

# A5. Schnittstellen und Speichermedien

A5.1 Schnittstellen für Computerperipherie

A5.2 Halbleiterspeicher

A5.3 Magnetische Speicher

A5.4 Optische Speicher: CD und DVD



CD

DVD

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

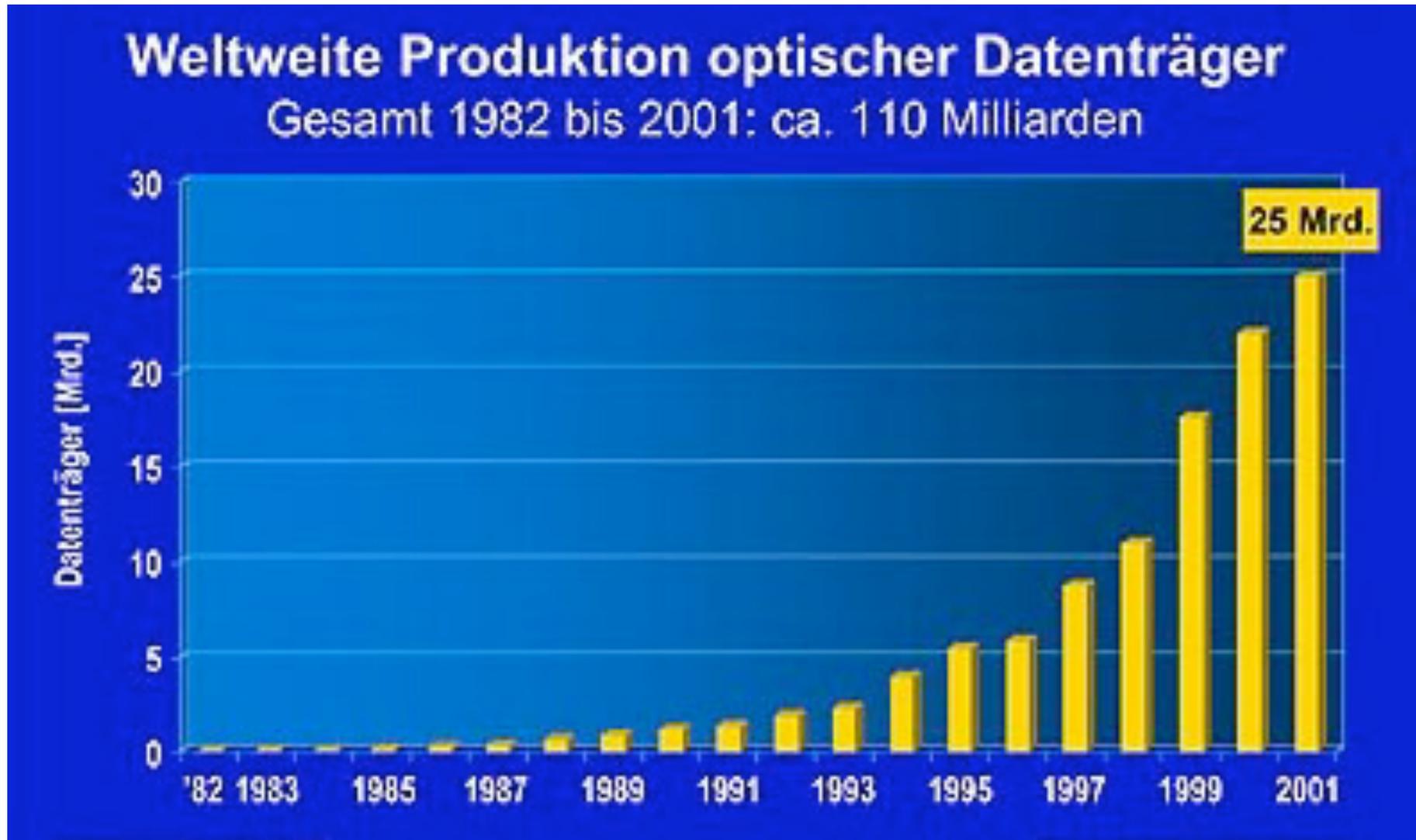
# Kurze Geschichte der Speichermedien

- 1801: Joseph-Marie Jacquard: Steuerung von Webmaschinen für komplexe Muster durch Metallplatten mit gestanzten Löchern
- 1834: Charles Babbage, “Analytical Engine” nutzt Lochkarten als Speicher (nicht wirklich gebaut)
- 1890: Herman Hollerith, Lochkarten für U.S.-Volkszählung
- Später auch Lochbänder
- Die Idee, Löcher zur Speicherung zu verwenden, ist immer noch die Basis von CD, DVD und ihren Nachfolgemedien!
- 1951: UNIVAC I, Magnetbänder
- 50er Jahre: Magnettrommeln und -Scheiben
- 70er Jahre: Austauschbare flexible Magnetscheiben (floppy disks)
- 80er Jahre: Hochdichte Magnetspeicherung (Bernoulli-Prinzip) und magneto-optische (MO) Speicherung
- Seit 1982, Siegeszug der “CD” (Compact Disc)

