

# Part III

## Multimedia Environments

- ❑ Videodisc
- ❑ the CD family and DVD
- ❑ CD-i
- ❑ DVI
- ❑ QuickTime

## Videodisc

- ❑ videodiscs come in many formats; however, LV (Laser Vision) is the most common;
- ❑ LV is read only; LV technology is a forerunner of audio CD
- ❑ LV production: a laser used to form small pits on a master disc's surface; a stamper is then created from the master and used to mold discs for distribution
- ❑ an LV disc is read by a low-powered laser beam which detects the recorded pits; unlike CDs, this binary pickup signal is converted immediately to analog within the player

## Videodisc

- ❑ LV discs are produced in 2 formats
  - ❑ CAV—constant angular velocity
  - ❑ CLV—constant linear velocity
- ❑ in each case the pits are arranged into a long spiral starting near the center of the disc
- ❑ on CAV discs a single frame extends for exactly one revolution; all frames start at the same angular position; as a result CAV discs offer flexible playback: freeze frame, play forward or reverse at various rates
- ❑ CLV have twice the capacity

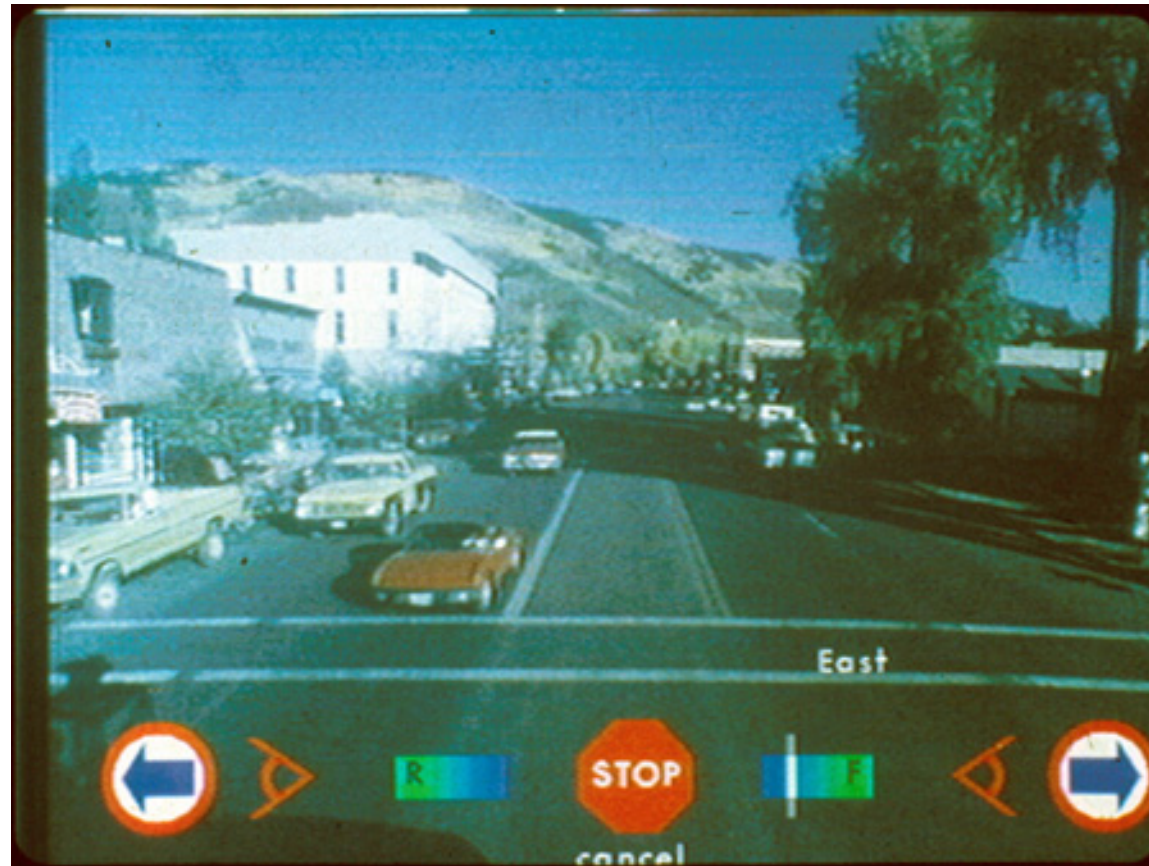
# Videodisc

	CAV	CLV
capacity duration/side frames/side	30 min (NTSC) 36 min (PAL) 54 000 frames	60 min not frame addressable
access time (worst case)	3s	10s
drive revolution	1 800 rpm (NTSC) 1 500 rpm (PAL)	600 - 1 800 rpm (NTSC) 570 - 1 500 rpm (PAL)
quality	high	high

## Aspen Movie Map

- ❑ Innovatives Hypermediasystem
- ❑ Andrew Lippman MIT 1978-1980
- ❑ 2 Laserdisc Players (jeweils 1 Player für Nord/Süd bzw. West/Ost Fahrten)

