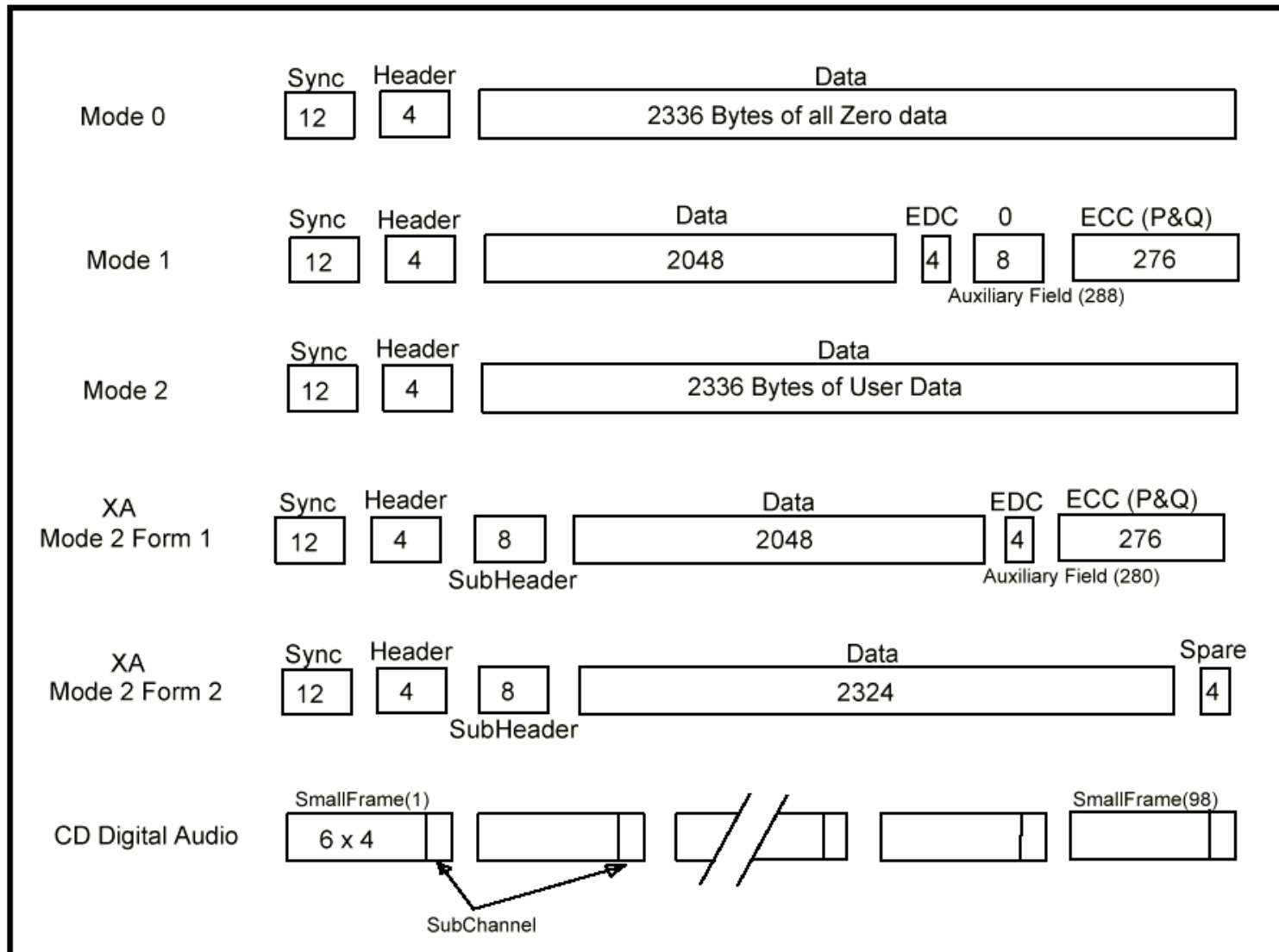
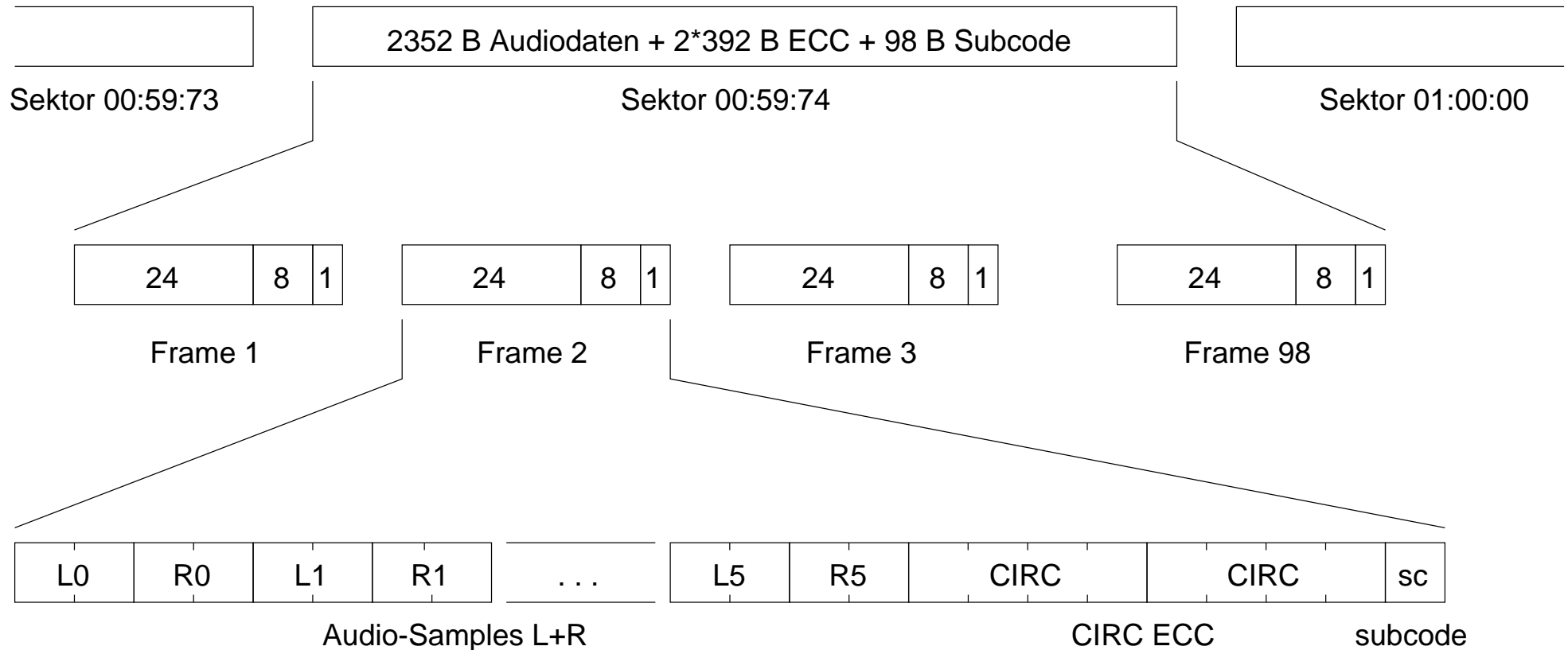


Figure 2 - CD-ROM Sector Formats

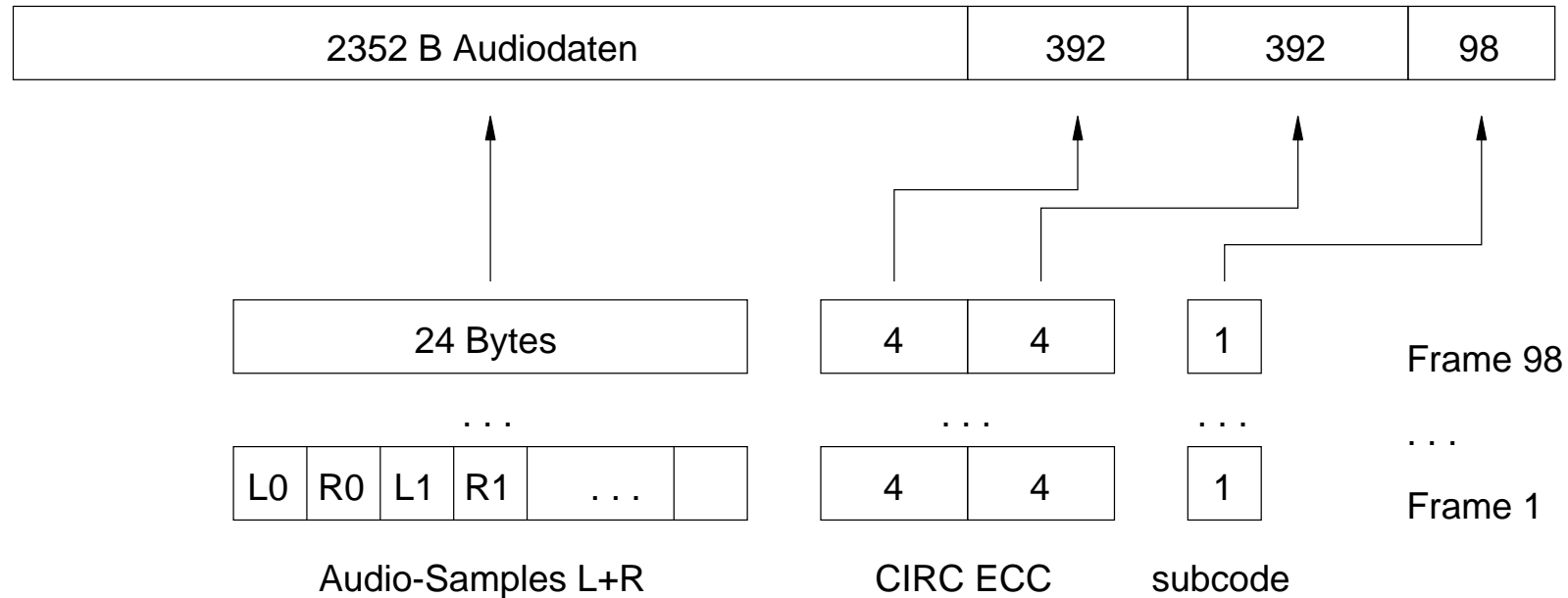
- Tradeoff: Kapazität vs. Fehlerkorrektur

CD: Audioformat, Sektoren, Frames



- 75 Sektoren pro Sekunde
- 98 Frames a 24 Bytes (+ECC) pro Sektor
- je 1 Byte Subcode pro Sektor

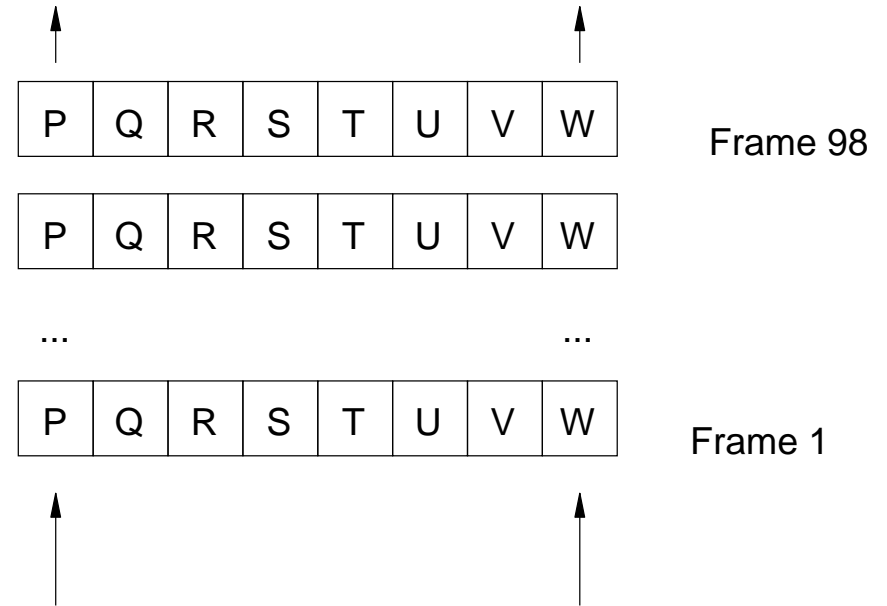
CD: Audioformat, konzeptionell



- 98 Frames a 24 Bytes pro Sektor
- 24 Bytes: je 6 Samples linker/rechter Kanal
- ein Byte Subcode pro Frame
- $75/s * 2352B = 44100/s * 16b * 2 / 8 = 176 \text{ KB/s}$
- ECC korrigiert Bursts bis zu 7000 fehlenden Bits

CD: Subchannels

Subchannels / Subcode:



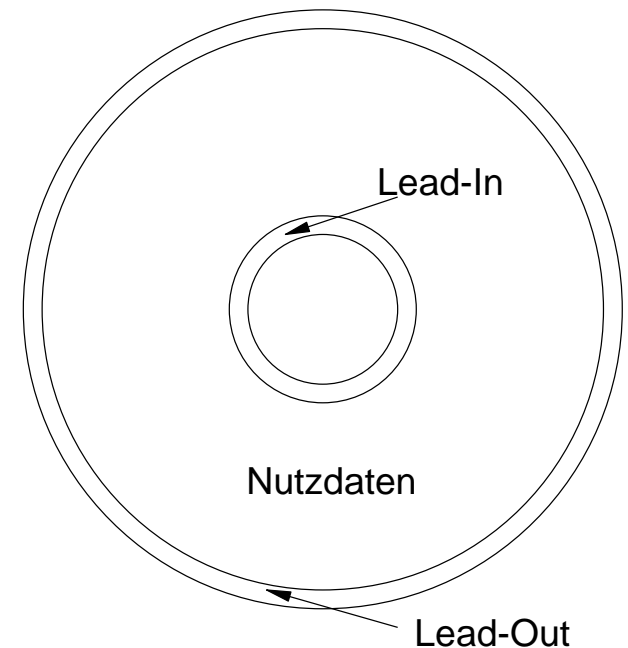
- 1 Byte Subcode pro Frame
- P markiert Start eines Tracks
- Q für Inhaltsverzeichnis der CD (TOC)

- R ..W abhängig vom Format
z.B. konstant Null bei CD-ROM
Nutzung für CD-Text
Datenrate: $75 * 98 \text{ bit/s} = 918 \text{ B/s}$

CD: *Lead In / Lead Out*

Lead-In:

- spezieller Bereich am Anfang (innen) der CD
- Nutzdaten konstant Null
- Q-Subcode enthält das Inhaltsverzeichnis
- bis zu 99 Tracks erlaubt: ca. 9 MByte
- Lead-Out kennzeichnet Ende der CD
- Nutzdaten und Subcodes konstant Null
- Multisession-CDs:
je 1 Lead-In/Out Bereich pro Session
plus Master-Lead In / Lead-Out



CD: *Photo-CD*

- Kodak / Philips 1993
- basiert auf CD-ROM/XA

- Filme (Kleinbild) werden mit 2000 dpi gescannt
- Auflösung 3072x2048 Pixel (optional 6144x4096)
- bis ca. 100 Photos
- multisession-Format (erlaubt mehrere Filme)
- proprietäres Datenformat
- mehrere Auflösungen: 192x128 bis 3072x2048 Pixel

- vergleichsweise hohe Kosten
- Markterfolg nur im Profi-Bereich

- neuer Versuch als "Picture-CD" (Software mitgeliefert)
1024x1536 Pixel, JPEG-Format



[www.kodak.com]