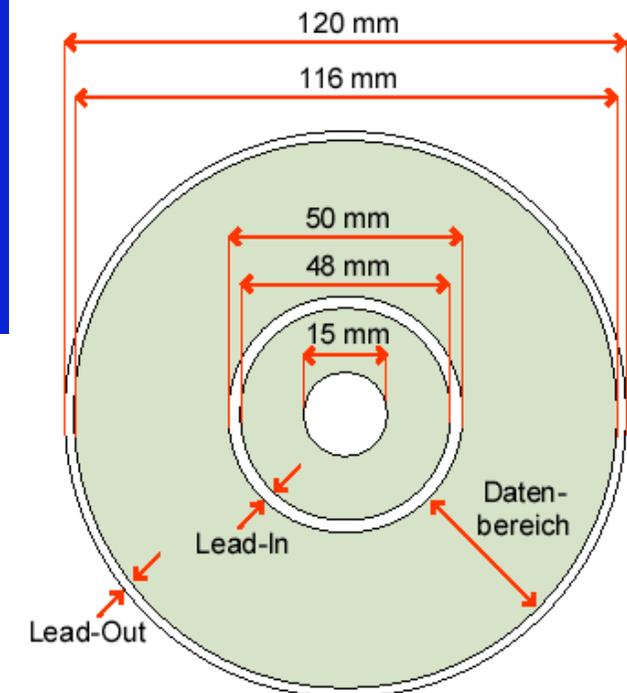
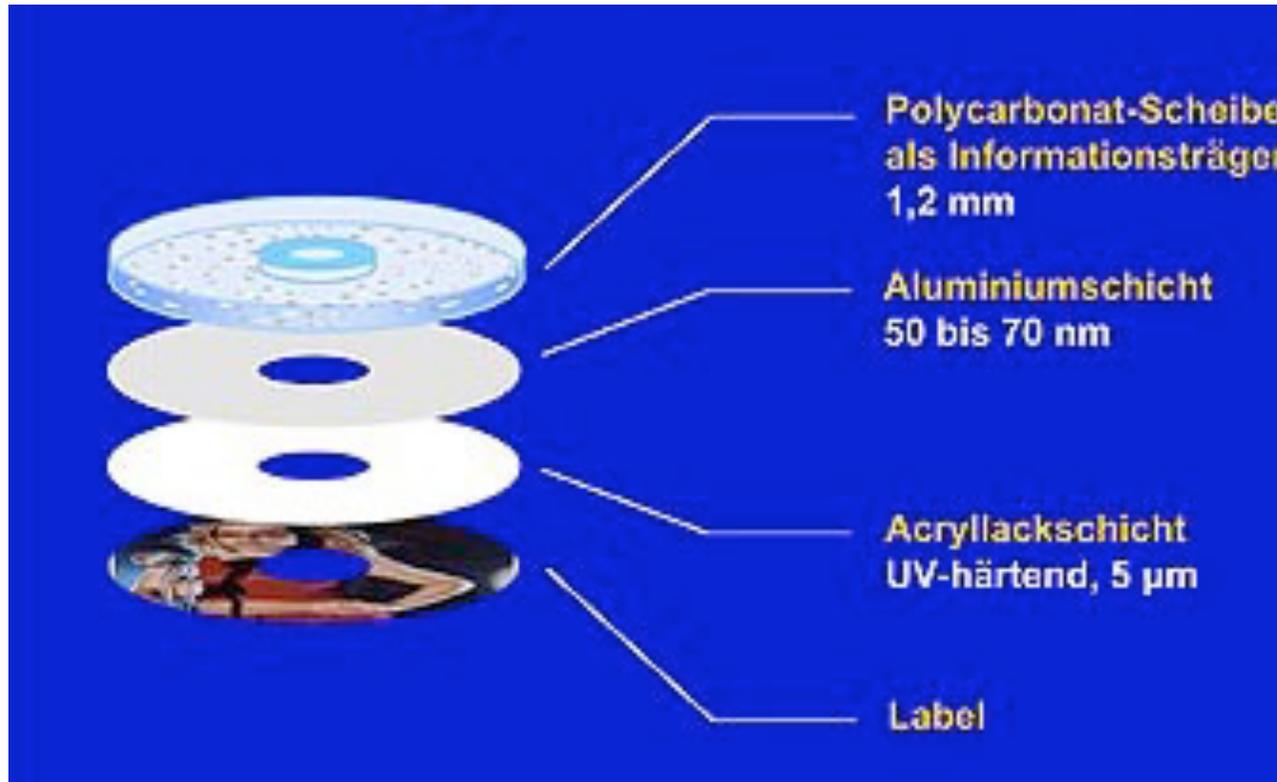
# Geschichte der optischen Speicher

- 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 (CD-DA) durch **SONY** und **PHILIPS**
  - Erste fünf Jahre: 30 Mio. Abspielgeräte und 450 Mio. Tonträger verkauft
- 1984: Einführung der Daten-Variante CD-ROM
- 1995: Einführung wiederbeschreibbarer CD-Varianten
- 1997: Einführung der DVD

# Wachstumsmarkt optische Datenträger



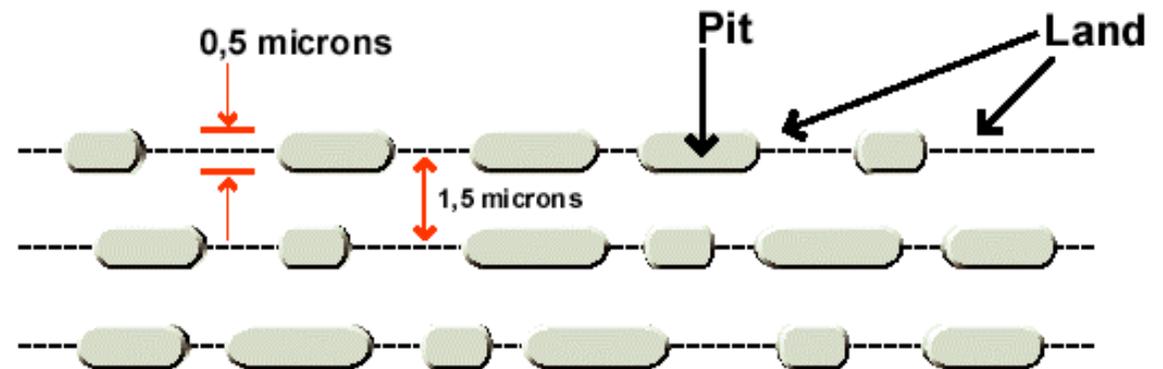
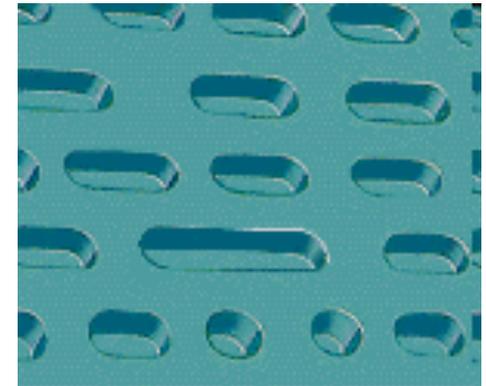
# Physikalischer Aufbau der CD