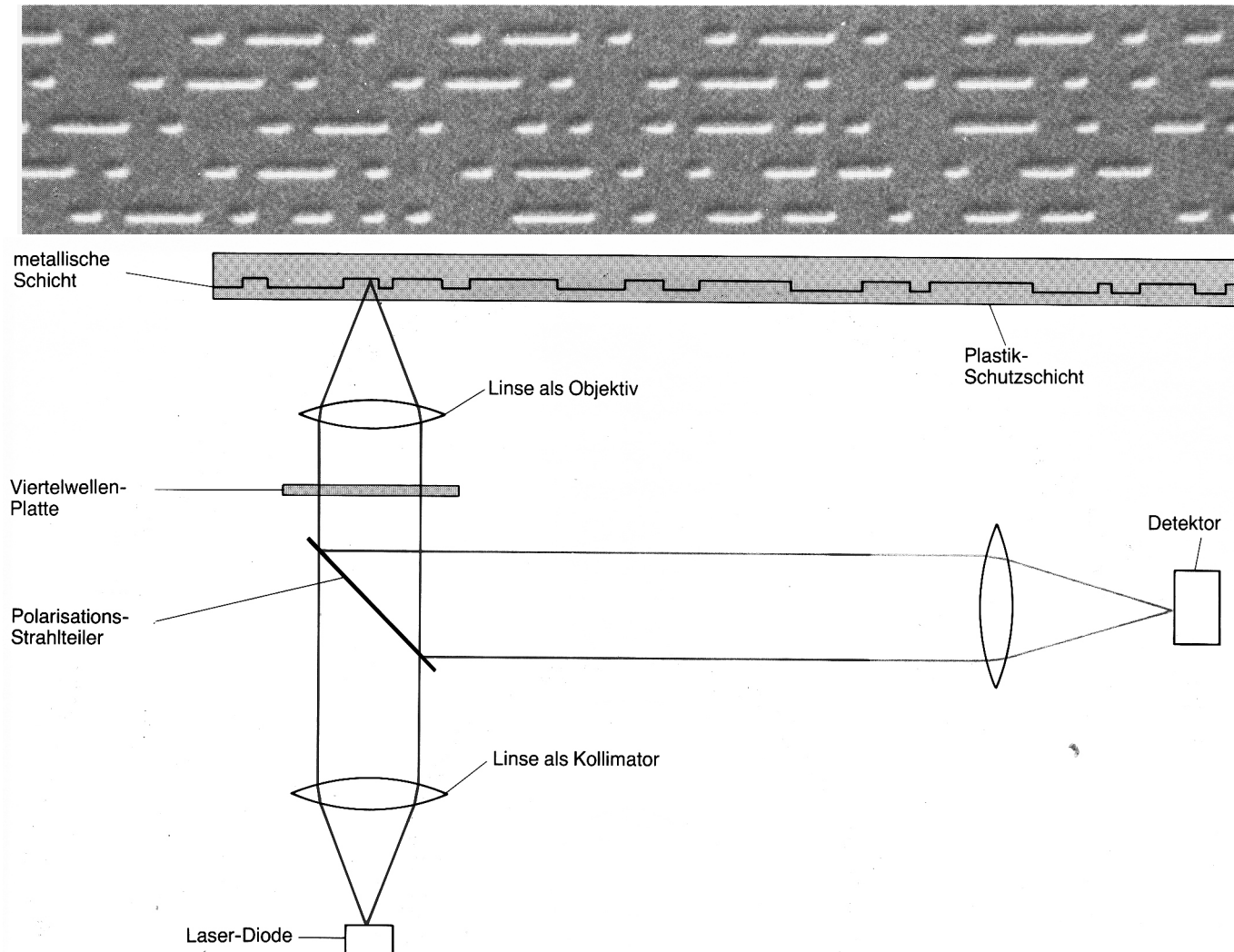
# Aspen Movie Map



## The CD Family

- ❑ CD audio developed by Philips and Sony, closely related to LV (LaserVision) videodiscs, differences:
  - ❑ true *digital medium* (LV provides only analog information)
  - ❑ CD uses *constant linear velocity* (CLV) format only
- ❑ data is encoded to assure robustness and longevity
- ❑ channel data — raw data sequence on disc
- ❑ frames — smallest unit of data independently decoded, consists of 588 channel bits, 200 bits after decoding (8 bits for subcode, 192 bits frame data)

# CD / DVD Technology





## CD Characteristics

disc diameter	12 cm
max. playing time	74 minutes
channel data rate	$4.32 \times 10^6$ bits/s
frame rate	7350 frames/s
channel bits per frame	588 bits
decoded frame size	200 bits
frame data size	192 bits
frame data rate	$1.41 \times 10^6$ bits/s
max. frame data capacity	$6.2 \times 10^9$ bits
maximum number of frames	$32.6 \times 10^6$
linear velocity	1.2 - 1.4 m/s
rotational velocity	3.5 - 8 rev/s

## The CD Family

- ❑ CD-DA — Compact Disc - Digital Audio
- ❑ CD+G, CD+MIDI
  - ❑ early CD formats storing text, simple graphics or MIDI in the 6 unused subcode bits (R-W), playback on any CD player
- ❑ CD-ROM
- ❑ Photo CD
  - ❑ Photo CD master, 35 mm, up to 100 images
  - ❑ Pro Photo CD Master, 35 mm, 70 mm, 120 mm, 6 - 100 im.
  - ❑ Photo CD Portfolio, audio, text, graphics and low resolution images, up to 800 images
  - ❑ Photo CD Catalog, up to 6,000 low-resolution images

## **The CD Family**

- ❑ CD-R, CD-WO — Compact Disc - Recordable / Write Once
- ❑ CD-ROM XA — Extended Architecture
  - ❑ open form of CD-i
- ❑ CD-i — Compact Disc - Interactive
- ❑ Video CD
- ❑ CD-V — Compact Disc - Video
  - ❑ hybrid digital audio / analog video

## CD-ROM

- ❑ difference between CD-ROM and CD-DA: additional layer of error detection and correction
- ❑ data block — disc is divided into consecutive data blocks (98 frames, 2352 bytes)
- ❑ 2 block formats
  - ❑ Mode 1 — 2048 bytes application data
  - ❑ Mode 2 — 2333 bytes application data

## CD-ROM Characteristics

block rate	75 blocks/s
frames per block	98
block data size	2352 bytes
application data per block	2048 bytes (Mode 1) 2336 bytes (Mode 2)
application data rate	150 Kbytes/s (Mode 1) 171 Kbytes/s (Mode 2)
max. application data capacity	645 - 735 Mbytes
max. number of blocks	330 000
average access time	1/2 s

## DVD

- ❑ generic term referring to one or more high density formats that have been proposed to support digital video data on a 5.25" disc (used to be HDCD):
  - ❑ MMCD (Multimedia Compact Disc)
  - ❑ SD (Super Density)
  - ❑ DVD (former Digital Versatile Disc or Digital Video Disc): consolidated format between SD & MMCD

## DVD History 1/2

<b>1995</b>	Philips/Sony announce and demonstrate MMCD
	Toshiba and Warner announce and demonstrate SD
	Agreement on a single standard called DVD
<b>1996</b>	DVD-ROM and DVD-Video specifications version 1.0 published
	Digital copy protection scheme agreed
	First DVD-Video player sold in Tokyo (Nov)
<b>1997</b>	Launch in USA (August)
	DVD Consortium becomes DVD Forum, expands membership and holds first General DVD Forum Meeting with 120 members
<b>1998</b>	DVD-Video version 1.1 and DVD-ROM version 1.01 specifications released

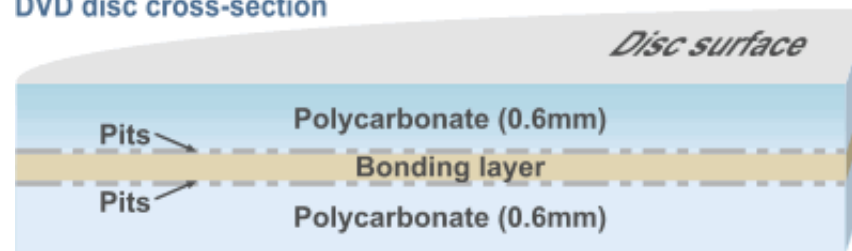
## DVD History 2/2

<b>1998</b>	DVD Forum adopts DVD-RW as another re-writable format
	7 new members of DVD Forum Steering Committee making 17 in all
	DVD-Forum publishes DVD-Audio specification version 0.9
	Full launch of DVD in Europe. 1m DVD-Videoplayers sold in USA
	4.7 GB DVD-R and DVD-RAM version 1.9 specifications released
<b>1999</b>	DVD-Audio specification ver 1.0 released followed later by version 1.1
<b>2000</b>	copy protection for DVD-Audio agreed
	DVD-Audio players launched in USA (July)
	First DVD-Audio discs in USA (Nov)
<b>2001</b>	DVD-Audio players & discs available in Europe and elsewhere
	DVD Video Recorders launched in Europe etc.

