

4. Audiotechnik und Tonbearbeitung

4.1 Analoge Audiotechnik

4.2 Mehrkanaltechnik

4.3 Digitale Audiotechnik

4.4 Digitale Rundfunktechnik 

4.5 Optische Speichermedien

Literatur:

www.digitalradio.de

www.dabworld.org

Politische Absichtserklärungen

Berlin/Brüssel, 24.05.**2005** um 16:38

"Die Europäische Kommission hat die Mitgliedstaaten heute dringend aufgefordert, den Übergang vom analogen zum digitalen Rundfunk zu beschleunigen. [...]

Die Kommission erwartet, dass der Übergang zum digitalen Rundfunk 2010 weit fortgeschritten sein wird. Als Frist für die Abschaltung des herkömmlichen analogen terrestrischen Rundfunks schlägt sie Anfang 2012 vor. Zudem fordert die Kommission ein koordiniertes Konzept, um die frei gewordenen Frequenzen EU-weit verfügbar zu machen."


<http://www.eu-kommission.de/html/presse/pressemeldung.asp?meldung=5655>

"Angesichts der Tatsache, dass aktuell mehr als 350 000 Ultrakurzwellen (UKW)-Geräte am Markt sind, gestaltet sich jedoch der Digitalisierungsprozess äußerst kompliziert und wird wahrscheinlich bis **weit über das Jahr 2015 hinaus**gehen."

<http://www.bundesregierung.de>, Medien- und Kommunikationsbericht 2008

Erste Abschaltung des Analogradios

DSO =
Digital Switch-Over



- This is an important day for everyone who loves radio. The minister's decision allows us to concentrate our resources even more upon what is most important, namely to create high quality and diverse radio-content to our listeners, comments Thor Gjermund Eriksen, Head of NRK. Photo: Tore Guriby/DRN

<http://radio.no/2015/04/norway-to-switch-off-fm-in-2017/>

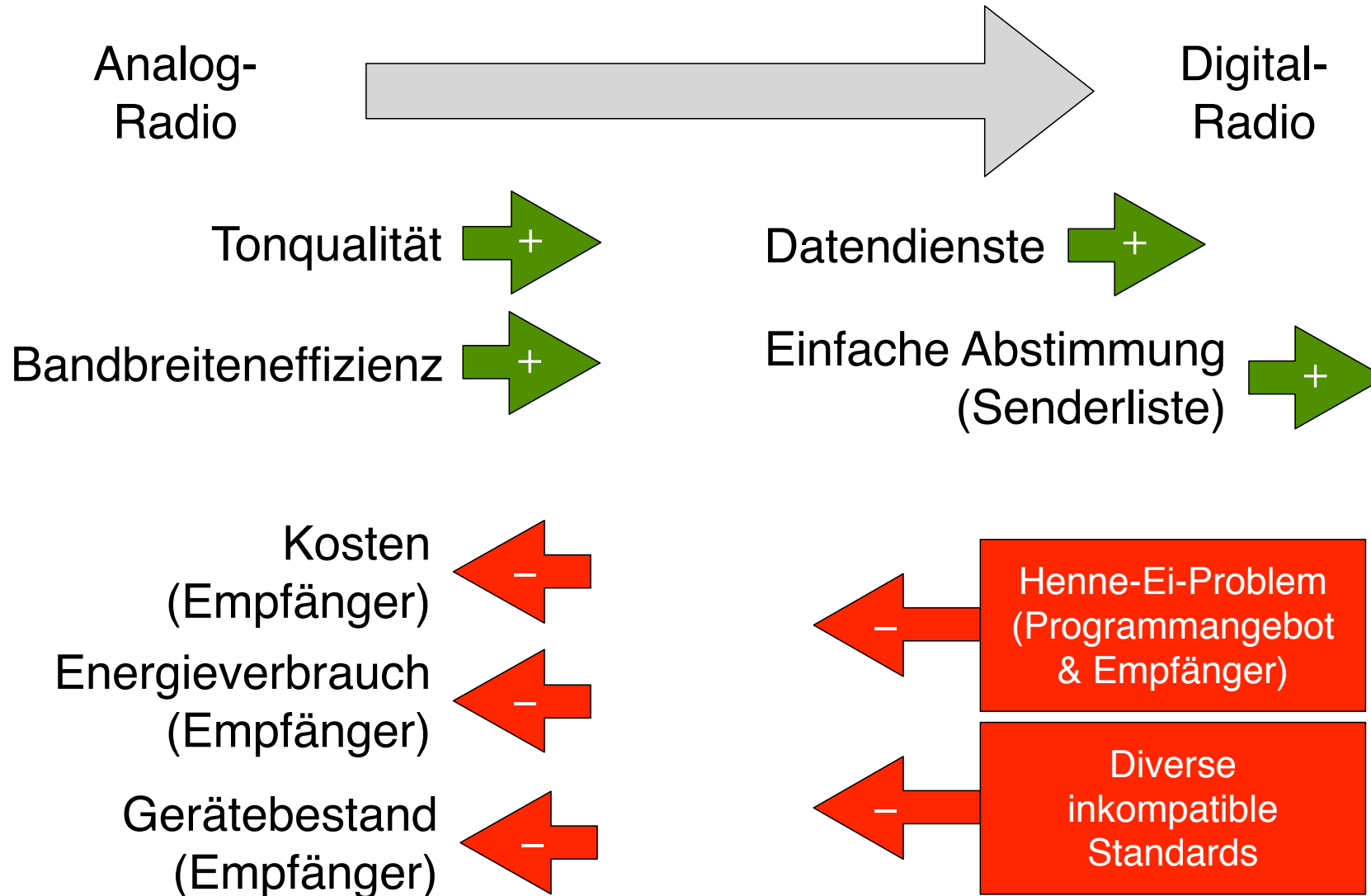
NORWAY TO SWITCH OFF FM IN 2017

Within two years from now, the shutdown of national FM-networks begins in Norway. The switchover will begin in the North and will be implemented region by region.