- 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.  $0,5-0,6 \mu\text{m}$

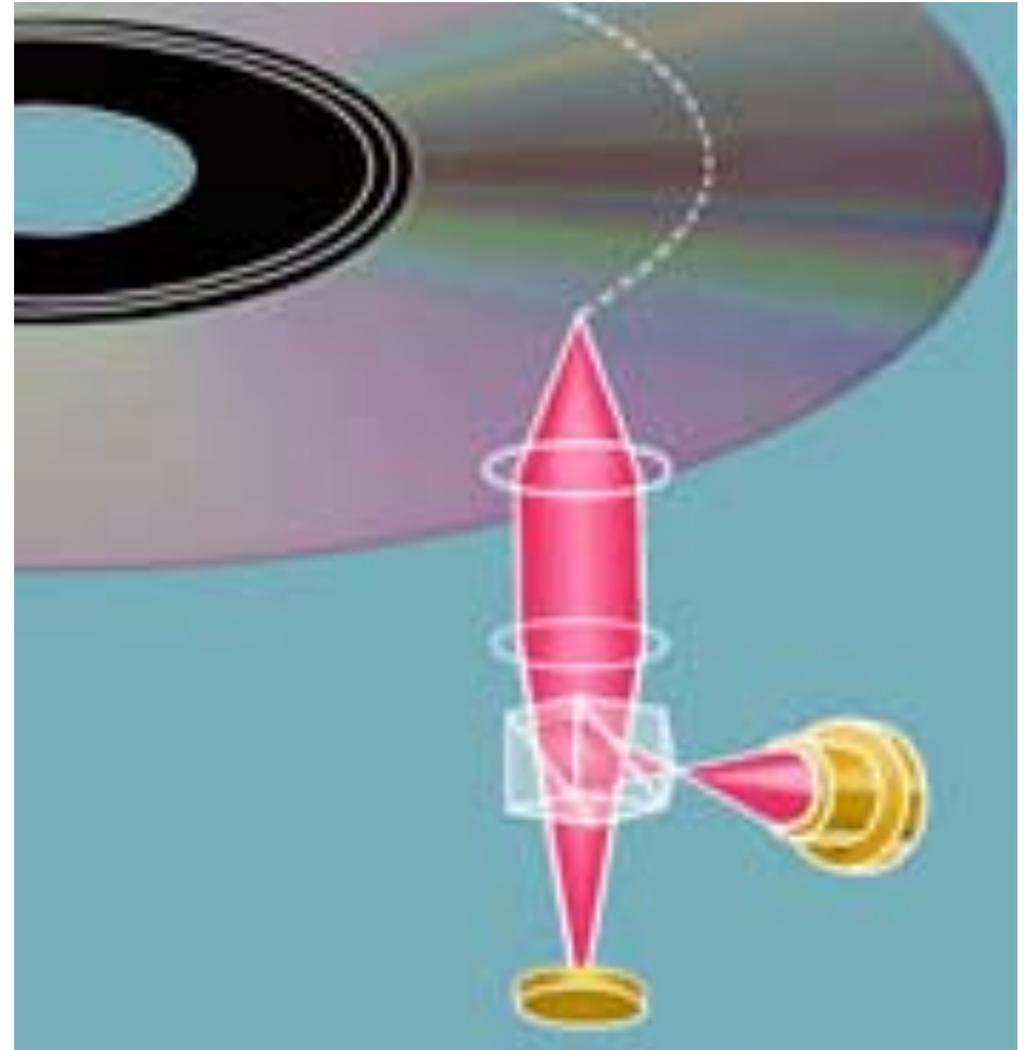


# Produktion von CDs

- 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 Rohlingen mit Laserlicht, siehe CD-R, CD-RW