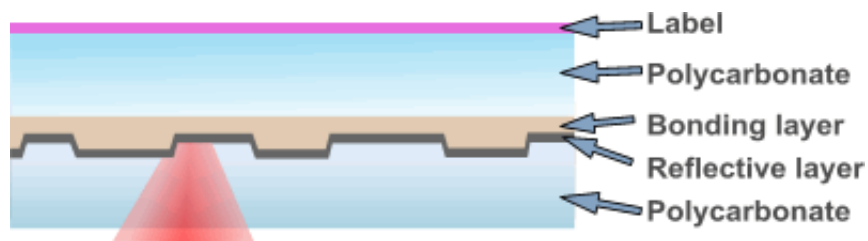


# DVD Technology

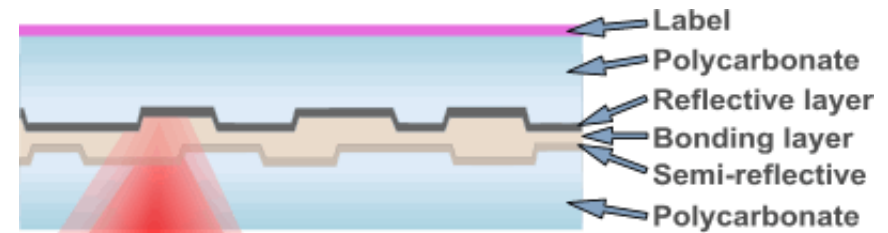
DVD disc cross-section



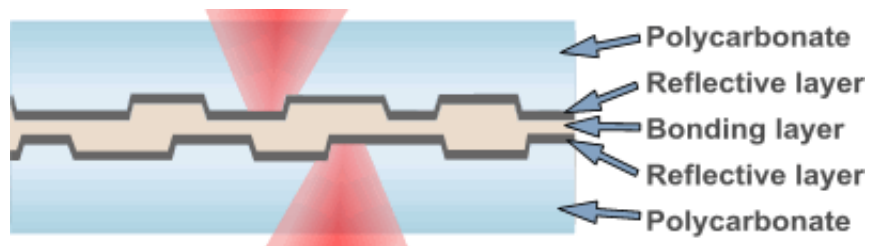
DVD-5



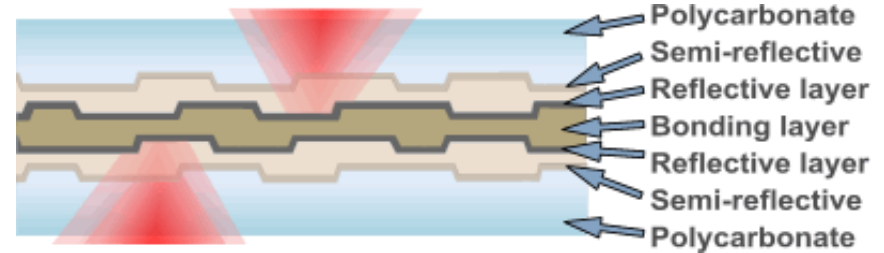
DVD-9



DVD-10



DVD-18



## DVD Technology

Name	Capacity (GB)	Layers	Sides	Comments
DVD-5	4.7	1	1	Read from one side only
DVD-9	8.54	2	1	Read from one side only
DVD-10	9.4	1	2	Read from both sides
DVD-18	17.08	2	2	Read from both sides
DVD-R	4.7/9.4	1	1 or 2	Recordable DVD
DVD-RAM	4.7/9.4	1	1 or 2	Re-writable DVD
DVD-RW	4.7	1	1 or 2	Re-writable DVD

## DVD vs. CD Characteristics

	CD	DVD	
diameter (cm)	12.0	12.0	
layers	1	single	dual
substrate thickness (mm)	1.2	0.6	
substrates/ side	1	1	2
Track pitch (microns)	1.6	0.74	
Min pit length (microns)	0.83	0.4	0.44
Scan velocity	1.3	3.49	3.84
Wavelength (nm)	780	635/650	

## Format DVD-ROM

- ❑ DVD-ROM — for Computer applications (games, multimedia, encyclopedias, large sizes are needed...)

Backward read compatibility with existing CD-ROMs

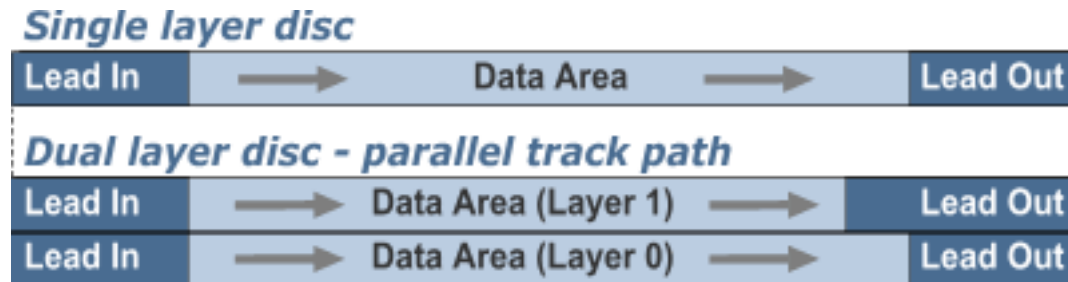
High performance for both sequential and non-sequential data types

- ❑ DVD-ROM ↔ CD-ROM

	DVD-5	DVD-9	CD-ROM
Capacity (GB)	4.7	8.5	0.7
Drive speed	10x		48x
Data Transfer rate (Mb/s)	10 and more		2.8 to 6
Linear velocity (m/s)	21	23	up to 52

## Format DVD-ROM / DVD-R

### ❑ DVD-ROM Disc layout



### ❑ DVD-R — Write-Once;

- ❑ similar technology to CD-Rs
- ❑ allows incremental writing
- ❑ compatible with DVD-ROM, DVD-Video and DVD-Audio
- ❑ only one layer/side possible

## Format Rewritable DVD

- ❑ DVD-RAM —use CAV, data rate = 22.16 Mb/s: for high performance computer data storage and archive applications. Over 100,000 recording cycles; 30-year life or more; needs a cartridge;
- ❑ DVD-RW—use CLV: for videotape replacement, video authoring and desktop PC-backup; recordable over 1,000 times
- ❑ DVD+RW—Choice of CAV for high performance data storage applications and CLV for video recording; Compatible with DVD-ROM drives;  
Disadvantage: not supported by the DVD Forum.

## Format DVD-Video 1

### ❑ 4 Types of Data:

#### ❑ Video — 1 stream; encoding MPEG-1 & MPEG-2

	<b>MPEG-2</b>	<b>MPEG-1</b>
<b>NTSC</b> resolution	720/704 x 480 352 x 480/240	352 x 480 351 x 240
<b>PAL/SECAM</b> resolution	720/704 x 576 352 x 576/288	352 x 576 352 x 288
<b>VBR or CBR</b>	VBR or CBR	constant bit rate
<b>PAL/SECAM</b> frame rate	25 fps	
<b>NTSC</b> frame rate (on disc)	24 or 29.97 fps	

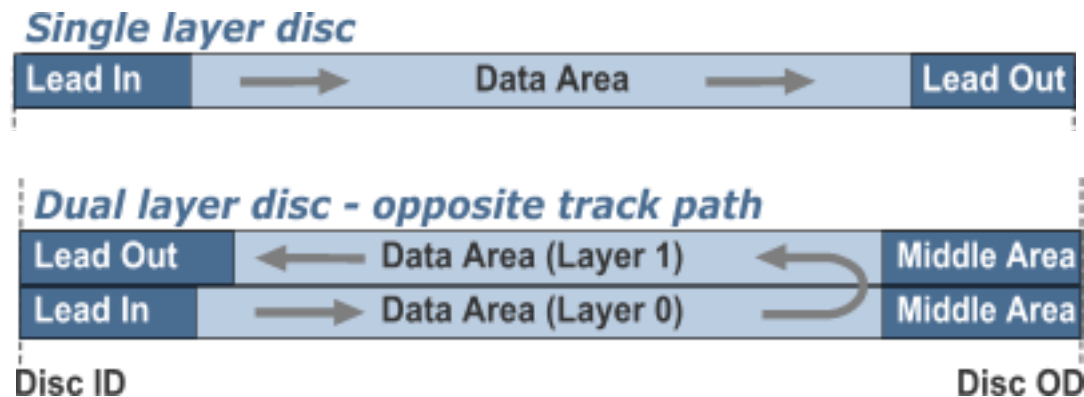
## Format DVD-Video 2

- ❑ Audio — up to 8 streams; include Dolby Digital, MPEG-1 & MPEG-2 , LPCM and DTS.
- ❑ Subpictures — graphics, overlaid: used as Subtitles (up to 32 languages), Menues
- ❑ Navigation — Program chains, Player controls, Menues
- ❑ Bit rate —
  - ❑ Maximum: 9.8 Mb/s (video+ audio+subpictures)
  - ❑ Average: for high result should be close to 4 Mb/s (depends on the number of audio streams and the encoding used)



## Format DVD-Video 3

- ❑ Playing Time— **DVD-5**: 133 minutes **DVD-9**: 240 minutes.  
(high quality MPEG-2, 3 surround sound audio channels, four subtitle channels, average data rate= 4,69 Mb/s).
- ❑ DVD-Video Disc layout:



## DVD-Audio

- ❑ sampling frequencies—48kHz, 96kHz, 192kHz, as well as 44.1kHz, 88.2kHz, 176.4 kHz
- ❑ sample size—16bit, 20bit and 24bit
- ❑ number of channels—up to six channels are available for multi-channel recording, with a transfer rate of 9.6 Mbps maximum
- ❑ compatibility with the DVD-Video and DVD-ROM formats
- ❑ recording options—2-channel stereo (>74 min on a single-sided/ single-layer disc at 192kHz/24bit); multi-channel mode (96kHz/24bit, 6-channel, >74 min)

