

# 4. Audiotechnik und Tonbearbeitung

4.1 Grundlagen der Audiotechnik

4.2 Analoge Audiotechnik

4.3 Raumklang

4.4 Digitale Audiotechnik

4.5 Digitale Rundfunktechnik

4.6 CD und verwandte Speichertechnologien



CD, DVD, BD

Literatur:

Henning Abschnitte 8.4 und 8.5

Johannes Webers: Handbuch der Film- und Videotechnik, 7. Auflage,  
Franzis-Verlag 2002, Teil F

Jim Taylor: DVD Demystified, 2nd ed., McGraw-Hill 2001

# Geschichte der optischen Speicher (1)

1969: Klass Compaan (Philips) entwickelt die Grundidee optisch abgetasteter Scheiben

1972: Erste praktische Demonstration (Compaan, Kramer)

1978: Markteinführung des Philips Laser-Vision-Systems

Video-Langspielplatte, mit Laser abgetastet, Speicherung als Wertfolge

Transparente Kunststoffscheiben, 20 bzw. 30 cm Durchmesser

Spieldauer:

"Standard-Video-LP": CAV-Variante (konstante Winkelgeschwindigkeit, constant angular velocity): 36 Minuten je Plattenseite

"Langspiel-Video-LP": CLV-Variante (konstante Lineargeschwindigkeit, constant linear velocity): Spiralspur, 60 Minuten je Plattenseite

1978: "Digital Audio Disc Convention", Tokio (35 Hersteller)

1982: Einführung der Compact Disc Digital Audio durch Sony und Philips

Erste fünf Jahre: 30 Mio. Abspielgeräte und 450 Mio. Tonträger verkauft

1984: Einführung der Daten-Variante CD-ROM

1986: Pioneer führt LaserDisc (LD) ein (Weiterentwicklung von LaserVision)

1995: Einführung wiederbeschreibbarer CD-Varianten

1996: Einführung der DVD (DVD-Video)

## **Geschichte der optischen Speicher (2)**

1997: Wiederbeschreibbare DVD (DVD-R, DVD-RAM)

1998: Tesafilm als optischer Speicher nutzbar

1999: Sony, Super-Audio CD (SACD), 2,8 MHz Abtastfrequenz

2000, Sony: Double Density CD (DDCD), 1,3 GB auf CD-Medium

2000: DVD-Audio, bis zu 192 kHz Abtastfrequenz, 24 Bit, bis zu 12 Std.  
(verlustfrei)

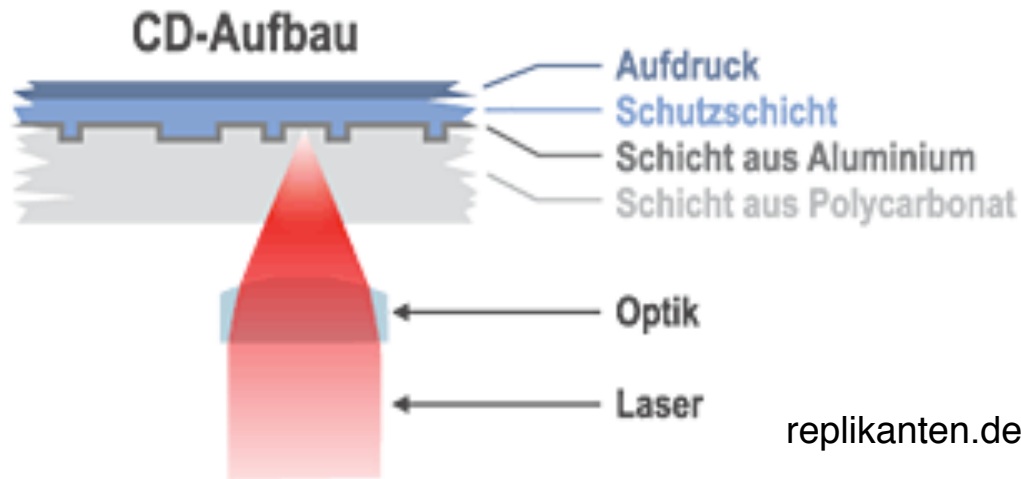
2002: DVD+RW Allianz führt Alternative für wiederbeschreibbare DVD ein

2003: Tesa scribos: Tesa Holospot System (Produktetiketten)

2006: Parallele Einführung der Nachfolgeformate HD-DVD und BD (Blu-ray)

2008: Systemstreit zugunsten BD entschieden

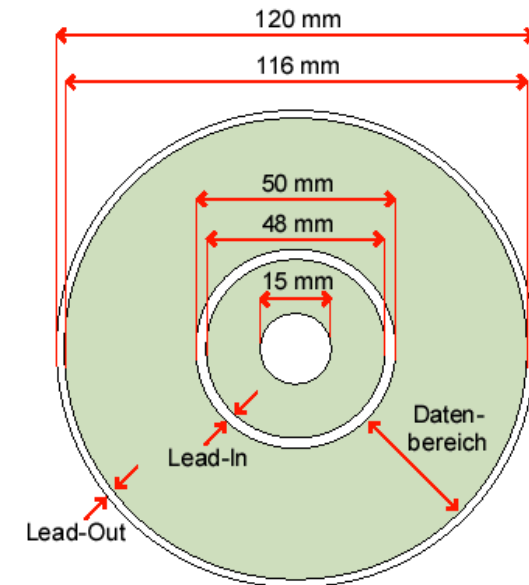
# Physikalischer Aufbau der CD



replikanten.de

Polycarbonat: 1,2 mm  
Aluminium: 50–70 nm  
Lackschicht: 5  $\mu$ m

Durchmesser 12 cm (für Beethovens Neunte?)  
Höhe 1,2 mm  
Spiralförmig von innen beschrieben  
Konstante Lineargeschwindigkeit 1,4 m/s



# Pits und Lands

Spiralförmige Spur auf der Polycarbonat-Scheibe dient als Informationsträger

Auf dieser Spur sind sog. **Pits** eingeprägt

Die Bereiche zwischen den Pits nennt man **Lands**

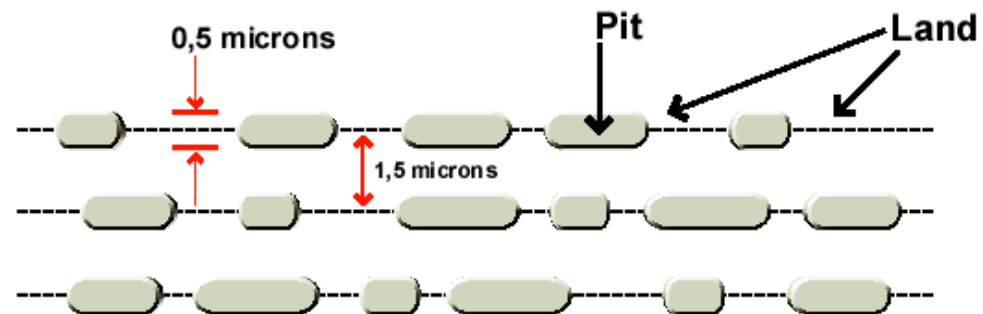
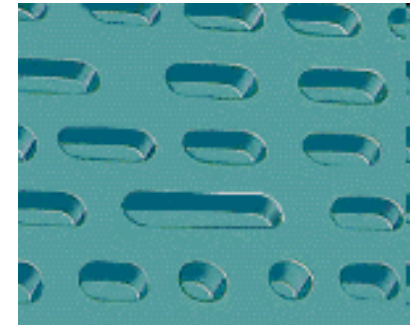
Abmessungen der Pits:

Breite:  $0,6 \mu\text{m}$  ( $1.000 \mu\text{m} = 1 \text{ mm}$ )

Länge:  $1 - 3 \mu\text{m}$

Tiefe:  $0,15 \mu\text{m}$

Wellenlänge grünen Lichts: ca.  $0,5-0,6 \mu\text{m}$



# Produktion von CDs

## Massenproduktion:

Photochemische Erstellung eines "Masters":

Laserstrahl beschreibt lichtempfindliche Beschichtung

Elektrochemische Abformung in meist 3 Stufen mit Vervielfachung der Vorlage (jeweils 3-6 mal), ergibt Pressformen

Pressen der CDs aus Polycarbonat

Bedampfen mit Aluminium (auf der Pit-Seite)

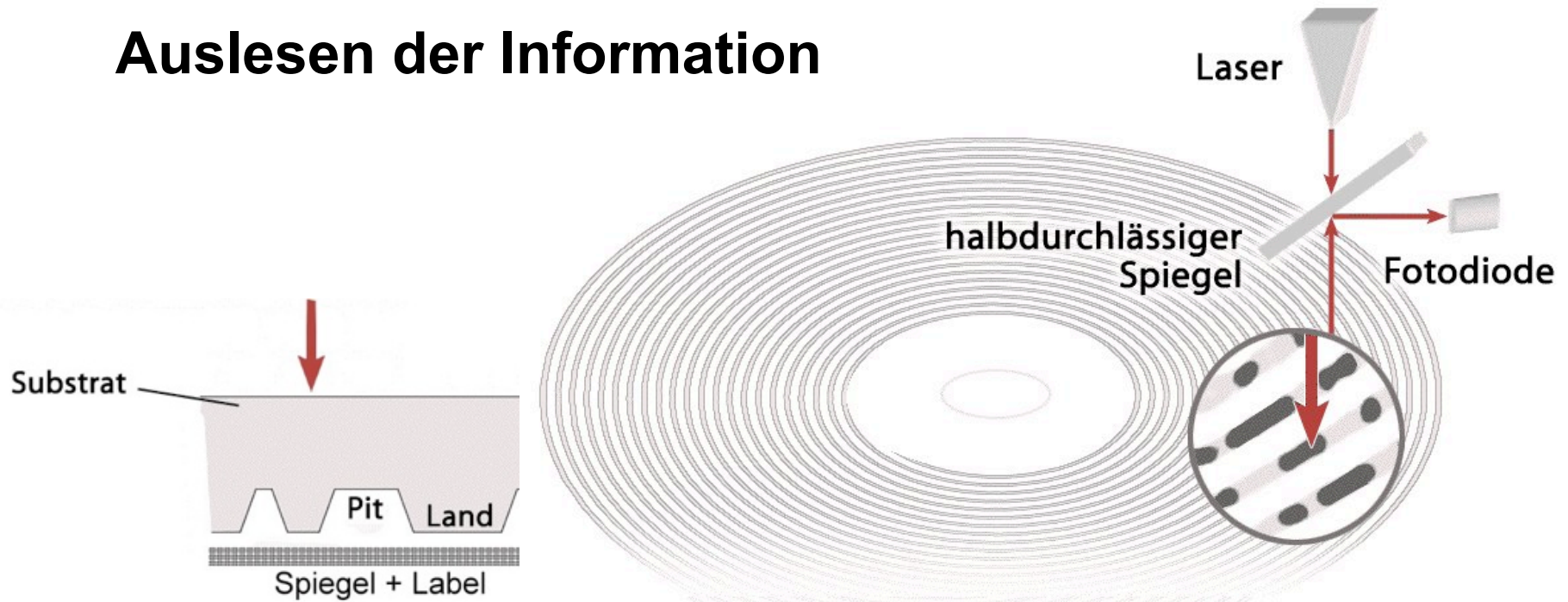
Schutzschicht, Mittelloch, Label etc.

## Einzelproduktion:

Direktes Beschreiben von geeigneten Rohlingen mit Laserlicht

siehe CD-R, CD-RW

# Auslesen der Information



Laserstrahl nahe dem Infrarot-Bereich (AlGaAs), Wellenlänge 780 nm

Ablezen "von unten": Land ist nun eine Vertiefung!

Durch Spezialprisma wird ein Fotorezeptor doppelt beleuchtet:

Original-Lasersignal + Reflektion aus der Disk

Tiefe der Pits =  $1/4$  Wellenlänge des Lasers (im Polycarbonat = 500 nm)

Auslöschung durch Interferenz im Land:

Verzögerung ( $2 \times 1/4 = 1/2$  Wellenlänge)

Reflexion im Pit

Bilder: Wikipedia

# Eight-to-Fourteen-Modulation (EFM)

Datenstrom erzeugt eine logische "1"  
beim *Wechsel* zwischen Land und Pit  
(*channel bit*, vs. implizite *null bits*)

**Keine** einfache Korrelation wie  
Land = 1, Pit = 0 oder umgekehrt!

Konsequenz für Codierung:

Zu kurze Pits/Lands vermeiden

Konvention: mindestens zwei "0"  
zwischen zwei  
aufeinanderfolgenden "1"

Keine zu langen Pits/Lands  
wegen Synchronisation

Konvention: max. 11 mal "0" zwischen  
zwei aufeinanderfolgenden "1"