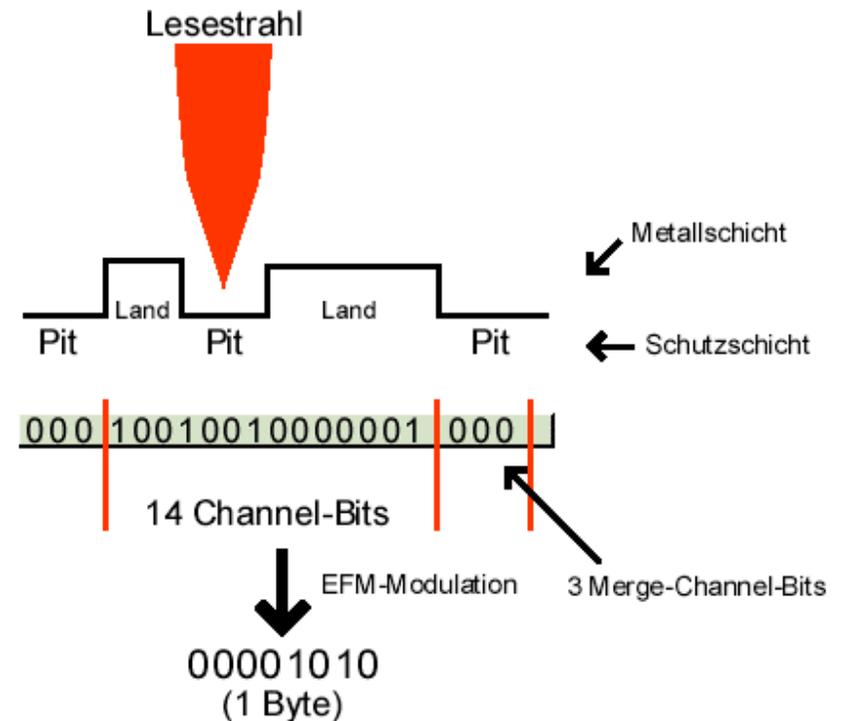
# Auslesen der Information

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



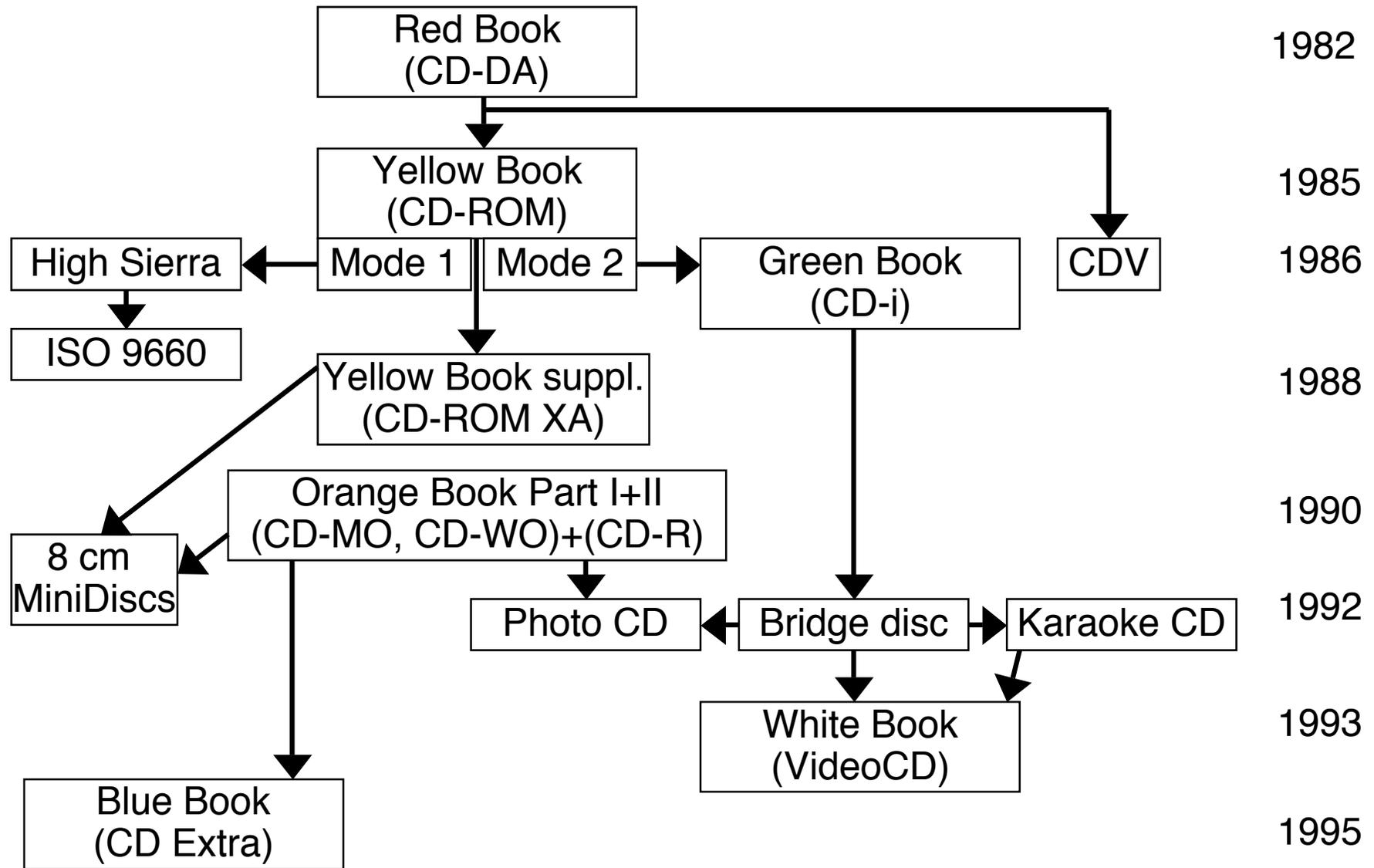
# EFM

- Der ausgelesene Datenstrom erzeugt eine logische "1" beim *Wechsel* zwischen Land und Pit (*channel bit*, vs. implizite *null bits*)
  - es gilt **nicht** eine einfache Korrelation wie Land = 1, Pit = 0 oder umgekehrt!
- Konsequenz für Codierung:
  - Um zu kurze Pits/Lands zu vermeiden, braucht man eine bestimmte Anzahl von "0" zwischen zwei aufeinanderfolgenden "1" (Konvention: mind. 2)
  - Um die Synchronisation noch zu ermöglichen, darf es keine zu langen Pits/Lands geben (Konvention: max. 11 mal "0" zwischen aufeinanderfolgenden "1")



- Eight-To-Fourteen-Modulation (EFM):
  - 8 Datenbits durch 14-Bit-Muster abgebildet
    - »Beispiele:  
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

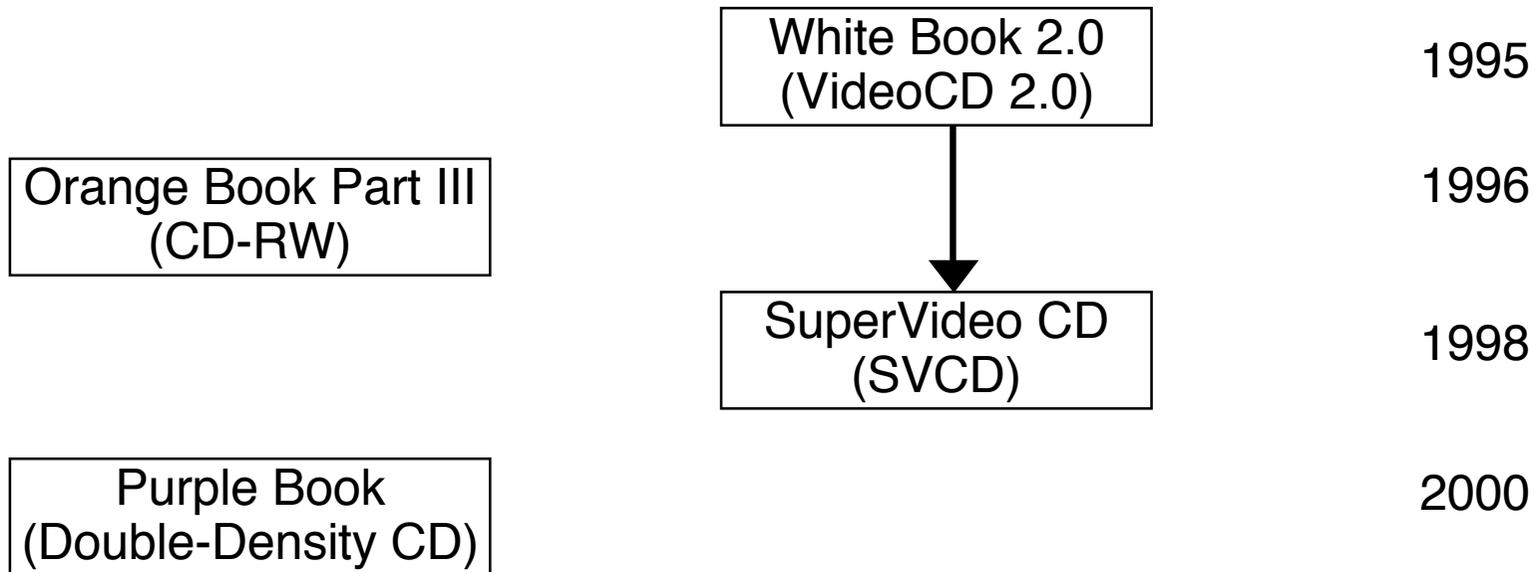
# CD-Formate (1)