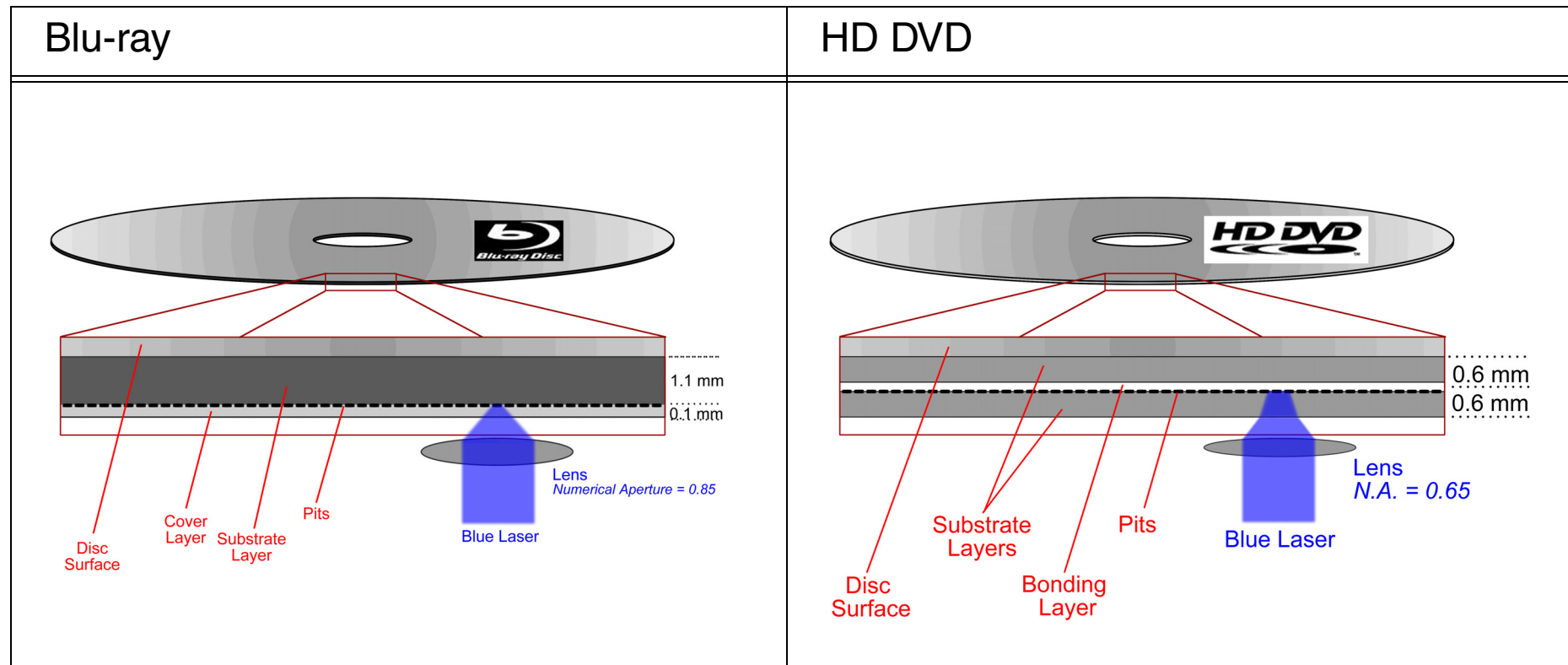
# Blu-ray vs. HD DVD



<http://www.blu-raydisc.com/>

<http://www.thelookandsoundofperfect.com/>

# Physikalischer Aufbau



## Disc Struktur

	Blu-ray	HD DVD
Schichten	<b>1 Substrate Layer</b> <b>Cover Layer</b> nur 0,1 µm! Polymer „Durabis“: Von TDK Corporation neu entwickeltes, kratzbeständig- es Material	<b>2 Substrate Layers</b> Anordnung, Abmessungen und Materialien sind gleich wie bei herkömmlicher DVD
Pit - Minimale Länge	<b>0,149 µm</b>	<b>0,204 µm</b>
Spurenbreite	<b>0.32 µm</b>	<b>0,40 µm</b>
Abstand Lasereintritt/Pit	<b>0,1 µm</b>	<b>0,6 µm</b>

## Strategien zur Kapazitätsmaximierung

	Blu-ray	HD DVD	DVD
Laser	<b>Blue Laser</b> (405 nm)	<b>Blue Laser</b> (405 nm)	<b>Red Laser</b> (650 nm)
NA*	<b>0.85</b>	<b>0.65</b>	<b>0.60</b>
Zusätzliche Strategie	<b>Dünnere Cover Layer</b> vermindert die durch Lichtbeugung eingeführte Strahlenunschärfe	-	-

\*NA - Numerische Apertur

- ❑ Kenngröße für die Bündelung eines optischen Systems
- ❑ Je höher NA, desto besser ist Lichtstrahl gebündelt

## Formate - CODECs

	Blu-ray	HD DVD
Codec Video	<b>MPEG-2</b> <b>H.264/MPEG-4 AVC</b> <b>SMPTE VC-1</b> (Populärste Implementierung: wmv9)	<b>MPEG-2</b> <b>H.264/MPEG-4 AVC</b> <b>SMPTE VC-1</b>
Codec Audio <i>verlustbehaftet</i>	<b>Dolby Digital AC-3</b> (Maximum 640kbps) <b>DTS</b> <b>Dolby Digital Plus</b> (optional, Maximum 1,7Mbps)	<b>Dolby Digital AC-3</b> (Maximum 448kbps) <b>DTS</b> <b>Dolby Digital Plus</b> (Maximum 3Mbps)
Codec Audio <i>verlustfrei</i>	<b>Lineares PCM</b> (bis zu 7.1 channel) <b>Dolby TrueHD</b> <b>DTS-HD</b>	<b>Lineares PCM</b> (bis zu 7.1 channel) <b>Dolby TrueHD</b> <b>DTS-HD</b> (optional)

# Datentransfer

	Blu-ray	HD DVD	DVD
Audio+Video, maximal	<b>54 Mbps</b>	<b>36,55 Mbps</b>	<b>11,8 Mbps</b>
Nur Video, maximal	<b>40 Mbps</b>	-	-



# Digital Rights Management

Blu-ray	HD DVD	DVD
<b>Region Code</b> 3 Regionen	<b>z.Z. kein Region Code</b> Auf Druck der Hollywood Studios wird Code entwickelt	<b>Region Code</b> 8 Regionen
<b>AACS</b> <i>Advanced Access Content System</i>	<b>AACS</b> 128-bit Nachfolger von <b>CSS</b> Kontrolliert Kopiervorgänge (auch nicht digitales Kopieren!) Kontrolliert Übertragung auf andere Geräte	<b>CSS</b> (40-bit) <i>Content Scrambling System</i> Wurde geknackt, seither kein Schutz mehr vor Raubkopien
<b>BD+</b> <i>Dynamischer Schlüssel</i> Sollte Schlüssel geknackt werden, BD Hersteller können Schlüssel upgraden, nachfolgend erzeugte BDs wieder kopiergeschützt		

# Speicherkapazität und Discgrößen

Diskgröße		Blu-ray	HD DVD
ø12cm	Sinlge Layer	<b>25 GB</b>	<b>15 GB</b>
	Double Layer	<b>50 GB</b>	<b>30 GB</b>
	Multilayer >2	<b>X</b> ( im Labor & Layers 200GB)	<b>X</b> (Im Labor 3 Lay-ers)
	Double Side Version	<b>X</b> (Möglich bei 1, 2, 4 Layerversion)	<b>X</b>
ø 8cm	Single Layer	<b>7,8 MB</b>	<b>4,7 GB</b>
	Double Layer	<b>15,6 GB</b>	<b>9,4 GB</b>
	Multilayer >2	-	-
	Double Side Version	<b>X</b>	<b>X</b>