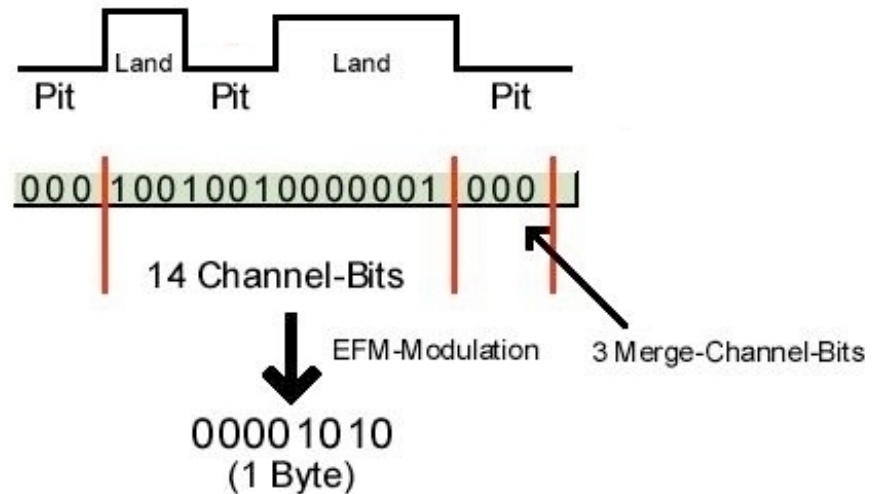
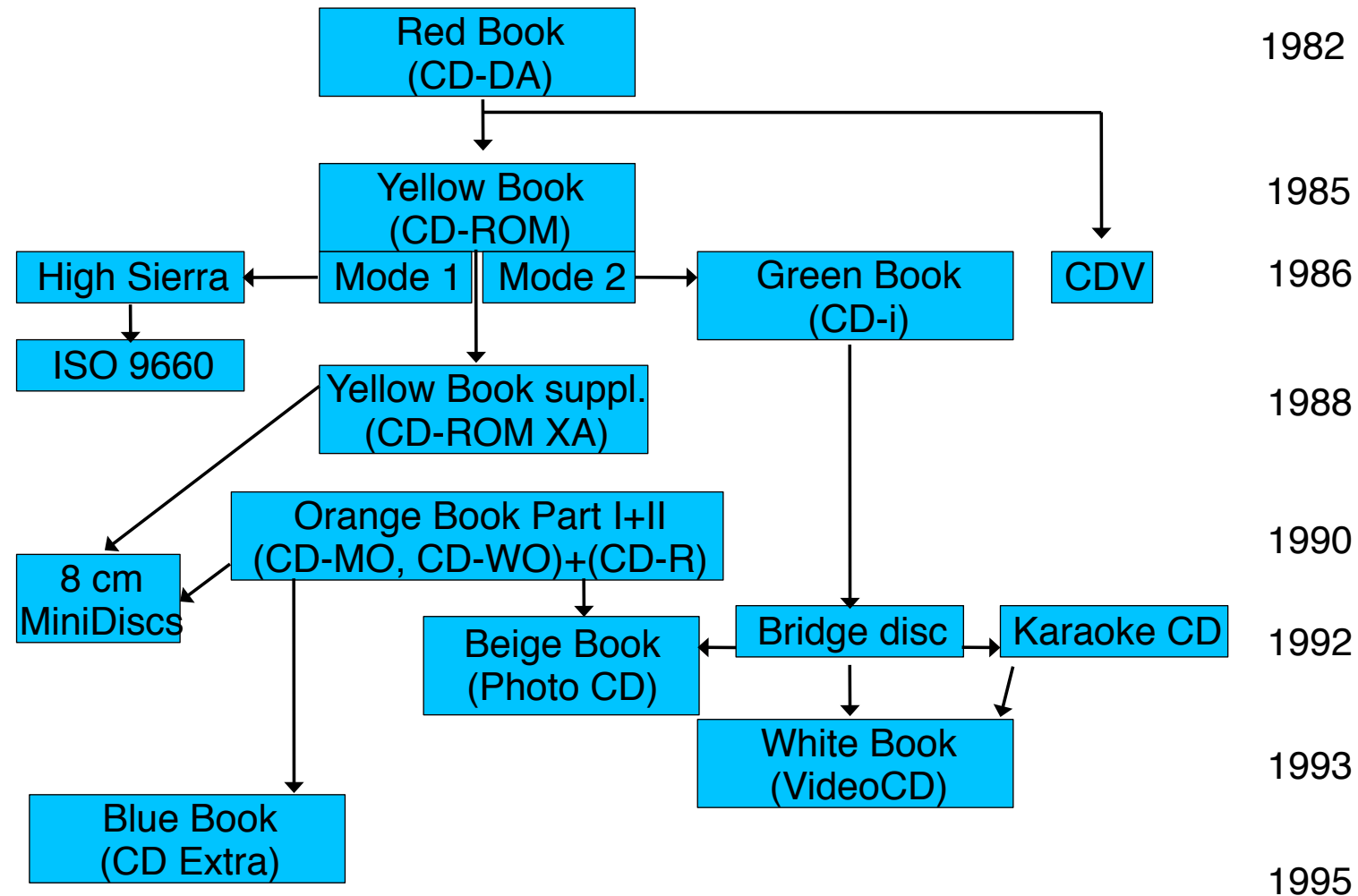


Bild: TecChannel.de  
(modifiziert)

- Eight-To-Fourteen-Modulation (EFM):
  - 8 Datenbits auf 14-Bit-Muster abgebildet, z.B.:
    - Datenbyte "00000000" als "01001000100000"
    - Datenbyte "00000001" als "10000100000000"
  - Nach jedem 14-Bit-Muster 3 Koppelbits (*merge-channel bits*, *padding bits*)  
Mindestens zwei 0, eines 0 oder 1 je nach verknüpften 14-Bit-Worten



# CD-Formate (1)



# Bunte Bücher

Traditionell werden die verschiedenen CD-Formatstandards nach der Farbe ihrer Einbände bezeichnet, z.B.:

Red Book: CD-DA (Digital Audio)

Yellow Book: CD-ROM

Green Book: CD-I

Wiedergabe von interaktiven CDs, einschliesslich einfachem Betriebssystem („OS-9“)

Basis für heute weit verbreitete interaktive DVDs (z.B. Szenenwahl)

White Book: Video CD

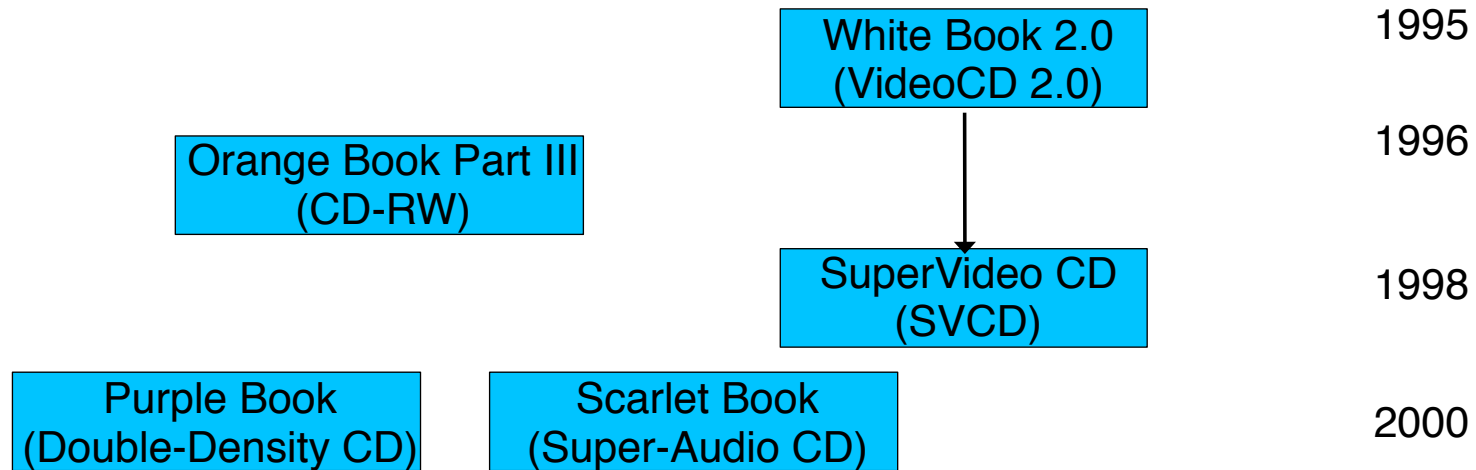
74 Minuten MPEG-1-komprimiertes Video

Blue Book: Enhanced Music CD (CD-Extra)