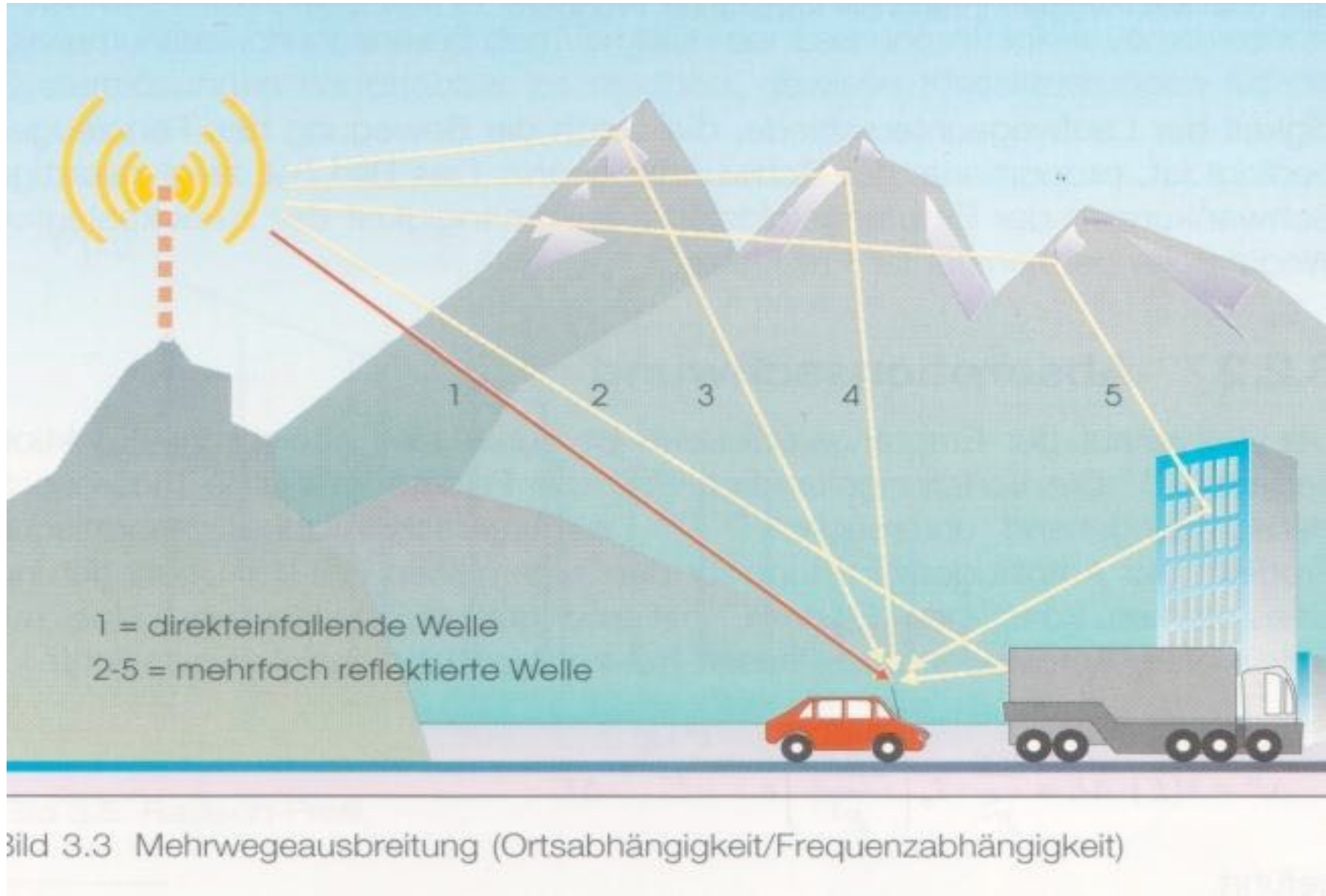
Av Mari Hagerup 16. april 2015

 Liker 2,6 k  Tweet 0  g+1 110

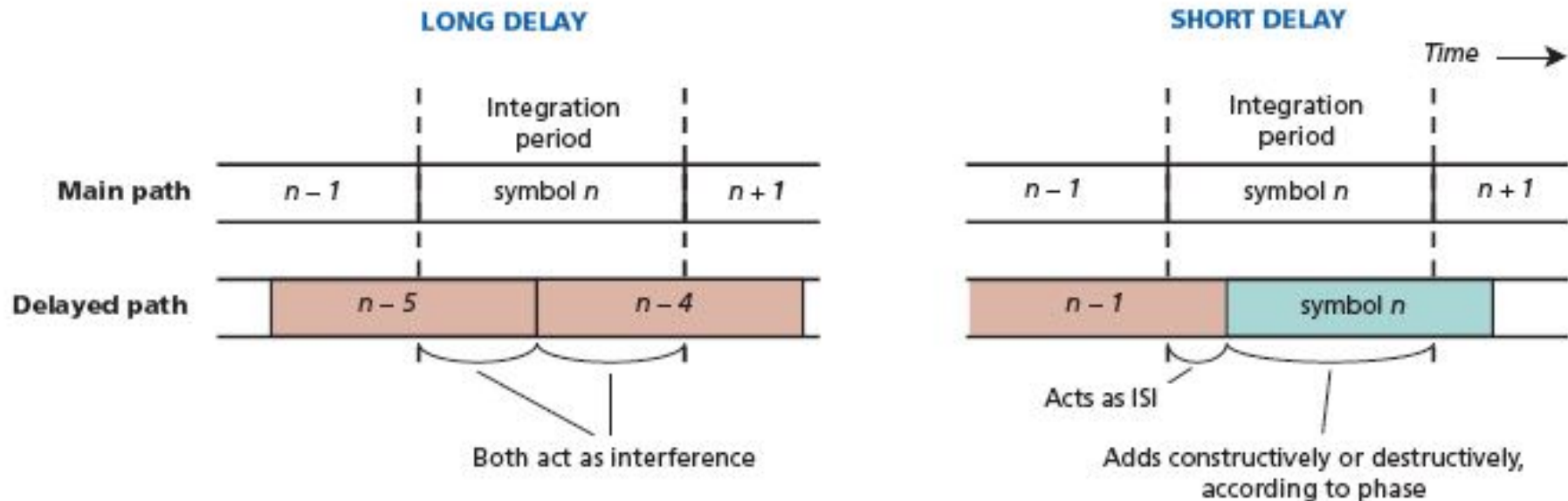
Treibende und bremsende Kräfte



Mehrwegeausbreitung (*multipath transmission*)



Mehrwegeausbreitung und Signallänge



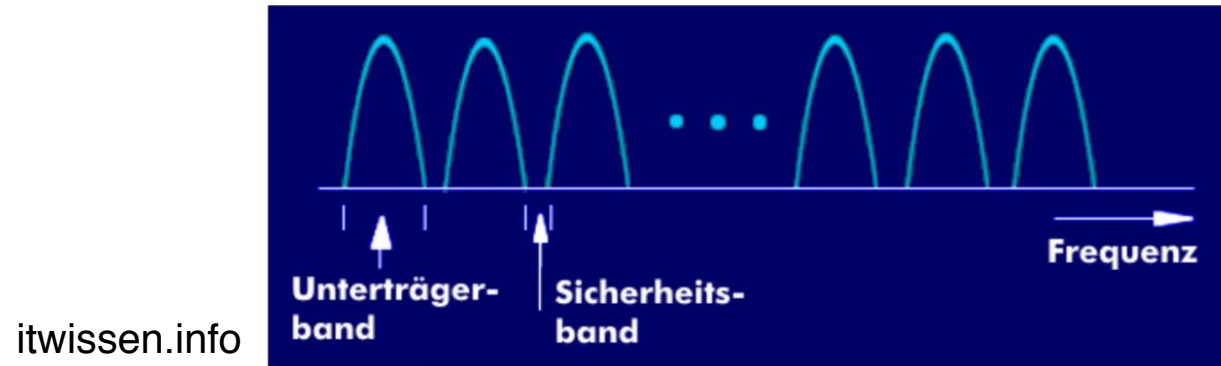
Um Mehrwegeausbreitung digitaler Signale gut behandeln zu können:
Symbolübersprechen (*Inter-Symbol Interferences* ISI) reduzieren
Verzögerung sollte kürzer sein als Symbollänge -> relativ große Symbollängen
Einzelfrequenz nicht ausreichend, also viele Frequenzen
Frequency Division Multiplex (FDM)

J.H. Stott (BBC): http://www.ebu.ch/en/technical/trev/trev_278-stott.pdf

Technik: OFDM

FDM (*frequency division multiplex*, Frequenz-Multiplex):

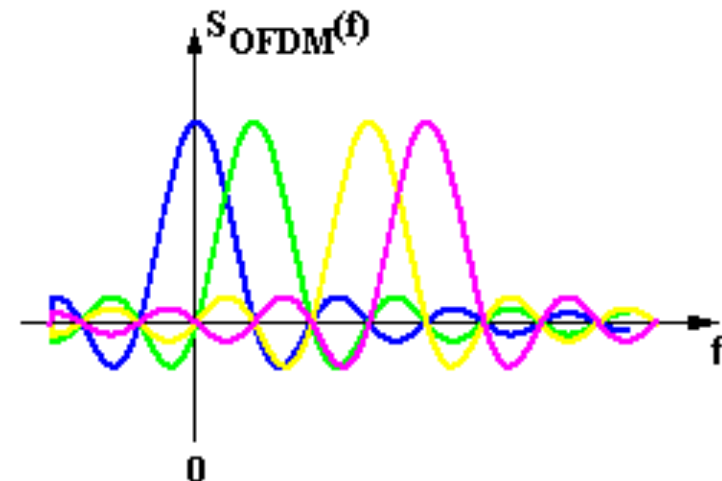
Signal parallel auf mehreren Unterfrequenzen übertragen



OFDM (*orthogonal frequency division multiplex*, Frequenz-Multiplex):

Unterfrequenzbänder überlappend

Signale stören sich wenig gegenseitig
(Orthogonalität im Frequenzraum)



Wikipedia

DAB und DAB+

Digital Audio Broadcasting (ETSI-Standard)

COFDM:

Coded OFDM, fehlerkorrigierender Code
Multiplex von 192, 384, 768 oder 1536 Trägern

Kanäle:

1,75 MHz breit
ca. 1,5 Mbit/s
z.B. 9 Audio-Kanäle mit Datendiensten

Gleichwellennetz (*single frequency network*)

Gleiche Frequenz aller Sender

DAB vs. DAB+:

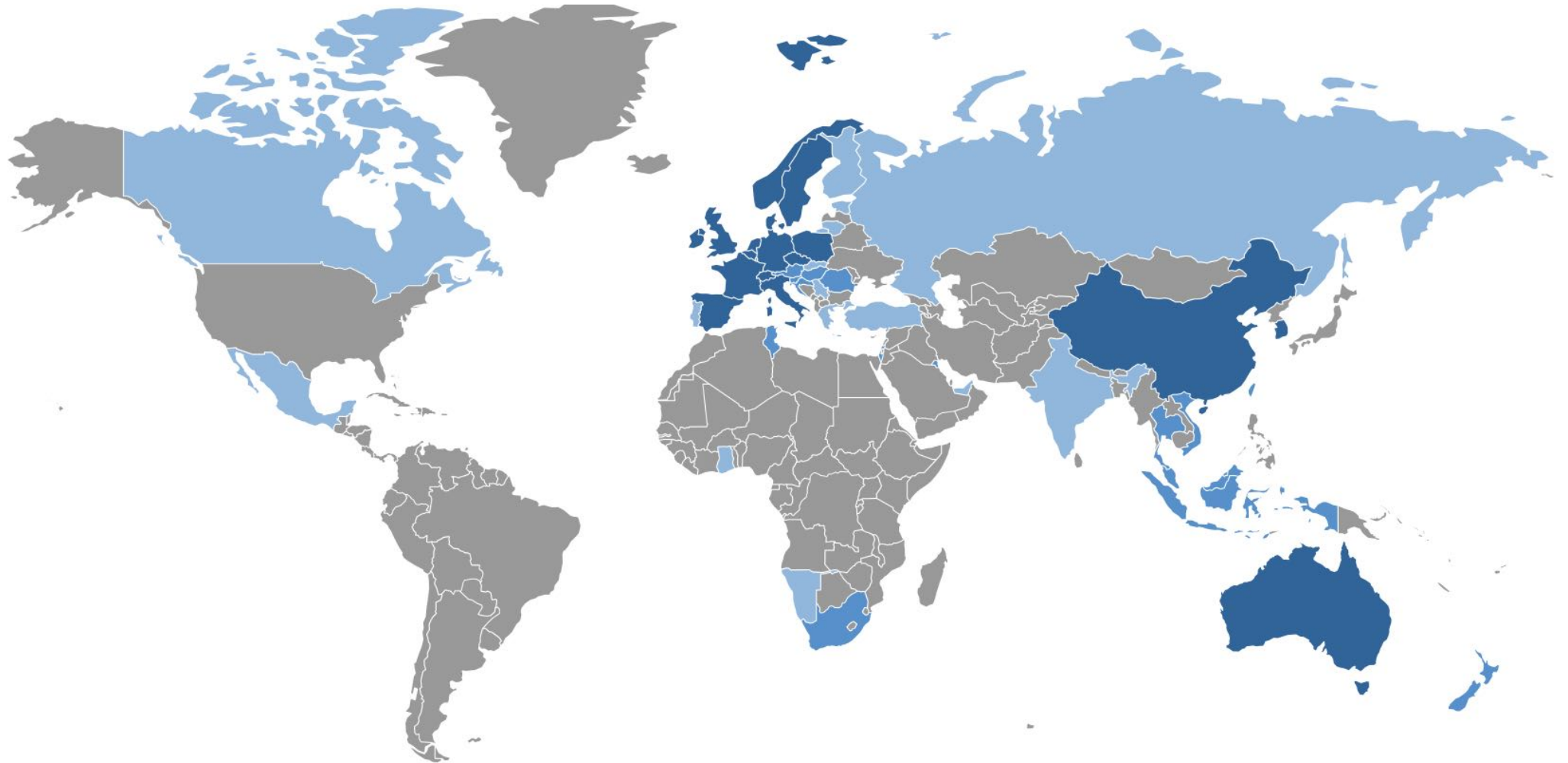
DAB: MUSICAM Audio-Codec (MPEG Audio Layer II)

DAB+: MPEG HE-AAC Audio-Codec

Deutschland: Neustart Digitalradio 2011 mit DAB+



DAB Verbreitung weltweit



 Countries with regular services

 Countries with trials and/or regulation

 Countries with interest

dabworld.org

Weitere Standards

DVB-T/S/C (Digital Video Broadcast)

Nicht für schnell bewegte Empfänger (Auto) geeignet

DVB-H: Für Handheld Devices, ca. 2008, erfolglos

DMB (Digital Media Broadcast)

DAB-Basiert, für Video und Multimedia, v.a. in Südkorea

IBOC (In-Band On-Channel)

Hybrides Analog/Digital-Signal (USA)

SiriusXM

Digitales Radio über Satellit (USA)

DRM (Digital Radio Mondiale) und DRM+

Idee: Digitale Mittel- und Kurzwellessender

Konkurrierender Standard zu DAB, auch für Lokalverbreitung

Konkurrenz: IP-basiertes Webradio!



4. Audiotechnik und Tonbearbeitung

- 4.1 Analoge Audiotechnik
- 4.2 Mehrkanaltechnik
- 4.3 Digitale Audiotechnik
- 4.4 Digitale Rundfunktechnik
- 4.5 Optische Speichermedien
CD, DVD, BD



Literatur:

- 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 Speichermedien im Überblick



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	On	S	A	C	E	a	c	e	g	EB	SB	Ch	Sy	U	Sh	Hk	Br	Rm
1	1	3	0	2	4	10				Off	IS	B	D	F	b	d	f	h	SY	X	Fp	Cn	R	X	Al	Cg	Kg
2	2	4	1	3	E	15																					
3	0	0	0	0	W	20																					
A	1	1	1	1	0	25	A	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
B	2	2	2	2	5	30	B	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
C	3	3	3	3	0	3	C	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
D	4	4	4	4	1	4	D	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
E	5	5	5	5	2	C	E	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
F	6	6	6	6	A	D	F	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
G	7	7	7	7	B	E	G	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
H	8	8	8	8	a	F	H	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
I	9	9	9	9	b	c	I	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9



1801: Joseph-Marie Jacquard: Steuerung von Webmaschinen mit Löchern in Metallplatten

1834: Charles Babbage, "Analytical Engine"
Lochkarten als Speicher (nicht wirklich gebaut)

1890: Herman Hollerith, Lochkarten für U.S.-Volkszählung

1951: UNIVAC I, Magnetbänder

50er Jahre: Magnettrommeln und -Scheiben

70er Jahre: Austauschbare flexible Magnetscheiben (floppy disks)

80er Jahre: Hochdichte Magnetspeicherung (Bernoulli-Prinzip)

Seit 1982: Siegeszug der "CD" (Compact Disc)

Seit 1994: Zunehmende Bedeutung von nicht-flüchtigen Halbleiterspeichern

Bilder: jamesessinger.com, obsoletemedia.org, Wikipedia

Optical Video Player (1982)

Philips VLP 700 LaserVision Player



Pictures: laserdiscarchive.co.uk

Geschichte der optischen Speicher

1969: Klass Compaan (Philips): Laseroptische Scheiben

1978: Philips LaserVision-System

1982: Einführung der *Compact Disc Digital Audio* (Sony und Philips)

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

1984: Daten-Variante CD-ROM

1995: Einführung wiederbeschreibbarer CD-Varianten

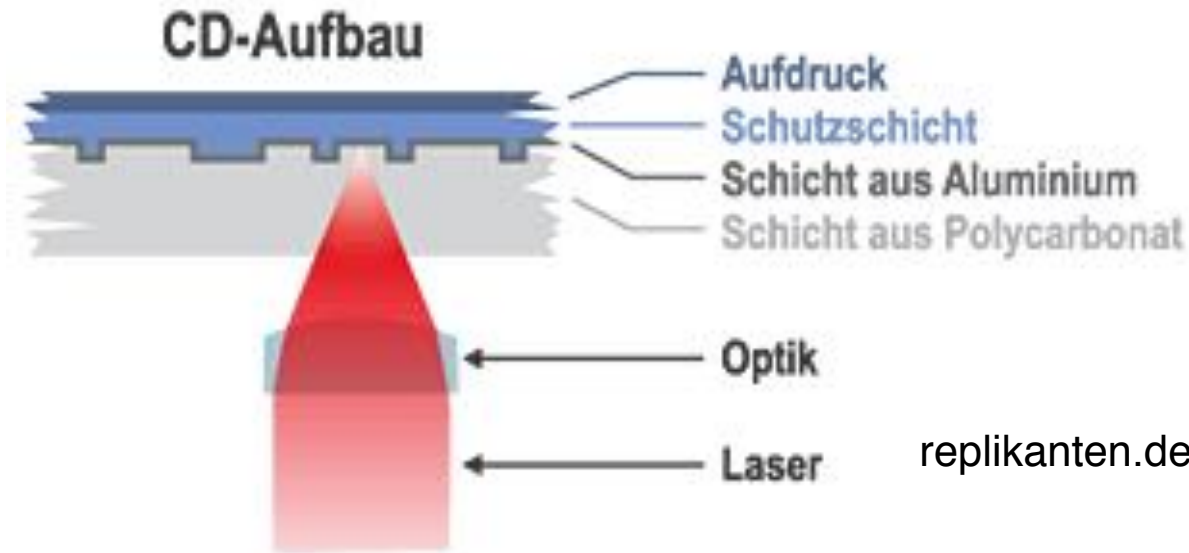
1996: Einführung der DVD (DVD-Video)