## Beschreibbare Discs

	Blu-ray	HD DVD
Bezeichnung	<b>BD-R</b> (1x beschreibbar) <b>BD-RE</b> (wiederbeschreibbar)	<b>HD-DVD-R</b> (1x beschreibbar) <b>HD-DVD-RW</b> (wiederbeschreibbar)
Kapazität	<b>25 GB</b> (Single Layer)	<b>15 GB</b> (Single Layer)
Datenrate bei Schreibvorgang	<b>36 Mbps</b> (Drivespeed 1x) <b>72 Mbps</b> (Drivespeed 2x)	<b>36,55 Mbps</b> (Drivespeed 1x) <b>73 Mbps</b> (Drivespeed 2x)
Schreibdauer	<b>95 min.</b> (Drivespeed 1x) <b>47 min.</b> (Drivespeed 2x)	<b>55 min.</b> (Drivespeed 1x) <b>28 min.</b> (Drivespeed 2x)
Preis	Für HD DVD-R wird ein niedriger Preis als für die BD-R erwartet	

Quelle: DVDForum Homepage, Wikipedia

## Quellen

### Offizielle Homepages

- ❑ Blu-ray Homepage - <http://www.blu-raydisc.com/>
- ❑ HD DVD Homepage -  
<http://www.thelookandsoundofperfect.com/>
- ❑ DVD Forum - <http://www.dvdforum.org/forum.shtml>

## **Compact Disc - Interactive (CD-i)**

- ❑ first mm platform, early 90ies
- ❑ complete system: physical and logical organization of MM information on CD, HW interfaces for CD-i players, SW interfaces for CD-i programs.
- ❑ requires a video monitor and audio presentation equipment

## CD-i Media Types

- ❑ audio — CD-DA, Level A, Level B, Level C
- ❑ image — RGB 5:5:5, DYUV, CLUT (256, 128, 16 entries),  
RL (run-length coding, 128 or 8 entries)
- ❑ video — MPEG-1 encoded video
- ❑ text and graphics (interpretation of this data is left to  
applications)

## **Digital Video Interactive (DVI)**

- ❑ DVI technology — several components: formats and codecs for audio and video, hw and sw allowing applications to capture and playback these media
- ❑ DVI system — integration of these components into a particular host hw and sw platform
- ❑ developed at David Sarnoff Research Center, then acquired by INTEL, DVI chip and board sets (ActionMedia boards)

## DVI Media Types

- ❑ video — real-time video (RTV), production-level video (PLV)
- ❑ audio — a number of audio types, eg. FM (5 hours stereo), “mid-range” (20 hours mono), near AM mono (40 hours)
- ❑ image — number of formats, eg. RGB, YUV, monochrome, color mapped images and images with alpha channel (DVI hw offer lossless and lossy compression)
- ❑ text and graphics — rendering relies on DVI hw



# QuickTime

## General

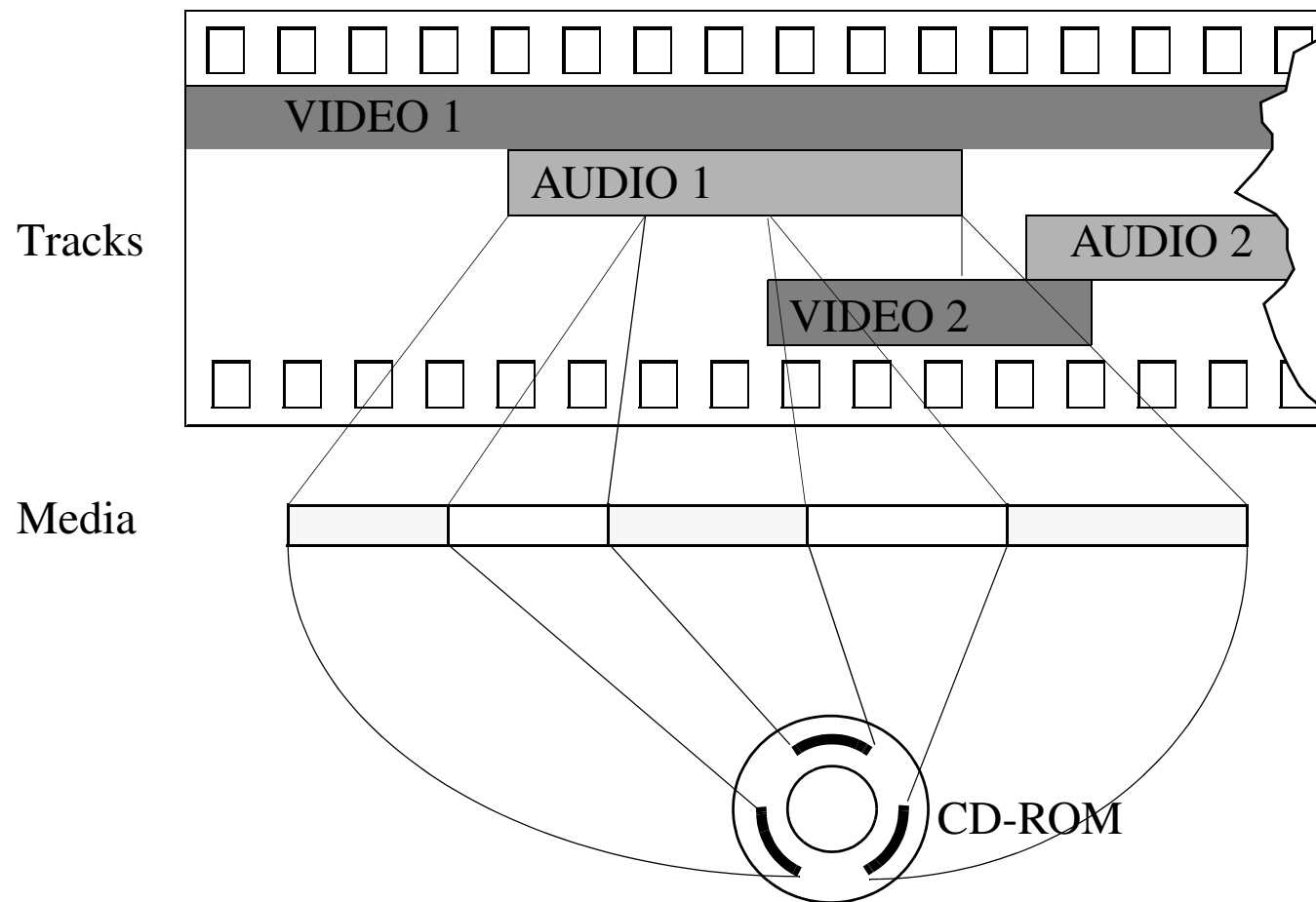
- ❑ extension to Macintosh OS supporting time-based data
- ❑ movie — multimedia type composed of tracks (audio or video)
- ❑ open environment — allowing the addition of new media types, compression components and hw devices
- ❑ component — piece of sw with an interface of a particular form (component types)

## QuickTime Media Types

- ❑ video and images — based on Apple's PICT format, several compression algorithms
- ❑ audio
  - ❑ range of sample rates (max. 65kHz)
  - ❑ mono or stereo (interleaved)
  - ❑ PCM with sample size of 8, 16 or 32 bits
- ❑ text and graphics — can be included in PICT data or movies, basically ignored by QuickTime

# QuickTime Media Organization

## Movie



## QuickTime Media Organization

### Time in QT

- ❑ timing is explicit
- ❑ values represented by unsigned integers
- ❑ time scale—units per second
- ❑ duration—maximum time value
- ❑ timebase—playback rate
- ❑ time coordinate system (TCS, scale and duration)

## QuickTime Media Organization

Conceptional level:

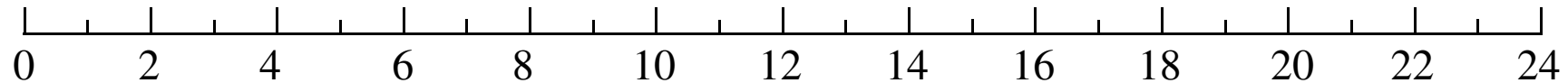
- ❑ data entity—represents the actual storage used for a/v data.
- ❑ media entity—temporal sequence measured in *media time*, each entity has a media type (either a or v), elements reference storage regions.
- ❑ track entity—reordering of media entity, each entity is contained in one movie entity, time measured in movie TCS.
- ❑ movie entity—group of track entities, specifies time scale and duration, tracks are offset within the movie.