CD: Mixed Mode CD

- kombiniert Audio-Tracks mit Daten/Video-Tracks
- Audio CD-Player erwarten nur Audio-Tracks:
 - ältere Player lesen Daten als Audio
 - Wiedergabe als Rauschen (Vorsicht: extreme Lautstärke)
 - neuere Player schalten den Track stumm
 - alternative Anordnung: Datentrack(s) ganz hinten
- "kranke" Block- bzw. Min/Sek/Frame-Adressierung
- (siehe Beispiel auf nächster Folie)
- wird von allen aktuellen PC-Laufwerken unterstützt

CD: Mixed Mode CD (Beispiel)

| Block Description | Logical Address (Decimal) | Track Relative logical address | Absolute M/S/F Address ¹ | Track / Index | Track Relative M/S/F Address | Sector Contains Info or Pause | Mode Audio or Data | CD Data Mode ² |
|-------------------|---------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------|------------------------------|-------------------------------|--------------------|---------------------------|
| Lead-in Area | --- | --- | --- | 0/- | --- | --- | Audio | --- |
| Pre-gap | --- | --- | 00/00/00 | 1/0 | 00/02/00 ⁷ | Pause | Data | Null |
| 1st Track data | 0000 ⁴ | 0 | 00/02/00 ⁵ | 1/1 | 00/00/00 | Info | Data | L-EC |
| 2nd track data | 6000 ⁴ | 0 | 01/22/00 ⁵ | 2/1 | 00/00/00 | Info | Data | L-EC |
| | 7500 | 1500 | 01/42/00 | 2/2 | 00/20/00 | Info | Data | L-EC |
| Post gap | 9000 | 3000 | 02/02/00 | 2/3 | 00/40/00 | Pause | Data | Null |
| Pause-silence | 9150 | -150 ⁶ | 02/04/00 | 3/0 | 00/02/00 ⁷ | Pause | Audio | --- |
| 3rd track audio | 9300 ⁸ | 0 | 02/04/00 ⁹ | 3/1 | 00/00/00 | Info | Audio | --- |
| | 1400 | 2250 | 02/34/00 | 3/2 | 00/03/00 | Info | Audio | --- |
| 4th track audio | 21975 ⁸ | 0 | 04/53/00 ⁹ | 4/1 | 00/00/00 | Info | Audio | --- |
| Pre-gap part 1 | 30000 | -225 ⁶ | 06/40/00 | 5/0 | 00/03/00 ⁷ | Pause | Audio | --- |
| Pre-gap part 2 | 300075 | -150 | 06/41/00 | 5/0 | 00/02/00 ⁷ | Pause | Data | Null |
| 5th track data | 30225 | 0 | 06/43/00 | 5/1 | 00/00/00 | Info | Data | L-EC |
| Last Information | 263999 ¹⁰ | 233 774 | 58/39/74 | 5/1 | 51/56/74 | Info | Data | L-EC |
| Post-gap | --- | 233 775 | 58/40/00 | 5/2 | 51/57/00 | Pause | Data | Null |
| Lead-out area | 264000 ¹¹ | 0 | 58/42/00 | AA/- ¹³ | 00/00/00 | Pause | Audio | --- |

CD: LBA/MSF Umrechnung

Table 207- LBA to MSF translation

| Condition | Formulae |
|-----------------------------------|--|
| $-150 \leq LBA \leq 404849$ | $M = IP\left(\frac{LBA + 150}{60 \cdot 75}\right)$ $S = IP\left(\frac{LBA + 150 - M \cdot 60 \cdot 75}{75}\right)$ $F = IP(LBA + 150 - M \cdot 60 \cdot 75 - S \cdot 75)$ |
| $-45150 \leq LBA \leq -151$ | $M = IP\left(\frac{LBA + 450150}{60 \cdot 75}\right)$ $S = IP\left(\frac{LBA + 450150 - M \cdot 60 \cdot 75}{75}\right)$ $F = IP(LBA + 450150 - M \cdot 60 \cdot 75 - S \cdot 75)$ |
| $00/00/00 \leq MSF \leq 89/59/74$ | $LBA = (M \cdot 60 + S) \cdot 75 + F - 150$ |
| $90/00/00 \leq MSF \leq 99/59/74$ | $LBA = (M \cdot 60 + S) \cdot 75 + F - 450150$ |

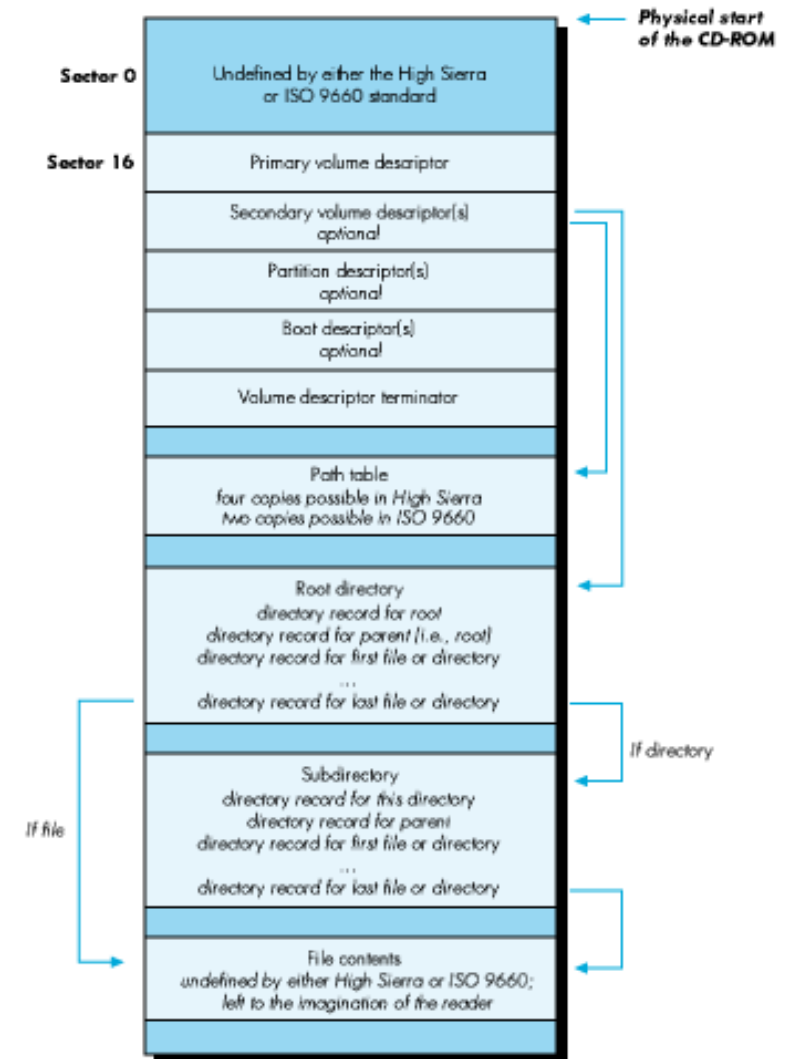
- logische Blockadresse vs. Minute/Sekunde/Frame

CD-ROM: ISO 9660

Standard-Dateiformat für CD-ROMs

- Daten starten in Sektor 16 (00:02:16)
- DOS-kompatibel (FAT)
- Dateinamen mit 8+3 Zeichen
- bis zu 8 Verzeichnisebenen
- Level-2 erlaubt Namen bis 32 Zeichen
- plattformunabhängig

- Dateien müssen linear vorliegen
- keine späteren Änderungen möglich
- Level-3 erlaubt fragmentierte Dateien



CD-ROM: Joliet

- Microsoft-Erweiterung von ISO-9660
- erlaubt Windows95-Dateinamen
- Namen bis 64 Zeichen, inklusive Sonderzeichen

- integriert in Windows 9x/2K
- ebenfalls in neueren Linux-Versionen

bmerc.berkeley.edu/people/chaffee/joliet.html

CD-ROM: Rock-Ridge und andere

Rock-Ridge:

- Erweiterung von ISO-9660 für Unix-Systeme
- erlaubt lange Dateinamen
- Unix-style Datei-Attribute (owner, permissions)
- symbolische Links
- abwärtskompatibel (ISO-9660 Systeme sehen die 8+3 Daten)
- <ftp.ymi.com/pub/rockridge/>

Macintosh HFS:

- CD-ROM Format mit Apple's hierarchical file system
- völlig inkompatibel mit ISO-9660
- benötigt entsprechende Treiber

CD-ROM: El Torito

bootfähige CD-ROMs?

- "El-Torito" Spezifikation von Phoenix und IBM (1994)
- Grundidee: BIOS ersetzt Laufwerk A: durch die CD-ROM
- basiert auf ISO-9660 Dateisystem
- Sektor 16 wie gehabt für Primary Volume Descriptor
- Sektor 17 als Boot Record Volume Descriptor
- erlaubt mehrere Boot-Sektoren pro CD
- Zugriff über BIOS/DOS INT-13 Schnittstelle
- CD-ROM kann als Live-Filesystem genutzt werden

CD-ROM: *El Torito*

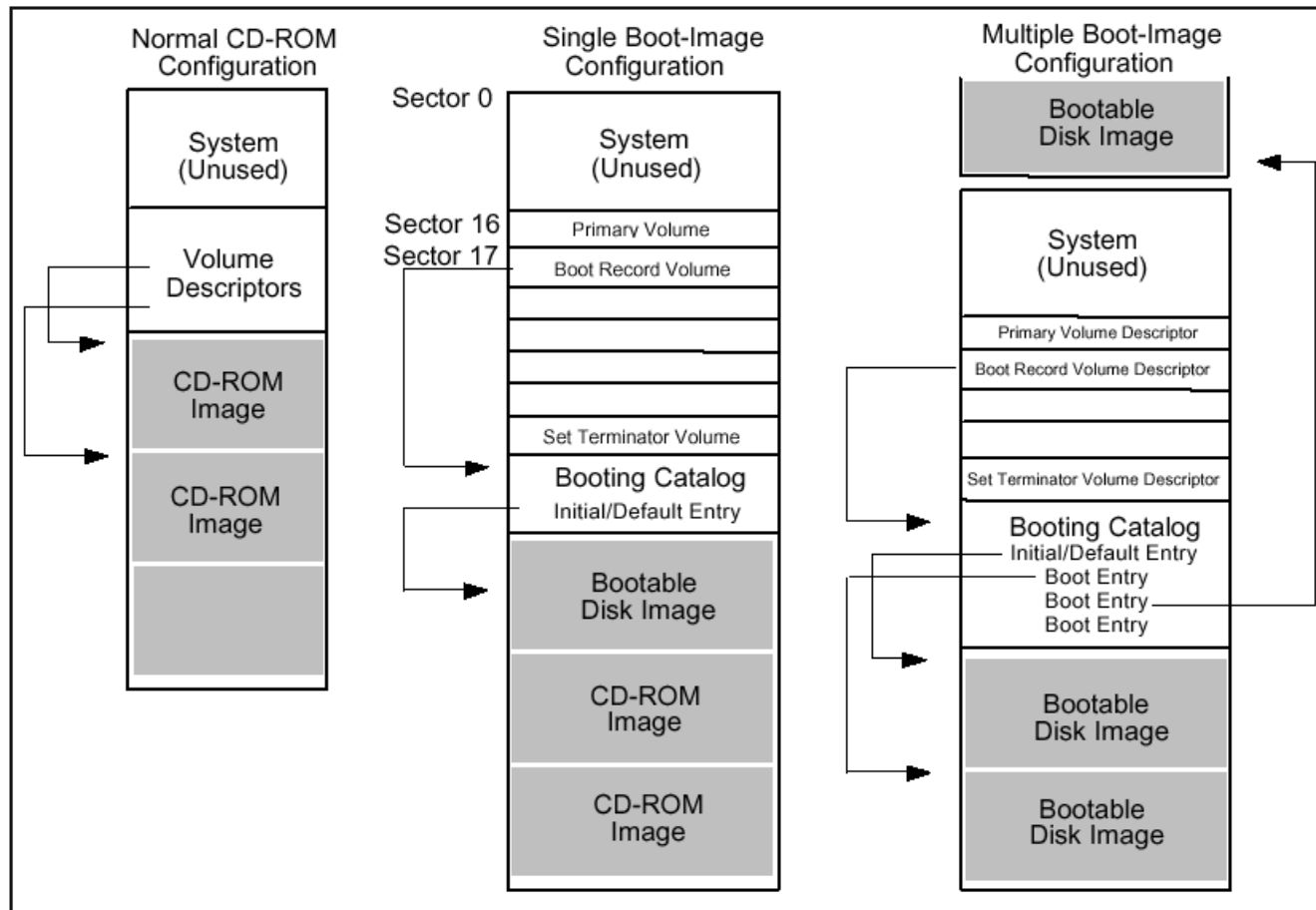
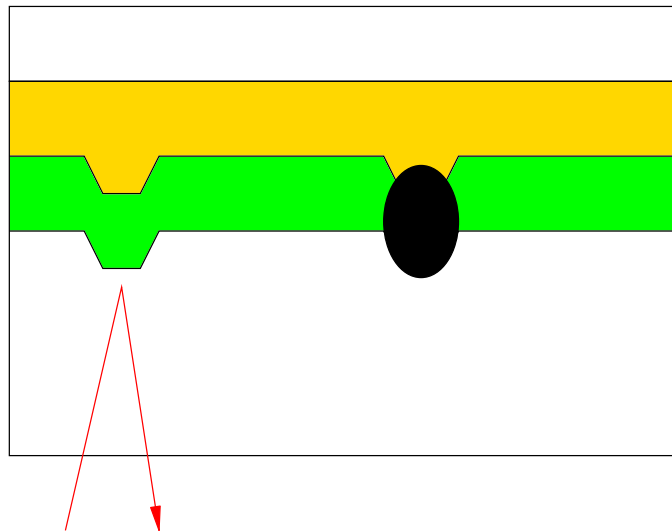


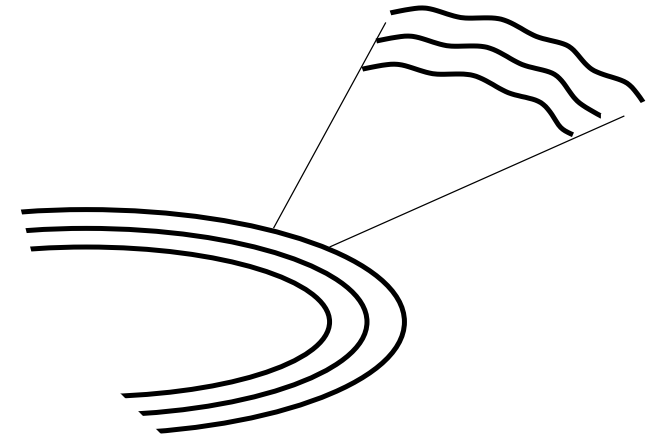
Figure 1. Three types of CD-ROM configuration:

1. The Normal CD-ROM configuration is not bootable, uses Root Directory and CD-ROM drivers to access CD-ROM images.
2. A BIOS with Single Boot-Image capability accesses the Initial/Default Entry to access a single bootable disk image. After loading the operating system, the system can revert to standard CD-ROM drivers and the Root Directory to access CD-ROM images.
3. A BIOS with Multiple Boot-Image capability can access any one of a number of Bootable Disk Images listed in the Booting Catalog. After loading the operating system, the system can access other items in the disk image with standard INT 13 calls or return to normal access of CD-ROM images using CD-ROM drivers and the Root Directory.