Beige Book: Photo CD

Scarlet Book: Super-Audio CD

## CD-Formate (2)



# Audio-CD: Frames und Sektoren

Kleinste Informationseinheit: *Frame*

33 Bytes (in EFM, also je 14+3 Bits) + Synchronisation (sh. unten)

Auflösung für Audio-Samples: 16 Bit

6 Samples je Frame, pro Sample 4 Byte (2 Kanäle, 16 Bit)

*Sektor*: 98 Frames

Abgespielt werden 75 Sektoren/s

=  $75 \cdot 98$  Frames/s = 7350 Frames/s

= 44.100 Samples/s = 44,1 kHz Sampling Rate

Verwendung	Channel-Bits
Synchronisation	24 + 3 = 27 Bits
Control-Byte für Sub-Channels	1 Byte (17 Bits)
Daten	24 Bytes = 6*4 Bytes (408 Bits)
Fehlerkorrektur	8 Bytes (136 Bits)
$\Sigma$	588 Bits

# Datenraten und Kapazität bei CD

Rohdatenrate (Channel-Bits)

$$7350 \text{ Frames/s} = 588 * 7350 \text{ Bits/s} = 4.321.800 \text{ Bits/s}$$

Sektorenbezogene Rate:

75 Sektoren/s

Tatsächliche Nutzdatenrate abhängig von Sektorennutzung

Audio-CD (Red Book):

$$\text{Nutzdaten je Sektor: } 24 \text{ Bytes} * 98 = 2352 \text{ Bytes} = 18.816 \text{ Bit}$$

CD-ROM (Yellow Book) *[siehe später]*:

$$\text{Nutzdaten je Sektor im sog. Mode 1: } 2048 \text{ Bytes} = 16.384 \text{ Bit}$$

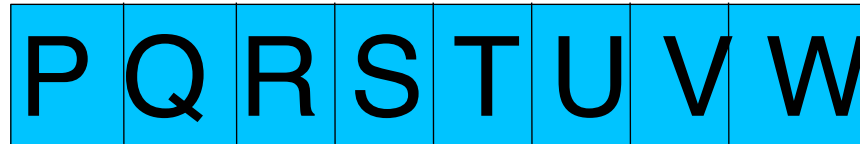
Tatsächliche Kapazität abhängig von Anzahl der Sektoren:

Audio-CD: 333.000 Sektoren (74\*60\*75) entsprechen 74 Minuten Spieldauer

CD-ROM: 333.000 Sektoren entsprechen ca. 650 MByte Speicherplatz

Es gibt CDs mit höheren Sektorenanzahlen!

# Sub-Channels



1 Byte je Frame, Zusatzinformation

Bitweise Bezeichnung: P – W

Fest belegte Sub-Channels:

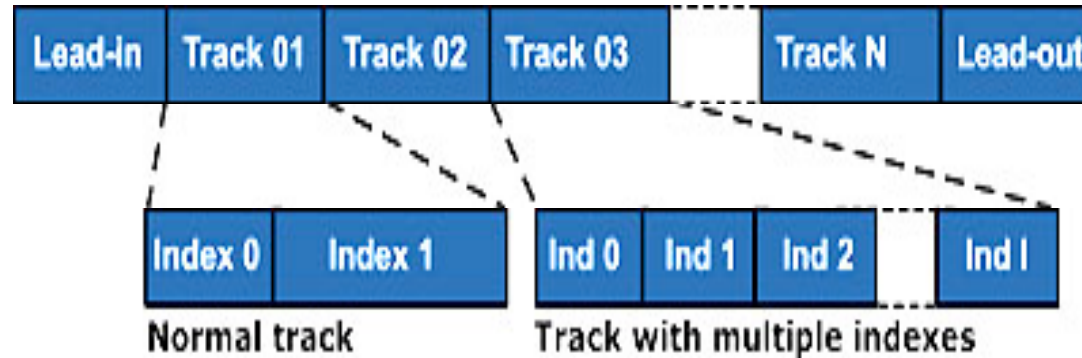
P: Anfang und Ende eines Titels (*track*)

Q: Zeit-Information, Katalog-Nummer etc.

R – W: Für Grafik und Text (z.B. Karaoke, CD-TEXT)

zusammen 5.5 kByte/s

# Audio-CD: Tracks und Indizes



- Audio-CD: Max. 99 Titel (*Tracks*)
  - Jeder Track muss mind. 4 Sekunden lang sein und eine Pause von normalerweise 2 Sek. kann zwischen ihnen bestehen
- Jeder Track enthält mindestens 2 Indizes:
  - Index 0: Markiert die Pause und den Anfang jedes Tracks
  - Index 1: Stellt den Hauptteil des Tracks dar
- Es können zusätzliche Indizes benutzt werden, falls das 99-Tracks-Limit nicht ausreicht

# ISRC



ISRC = International Standard Recording Code (ISO 3901)

Ermöglicht die Identifikation von Audio- und Videoaufnahmen

Die Information befindet sich im Q-Channel der Control-Bytes und enthält 12 Zeichen:

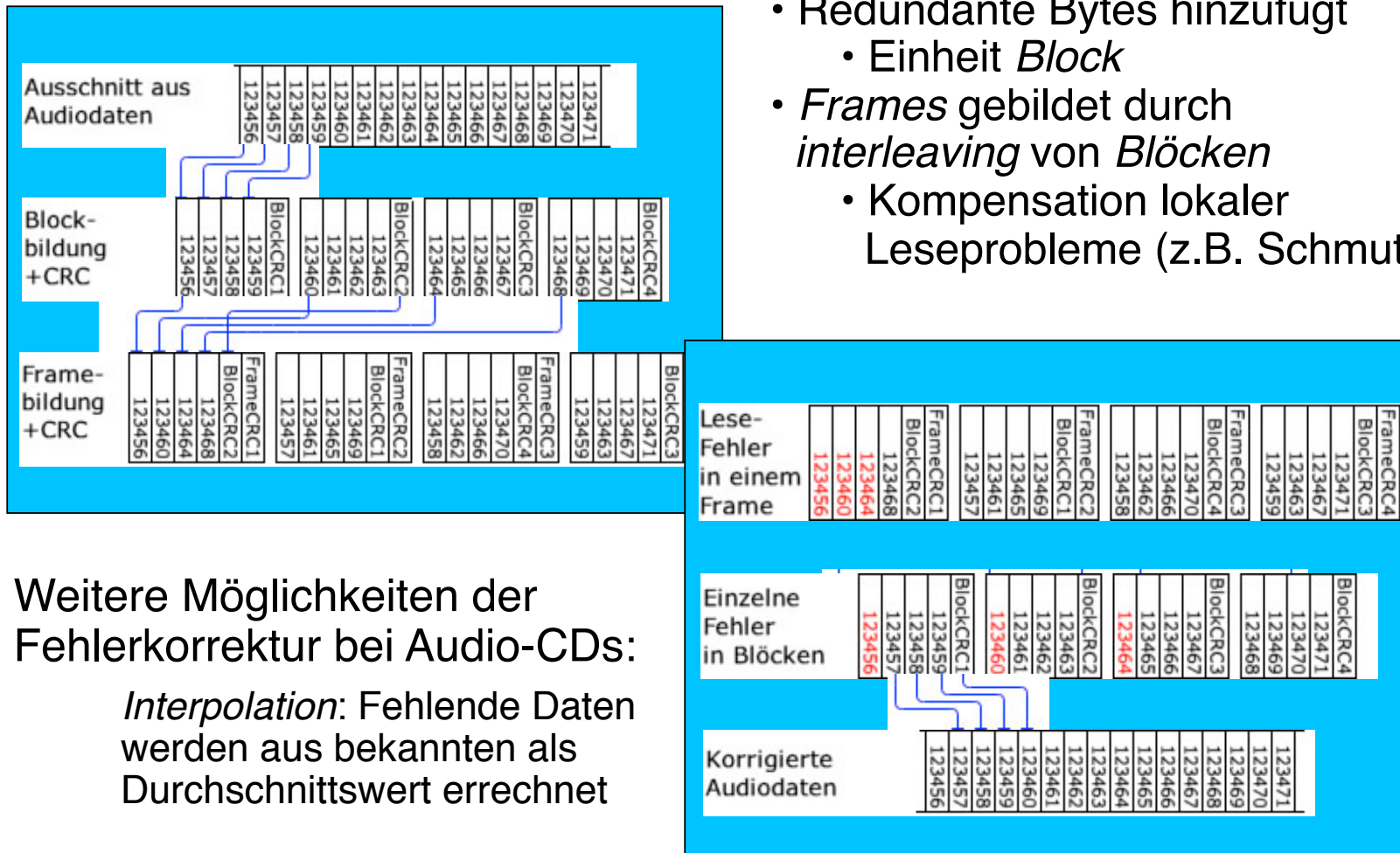
Länge	Beschreibung
2	Land (DE, UK, ...)
3	Produktionsfirma
2	Aufnahmejahr
5	Kennzeichnungscode

<http://www.ifpi.org/isrc>



# Fehlerkorrektur bei Audio CD

- Redundante Bytes hinzufügt
  - Einheit *Block*
- *Frames* gebildet durch *interleaving* von *Blöcken*
  - Kompensation lokaler Leseprobleme (z.B. Schmutz)



Weitere Möglichkeiten der Fehlerkorrektur bei Audio-CDs:

*Interpolation:* Fehlende Daten werden aus bekannten als Durchschnittswert errechnet

*CIRC: Cross-Interleaved Reed-Salomon Coding*

# Kopierschutz bei Audio-CDs

Red-Book-Spezifikation:

*Serial Copy Management System* (SCMS): Bit im Subcode gibt an, ob keine, eine oder beliebige Anzahl Kopien erlaubt

Weitergehende Kopierschutzmaßnahmen  
(müssen auf der CD-Hülle deutlich angegeben sein!)

Grundprinzip: Ausnutzung der Unterschiede zwischen einem Computer-CD-Laufwerk und einem Audio-CD-Laufwerk

Audio: Kontinuierliches Streaming, großer Aufwand für Fehlerkorrektur (incl. Interpolation)

Computer: Blockweises Auslesen, keine Interpolation

Effekte z.B.:

Computer-Laufwerk kann auf CD nicht navigieren (falsche Verzeichnisse)

Computer-Laufwerk vermisst Lead-Out  
(der vom Audio-Laufwerk nicht unbedingt benötigt wird)

Extremfall:

Verfälschung (absichtliche Fehler) im Audio-Signal, die durch Interpolation in Audio-Laufwerken verdeckt werden

Effektive Herabsetzung der gelieferten Produktqualität

# Photo CD, Picture CD

Von Kodak definierte und unterstützte Spezialformate zur  
Speicherung von Fotos

## Photo CD

Speicherung von Bildern in einer Vielzahl von Auflösungen und  
Präsentationsmodi (mehrere Versionen je Bild: ImagePac)

## Picture CD

Stark vereinfachte "Consumer"-Version

Basiert auf JPEG

Für Filmentwicklungslabors und private Kunden

Inzwischen kaum mehr genutzt

# Video CD



Video CD nach White Book:

MPEG-1 Video/Audio-Strom

Bildauflösung 352x240 (NTSC), 352x288 (PAL)

Seitenverhältnis 4:3

Audio-Layer II

Qualität vergleichbar mit VHS Video (also eher schlecht)

Super Video CD

MPEG-2 Video/Audio-Strom

Bildauflösung 480x480 (NTSC), 480x576 (PAL)

Seitenverhältnis 4:3 und 16:9

Audio-Layer II, Mehrkanalton (5.1) prinzipiell möglich

Erfolgreich nur in Ländern *ohne* vorherige VHS-Verbreitung

Hauptmarkt: VR China

# CD-ROM

CD-ROM = CD-Read Only Memory

Standardisiert im Yellow Book

Zweck: Datenablage

(z.B. Archive, Software, aber auch Computerspiele)

Erlaubt höhere Geschwindigkeiten (derzeit bis zu 52x Audio-CD)

Schneller wahlfreier Zugriff

Verwendung eines Dateisystems

Modi:

Mode 1: Im wesentlichen identisch zu Audio-CD, ca. 650 MB pro CD

2048 Byte je Sektor

Mode 2: Verzichtet (teilweise) auf Fehlerkorrektur

z.B. bei Videodaten angemessen

2336 Byte je Sektor

Höhere Kapazität als bei Mode 1 (bis zu 742 MB)

# Dateisysteme für CD-ROM (1)

## ISO 9660:

"High-Sierra" Group-Vorschlag: Kompatibel zu MS-DOS

8 Zeichen + 3 Zeichen Extension für Dateinamen („Level 1“)

## „Joliet“ Extension to ISO 9660:

Nutzt „Secondary Volume Descriptor“ in ISO 9660

Erlaubt Dateinamen und Baumtiefen wie in damals aktuellen MS Windows-Versionen (95/98/2000/XP)

## HFS:

Speziell für Apple Macintosh

31 Zeichen für Dateinamen, 27 für Ordner

"Resource Fork" enthält Informationen zu Erzeuger/Typ einer Datei

## Hybrides Dateisystem:

Kombination von ISO 9660 und HFS

Hinweis: Moderne Apple-Systeme bearbeiten problemlos ISO 9660- und Joliet-Volumes

## Dateisysteme für CD-ROM (2)

UDF (Universal Disk Format):

Von der Optical Storage Technology Association (OSTA) entwickelt, ISO-Standard 13346

Nachfolger und Verallgemeinerung von ISO 9660 mit Multisession-Fähigkeiten

Weit verbreitet für DVD, aber prinzipiell für alle optischen Datenträger möglich

Dateinamen bis 255 Zeichen aus 64000 möglichen Zeichen, Groß- und Kleinschreibung unterstützt