# QT Media Organization (Examples)

## media entity

$$vMedia_{25} = (<\#1,0,2>, <\#2,2,4>, <\#3,6,1>, <\#4,7,1>, <\#5,8,3>)$$

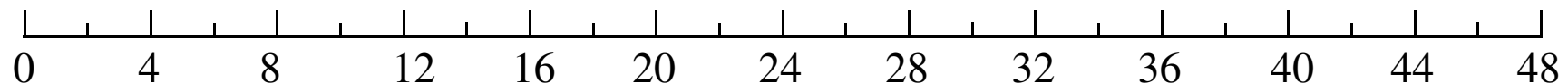
#1	#2	3	4	#5
----	----	---	---	----



## track entity

$$vTrack_{50} = (<\#1,0,4>, <\#2,4,8>, <\#3,12,2>, <\#4,14,2>, <\#5,16,6>)$$

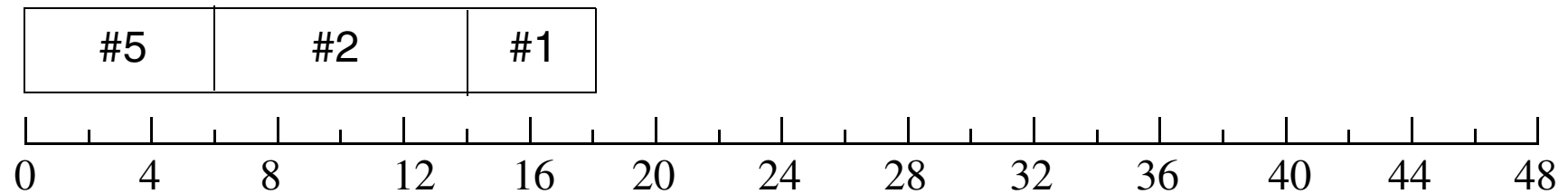
#1	#2	3	4	#5
----	----	---	---	----



## QT Media Organization (Examples)

edited track entity

edited-vTrack<sub>50</sub>=( $\langle \#5, 0, 6 \rangle$ ,  $\langle \#2, 6, 8 \rangle$ ,  $\langle \#1, 14, 4 \rangle$ )



# QT Media Organization

## Physical organization

- ❑ atom—basic storage unit, consists of
  - ❑ size (in bytes)
  - ❑ four character code (identifies type)
  - ❑ content section (fields or other atoms)



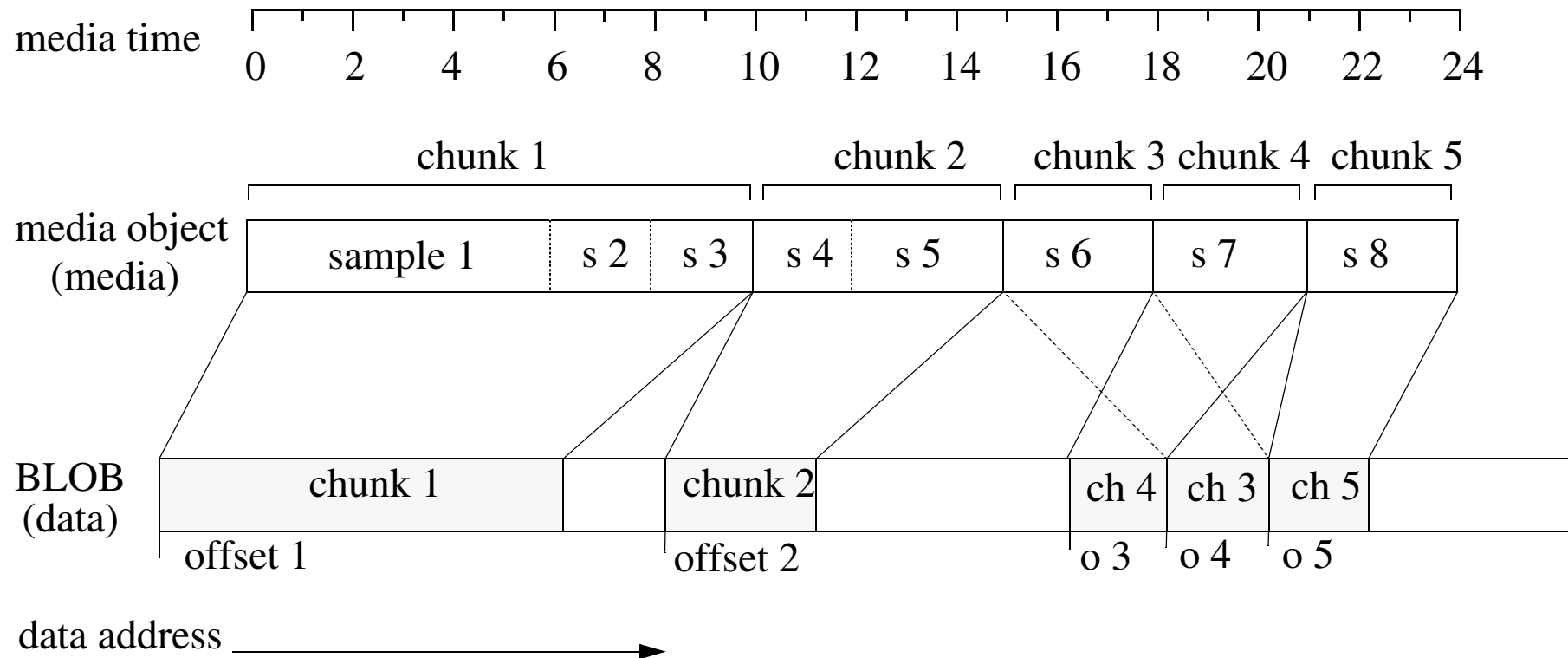
# QuickTime Media Organization

movie atom	movie size, type="moov"	
	movie header atom	movie header size, type
		version / flags
		creation/modification time
		time scale, duration, rate
		movie matrix
		preview time, duration
		poster time
		selection time, duration
		next track ID
	clipping atom	
	track atom	
	.....	
	user data atom	

track atom	track size, type="trak"	
	track header atom	track header size, type
		version / flags
		creation/modification time
		track ID, duration
		layer, alternate group
		volume
		track matrix, track width, track height
		clipping atom
	track matte atom	
	edits atom	
	media atom	
	user data atom	

media atom	media size, type="mdia"	
	media header atom	media header size, type
		version / flags
		creation/modification time
		time scale, duration
		language quality
	handler reference atom	
	media information atom	
	user data atom	

## QuickTime Media Mapping (Example)



**The mapping of media time to data address**

# QuickTime Media Mapping (Example)

	Media Value
Ch 1	sample 1
	sample 2
	sample 3
Ch 2	sample 4
	sample 5
Ch 3	sample 6
Ch 4	sample 7
Ch 5	sample 8

Time-to-sample

sample number	sample span	sample start time	sample duration
1	1	0	6
2	3	6	2
5	4	12	3

Sample-to-chunk

chunk number	chunk span	start sample in chunk	samples /chunk	encoding
1	1	1	3	E1
2	1	4	2	E1
3	2	6	1	E1
5	1	8	1	E2

# Part IV Multimodal Information Retrieval

- ❑ Teil 1: Einführung + Grundlagen
- ❑ Teil 2: Bildretrieval
- ❑ Teil 3: Videoretrieval
- ❑ Teil 4: Audioretrieval
- ❑ Teil 5: Distanz- und Ähnlichkeitsmaße

# **Teil IV.1**

## **MMIR Grundlagen**

# Definition Information Retrieval

**Information Retrieval (IR)** (Informationswiedergewinnung, gelegentlich Informationsbeschaffung)

betrachtet Informationssysteme in Bezug auf ihre Rolle im Prozess des Wissenstransfers vom menschlichen Wissensproduzenten zum Informations-Nachfragenden.