1999: Super-Audio CD (SACD), Sony

2006: Systemstreit HD-DVD vs. Blu-Ray Disk

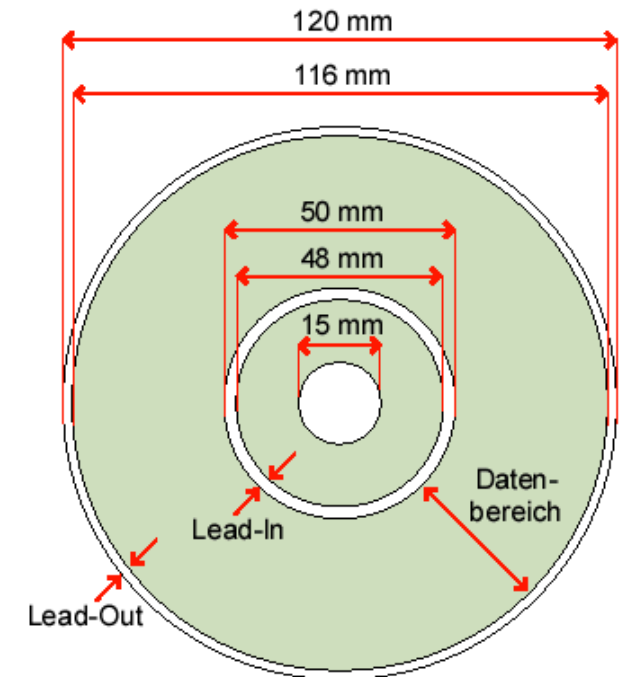
2008: Verbreitung von Blu-Ray Disk (BD)

Physikalischer Aufbau der CD



Polycarbonat: 1,2 mm
Aluminium: 50–70 nm
Lackschicht: 5 μ 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

Pits: Eingeprägte Vertiefungen entlang der Spur

Lands: Bereiche zwischen Pits

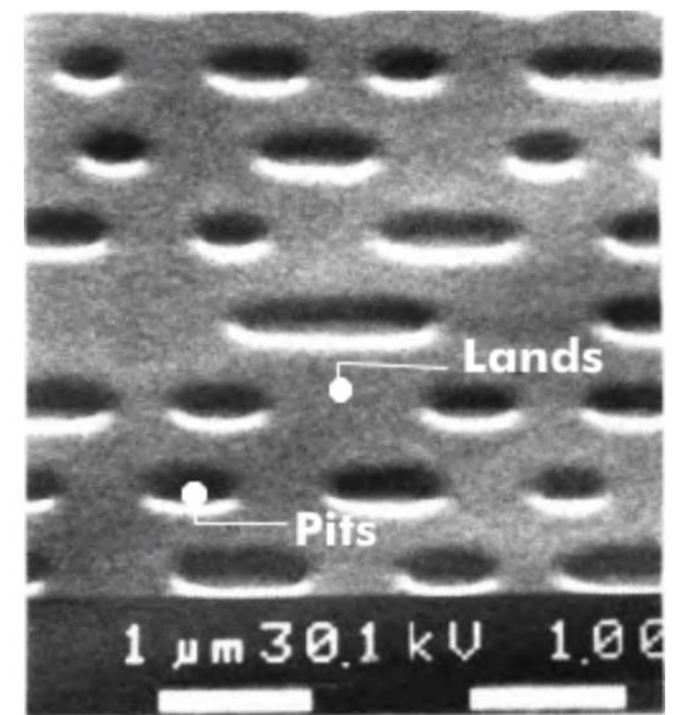
Abmessungen der Pits:

Breite: 0,6 μm (1.000 μm = 1 mm)

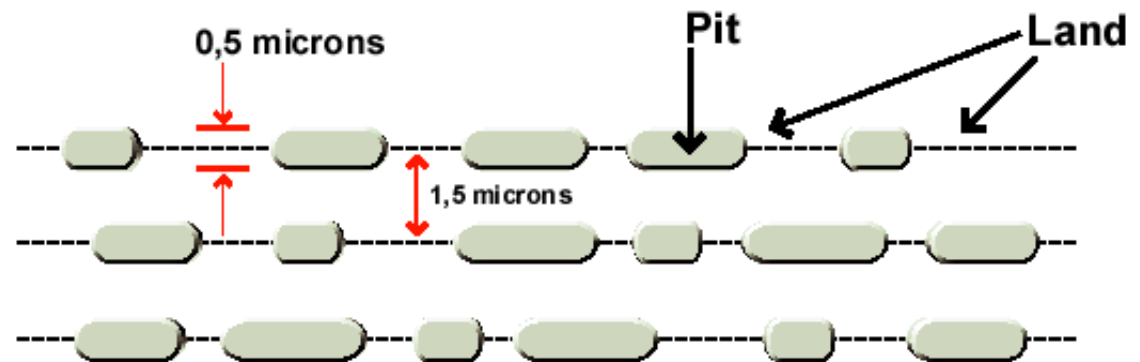
Länge: 1 – 3 μm

Tiefe: 0,12 μm

Wellenlänge roten Lichts in Polycarbonat: ca. 0,5 μm



itwissen.info
(c't 7/98)



Produktion von CDs

Massenproduktion (*CD replication*):

- Metall-Pressformen

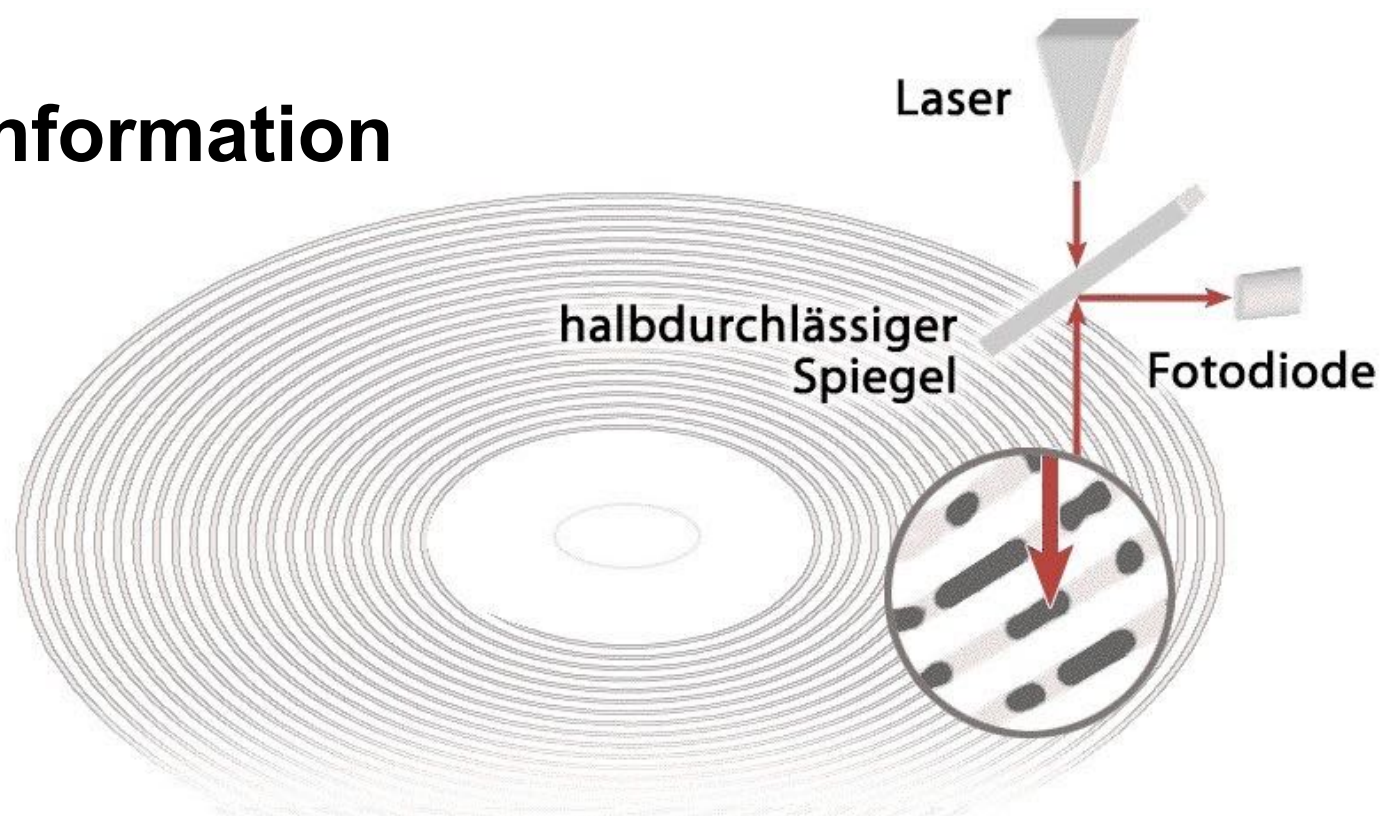
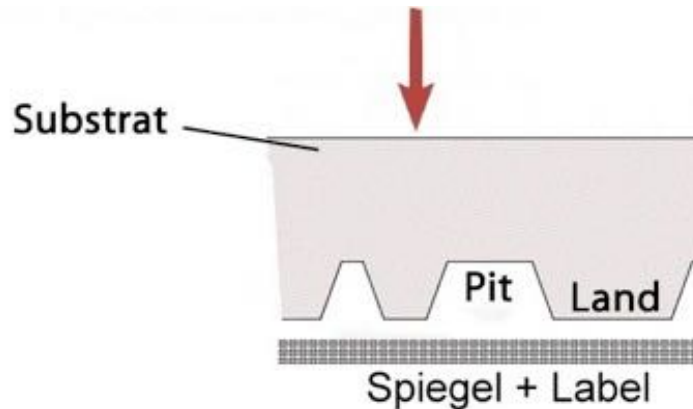
- Pressen der CDs aus Polycarbonat