Keine Beschränkung der Verzeichnistiefe

Größenbeschränkungen von ISO 9660 aufgehoben

UDF/ISO-Bridge-Disc:

Kann sowohl als UDF- als auch als ISO-Medium identifiziert werden

# CD-R und CD-RW

## Grundprinzip CD-R (CD-Writeable):

CD-Rohling enthält

zusätzliche Farbstoffschicht

Eingeprägte Leerspür (*pre-groove*) für die Spurführung

Schreiben ("Brennen") erfolgt mit Laser

Farbe wird erhitzt

Erhitzte Stellen verändern Reflexionseigenschaften

Entstehende Blasen entsprechen Pits

## Grundprinzip CD-RW (CD-ReWriteable):

Phase Change Erasable Disc

Reversible Umwandlung des Materials zwischen  
kristallin-geordnet und amorph

Nur begrenzt viele Wiederbeschreibungsvorgänge (ca.1000)

Mit älteren Audio-CD-Spielern inkompatibel



# Schreibmodi, Multi-Session CDs

Schreibmodi:

- *Track at once (TAO)*: CD wird Track für Track gebrannt, Laser dazwischen ausgeschaltet

*Program Memory Area (PMA)* für Zwischenspeicherung des Inhaltsverzeichnisses

- *Disc at once (DAO)*: Ganze CD wird in einem kaum unterbrechbaren Vorgang gebrannt

z.B. für Audio-CDs und Master-Produktion

Eine *Session* wird definiert durch Lead-in- und Lead-out-Bereiche

Bei CD-DA: eine Session pro CD (*single session*)

Bei CD-ROM:

prinzipiell mehrere Sessions möglich

d.h. nach Lead-out startet neues Lead-in

Praktische Anwendung:

Ergänzung bereits geschriebener CDs (auch CD-R, nicht nur CD-RW)

Ältere Lesegeräte und alle Audio-Player geben nur die erste Session wieder

# 4. Audiotechnik und Tonbearbeitung

4.1 Grundlagen der Audiotechnik

4.2 Analoge Audiotechnik

4.3 Raumklang

4.4 Digitale Audiotechnik

4.5 Digitale Rundfunktechnik

4.6 CD und verwandte Speichertechnologien



CD, DVD, BD

Literatur:

Henning Abschnitte 8.4 und 8.5

Johannes Webers: Handbuch der Film- und Videotechnik, 7. Auflage,  
Franzis-Verlag 2002, Teil F

Jim Taylor: DVD Demystified, 2nd ed., McGraw-Hill 2001

# Wann wurden diese Video-Discs produziert?



[bowlingtrophy.wordpress.com](http://bowlingtrophy.wordpress.com)

# Geschichte der Bildplatten

1927: Erste experimentelle Bildplatten (Baird)

1970: TED-Bildplatte von AEG/Telefunken

Weiterentwicklung der mechanischen Schallplatte,  
"Tiefenschrift"

Ab 1965: Entwicklung eines Bildplattensystems bei RCA

RCA "SelectaVision Video Disc" wurde 1981-1985 erfolgreich  
vermarktet (Millionenabsatz von Titeln)

Schallplattenprinzip, Abtastung von Tiefenschrift kapazitiv

1972: Philips' Demonstration eines Laser-Disc-Prototypes

1978: Philips Laser-Vision Bildplatten

1987: Video-CD

ursprünglich nur wenige Minuten Video

dank MPEG-Kompression bis zu 75 Minuten

Super-Video-CD arbeitet mit MPEG-2 (bessere Auflösung, Mehrkanal)

1997: DVD (Digital Video Disc, Digital Versatile Disc)



1981  
[www.cedmagic.com](http://www.cedmagic.com)  
capacitance electronic disk

# Video-Discs und Videobänder

Videobänder haben die frühe Verbreitung von Video-Discs behindert

1975: Sony Betamax-System

1976: JVC VHS-System

1970-1978: Entstehung von Video-Disc-Systemen

Ab ca. 1977 massive Verbreitung von VHS, Videoverleih

1976: Rechtsstreit zwischen MCA/Universal und Sony über privates Video-Kopieren, von Sony gewonnen

# Geschichte der DVD

1994: Hollywood-Filmfirmen und Matsushita & Sony schlagen vor, einen neuen weltweiten Standard für digitales Video auf optischen Medien zu schaffen

1994-1995: Komplexer Systemstreit zwischen “Multimedia CD MMCD” (Sony/Philips) und “Super Disc SD” (Hitachi, Matsushita, JVC, Pioneer u.a.)

1995: Kompromiss unter Druck der Computerindustrie  
4,7 GB statt möglicher 5 GB (SD Spezifikation)

Henk Both, Philips: “Certainly I don’t think that these players will replace the videocassette recorder.”

1996: Filmindustrie erzwingt den Einbau von  
Kopierschutztechnologie (CSS) in den DVD-Standard

1997: DVD-R, DVD-RAM

1999: DVD-Audio, DVD-RW

2002: DVD+R

# DVD

## Digital Versatile Disc

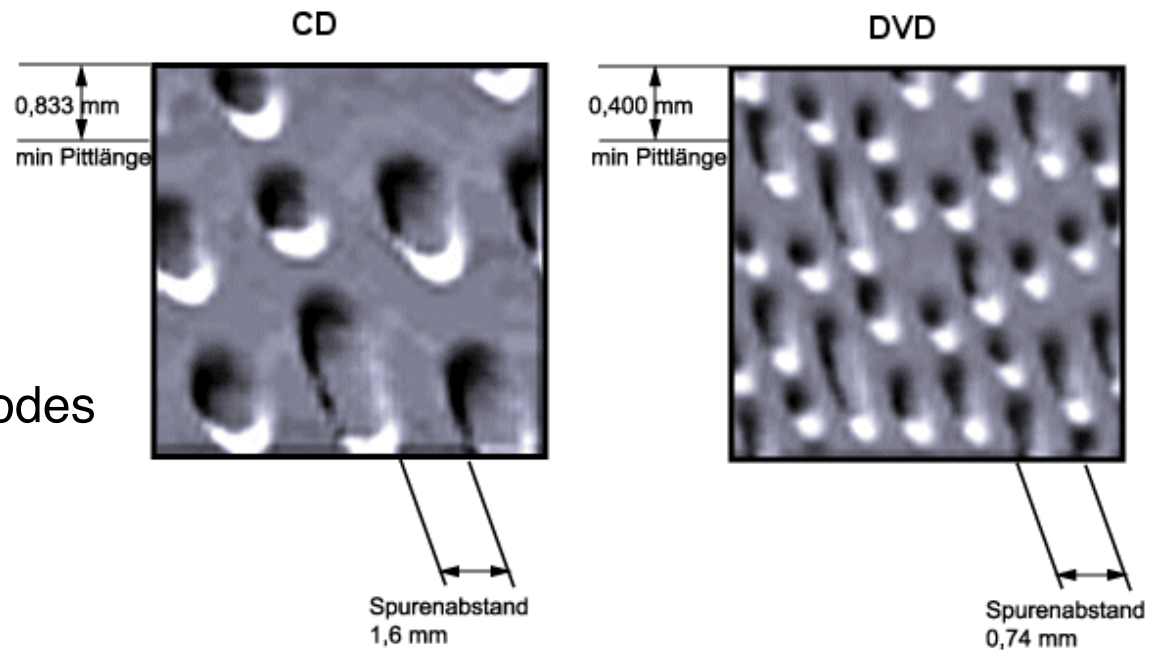
Spezifikation im August 1997 veröffentlicht