[GI Fachgruppe IR]

beschäftigt sich mit computergestützter, inhaltsorientierter und unscharfer Suche in unstrukturierten Datenmengen

<http://de.wikipedia.org/wiki/Information-Retrieval>

## Definition Multimodal

- ❑ **Multi** [lat. multus] viel-, vielfach-, Viel-
- ❑ **Modal** [lat.: Modus] die Art und Weise bezeichnend  
(mit der etwas gesschieht oder gedacht wird)

### Multimodal Information Retrieval

oft synonym mit

### (Inhaltsbasiertes) Multimedia Information Retrieval

## Grundprinzip

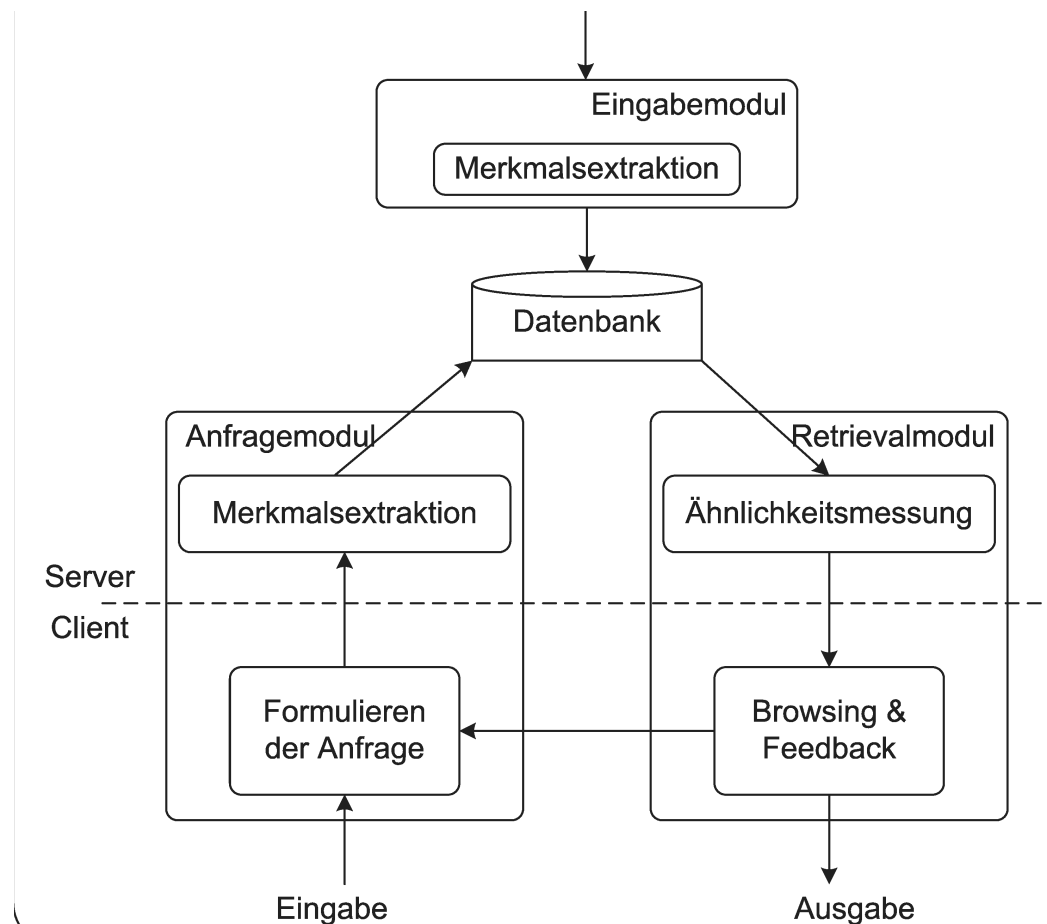
- ❑ aus einem Medienobjekt oder Multimediaobjekt werden **inhaltsbasierte Merkmale** extrahiert (feature extraction)
- ❑ diese Merkmale werden in einem **Merkmalsvektor** zusammengefasst
- ❑ Merkmalsvektoren werden gespeichert
- ❑ die Merkmalsextraktion erfolgt für alle Objekte einer Kollektion
- ❑ Anfrage:  
welche zu einem Anfrage-Medienobjekt ähnlichen Objekte enthält die Kollektion?



## Grundprinzip (2)

- ❑ Vergleich von Merkmalsvektoren (Anfragevektor vs. Kollektionsvektoren), Ähnlichkeitssuche
- ❑ Reihung (**Ranking**) der Ergebnisse
- ❑ Iteration durch Modifikation der Anfrage oder **Relevanz-Feedback**

# Grundprinzip (3)



## **IV.1.1 Retrieval Modelle**

# Überblick

- ❑ IR-Systeme lassen sich nach den zugrunde liegenden IR-Modellen klassifizieren.
- ❑ IR-Modell legt die Art der Realisierung der folgenden Komponenten eines IR-Systems fest:
  - ❑ interne Dokumentdarstellung,
  - ❑ Anfrageformulierung und interne Anfragedarstellung,
  - ❑ Vergleichsfunktion zwischen jeweils zwei Dokumenten beziehungsweise zwischen Anfrage und einem Dokument.

# Überblick

- ❑ Modelle
  - ❑ boolesches Modell: Dokumente werden als Mengen von Indextermen repräsentiert. Suche über Terme in Termmengen; boolescher Junktoren
  - ❑ Fuzzy-Modell: Erweiterung von booleschem Modell
  - ❑ Vektorraummodell

## Boolesches Modell

- ❑ Konzepte der Mengentheorie und der booleschen Algebra
- ❑ klare Semantik, sehr einfaches Modell
- ❑ Gewicht eines Terms bezogen auf ein Text-Dokument binär
- ❑ Jedes Dokument wird intern durch die Menge von Indextermen mit Gewicht „1“ repräsentiert
- ❑ in Anfrage werden Terme angegeben, die durch boolesche Junktoren, also durch »**and**«, »**or**« und »**not**«, kombiniert werden

## Boolesches Modell

- ❑ Innerhalb der **Vergleichsfunktion** werden die durch die Anfrage spezifizierten Anfrageterme in den jeweiligen Dokumenten auf Enthaltensein getestet.
- ❑ Ergebnis eines Termtests ist ein boolescher Wert
- ❑ boolesche Junktoren zur Kombination einsetzbar

## Beispiel

- ❑ Menge von Text-Dokumenten, die Beschreibungen zu Urlaubsorten enthalten:
  - ❑ Indexvokabular = {Korsika, Sardinien, Strand, Ferienwohnung, Gebirge}
- ❑ drei Dokumente
  - ❑ Dokument d1 : {Sardinien, Strand, Ferienwohnung}
  - ❑ Dokument d2 : {Korsika, Strand, Ferienwohnung}
  - ❑ Dokument d3 : {Korsika, Gebirge}