- Bedampfen mit Aluminium (auf der Pit-Seite)

Einzelproduktion (*CD replication*):

- Direktes Beschreiben von geeigneten 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!

Speziesspiegel:

Überlagerung Original-Lasersignal + Reflektion aus der Disk

Auslöschung durch destruktive Interferenz:

Tiefe der Pits = $1/4$ Wellenlänge des Lasers

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

Bilder: Wikipedia

Eight-to-Fourteen-Modulation (EFM)

Channel-Bits:

Logische "Eins" beim Wechsel
Pit/Land

Codierung:

Vermeidet zu lange und zu
kurze Pits und Lands

EFM-Modulation (Eight-To-Fourteen):

14-Bit-Muster für 8 Datenbits

z.B.: "00000000" als "01001000100000"

"00000001" als "10000100000000"

Koppelbits zwischen 14-Bit-Mustern

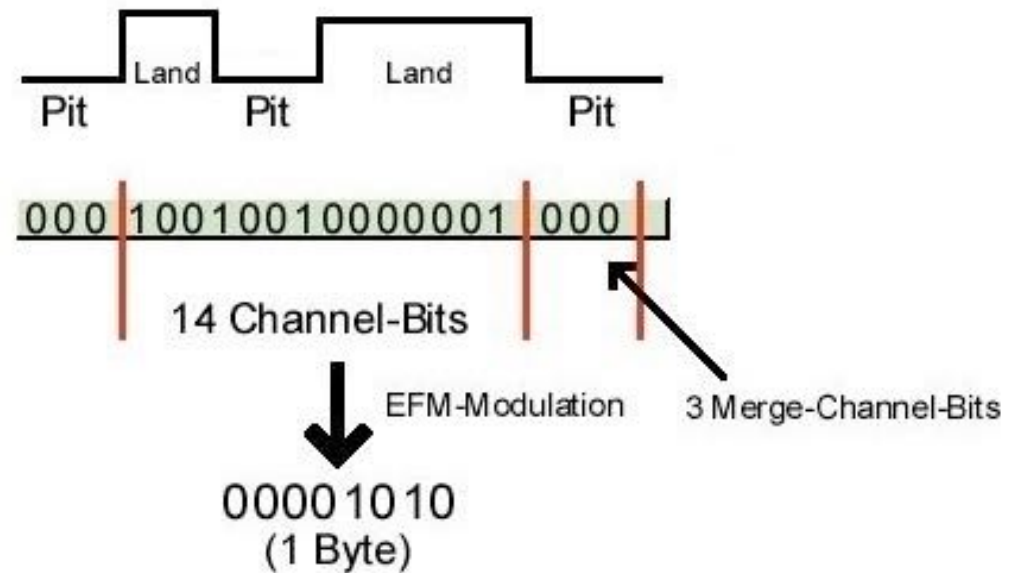
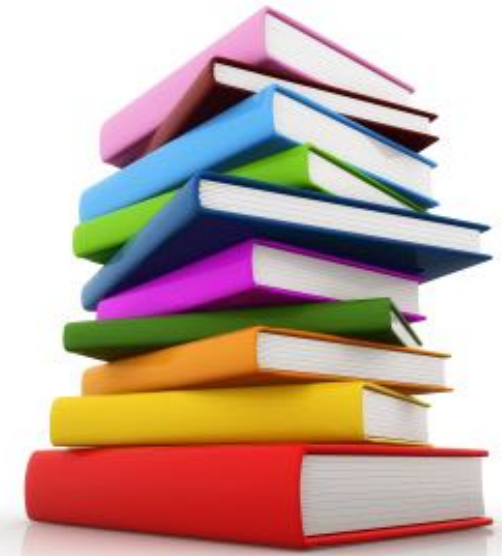


Bild: TecChannel.de
(modifiziert)

Rainbow Books



aadl.org

Red Book (1982): CD-DA (Digital Audio)

Green Book (1986): CD-i (Interactive)

Yellow Book (1988): CD-ROM (Data distribution)

Orange Book (1990): CD-MO, CD-R, CD-RW

White Book (1993): CD-i Bridge, VCD (Video), SVCD (Super Video)

Blue Book (1995): CD-Extra (Enhanced Music)

Beige Book (1992): Photo CD

Scarlet Book (1999): SACD (Super Audio)

Purple Book (2000): DDCD (Double Density)

Audio-CD: Frames, Sektoren, Datenrate

Frame (kleinste Dateneinheit):

Verwendung	Daten-Bytes	Channel-Bits (Bytes * 17)
Synchronisation		24+3 = 27 Bits
Control-Byte für Sub-Channels	1 Byte	17 Bits
Audio-Daten (6 Samples, je 16 Bit, Stereo)	$6*2*2 = 24$ Bytes	408 Bits
Fehlerkorrektur	8 Bytes	136 Bits
		Σ 588 Bits

Sektor: 98 Frames

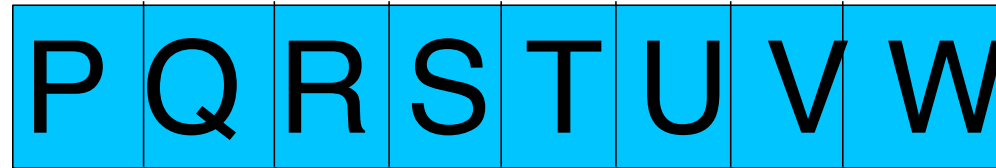
Lesegeschwindigkeit: 75 Sektoren/s = 7350 Frames/s

Rohdatenrate (Channel-Bits):

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

Sampling Rate: 7350 Frames/s * 6 Samples = 44.100 Samples/s

Sub-Channels



1 Byte je Frame, Zusatzinformation

Bitweise Bezeichnung: P – W

Fest belegte Sub-Channels:

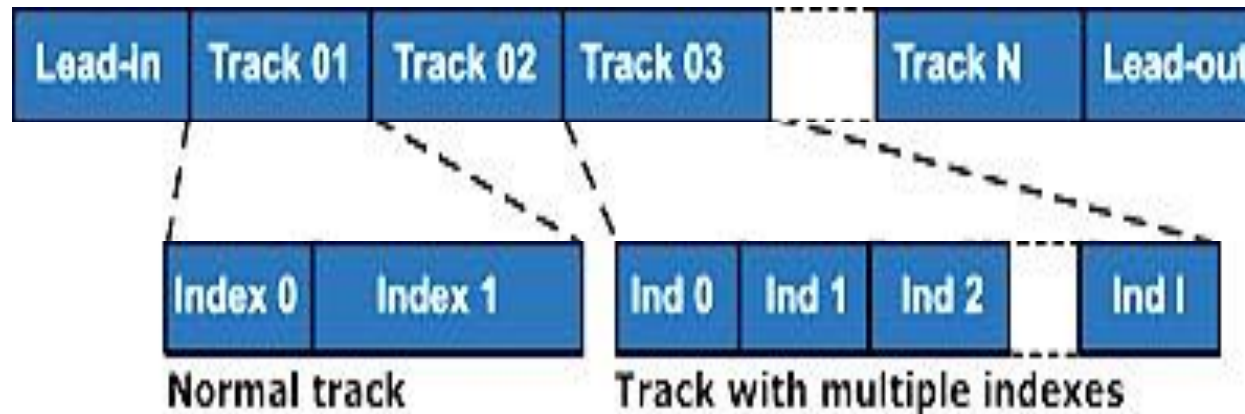
P: Anfang und Ende eines Titels (*track*)

Q: Zeit-Information, Katalog-Nummer etc.