CD-R: *Prinzip*



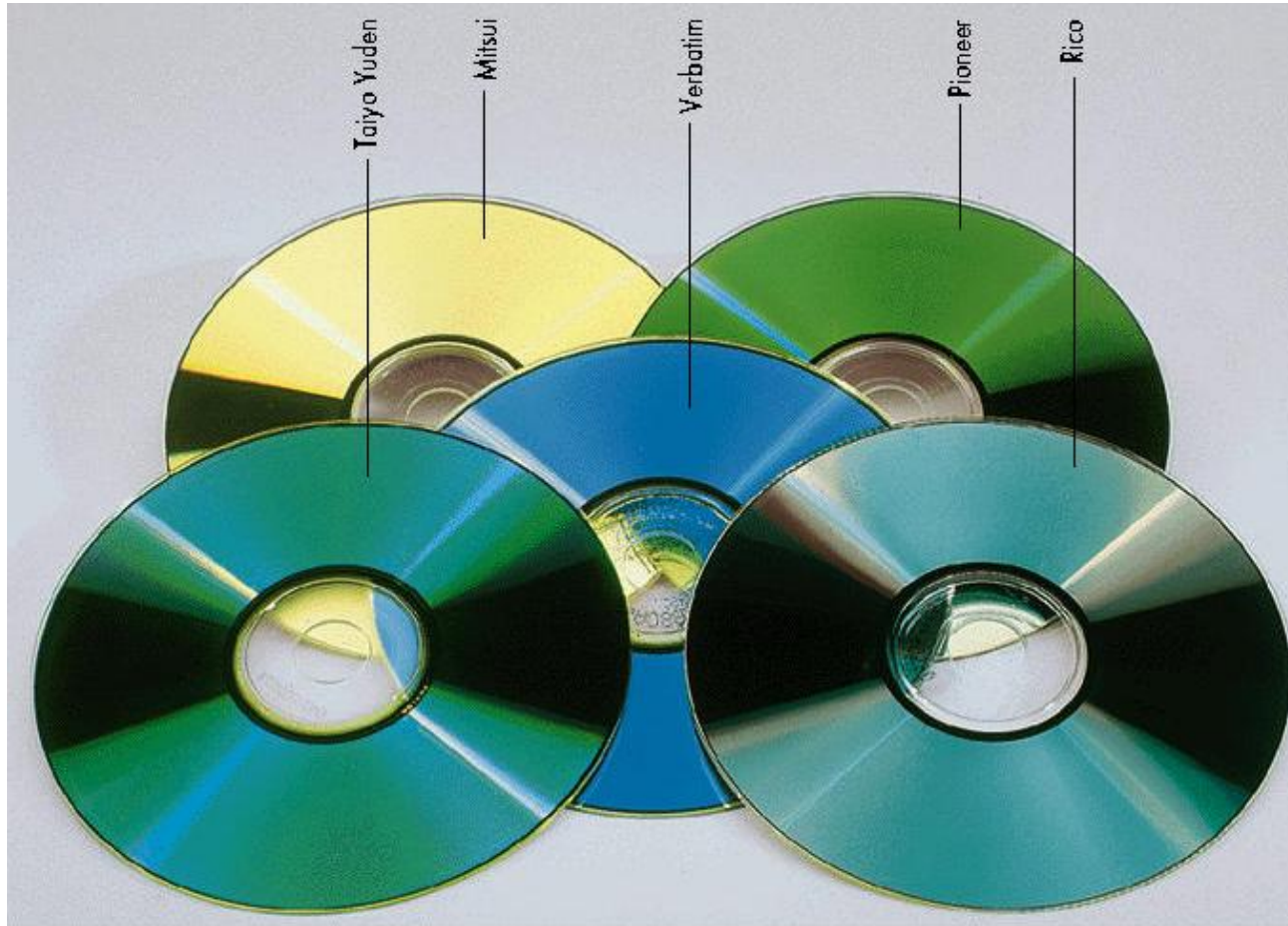
Schutzschicht
Reflexionsschicht
Farbschicht
Polycarbonat-
Träger



- mechanische Prägung (Pits/Lands) nicht praktikabel
- statt dessen: Farbstoff durch Laserimpuls zerstören
- etwas andere Reflexionsdaten als CD

- Spurführung des Pickups erfordert Daten:
=> Rohlinge enthalten vorbereitete Spiralspur (pre-groove)

CD-R: Rohlinge, Farbstoffe



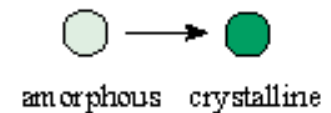
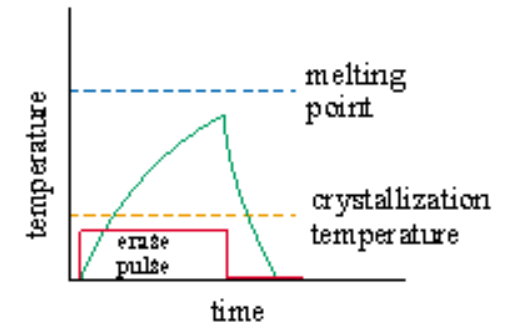
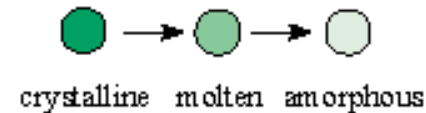
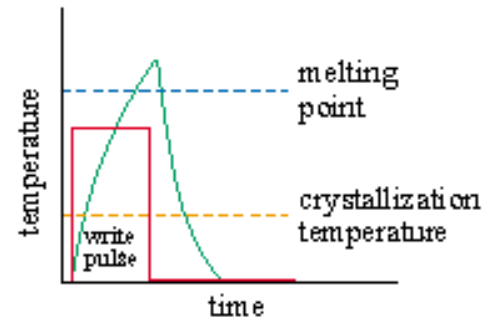
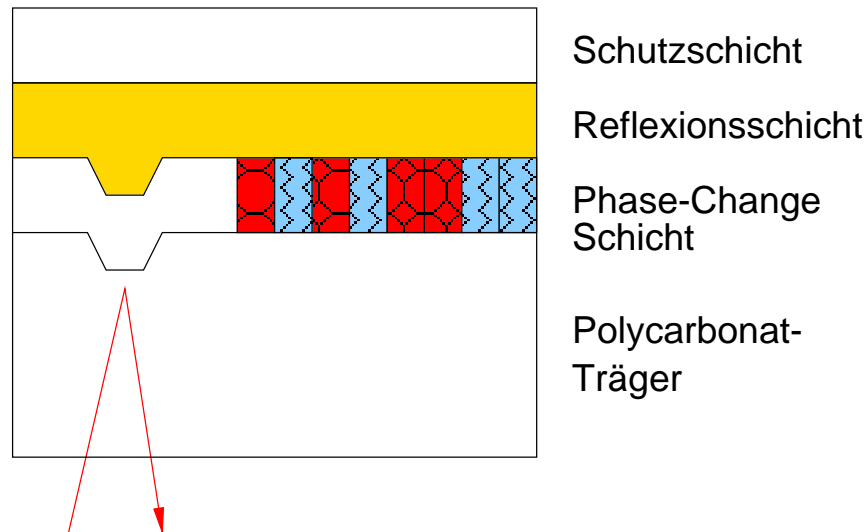
Cyanin

Phthalocyanin

Metallkomplex-Azo-Farbstoff

- diverse Farbstoffe, aber Haltbarkeit, Schreibeigenschaften ähnlich

CD-RW: Prinzip



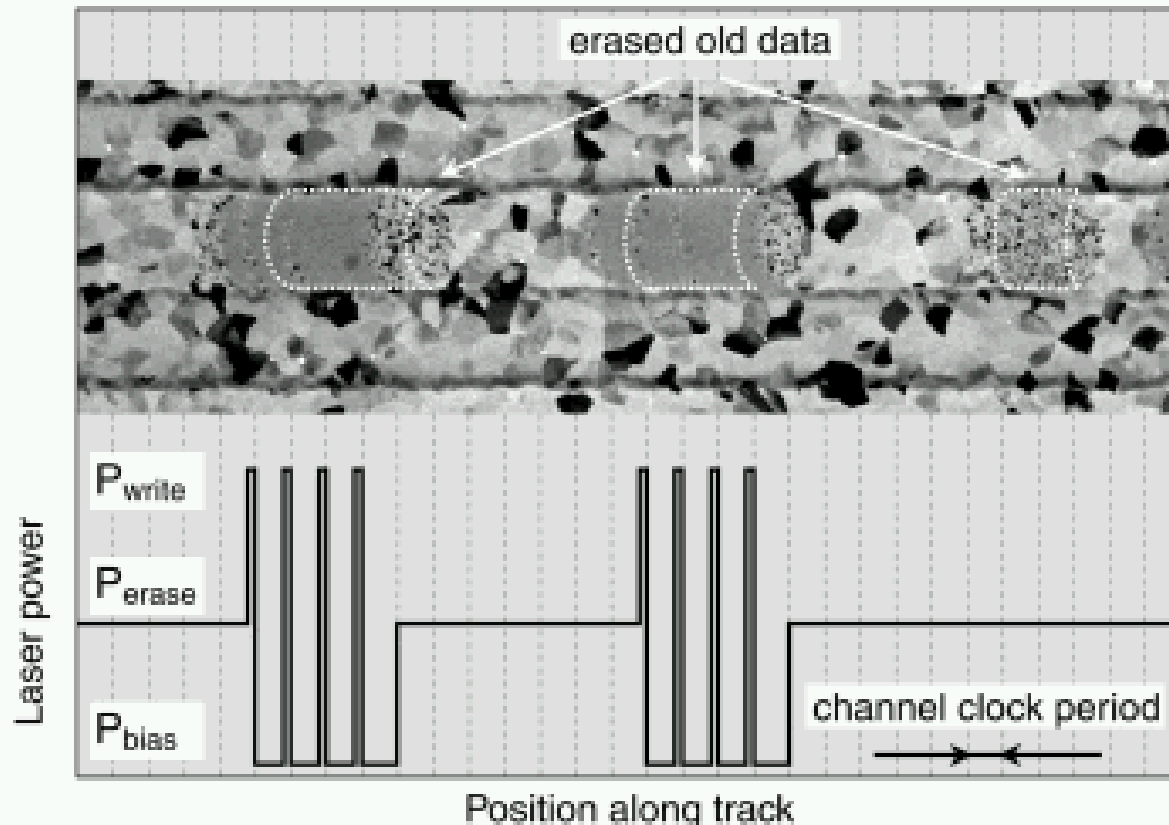
(Physics World october 1998)

- Phase-Change Verfahren für wiederbeschreibbare CDs
- Material mit kristalliner / amorpher Struktur
- deutlich kleinere Reflexionsänderung als bei CD/CDR
- Umschalten durch schwache/starke Laserimpulse
- schnelle Abkühlung: amorph, langsame Abkühlung: kristallin
- bis zu 100.000 Mal wiederbeschreibbar (theoretisch)

CD-RW: *amorph / polykristallin*

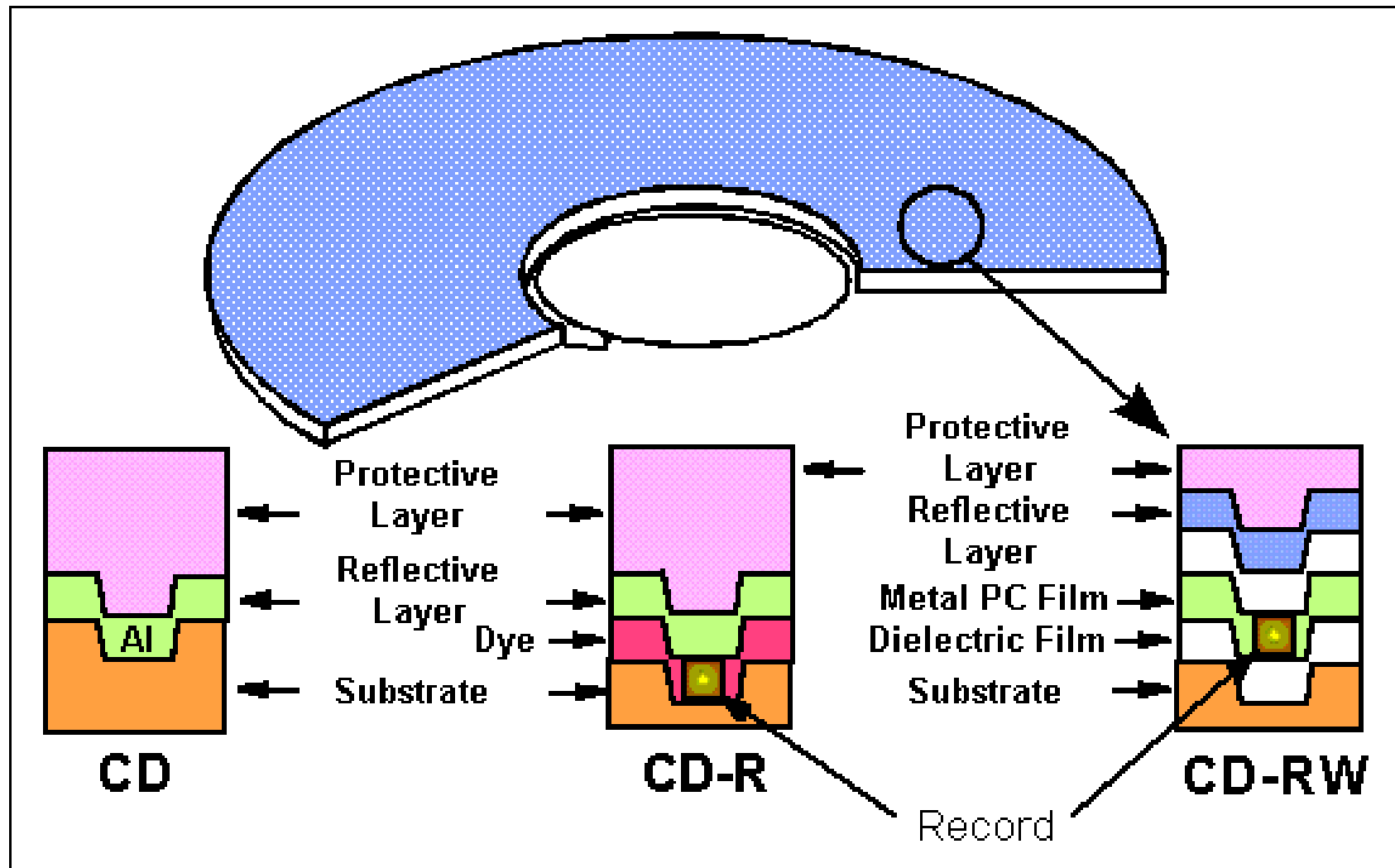
Figure 2. A phase change disc viewed through an electron microscope.

The grooved structure is required for tracking during recording and reading. The amorphous marks show up as gray regions without a visible microstructure. The marks are surrounded by polycrystalline material consisting of a large number of small randomly oriented crystallites whose facets show up as sharp boundaries between the crystallites. Direct overwrite is done by adjusting the laser power to an erase level; erased marks show up as regions with smaller crystallite size.