Hardware-kompatibel mit den gängigsten CD-Formaten

wesentlich höhere Kapazität

Dateiformat UDF

- kleinere Pits
- kleinerer Spurabstand
- Bessere Platzausnutzung
- weniger Parity-Bits
- Weglassen der Subcodes
- Kopierschutz



# Content Scrambling System CSS

Verhindert Abspielen auf nicht lizenzierten Geräten (nicht das Kopieren)

Einzelne Sektoren des audiovisuellen Signals werden so verschlüsselt, dass *title key* und *disc key* benötigt werden

- *Sector/Title key* wird im Sektoren-Header gespeichert, der von DVD-ROM Laufwerken nicht gelesen wird
- *Disc key* wird in der *control area* der Disk verschlüsselt gespeichert

409 *player keys*:

Jeder CSS-Lizenznehmer erhält einen *player key* (im Abspielgerät gespeichert)

Disk key liegt auf jeder DVD in 409 Varianten (mit *player keys* verschlüsselt)

CSS-Algorithmus

verschlüsselt *title key* auf Basis des *disk key*

Player key nötig, um disk key zu erhalten

1999, MoRE und Jon Johansen (Norwegen): DeCSS

Nutzte Schwäche des *Xing Players* aus

- *player keys* mittlerweile bekannt und ermittelbar



# Varianten der DVD-ROM

## DVD-5:

einseitig, eine Schicht

4,7 GB

## DVD-10:

zweiseitig, muss man wenden

9,4 GB

## DVD-9

zwei Schichten

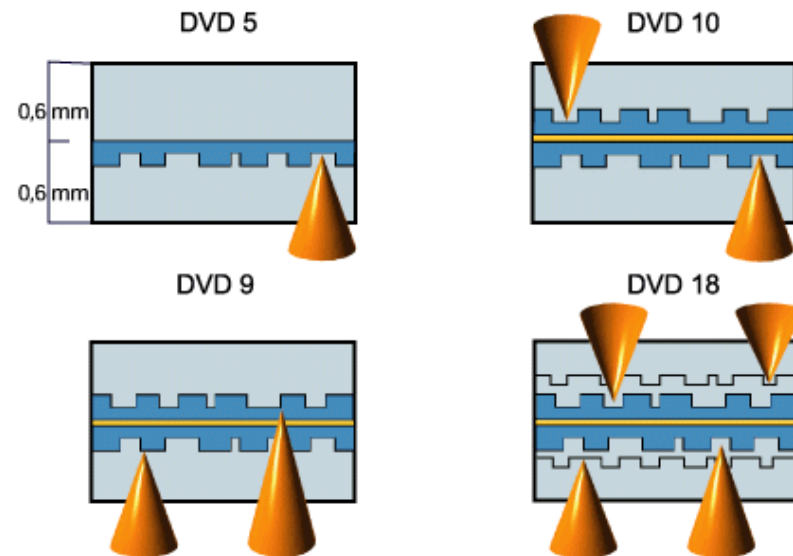
8,5 GB

## DVD-18

zwei Schichten

zweiseitig, muss man wenden

17 GB



© tecChannel.de

Inhaltsbezogen:

- Video-DVD
- Audio-DVD
- Daten-DVD

# DVD-RAM, DVD-R, DVD-RW, DVD+R, DVD+RW, DL

Für wiederbeschreibbare DVDs viele konkurrierende Standards:

DVD-RAM:

- auf Datenanwendungen ausgelegt, auch doppelseitig, 4,7 oder 9,4 GByte
- sehr oft (100.000 mal) wiederbeschreibbar
- verschiedene Varianten, teilweise nicht kompatibel mit Video-DVD-Spielern

DVD-R, DVD-RW:

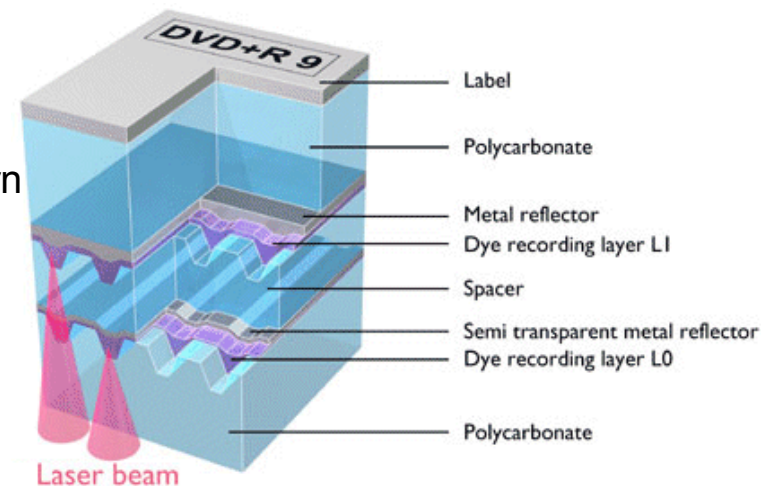
- 4,7 GByte, ähnlich zu CD-R und CD-RW, Wiedergabe von DVD-RW auf Video-DVD-Spielern oft problematisch

DVD+R, DVD+RW:

- Inkompatibles Alternativformat zu DVD-RW
- Gehörte lange *nicht* zur DVD-Familie !
- Bessere Kompatibilität zu Video-DVD-Spielern
- Zielmarkt: DVD-basierte Videorecorder
- Siehe [www.dvdrw.com](http://www.dvdrw.com)

Dual-Layer (DL):

- Seit 2003:  
Zweischicht-Technologie (8,5 GB)  
auch für Brenner



# 4. Audiotechnik und Tonbearbeitung

4.1 Grundlagen der Audiotechnik

4.2 Analoge Audiotechnik

4.3 Raumklang

4.4 Digitale Audiotechnik

4.5 Digitale Rundfunktechnik

4.6 CD und verwandte Speichertechnologien

CD, DVD, BD



Literatur:

Henning Abschnitte 8.4 und 8.5

Johannes Webers: Handbuch der Film- und Videotechnik, 7. Auflage,  
Franzis-Verlag 2002, Teil F

Jim Taylor: DVD Demystified, 2nd ed., McGraw-Hill 2001

# Nachfolgesysteme für DVD - HD-DVD vs. BD

2002: Gründung Blu-ray Disc Foundation (später Association)

Hitachi, LG, Panasonic, Pioneer, Philips, Samsung, Sharp, Sony,  
Thomson und andere

2004: Gründung HD-DVD Promotion Group (aus DVD Forum)

Toshiba, NEC, Sanyo, Memory-Tech Corporation, Microsoft, RCA, Intel,  
Venturer Electronics und andere