# Bunte Bücher

- Traditionell werden die verschiedenen CD-Formatstandards nach der Farbe ihrer Eingänge bezeichnet, z.B.:
  - Red Book: CD-DA (Digital Audio)
  - Yellow Book: CD-ROM
    - » In Supplement „XA“: Vermischung von (abwechselnd) Daten, Grafik, Audio
  - 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)
    - » multi-session, Daten und Musik

# CD-Formate (2)

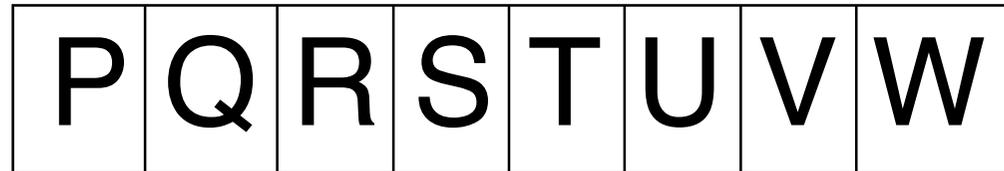


# Audio-CD: Frames und Sektoren

- Kleinste Informationseinheit: *Frame*
  - Daten (6 Audio-Samples) + Synchronisation + Fehlerkorrektur + Sub-Channels (sh. unten)
  - Auflösung für Audio-Samples: 16 Bit
- *Sektor*: 98 Frames
  - Abgespielt werden  $75 \text{ Sektoren/s} = 75 \cdot 98 \text{ Frames/s} = 7350 \text{ Frames/s} = 44.100 \text{ Samples/s} = 44.1 \text{ kHz Sampling Rate}$

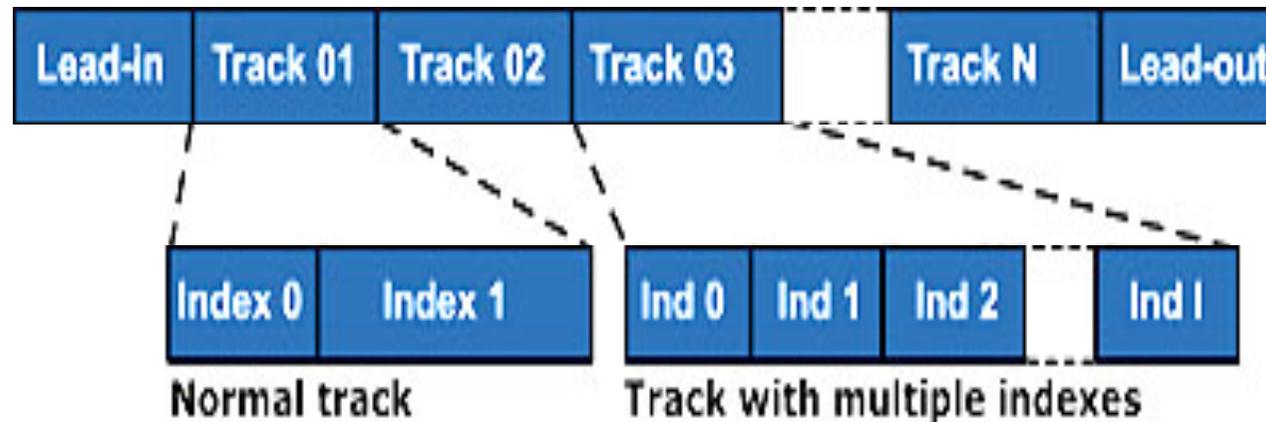
Verwendung	Channel-Bits
Synchronisation	$24 + 3 = 27$
Control-Byte für Sub-Channels	$14 + 3 = 17$
Daten	$24 * (14 + 3) = 408$ $24 = 6 \text{ Samples} * 2 \text{ Kanäle} * 2 \text{ Byte/Sample}$
Fehlerkorrektur	$8 * (14 + 3) = 136$
$\Sigma$	588

# 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

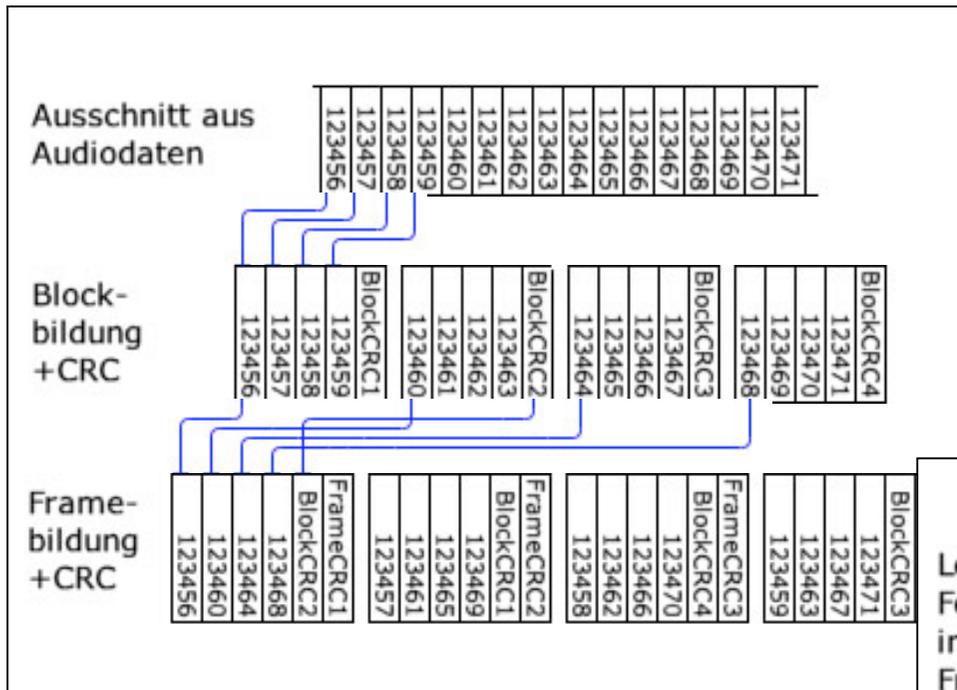


- ISRC = International Standard Recording Code (ISO 3901)
- Ermöglicht die Identifikation von Audio- und Videoaufnahmen
- Die Information befindet sich im Q-Channel der Control-Bytes und enthält 12 Zeichen:

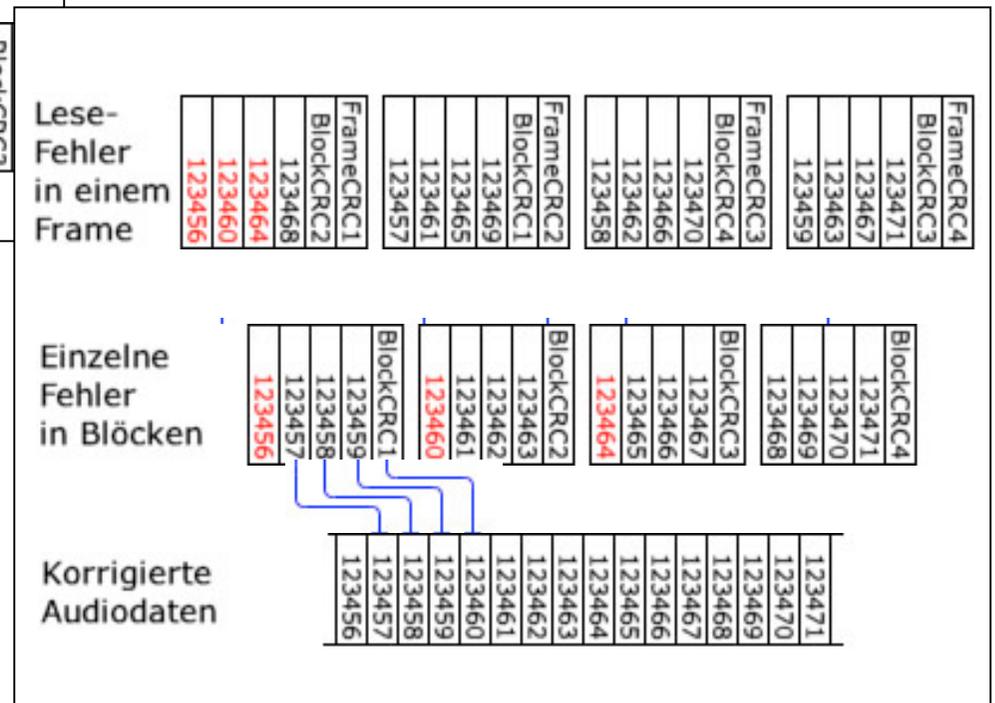
Länge	Beschreibung
2	Land (DE, UK, ...)
3	Produktionsfirma
2	Aufnahmejahr
5	Kennzeichnungscode

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

# Fehlerkorrektur (1)



- Cyclic Redundancy Check (CRC) Bytes hinzugefügt
  - 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

# Kopierschutz bei Audio-CDs

- 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
  - 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
  - Wird (2006) wieder weniger verwendet, da eher unpopulär
- Moderne Ansätze:
  - Integration mit Digital Rights Management (DRM)
  - Zugang zu komprimierter Zweitversion (auf CD oder im Web)

# 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, insgesamt 656 MB pro CD
  - Mode 2: Verzichtet (teilweise) auf Fehlerkorrektur
    - » z.B. bei Videodaten angemessen
    - » Höhere Kapazität als bei Mode 1 (bis zu 742 MB)

# Dateisysteme für CD-ROM

- 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 derzeit 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: Modernere Apple-Systeme bearbeiten problemlos ISO 9660- und Joliet-Volumes

# 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
- Trend derzeit noch unklar:
  - Vereinheitlichung: universelle Datenträger, PC-basiert
  - Spezialdatenträger mit extrem einfacher Bedienung (z.B. weitgehend automatisierte Slideshow am Fernseher über CD/DVD-Spieler)

# CR-R und CD-RW

- Grundprinzip CD-R (CD-Writeable):
  - CD-Rohling enthält
    - » zusätzliche Farbstoffschicht
    - » Eingeprägte Leerspur (*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 Eraseable Disc
  - Reversible Umwandlung des Materials zwischen kristallin-geordnet und amorph
  - Nur begrenzt viele Wiederbeschreibungsvorgänge (derzeit ca.100)
  - 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

# A5. Schnittstellen und Speichermedien

A5.1 Schnittstellen für Computerperipherie

A5.2 Halbleiterspeicher

A5.3 Magnetische Speicher

A5.4 Optische Speicher: CD und DVD

CD

DVD



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 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 heute bis zu 75 Minuten
  - Super-Video-CD arbeitet mit MPEG-2 (bessere Auflösung, Mehrkanal)
- 1997: DVD (Digital Video Disc, Digital Versatile Disc)



1981

# 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
- VHS-Qualität ist auch auf CD möglich
  - Video-CD, SuperVideo CD (SVCD)
  - Extrem erfolgreich in Ländern *ohne* vorherige VHS-Verbreitung
  - Beispiel: VR China