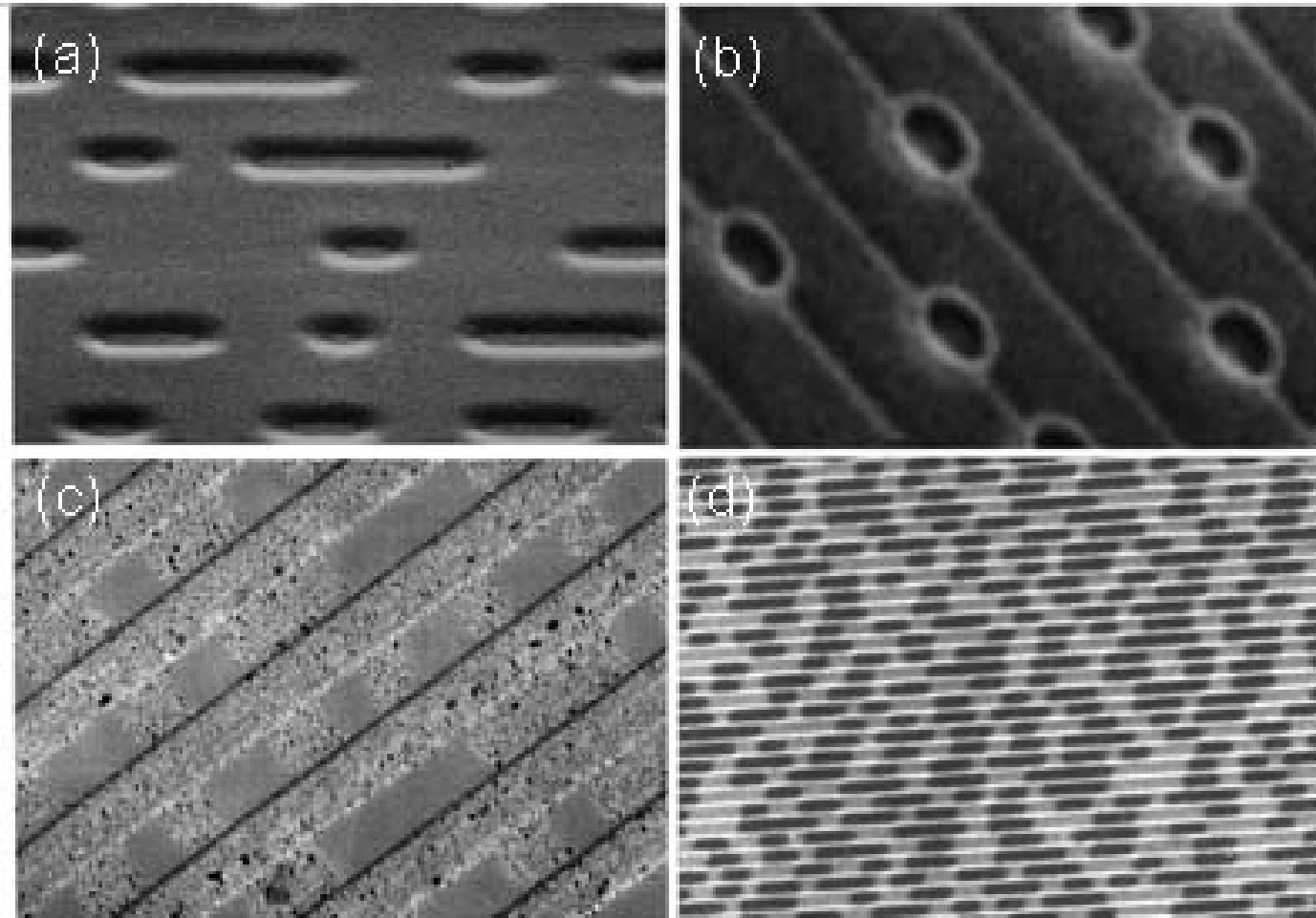
(CACM 43-11)

CD-RW: Aufbau CD / CDR / CDRW



- CD-Pressung "parallel"
- CD-R / CD-RW Schreiben sequentiell, entlang der Rohspur

Pits: CD, CD-R, CD-RW, MO



a) CD (Pits gepreßt)

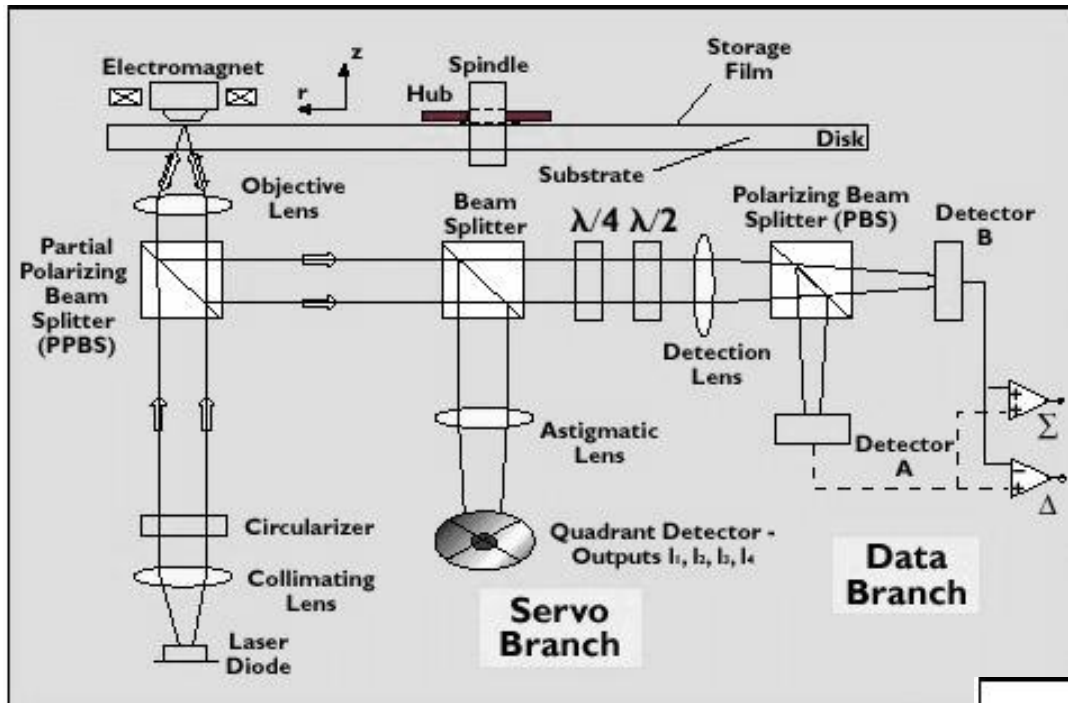
c) CD-RW (amorph/kristallin)

b) CD-R (Pits gebrannt)

d) MO (Kerr-Effekt)

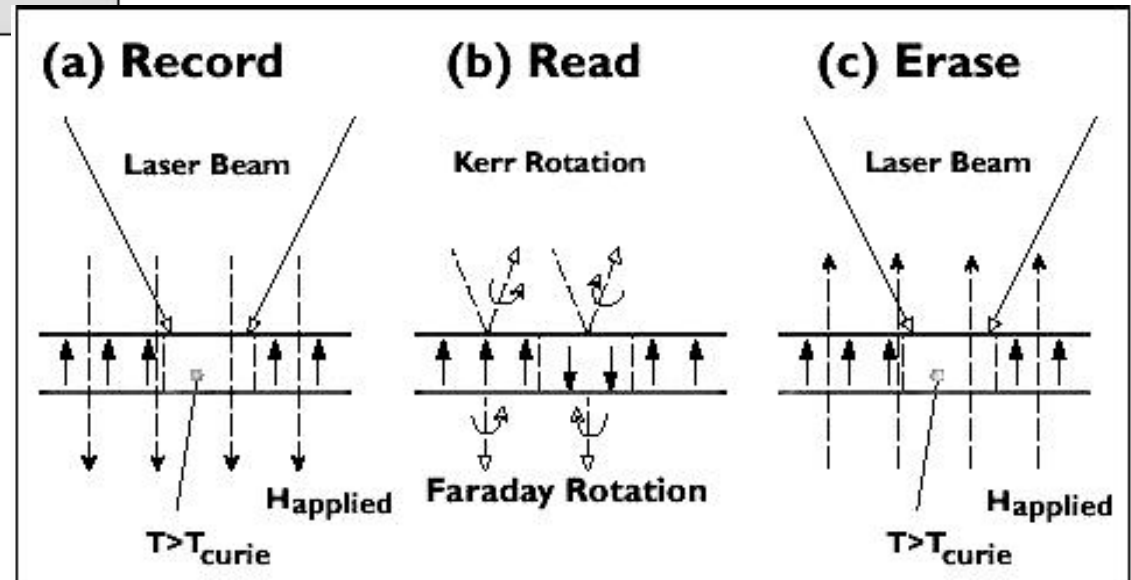
(PhysicsWorld October 1998)

magneto-optische Verfahren (MO)



(CACM 43-11)

- Mechanik wie bei CD
- zusätzlich Magnet (gegenüber Pickup)
- Intensitätsdifferenz durch Polarisierung



CD-R: *erweitertes Lead-In*

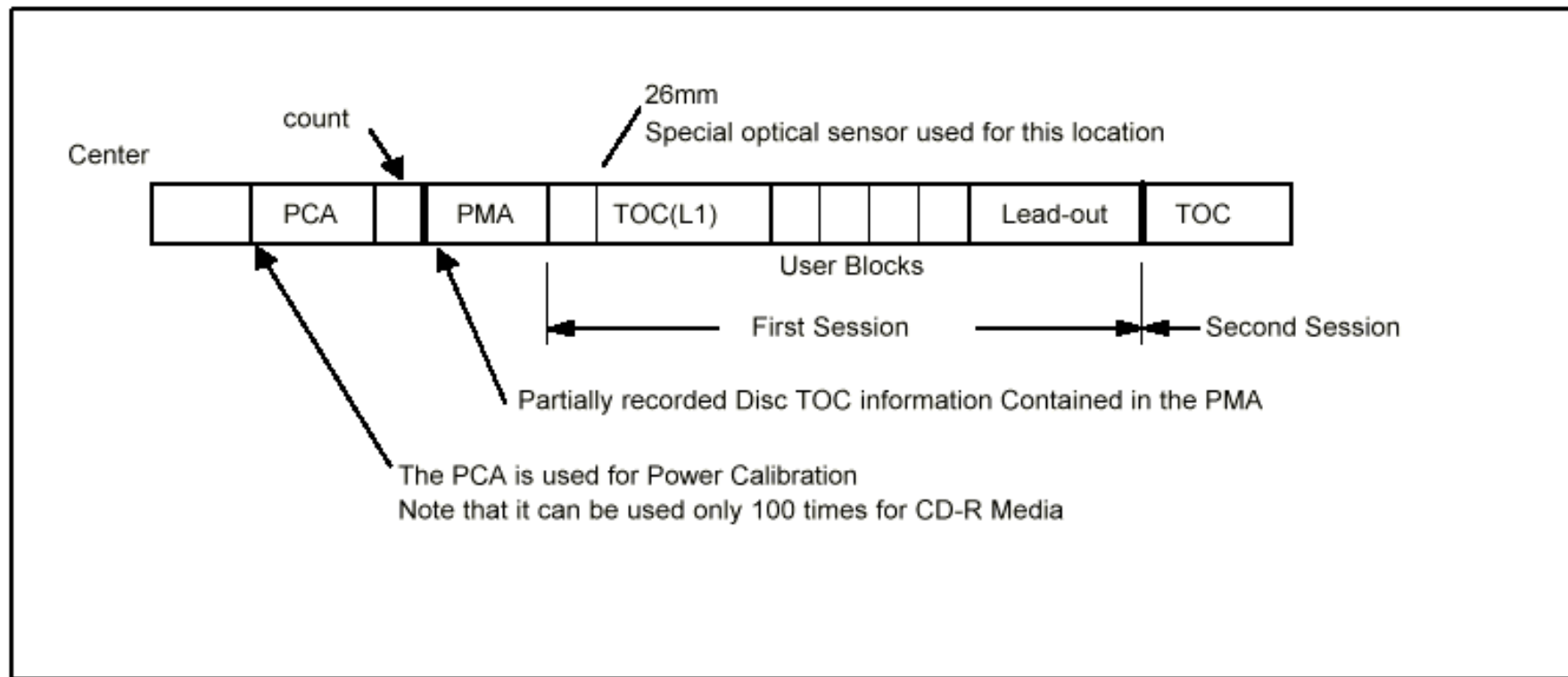


Figure 3 - CD-R/RW Disc Layout

- erweiterte Lead-In Zone (weiter innen als normale CD)
- u.a. Kalibrierung der Laserintensität beim Schreiben
- Audio/Datenformat unverändert

CD-R: "Überbrennen"

- Länge der Rohspur definiert die Kapazität der CD-R/RW
- spezielle Rohlinge (z.B. 90 Min) mit engerer Rohspur

"Überbrennen":

- angegebene Kapazität enthält >90 Sekunden Lead-Out
- plus einige Sekunden Reserve
- verkürztes Lead-Out erlaubt mehr Daten
- muß von Brenner und Software unterstützt werden
(z.B. www.feurio.com)
- evtl. Probleme mit älteren / abgenutzten Playern

- alternativ für Audio: Daten minimal stauchen

CD-R: Buffer-Underrun

- sequentielles Schreiben der CD-R:
- => Brenner benötigt kontinuierlichen Datenstrom
typische Puffergrösse 2..4 MB

Problem Buffer-Underrun:

- CD-R entspricht nicht mehr den Normen
- Rohling defekt (CD-R) / neu formatieren (CD-RW)

www.burn-proof.com:

- Brenner rechtzeitig (kontrolliert) stoppen
- Position auf der CD-R merken (Spur, Position, < 100 µm Toleranz)
- neu aufsetzen, sobald Daten verfügbar
- Fehlerkorrektur beseitigt die Lücke ("burst error")
- wird von fast allen aktuellen Brennern unterstützt

CD-R: *Audio-Grabbing*

digitales Auslesen von CD-DA:

- optimal mit Audio-Playern (Digitalausgang, 1X Speed)
- Digitalausgänge an Laufwerken selten / oft fehlerhaft

"Packet"-Interface problematisch:

- in alten Laufwerken schlecht implementiert
- Audio-Format hat keine fortlaufenden Sektor-IDs
- mm:ss:ff-Marken: ff-Werte fehlen manchmal
- Packet vs. Streaming: Probleme beim Wiederaufsetzen
- nur einfache Fehlerkorrektur, kein LEC

=> gutes Laufwerk notwendig

=> mehrfaches Lesen / Korrelation der Daten (cdparanoia)

CD: Audio Grabbing via SCSI3 MMC

Table 95 - CD-DA (Digital Audio) Data Block Format

| Bit Byte | 7 | 6 | 5 | 4 | 3 | 2 | 1 | 0 |
|-------------|----------------------------|----------------------------|---|---|---|---|---|-------|
| 0 | Left Channel (Lower Byte) | | | | | | | (LSB) |
| 1 | (MSB) | Left Channel (Upper Byte) | | | | | | |
| 2 | Right Channel (Lower Byte) | | | | | | | (LSB) |
| 3 | (MSB) | Right Channel (Upper Byte) | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| 2348 | Left Channel (Lower Byte) | | | | | | | (LSB) |
| 2349 | (MSB) | Left Channel (Upper Byte) | | | | | | |
| 2350 | Right Channel (Lower Byte) | | | | | | | (LSB) |
| 2351 | (MSB) | Right Channel (Upper Byte) | | | | | | |

If the CD Drive does not support the CD-DA Stream-Is-Accurate capability, See Table 230 - CD Capabilities and Mechanical Status Page, then the digital audio data must be read as a continuous stream. If while streaming the drive must stop, there will be a non recoverable error generated READ ERROR - LOSS OF STREAMING. This is due to the 1 second uncertainty of the address. (i.e. there is no header in CD-DA data). Reissuing the command may not return exactly the same data as the previous try. When the drive supports the stream accurate capability, there will be no error, only some time delay for rotational latency.