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

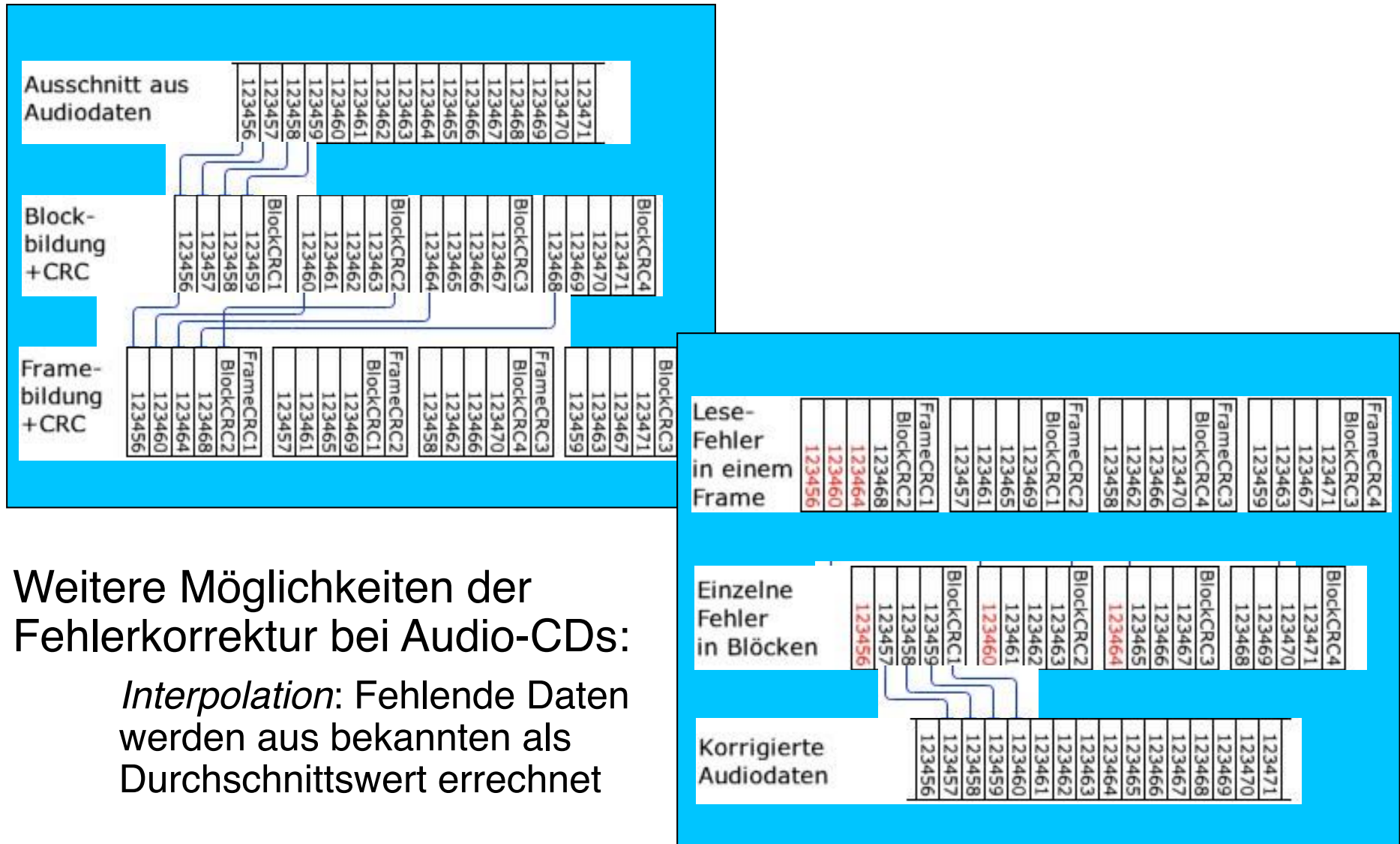
zusammen 5.5 kByte/s

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

Fehlerkorrektur bei Audio CD



Weitere Möglichkeiten der Fehlerkorrektur bei Audio-CDs:

Interpolation: Fehlende Daten werden aus bekannten als Durchschnittswert errechnet

CIRC: Cross-Interleaved Reed-Salomon Coding

Kopierschutz bei CDs

Red-Book-Spezifikation:

Kopierschutz nicht vorgesehen!

Serial Copy Management System (SCMS):

Bit im Subcode: erlaubte Anzahl von Kopien

Kopierschutzmaßnahmen für Audio-CDs:

Nutzen Fehlerkorrektur von Audio-Laufwerken

Verschlechtern Original-Signal künstlich

Kopierschutzmaßnahmen für Daten-CDs:

Oft tiefgreifender Eingriff in Betriebssysteme

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

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) möglich

Erfolgreich v.a. in Ländern *ohne* vorherige VHS-Verbreitung

Hauptmarkt: VR China

Dateisysteme für CD-ROM

CD-ROM:

Wahlfreier Zugriff, hohe Geschwindigkeiten

ISO 9660 Dateisystem:

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

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

HFS Dateisystem:

Speziell für Apple Macintosh

31 Zeichen für Dateinamen, 27 für Ordner

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

UDF (Universal Disk Format) Dateisystem:

ISO-Standard 13346

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

Keine Beschränkung der Verzeichnistiefe

CD-R und CD-RW

CD-R (CD-Writeable):

CD-Rohling enthält

zusätzliche Farbstoffschicht

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

Schreiben ("Brennen") erfolgt mit Laser

Farbe wird erhitzt

Entstehende Blasen entsprechen Pits

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 Analoge Audiotechnik
- 4.2 Mehrkanaltechnik
- 4.3 Digitale Audiotechnik
- 4.4 Digitale Rundfunktechnik
- 4.5 Optische Speichermedien
CD, DVD, BD



Literatur:

- 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

Geschichte der Bildplatten

1927: Erste experimentelle Bildplatten (Baird)

1970: TED-Bildplatte von AEG/Telefunken

"Tiefenschrift"

Ab 1965: Entwicklung eines Bildplattensystems bei RCA

"SelectaVision Video Disc" 1981-1985 (Millionenabsatz von Titeln)

Tiefenschrift kapazitiv ausgelesen

1978: Philips Laser-Vision Bildplatten

1987: Video-CD

mit MPEG-Kompression bis zu 75 Minuten

1994/1995: Systemstreit

"Multimedia CD MMCD" (Sony/Philips)

"Super Disc SD" (Hitachi, Matsushita, JVC, Pioneer u.a.)

+ Video Cassette Systeme

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

schnell gefolgt von DVD-R und DVD+R (beschreibbare DVDs)



1981

www.cedmagic.com

DVD

Digital Versatile Disc

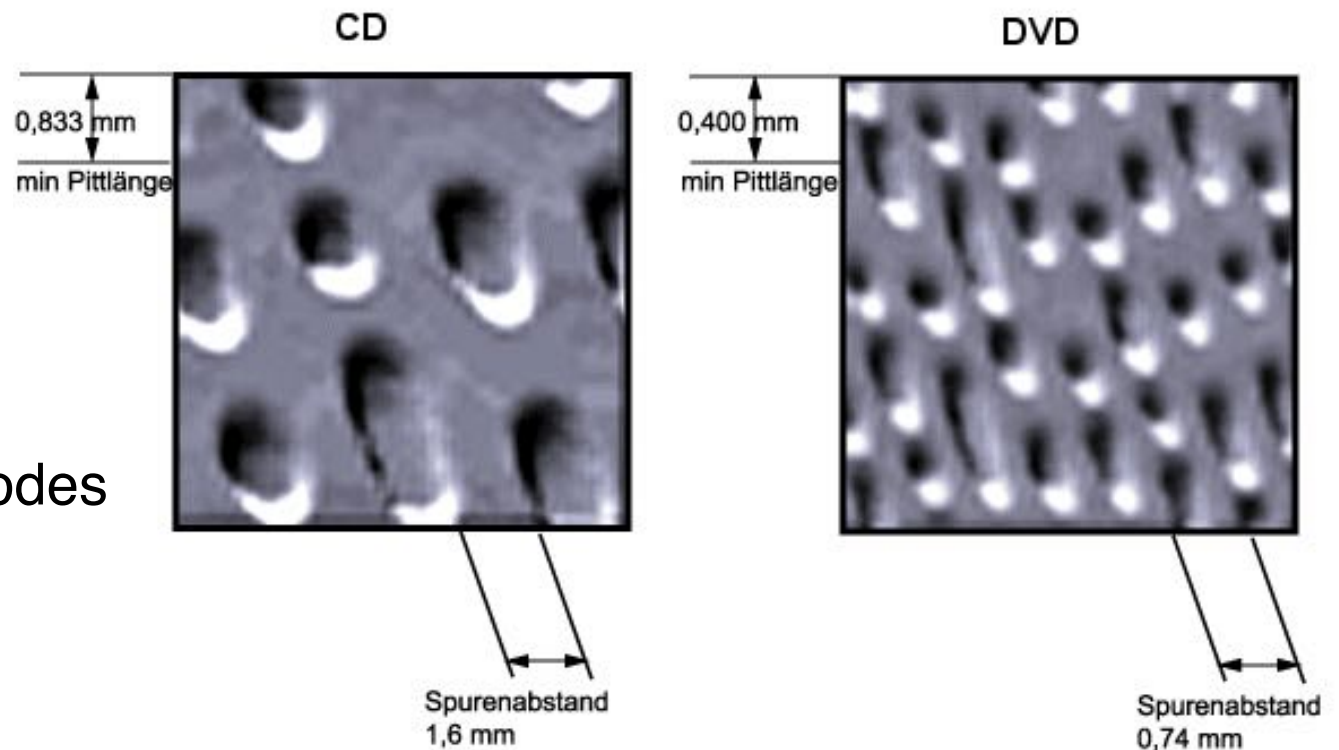
Spezifikation im August 1997 veröffentlicht