Technisch inkompatible Systeme

Anfang 2005: Gespräche zwischen beiden Seiten

Keine Einigung bzgl. Plattform für interaktive Inhalte

Blu-ray: BD-J, Java (Sun)

HD DVD: HDi (aka iHD), ECMAscript, XML (Microsoft)

18. April 2006: Einführung HD-DVD, 20. Juni 2006: Einführung BD (USA)

2006/2007: Sony Playstation 3 mit Blu-ray-Laufwerk

4. Januar 2008: Warner Bros. entscheidet sich für Blu-ray Disc

15. Februar 2008: Wal-Mart listet HD-DVDs aus

19. Februar 2008: **Toshiba stellt HD-DVD ein**

# BluRay-Disc (BD)

Blaue Laser mit 405 nm Wellenlänge

## Blu-Ray Disc (BD)

12 Firmen: Matsushita, Sony, Philips, Apple, LG,  
Samsung, Hitachi, Sharp, Thomson, Pioneer, Dell, HP

Einfache Kapazität ca. 25 GB (Dual Layer 50 GB)

Experimentelle Versionen (8 Schichten) bis 200 GB

Schutzschicht über der Datenschicht nur 0.1 mm dick

anfangs Schutzhülle ("Cartridge") benötigt

"Protective Coating" gegen Kratzer

Von Anfang an beschreibbare Version mit vorgesehen

## Markteinführung 2006:

Sony PlayStation 3 (Herbst 2006)

Blu-Ray Player ab Weihnachten 2006

# BD-Kopierschutz

## AACS (Advanced Access Content System)

Mehrfach verschlüsselte Schlüssel (AES)

Kompromittierte Schlüssel können zurückgerufen werden

Volume-ID ist nötig zum  
entschlüsseln, kann mit  
Consumer-Hardware  
nicht kopiert werden

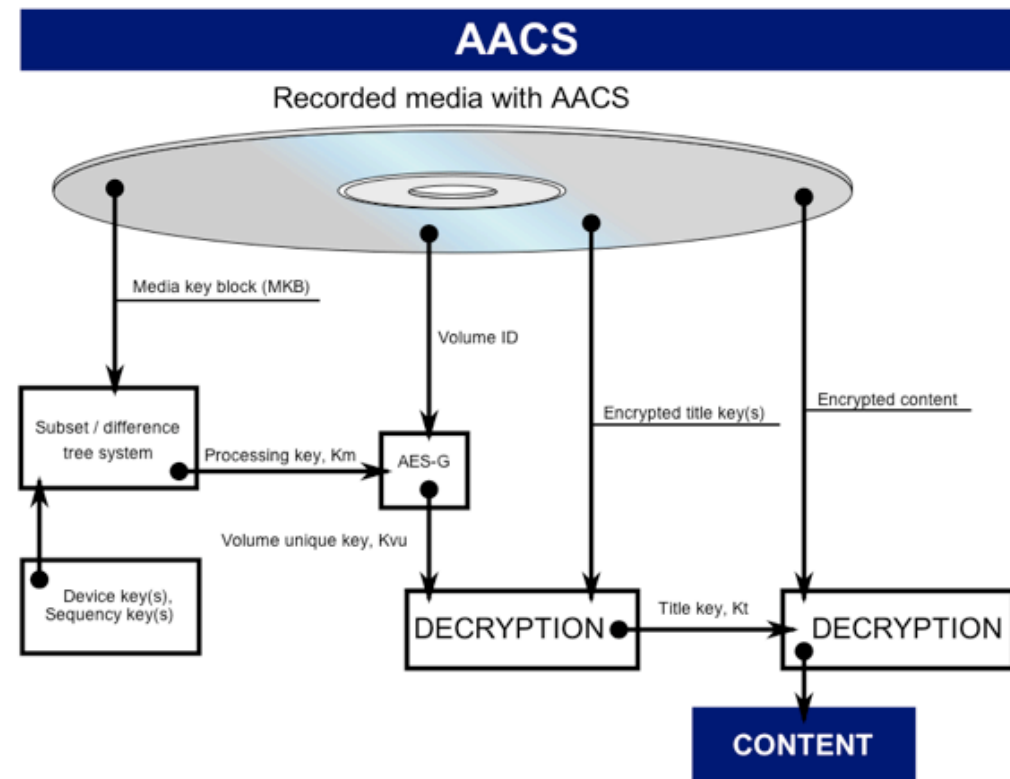
inzwischen geknackt

## BD+

Virtuelle Maschine auf BD

Programm in VM  
untersucht System auf  
Kompromittierung

inzwischen geknackt



# BD-J

Java ME (CDC Basis-Profil)

Grundelement: Xlets - Java Applets die pausiert werden können

Verwendet existierende APIs (Java TV, AWT, GEM / MHP,...)

Features:

- Synchronisation mit Video

- Reaktion auf Events (z.B. Fernbedienung)

- Netzwerk-Support

- Java Security Model

- GUI-Bibliothek (Havi)

Dokumentation verteilt, kaum Tools

Zentrales Portal: HD Cookbook ([hdcookbook.dev.java.net](http://hdcookbook.dev.java.net))

GRIN: Szenengraph für BD-J

# Beispiel BD-J

```
import javax.tv.xlet.Xlet;
import javax.tv.xlet.XletContext;
import java.awt.*;
import org.havi.ui.HScene;
import org.havi.ui.HSceneFactory;

public class FirstBDJApp implements Xlet {

    private static Font font;
    private HScene scene;
    private Container gui;
    private String text = "My first BD-J app!";

    public FirstBDJApp() {}

    public void startXlet() {
        gui.setVisible(true);
        scene.setVisible(true);
    }

    public void pauseXlet() {
        gui.setVisible(false);
    }

    public void destroyXlet(boolean unconditional)
    {
        scene.remove(gui);
        scene = null;
    }

    public void initXlet(XletContext context) {
        font = new Font(null, Font.PLAIN, 48);
        scene = HSceneFactory.getInstance()
            .getDefaultHScene();
        gui = new Container() {
            public void paint(Graphics g) {
                g.setFont(font);
                g.setColor(new Color(45, 45, 45));
                g.drawString(text, 500, 500);
            }
        };
        gui.setSize(1920, 1080);
        scene.add(gui, BorderLayout.CENTER);
        scene.validate();
    }
}
```



# Die Perspektive auf längere Sicht

Hitachi/Maxwell 2005:

200 Layer-Disc mit Terabyte-Kapazität

HVD (Holographic Versatile Disc)

2 Laser (rot und blau-grün)

Schreib-/Lese-Laser, Addressierungs-Laser

Ca. 1 TeraByte Kapazität

Multiplexed optical recording (Swinburne Uni, 2009)

Polarisation von Licht an nanometergroßen Goldpartikeln

Ca. 10 TByte Kapazität auf DVD-großer Scheibe

Langfristige Zukunft optischer Speichermedien unklar

Kurze Innovationszyklen, Machtkämpfe von Industrie-Allianzen

Konkurrenz durch Halbleiterspeicher, Festplatten (Media Server)  
und Online-Angebote