UDF: Dateisystem

- CDR Medien sind nur einmal beschreibbar
 - ISO-9660 erwartet TOC und Directories an fester Position
- => spätere Änderungen unmöglich

UDF-Dateisystem: "universal disk filesystem"

- basiert auf ISO 9660
- aber erweitertes, flexibleres Dateisystem
- "virtual allocation tables"
- gültiges Directory jeweils im letzten geschriebenen Block
- dort Verweise auf Dateien und ältere Directory-Blöcke
- keine Beschränkung der Verzeichnis-Schachtelungstiefe
- Finalisieren der CD erzeugt volles ISO 9660 Dateisystem
- www.osta.org

UDF: Packet Writing

- CDR Medien sind nur einmal beschreibbar

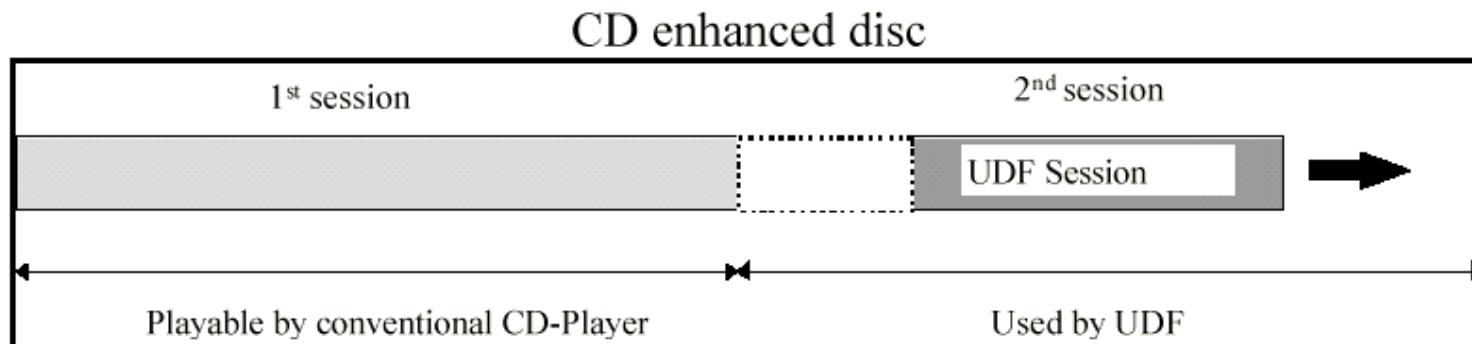
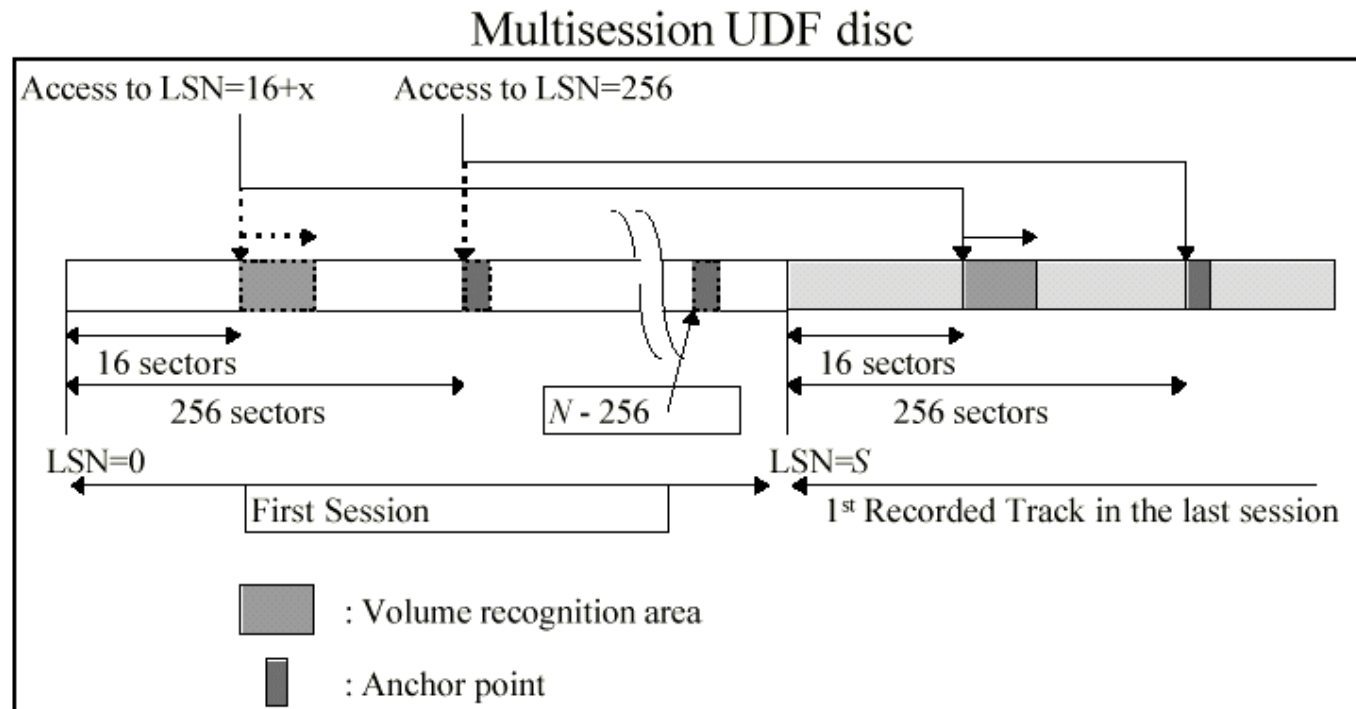
UDF-Packet Writing:

- Dateien in einzelnen kleinen Paketen schreiben
- zunächst ohne TOC im Lead-In

"virtual allocation tables":

- gültiges Directory jeweils im letzten geschriebenen Block
- dort Verweise auf Dateien und ältere Directory-Blöcke
- Dateien können immer noch nicht gelöscht werden
- neues Directory ohne Verweis auf gelöschte Datei schreiben
- Datei modifiziert:
- neue Datei schreiben, neues Directory schreiben

UDF: Multisession / enhanced disks



DVD: Konzept und Anforderungen

Anforderungen für DVD-Video:

- 135 Minuten Spieldauer pro Seite
- bessere Auflösung als die Laserdisc
- Surround-Audio in CD-Qualität

- Audiospuren für 3-5 Sprachen
- Untertitel in mehreren Sprachen
- diverse Bildformate (Letterbox, Pan, Widescreen)
- Interaktion wie bei Video-CDs
- Jugendschutz

- Kopierschutz (CSS)
- CD-kompatibel
- Herstellungskosten ähnlich wie CDs

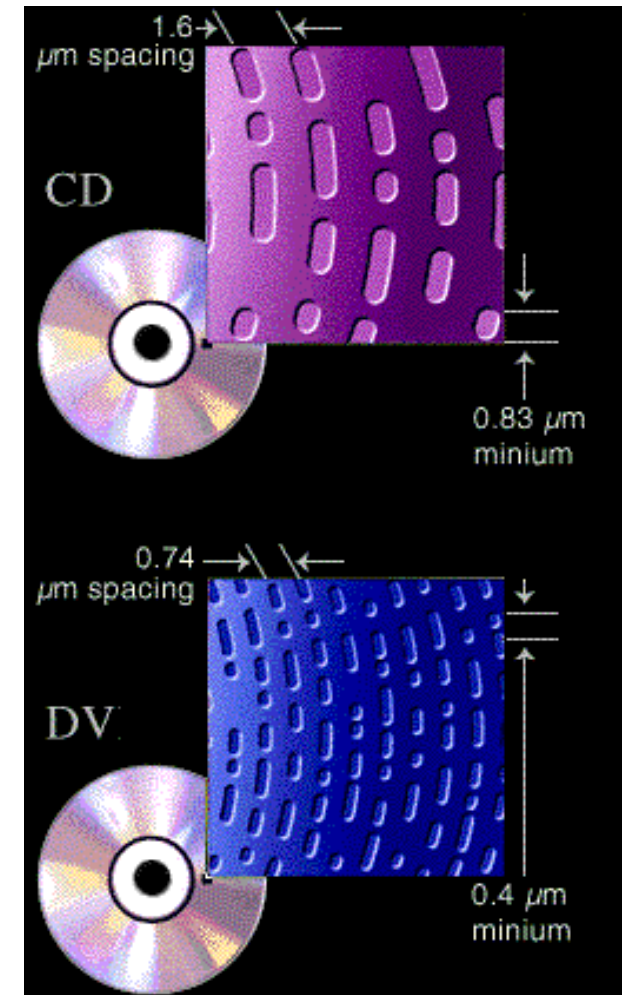
MPEG-2, AC3:
=> ca. 6 Mb/s
=> 4-5 GB / Seite

DVD: Verbesserungen

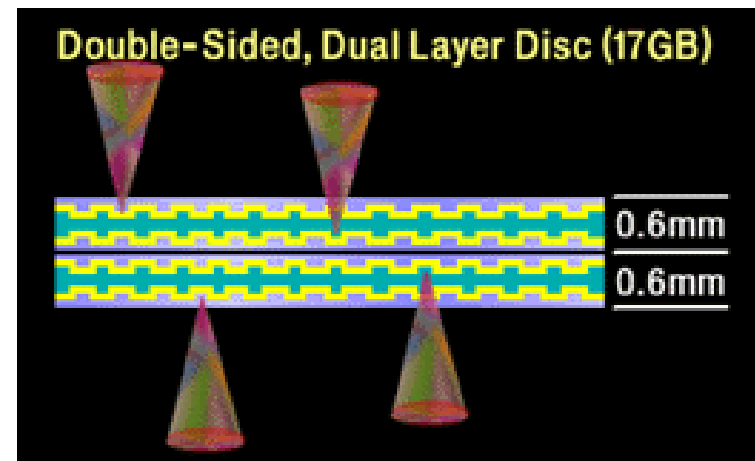
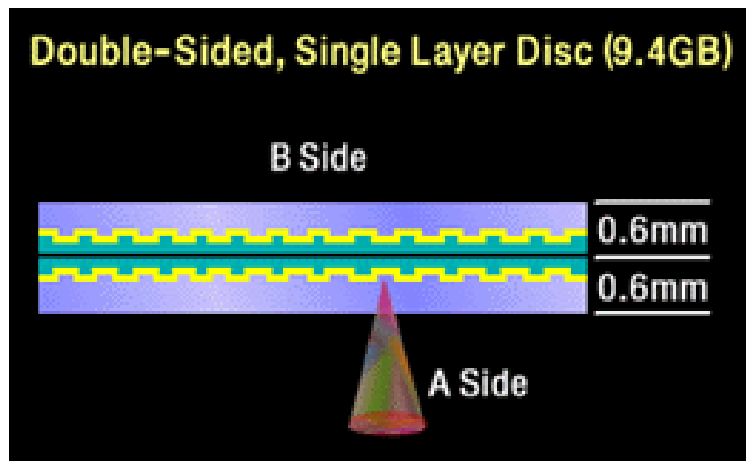
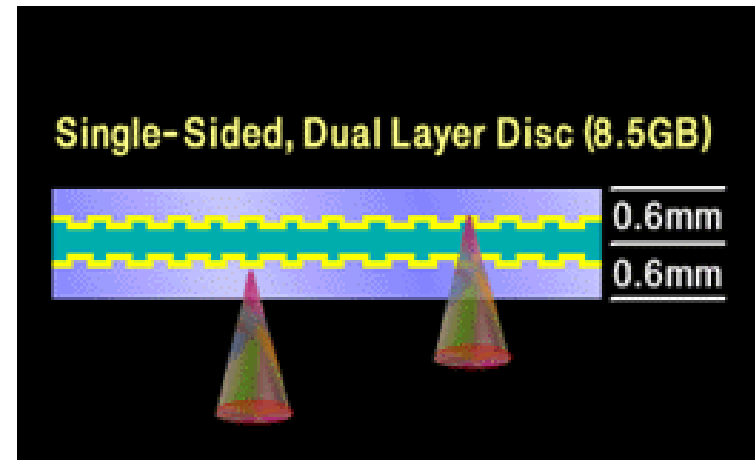
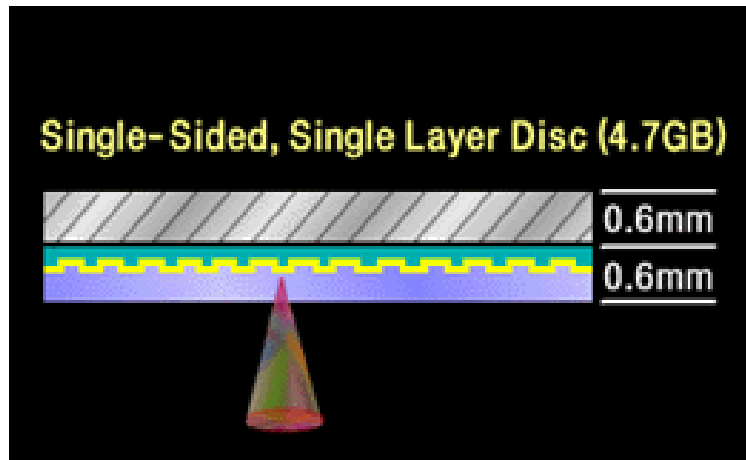
höhere Kapazität der DVD gegenüber der CD:

- kleinere Pits, kleinerer Spurabstand
- veränderte Header-Strukturen
- weniger Parity-Bits
- Weglassen der Subcodes
- 2048-Byte Sektoren
- kleinerer nicht-genutzter Innenteil
(Radius CD 25 mm, DVD 24 mm)

| | | | | |
|----|--------|--------------|---------|--------------|
| => | DVD-5 | single layer | 4.4 GB | 6.7x |
| | DVD-9 | double layer | 8.0 GB | 12.3x |
| | DVD-10 | double side | 8.8 GB | 13.5x |
| | DVD-18 | DS / DL | 15.9 GB | 24.4x CD-ROM |



DVD: 4 Formate



- single/double side
- single/dual layer (äußere Schicht dabei halbdurchlässig)

DVD: Datenformat (Sektorformat)