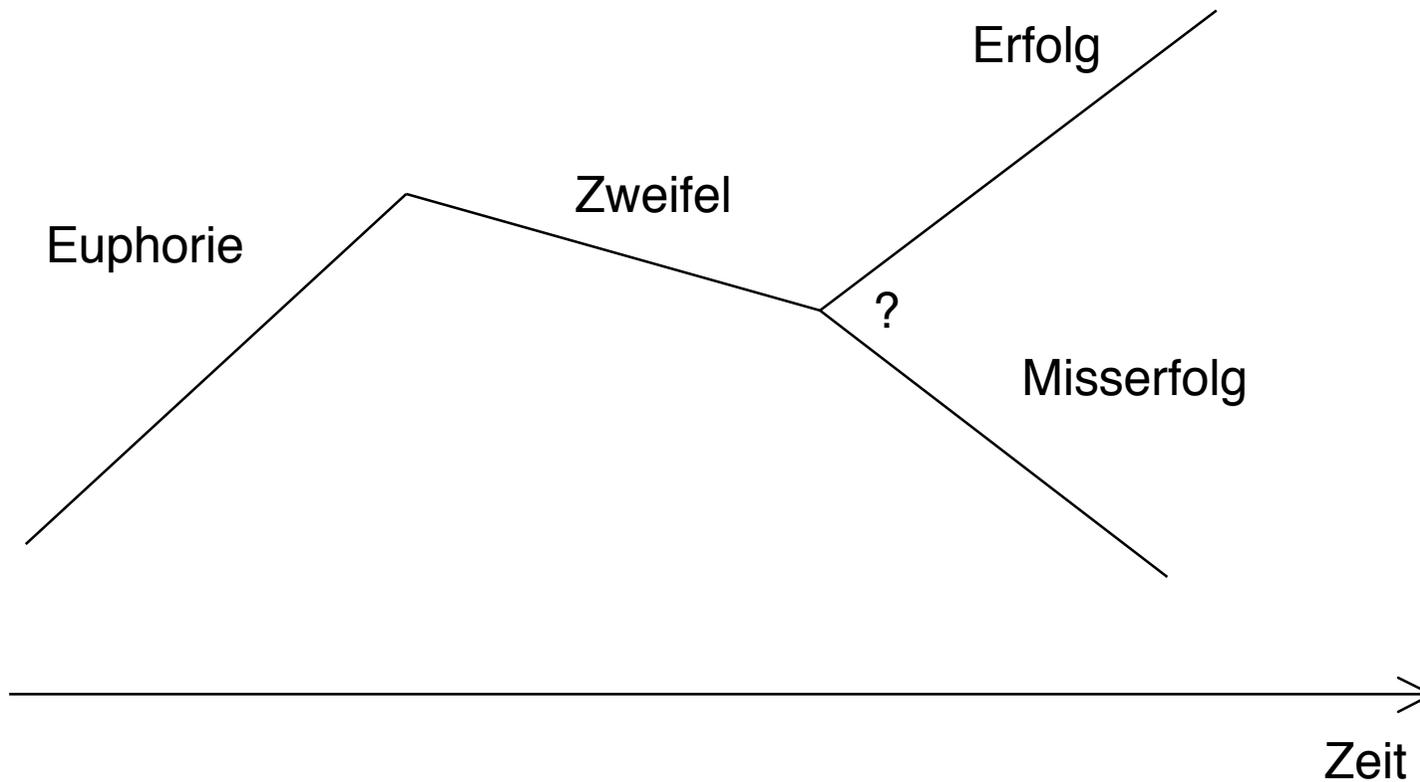
# Geschichte der DVD

- 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

# Divx

- 1997: Digital Video Express kündigt elektronischen Videoverleih an
- Idee:
  - Niedriger Standard-Preis von Divx-Discs (digitale Kinofilme) ermöglicht die volle Nutzung für 48 Stunden vom ersten Abspielen an
  - Die Nutzung für jeweils weitere 48 Stunden zu einem späteren Zeitpunkt kostet Zusatzgebühren
  - “Abonnement” für unbegrenztes Abspielen kaufbar
- Ökonomisch sinnvoll
- Technisch schwierig: Rückkanal
  - Variante: “Wegwerf-DVDs”, werden 48 Stunden nach Öffnen unbrauchbar
- Große Protestwelle
  - Letztlich erfolglos

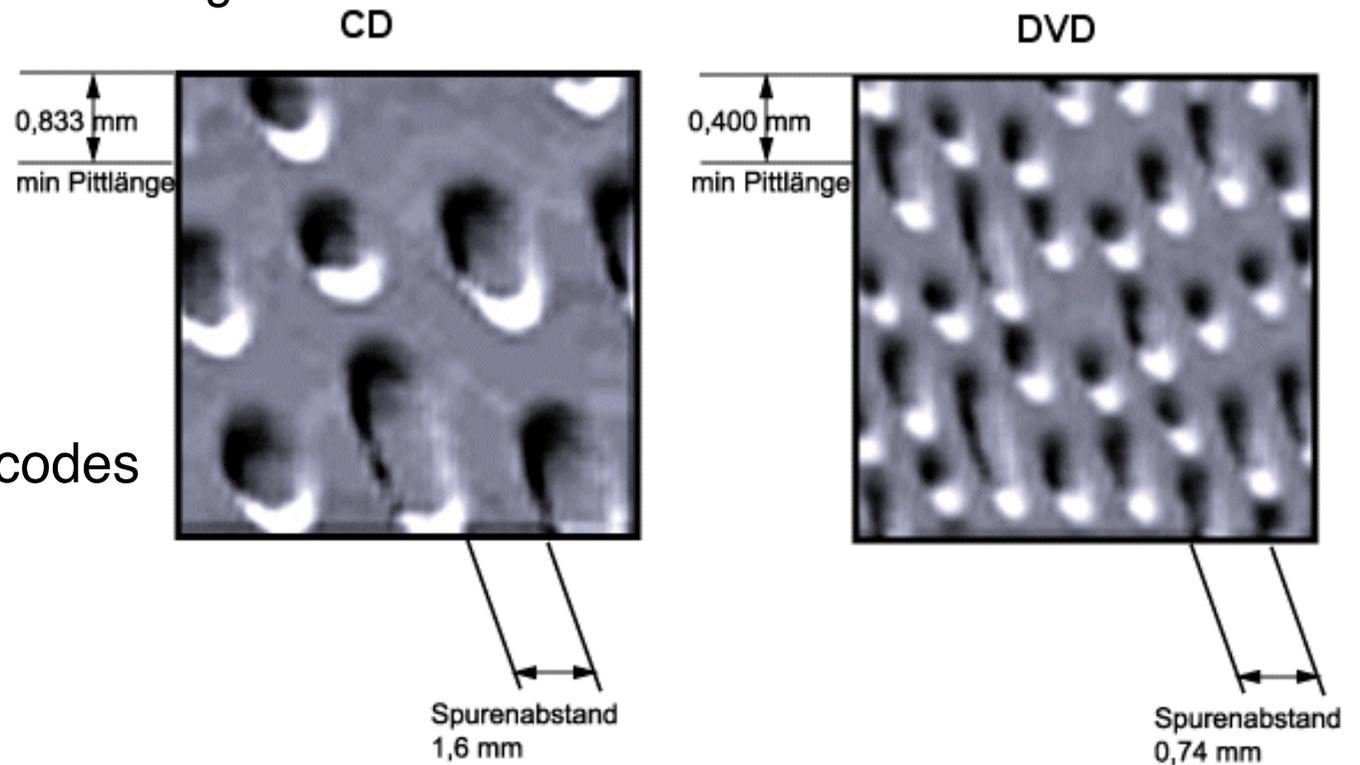
# Lebenszyklus neuer Technologien



# DVD

- Digital Versatile Disc
  - Spezifikation im August 1997 veröffentlicht
  - Hardware-kompatibel mit den gängigsten CD-Formaten
  - wesentlich höhere Kapazität
  - Dateiformat UDF (Universal Disk Filesystem): Verallgemeinerung von ISO 9660 mit Multisession-Fähigkeiten