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

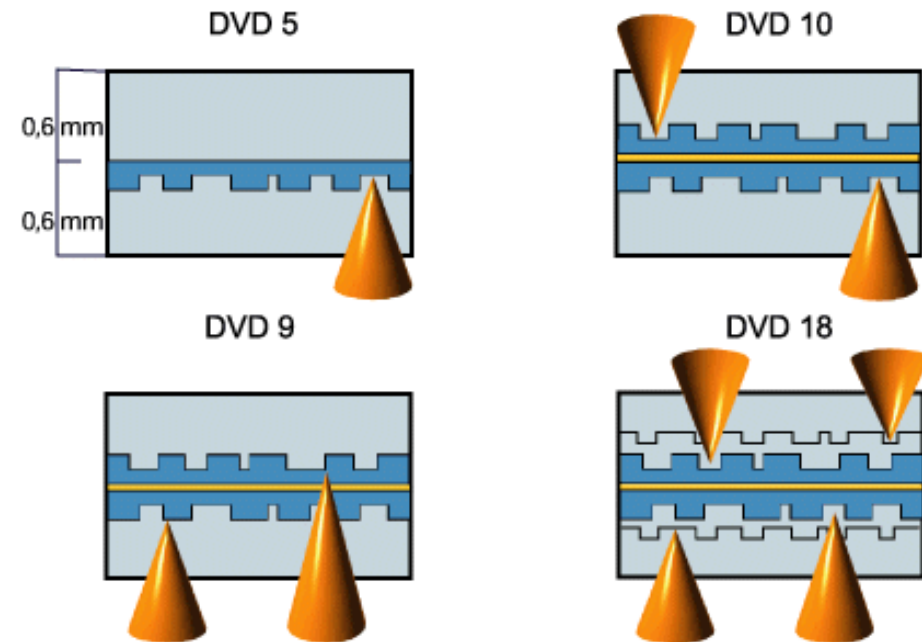
8,5 GB

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:

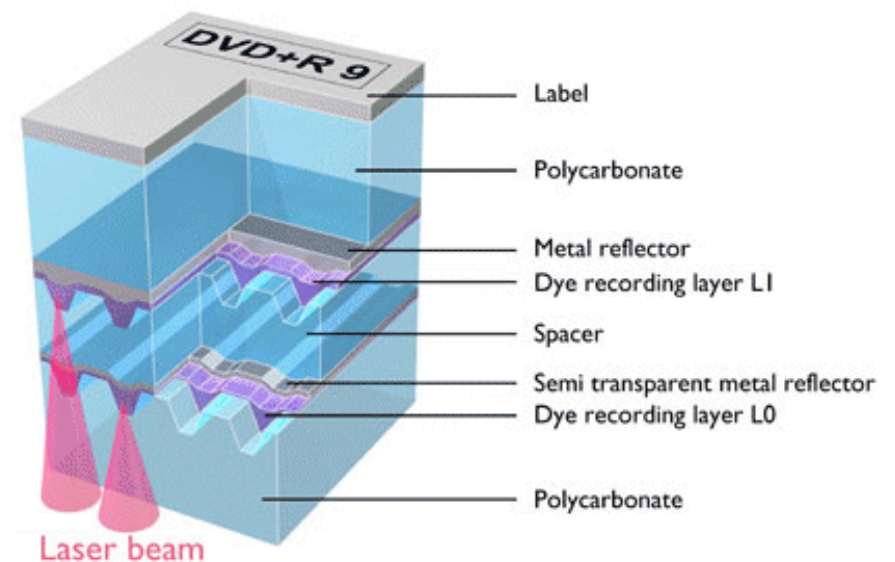
- 4,7 GByte, ähnlich zu CD-R und CD-RW, Wiedergabe von DVD-RW auf Video-DVD-Spielern oft problematisch

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

Dual-Layer (DL):

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



4. Audiotechnik und Tonbearbeitung

- 4.1 Analoge Audiotechnik
- 4.2 Mehrkanaltechnik
- 4.3 Digitale Audiotechnik
- 4.4 Digitale Rundfunktechnik
- 4.5 Optische Speichermedien
CD, DVD, **BD**



Literatur:

Jim Taylor et al.: Blu-Ray Disc Demystified, McGraw-Hill 2008

Systemstreit HD-DVD vs. BD

2002: Gründung Blu-ray Disc Foundation

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, z.B. Interaktivität:

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

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

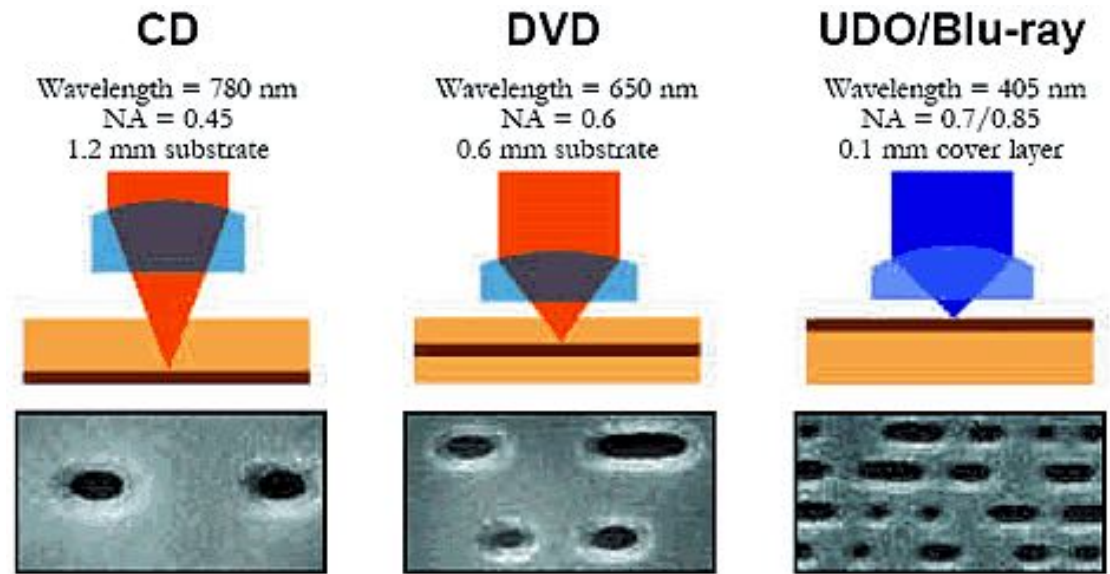
Entscheidung:

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

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

Februar 2008: HD-DVD verschwindet vom Markt

Blu-ray-Disc (BD)



Blaue Laser mit 405 nm Wellenlänge

cdrinfo.com

Blu-ray Disc (BD)

Einfache Kapazität ca. 25 GB

Dual Layer 50 GB

BDXL: 100/128 GB

Schutzschicht über der Datenschicht nur 0.1 mm dick

Anfangs Schutzhülle ("Cartridge"), dann "Protective Coating"

Ultra HD Blu-ray: Bis zu 4K video auf 100 GB discs

Produkte Weihnachten 2015?