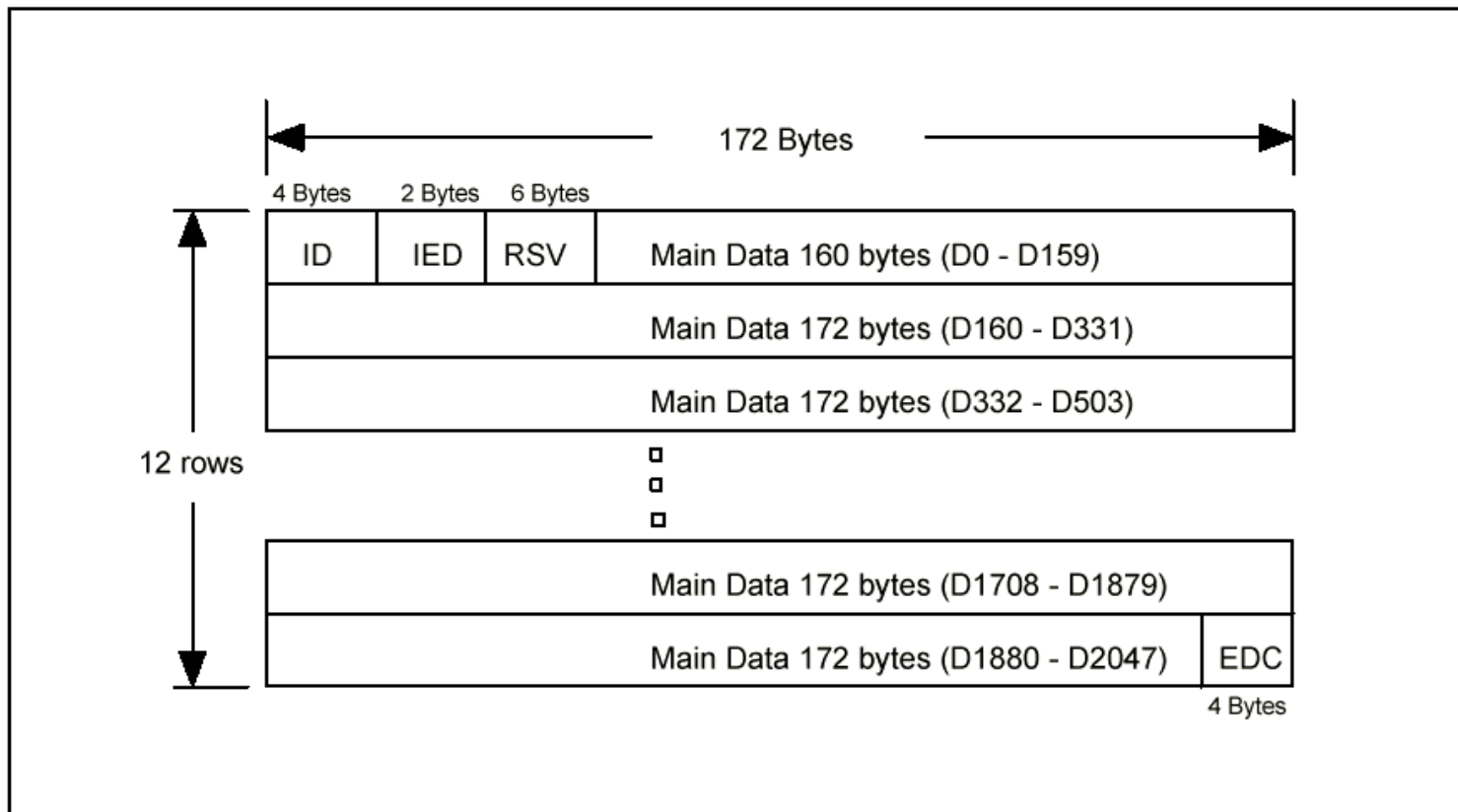


Figure 13 - Sector Layout

- eindeutige Block-ID, 4-Byte layered ECC
- Sektor enthält 2 KByte Nutzdaten
- vergleiche CDROM

DVD: Datenformat (Header)

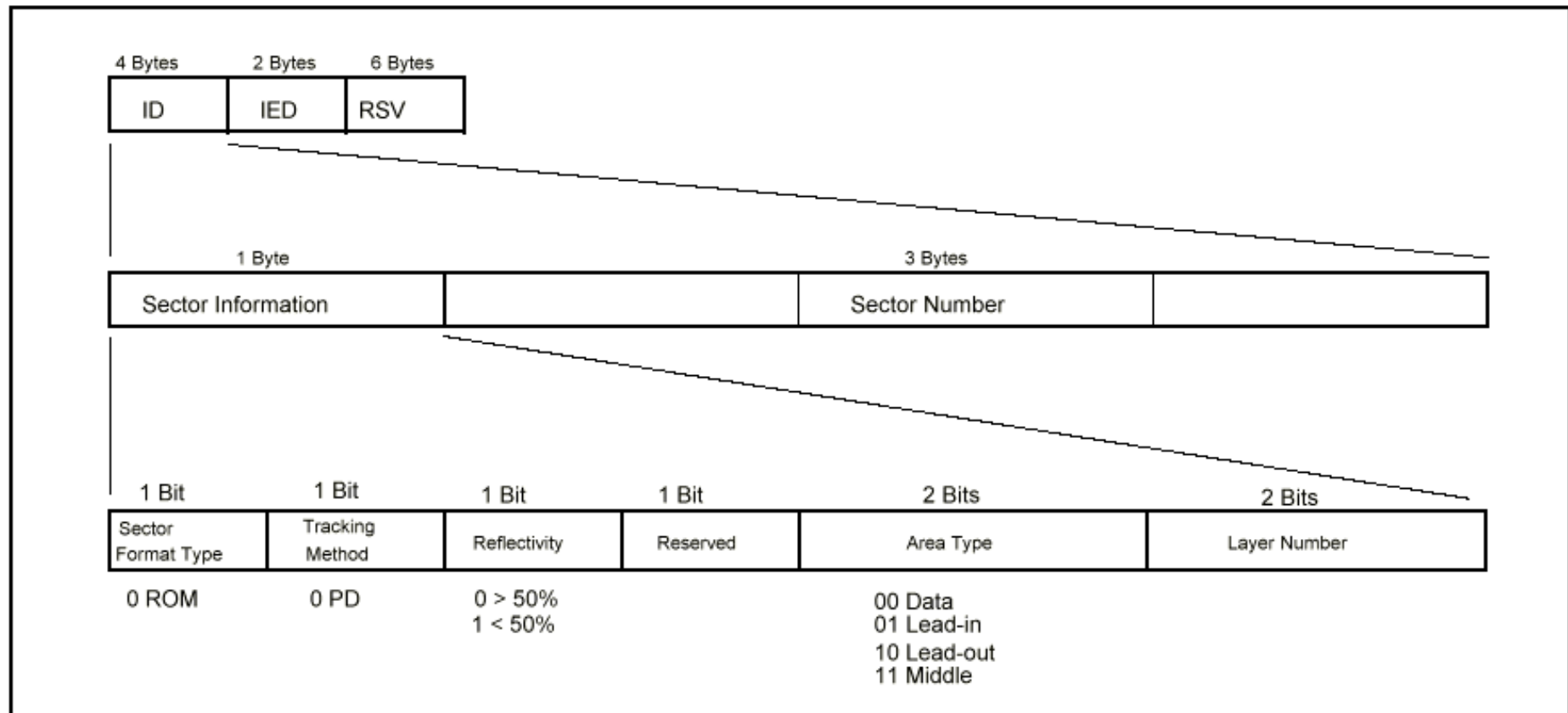


Figure 11 - Header Layout

- vollständige Information für jeden einzelnen Block
- 2-bit layer number: Seite 1/2, außen/innen

DVD: Sektoranordnung dual-layer

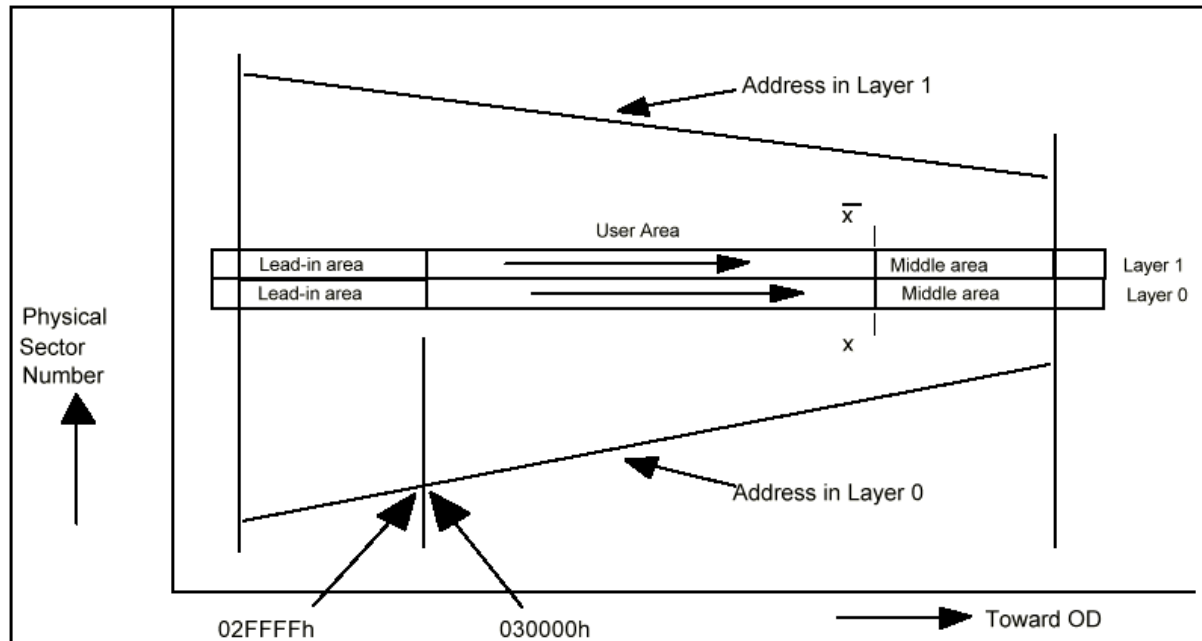


Figure 10 - Opposite Track Path Description

Layer-Umschaltung durch Fokussierung (schnell)

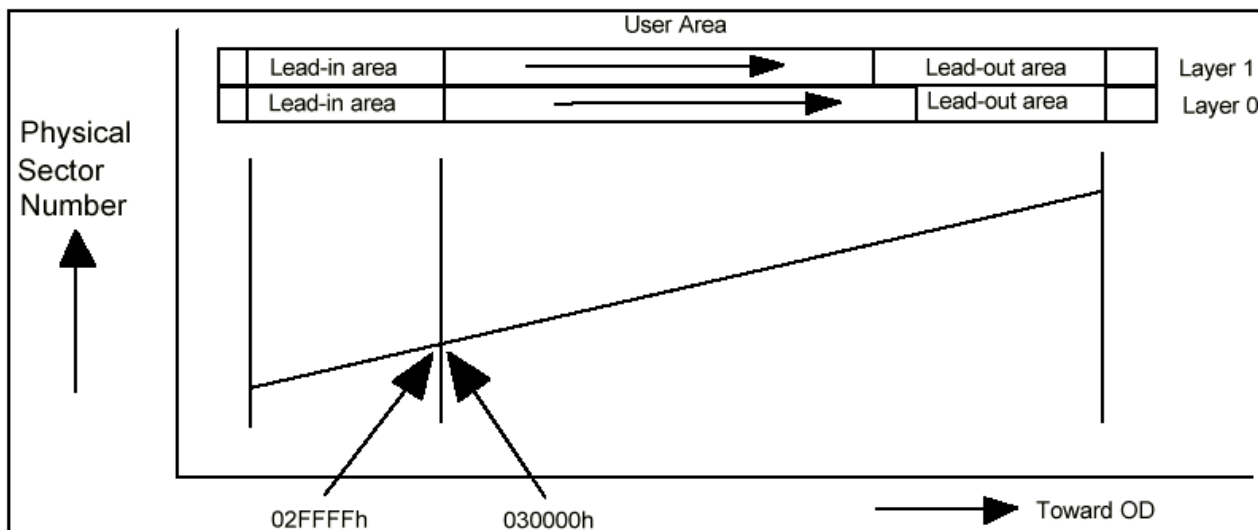
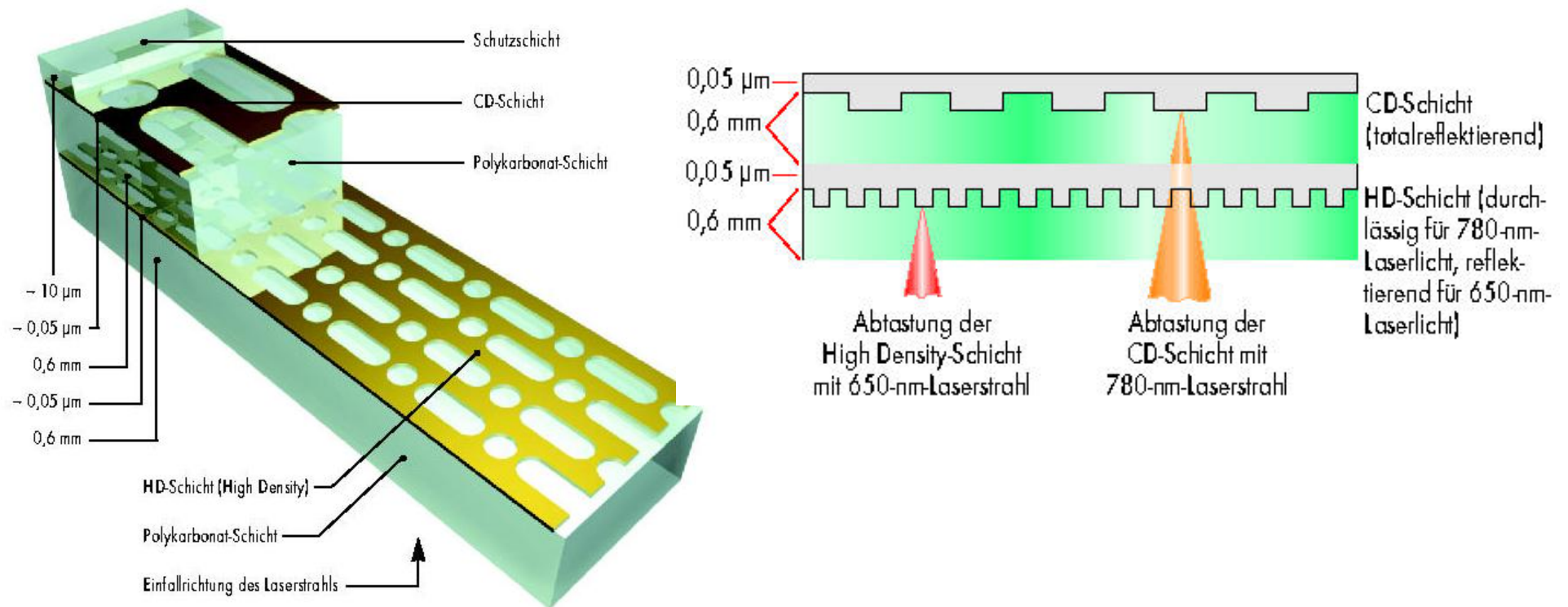


Figure 9 - Parallel Track Path Description

Layer-Umschaltung erfordert Kopfneupositionierung

DVD: Dual-Layer Audio CD



- Kompatibilität mit Audio-CDs
- zweite (DVD)-Schicht mit Stereo "bitstream", 2.8 Mb/s
- genutzt für SACD Hybrid-Disks

(ct 21/98 242)