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

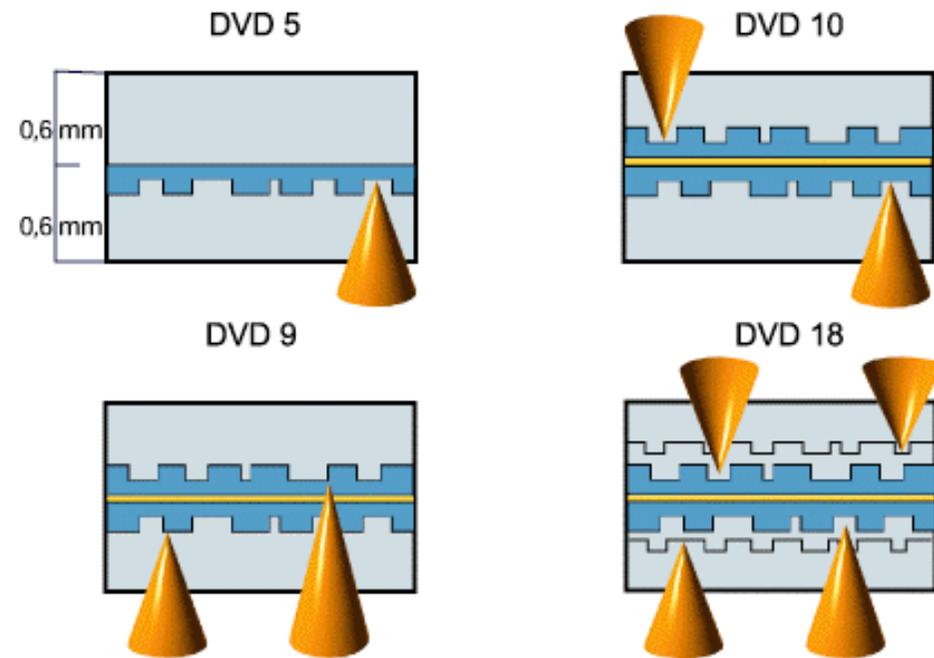


# Content Scrambling System CSS

- 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
  - Nutzt 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

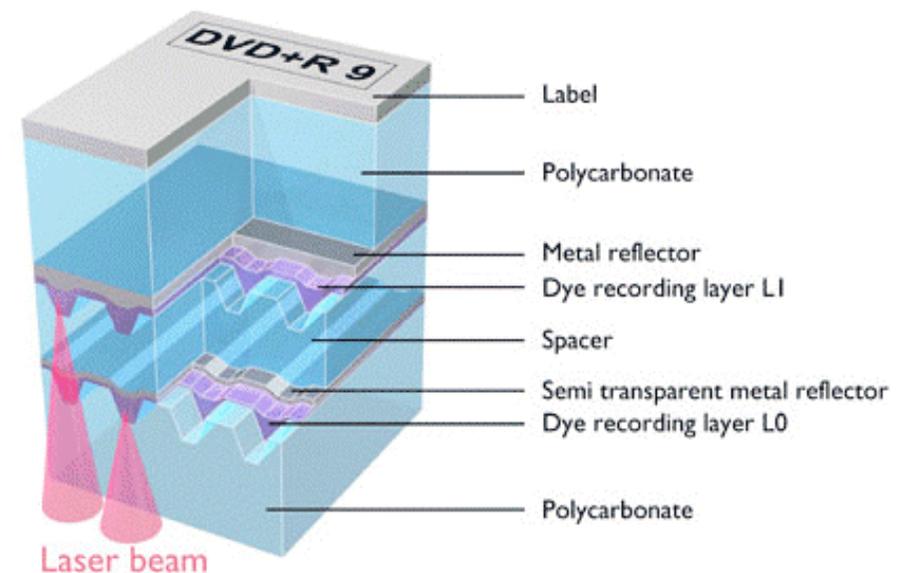


© tecChannel.de

- 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
  - Gehört **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



# Nachfolgesysteme für DVD (1)

- 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
  - Anfangs Schutzhülle (“Cartridge”) benötigt, aktuell (2006) nicht mehr
  - Von Anfang an beschreibbare Version mit vorgesehen
- Markteinführung 2006:
  - Sony PlayStation 3 (Herbst 2006)
  - Blu-Ray Player ab Weihnachten 2006
- Kopierschutz
  - Derzeit noch in Diskussion
- Blu-Ray-Disc Java
  - Ersetzt DVD-Menüs



# Nachfolgesysteme für DVD (2)

- Blaue Laser mit 405 nm Wellenlänge
- **HD-DVD** (früher: Advanced Optical Disk)
  - HD-DVD Promotion Group, ca. 100 Firmen
    - » U.a . NEC, Microsoft, Toshiba, Intel, IBM, Time Warner
  - Einfache Kapazität 15 GB
  - Ohne Schutzhülle
  - Angeblich einfacher herzustellen als BD (kompatibler mit DVD)
- Advanced Content
  - Daten aus externen Quellen (z.B. Internet) ladbar
  - JavaScript Programme für Menüs etc.



# 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
  - Interferenz ausgenutzt
    - » Amplitude und Phase gespeichert
  - Ca. 1 Terabyte Kapazität
- Optische Speichermedien haben eine langfristige Zukunft
  - Innovationszyklen werden immer kürzer
  - Problem: Machtkämpfe der Industrie-Allianzen