Experimentelle Versionen (20 Schichten) bis 500 GB

BD-Kopierschutz

AACS (Advanced Access Content System)

Mehrfach verschlüsselte Schlüssel (AES)

Kompromittierte Schlüssel können zurückgerufen werden

Volume-ID für
Entschlüsselung nötig

BD+

Virtuelle Maschine auf BD

Untersucht System auf
Kompromittierung

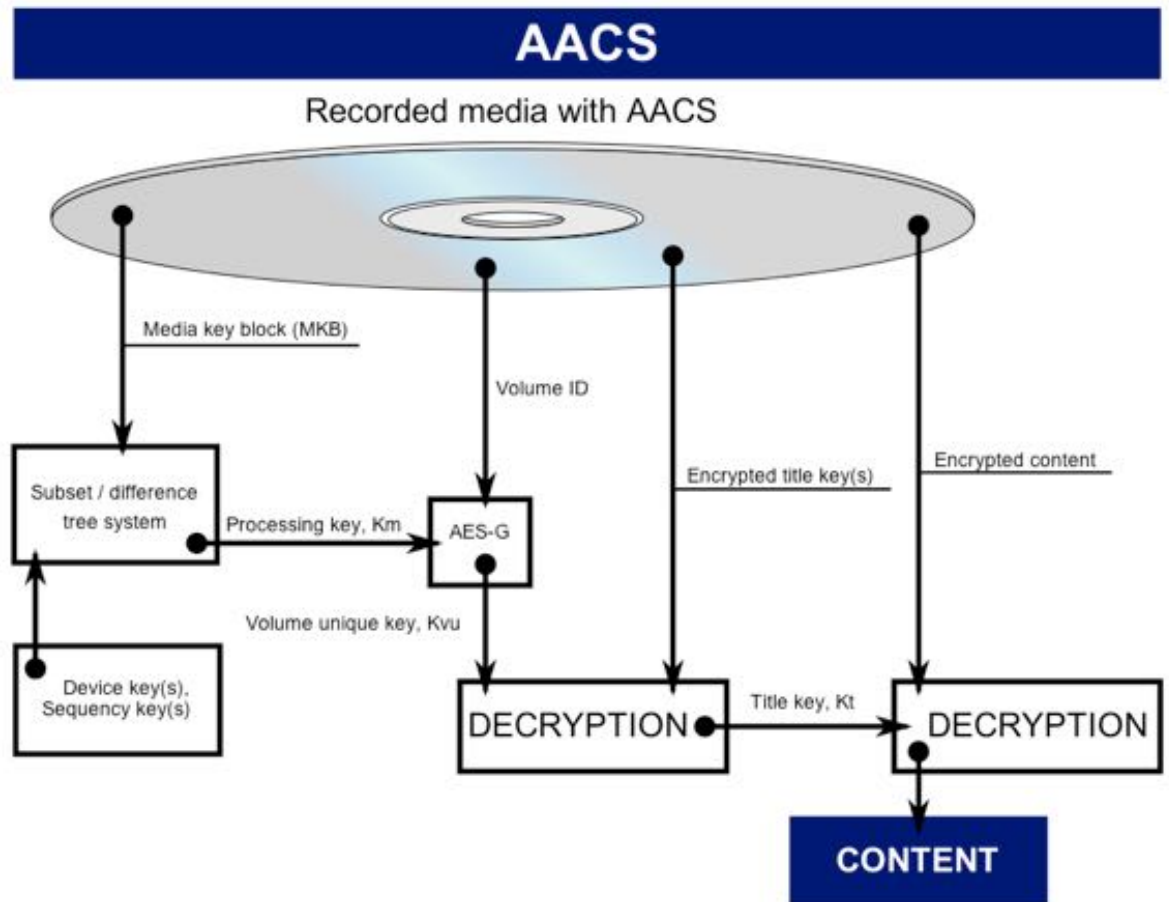
Cinavia

Audio-Watermarking

Steter Wettlauf

Filmindustrie vs.

Umgehungssoftware



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)

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();
    }
}
```

Möglicher Blu-ray Nachfolger: Holographic Disc Systems

Grundidee: Speicherung in 3-dimensionaler Repräsentation

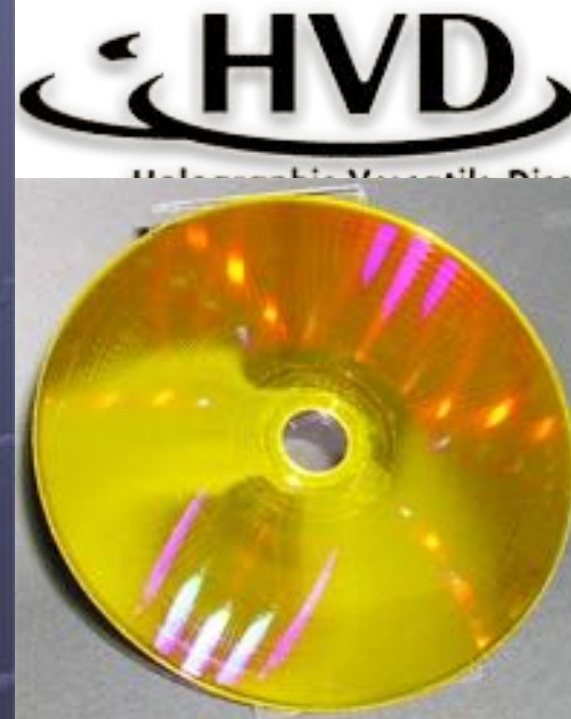
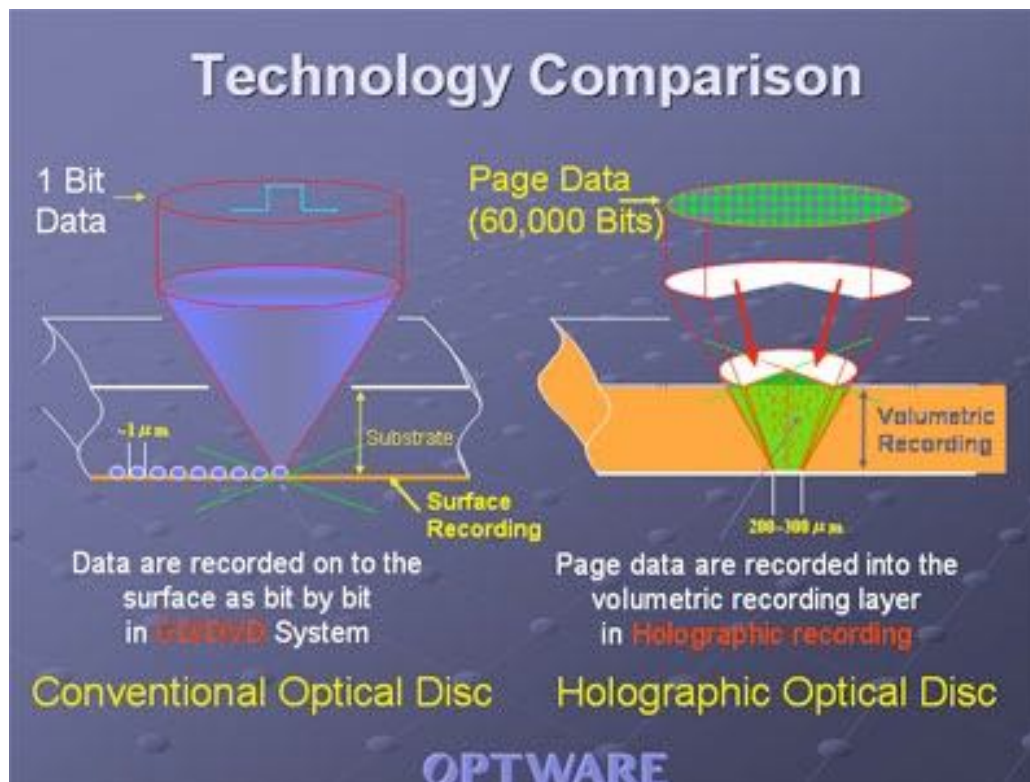
Holographie-Prinzip: Interferenzen Bildstrahl/Referenzstrahl

Zwei Laser (rot und grün) für Positionierung und Daten

Kapazität ca. 500 GB bis 3,9 TB

Pionier-Firmen *Optware* und *InPhase* erfolglos (ca. 1999-2010)

Juli 2011: Schnelles Schreiben von Holo-Discs (GE Research)



Pictures:
Optware

Die Zukunft ist offen...

Physikalische Datenträger für Medienvertrieb?

vs. Download, Streaming, Cloud Storage

Benötigte Datenraten?

bei HD und Nachfolgeformaten (z.B. 4K), 3D Video

Datensicherheit, Kopierschutz

DRM, Backup-Lösungen, Cloud, Zukunftssicherheit

Es ändert sich laufend sehr viel, also “am Ball bleiben”!