DVD-Audio

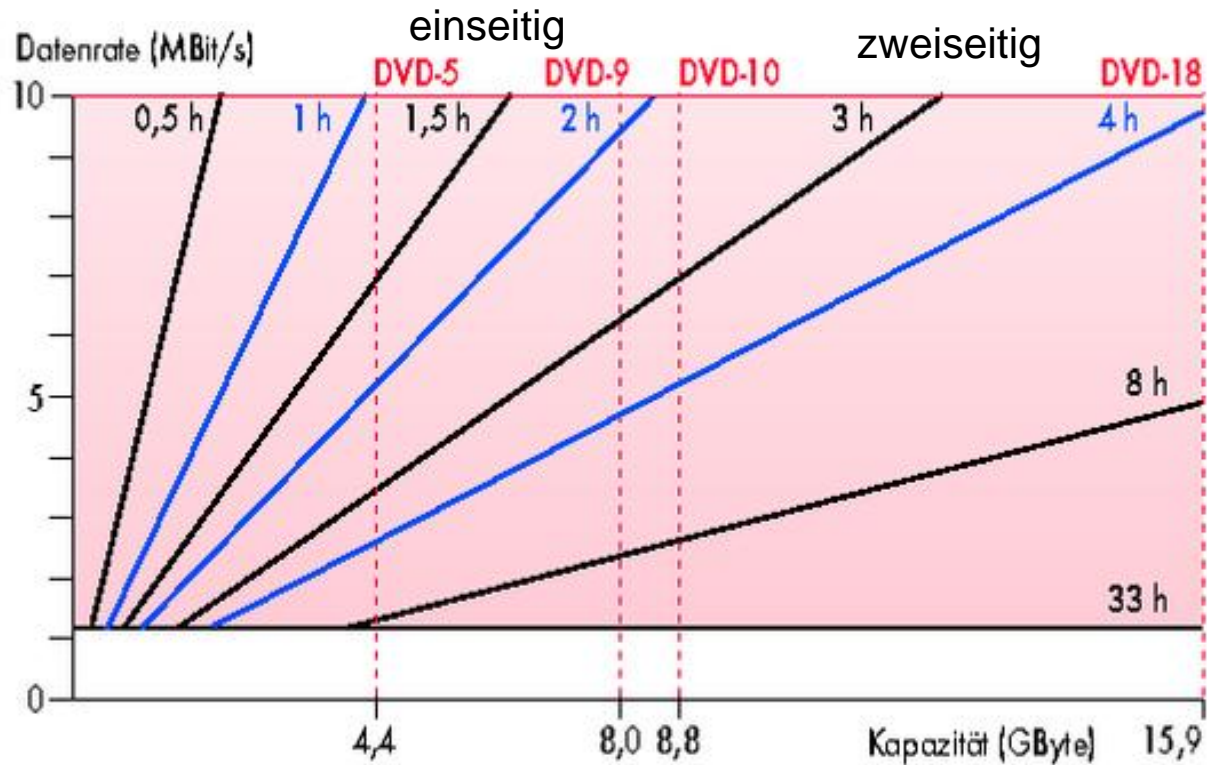
- Spezifikation für DVD-Audio seit Q1/1999
- nutzt die DVD-5 (4.7 GB)

diverse Audioformate werden unterstützt:

- Abtastraten 44.1 / 48 / 88.2 / 96 KHz
- Quantisierung mit 12 / 20 / 24 bit
- mindestens 74 min. Spieldauer für alle Modi
- 16 bit, 44.1 Stereo, 7 Stunden Spieldauer
- 24 bit, 96 KHz, 2-6 Kanäle Surround
- 24 bit, 192 KHz Stereo
- Dolby Digital, DTS, MPEG-AAC, ...
- plus Standbilder und Textinformationen

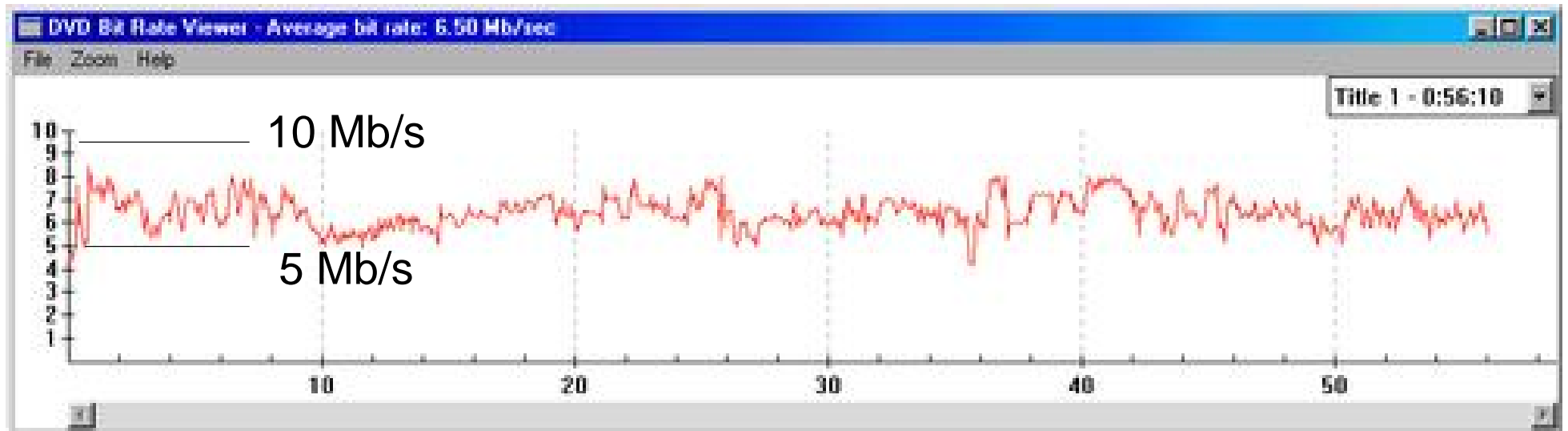
- immer noch kaum erhältlich

DVD: Video, Datenrate vs. Spieldauer



- Formate: 720x576x25 PAL / 720x480x29.97 NTSC
- 2 Stunden Spieldauer gewünscht, bei 5 GB 5.5 Mb/s
- typische Datenrate für MPEG-2 mit AC3-Audio 1.5 .. 9.8 Mb/s
- Digitales Fernsehen: DF1 sendet MPEG-2 mit 6.8 Mb/s

DVD: Datenrate MPEG-2



- Beispiel für Datenrate einer Video-DVD: 5 .. 10 Mb/s
- digitales Fernsehen (DVB-S) mit 6 Mb/s
- MP@ML erlaubt bis 15 Mb/s maximal

(ct 20/99, Sesamestreet-DVD)

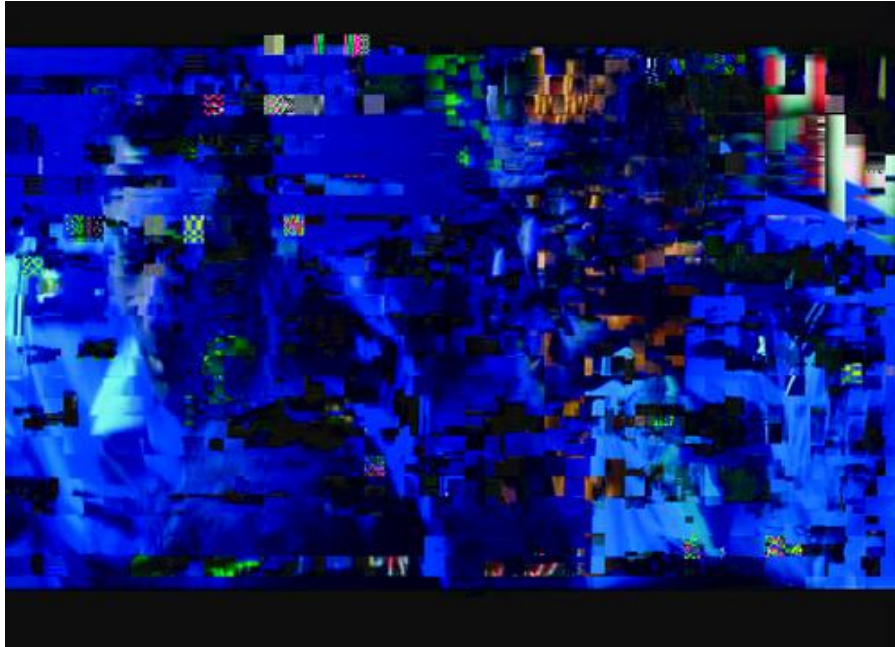
DVD: *Region Codes*



DVD-Video spezifiziert Region-Codes

- zeitversetzte Veröffentlichungen zwischen USA / EU / Japan
- Sicherung des Kino-Marktes
- Region 0 ist universell nutzbar
- Code in Laufwerks-Firmware, typisch höchstens 5x wechselbar

DVD: CSS



- direkte Kopie einer DVD-Video
- Daten größtenteils unlesbar
www.dvdcca.org/css
- nicht alle DVDs sind verschlüsselt

"Content Scrambling System":

- Schutz vor digitalen (=perfekten) Raubkopien
- verschlüsselte Übertragung zwischen Laufwerk und Decoder (HW/SW)
- komplexes Challenge-Response-Protokoll zur Authentifizierung
- Codes im Lead-In der DVD gespeichert, dort nicht zugreifbar
- Verfahren nicht publiziert, nur für Hersteller zugänglich

DVD: DeCSS

mittlerweile ist CSS gecrackt:

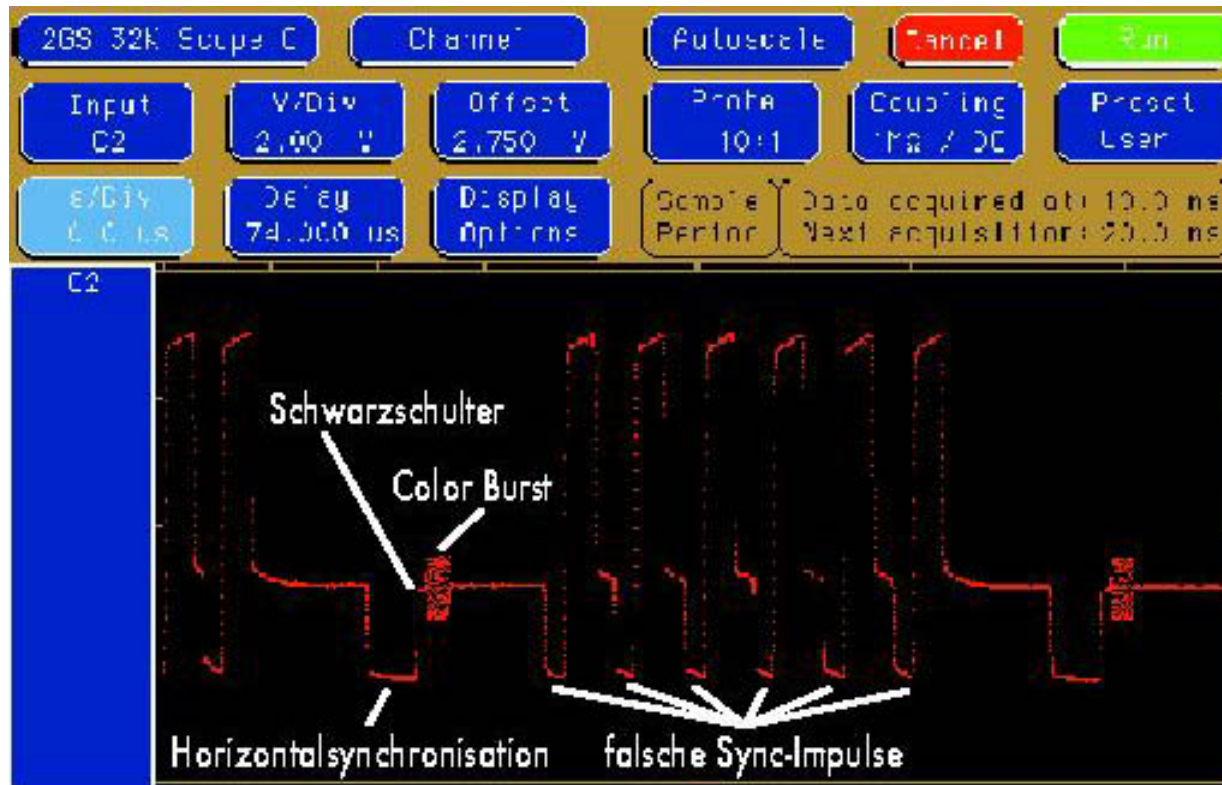
- diverse Angriffspunkte in den Windows Treiberschichten
- Screenshots -> AVI
- Software-Player cracken
- algorithmische Angriffe möglich wegen 40-bit Schlüssel

DeCSS und Nachfahren:

- dekodiert DVD-Daten auf die Festplatte
- verwendet Player-Key aus Xing Software-Player
- schnelle Verbreitung via Internet
- jahrelanger "Schauprozess" gegen Jon Johansen ...

=> Umgehung von Kopierschutz mittlerweile (in Deutschland) verboten

Macrovision

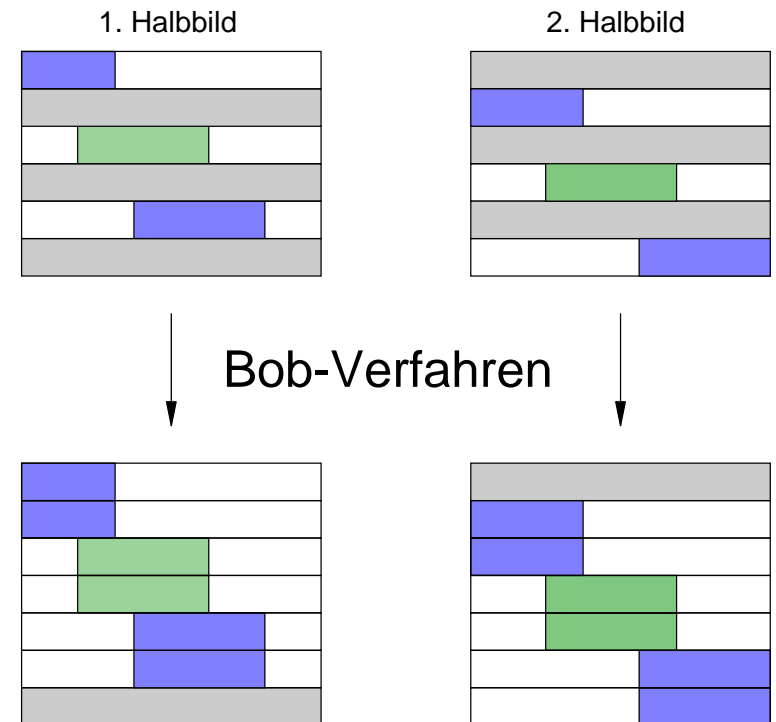


Schutz gegen (analoge) Kopien per Videorekorder:

- zusätzliche (falsche) Synchronimpulse
- wechselnde Amplitude zur Verwirrung der Aussteuerung (AGC)
- im unsichtbaren Bereich: Fernseher ignoriert das Signal

(www.macrovision.com, ct 20/99 134)

DVD: *Interlace-Probleme*



De-Interlacing:

- Kino: Vollbilder (24 Bilder/s)
- Fernsehen: Halbbilder:

PAL, Secam: 25 / 50

NTSC: 30 / 60

- Monitore: Vollbilder bei hoher Wiederholrate

=> komplexe Umrechnung notwendig

=> sonst schlechte Bildqualität (Fransen, Kammefekte)

=> Kinofilme laufen um Faktor 25/24 zu schnell . . .

DVD: DVD-R, DVD+R

DVD-Recordable:

- zwei konkurrierende Verfahren
- Eignung für die meisten aktuellen DVD-Player
- ständige Weiterentwicklungen (derzeit 8X, Dual-Layer, ...)
- aktuelle Tests: z.B. in der c't

| | Ver 1.0 | Ver 1.9 / 2.0 |
|-------------------|----------------------------------|---------------|
| Seiten | 1 / 2 | 1 / 2 |
| Kapazität | 3.95 GB | 4.7 GB |
| verfügbar | 1997 | 1999 |
| Pit μm | 0.44 x 0.80 | 0.40 x 0.74 |
| Verfahren | Farbstoffe wie CDR, 635 nm Laser | |

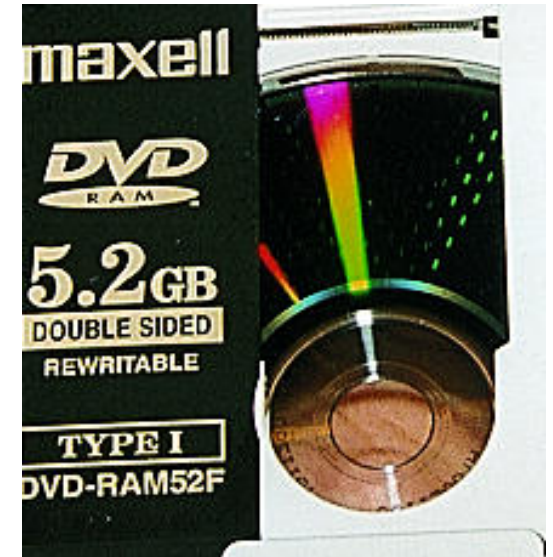
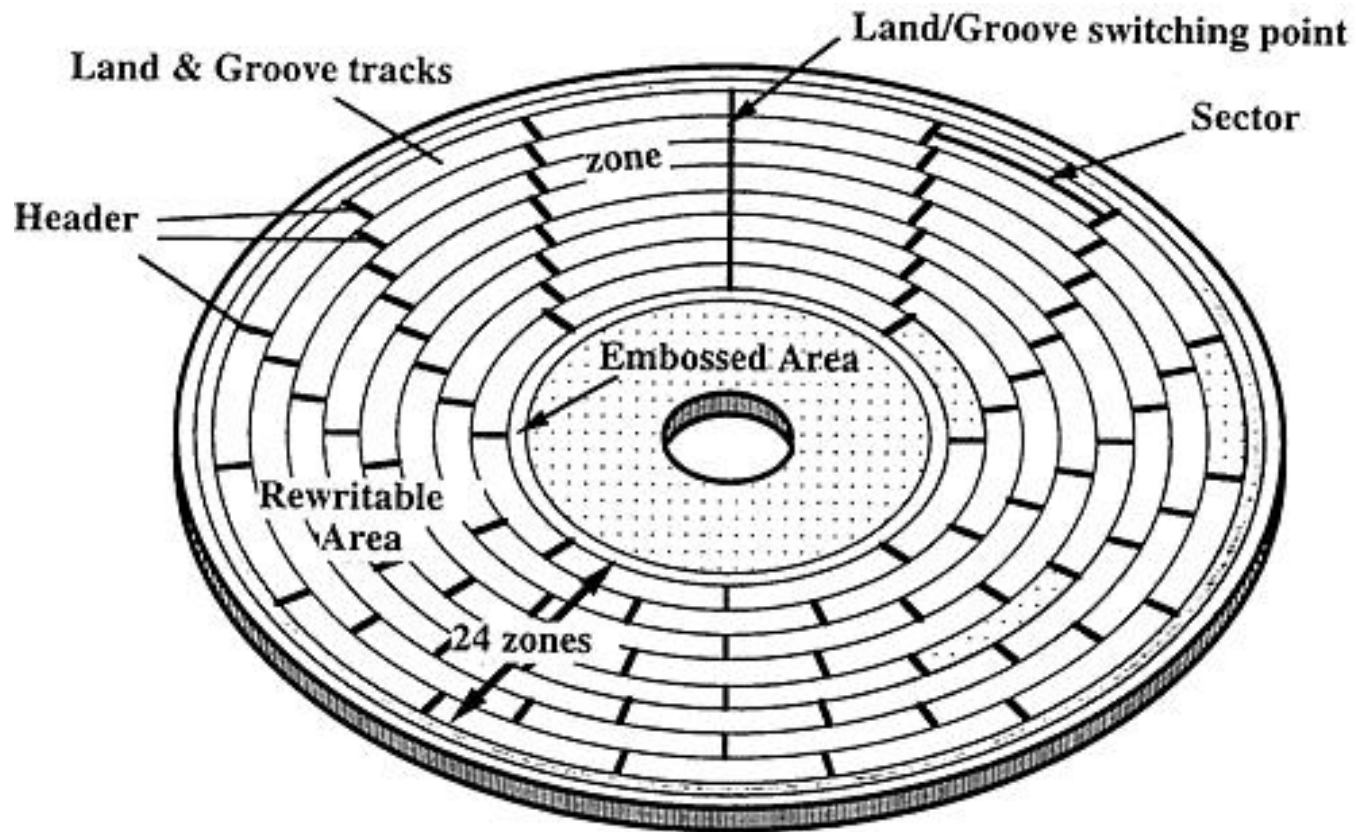
DVD: DVD+RW, DVD-RW, DVD-RAM

wiederbeschreibbare DVDs:

- mehrere, untereinander inkompatible Verfahren
- nicht vollständig mit DVD-R kompatibel
- Phase-Change-Technik wie CD-RW
- zoned CLV, wobbled pre-groove, usw.

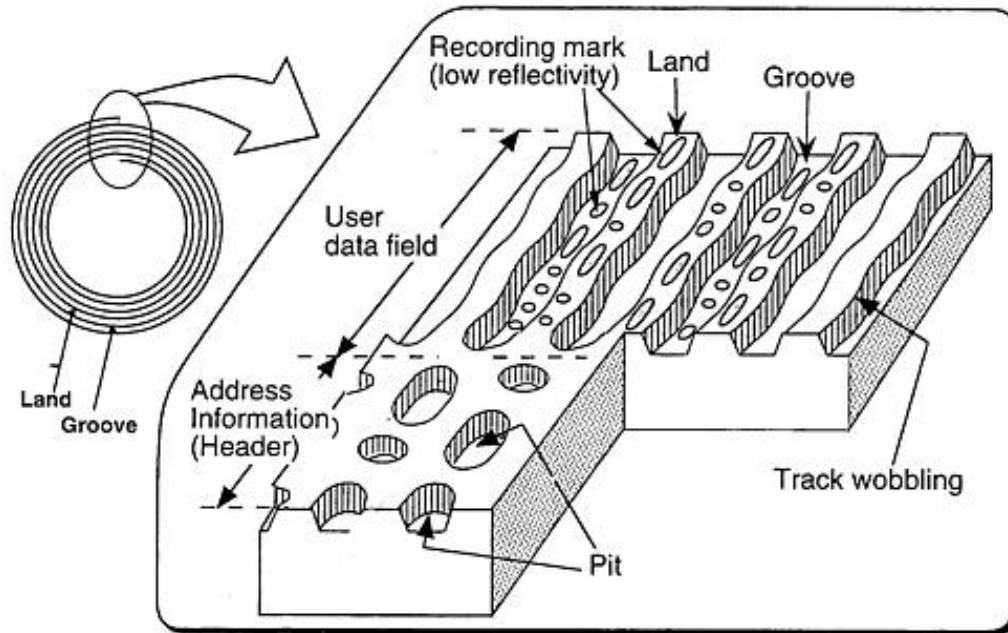
| | Ver 1.0 | Ver 1.9 / 2.0 |
|-------------------|------------------------|---------------|
| Seiten | 1 / 2 | 1 / 2 |
| Kapazität | 2.6 GB | 4.7 GB |
| verfügbar | 1997 | 1999 |
| Pit μm | 0.41 x 0.74 | 0.28 x 0.615 |
| Verfahren | phase change wie CD-RW | |

DVD: DVD-RAM Sektoren



- Disk ist in 24 Zonen eingeteilt
- innerhalb einer Zone konstante Umdrehungsgeschwindigkeit

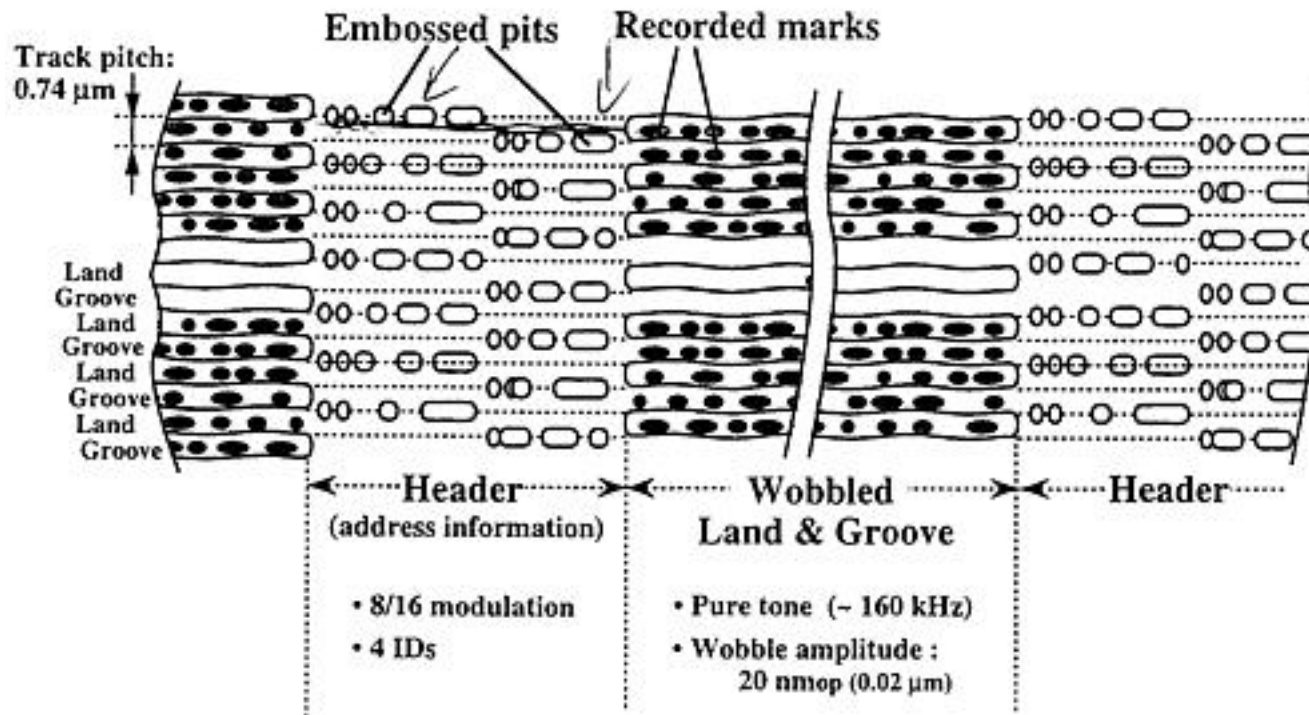
DVD: DVD-RAM Pregroove



CD/DVD-Rohlinge enthalten eine Roh-Spur:

- Roh-Spur für Spurführung des Schreib/Lese-Kopfes
- Track-Wobbling für Drehzahlregelung
- regelmässig Header-Sektoren
- DVD-RAM: Daten abwechselnd in Lands und Grooves

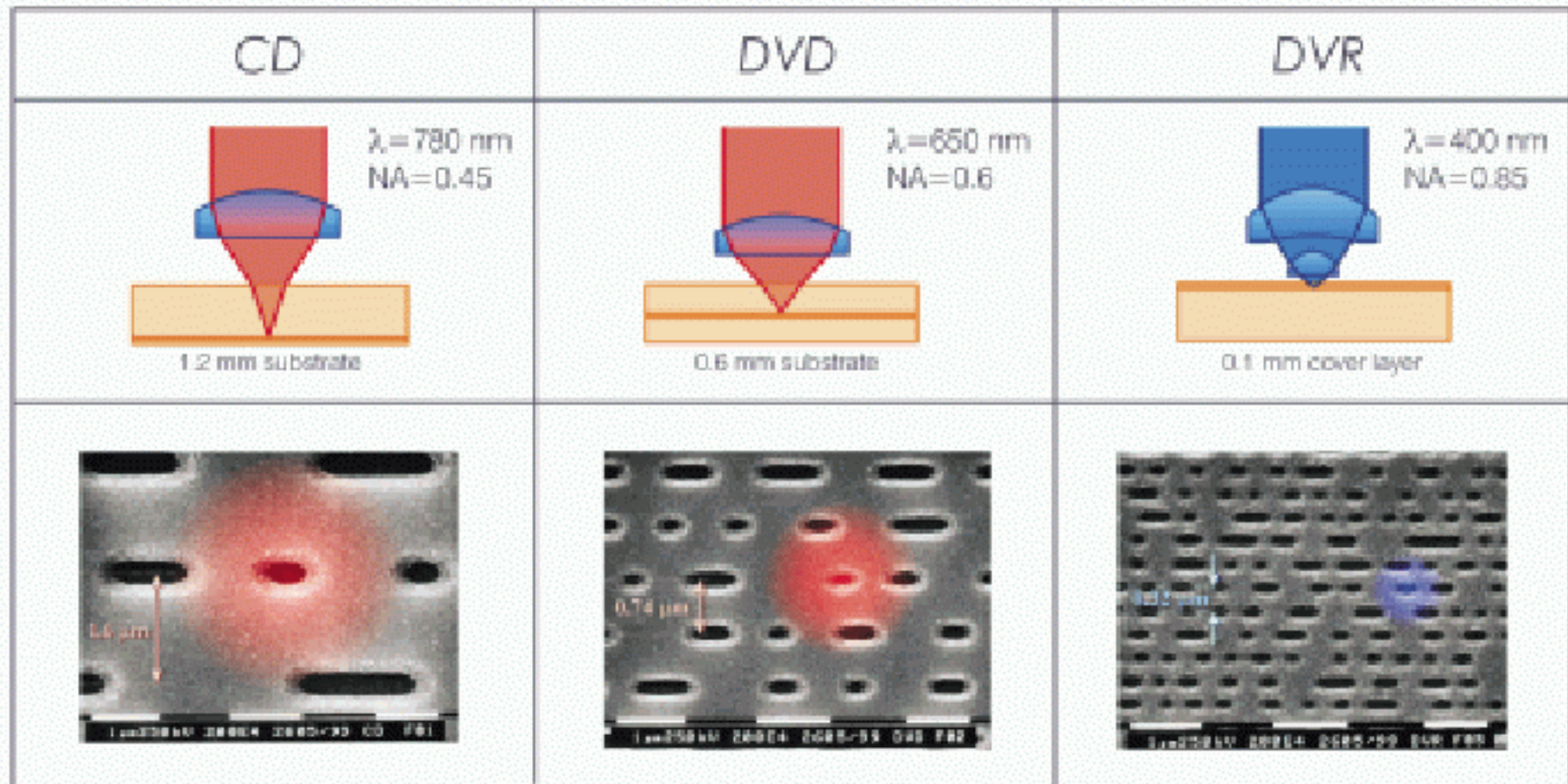
DVD: DVD-RAM Datenaufzeichnung



- Rohlinge enthalten fertige Header-Zonen
- DVD-RAM Typ, Kapazität, Schreibgeschwindigkeit, usw.
- Aufzeichnung nur in die Datenbereiche
- UDF: max 1 Partition a 2.3 GB / Seite
- FAT 16: mehrere Partitionen a 2 GB / Seite

DVD: Vergleich mit CD und DVR

Figure 3. Three generations of optical disc systems. Progress in “areal density,” or bit count per unit area, takes big steps; a CD holds 650MB, a DVD 4.7GB, and a DVR 22GB) by reducing the spot size through a shorter wavelength and stronger objective lens (with higher numerical aperture). The electron micrographs show read-only discs with replicated pit patterns.



(CACM 43/2000)