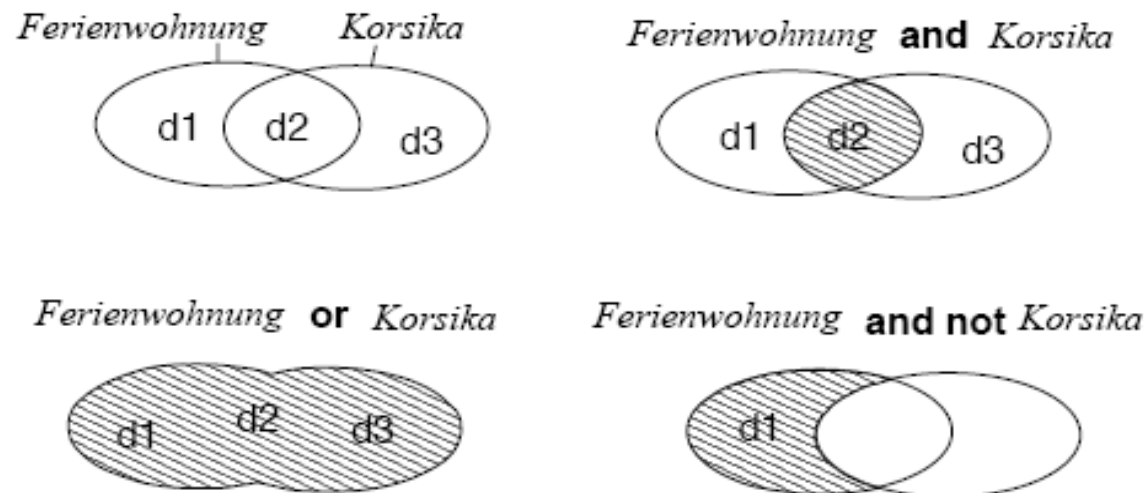


## Beispiel - 2

### ❑ Anfragen und Ergebnisse:

- |  |         |              |
|--|---------|--------------|
| ❑ Korsika                              | liefert | {d2, d3}     |
| ❑ Ferienwohnung                        | liefert | {d1, d2}     |
| ❑ Ferienwohnung <i>and</i> Korsika     | liefert | {d2}         |
| ❑ Ferienwohnung <i>or</i> Korsika      | liefert | {d1, d2, d3} |
| ❑ Ferienwohnung <i>and not</i> Korsika | liefert | {d1}         |

## Beispiel - 3



- ❑ Problem bei der Verwendung des not-Junktors:  
„but“ statt „and not“

## Normalformen

- ❑ Für die Berechnung des Anfrageergebnisses wird die Anfrage normalisiert:
- ❑ disjunktive (DNF) oder konjunktive (KNF) Normalform:
  - ❑ Ferienwohnung *and* ((Sardinien *and* Strand) *or* Korsika)
  - ❑ (Ferienwohnung *and* Sardinien *and* Strand) *or* (Ferienwohnung *and* Korsika) (DNF)
  - ❑ Ferienwohnung *and* (Sardinien *or* Korsika) *and* (Strand *or* Korsika)

## Nachteile

- ❑ **exaktes Modell:** aufgrund binärer Gewichte keine Ähnlichkeitssuche
- ❑ **Größe des Ergebnisses:** oft zuviele Dokumente oder keine
- ❑ **boolesche Junktoren:** Schwierigkeiten vieler Anwender

## Milderung

- ❑ **exaktes Modell:** Umwandlung von Konjunktionen in Disjunktionen; Stufen der Relevanz
- ❑ **Größe des Ergebnisses:** einige Systeme haben zweistufiges Suchverfahren (faceted query)
  - ❑ Anfrage formuliert und verfeinert, ohne jedoch das Ergebnis anzuzeigen.
  - ❑ vollständiges Ergebnis
- ❑ **boolesche Junktoren:** *all* und *any* statt *and* und *or*

## Fuzzy-Modell

- ❑ Erweiterung des booleschen Modells
- ❑ Anfragen mit Hilfe von booleschen Junktoren
- ❑ **Fuzzy-Theorie** zur Milderung der zu scharfen Enthaltenseinsbedingung von Termen in Dokumenten
- ❑ graduellen Zugehörigkeit von Dokumenten zu Termen

## Fuzzy-Menge

Definition:

Eine **Fuzzy-Menge**  $A = \{ \langle u; m_A(u) \rangle \}$  über einem Universum  $U$  ist durch eine **Zugehörigkeitsfunktion**  $m_A : U \rightarrow [0, 1]$  charakterisiert, welche jedem Element  $u$  des Universums  $U$  einen Wert  $m_A(u)$  aus dem Intervall  $[0, 1]$  zuordnet.

- ❑ Menge aller gespeicherten Dokumente: Universum;  
Term: Fuzzy-Menge
- ❑ Ein Fuzzy-Wert  $\mu_t(d1)$  des Dokuments  $d1$  bezüglich des Terms  $t$  drückt aus, wie stark der Term das Dokument charakterisiert.

## Beispiel

- Die Fuzzy-Mengen **Korsika** bzw. **Strand** drücken die folgenden Zugehörigkeiten dreier Dokumente zum Term »Korsika« bzw. »Strand« aus:

$$\text{Korsika} = \{\langle d1; 0,1 \rangle, \langle d2; 0,6 \rangle, \langle d3; 1 \rangle\}$$

$$\text{Strand} = \{\langle d1; 0,3 \rangle, \langle d2; 0,2 \rangle, \langle d3; 0,8 \rangle\}$$

- Zugehörigkeitsfunktionen

$\mu$	$d1$	$d2$	$d3$
$\mu_{\text{Korsika}}$	0,1	0,6	1
$\mu_{\text{Strand}}$	0,3	0,2	0,8



# Mengenoperationen

$$\begin{aligned}\mu_{A \cap B}(u) &= \min(\mu_A(u), \mu_B(u)) \\ \mu_{A \cup B}(u) &= \max(\mu_A(u), \mu_B(u)) \\ \mu_{\bar{A}}(u) &= 1 - \mu_A(u)\end{aligned}$$

- ❑ Anfrage analog zum booleschen Modell
- ❑ jeder Suchterm erzeugt Fuzzy-Menge
- ❑ Anfrage in disjunktive Normalform übergeführt
- ❑ Fuzzy-Mengenoperationen auf Fuzzy-Mengen ausgeführt
- ❑ Ergebnis entsprechend den Zugehörigkeitswerten sortiert

# Beispiel

Anfrage	$\mu$	$d1$	$d2$	$d3$
1	$\mu_{\text{Korsika}}$	0,1	0,6	1
	$\mu_{\text{Strand}}$	0,3	0,2	0,8
	$\mu_{\text{Korsika} \cap \text{Strand}}$	0,1	0,2	0,8
2	$\mu_{\text{Korsika} \cup \text{Strand}}$	0,3	0,6	1
3	$\mu_{\overline{\text{Korsika}}}$	0,9	0,4	0

## Zugehörigkeitswerte

- ❑ viele Ansätze für die Berechnung
- ❑ z. B. Term-zu-Term-Korrelationsmatrix

$$c_{i,j} = \frac{n_{i,j}}{n_i + n_j - n_{i,j}}$$

- ❑  $n_{i,j}$  Anzahl der Dokumente, die die Terme  $t_i$  und  $t_j$  gemeinsam enthalten
- ❑  $n_i$  und  $n_j$  jeweils die Anzahl der Dokumente, die den entsprechenden Term enthalten

# Beispiel

	$t_{Sardinien}$	$t_{Strand}$	$t_{Ferienw.}$	$t_{Korsika}$	$t_{Gebirge}$
$t_{Sardinien}$	1	$\frac{1}{2}$	$\frac{1}{2}$	0	0
$t_{Strand}$	$\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{3}$	0
$t_{Ferienw.}$	$\frac{1}{2}$	1	1	$\frac{1}{3}$	0
$t_{Korsika}$	0	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	1	$\frac{1}{2}$
$t_{Gebirge}$	0	0	0	$\frac{1}{2}$	1

## Dokumentzugehörigkeitswert

- ❑ Zugehörigkeitswert eines Dokumentes  $d_j$  zu einem Term  $t_i$ :
  - ❑ Aggregation aller Korrelationswerte zu allen im Dokument auftretenden Termen durch die Funktion

$$\mu_{t_i}(d_j) = 1 - \prod_{t_k \in d_j} (1 - c_{i,k})$$

## Vektorraummodell

- ❑ sehr weit verbreitetes Retrieval-Modell
- ❑ Dokumente werden als Vektoren eines Vektorraums aufgefasst
- ❑ Überführung des Retrieval-Problems in das Gebiet der Linearen Algebra
- ❑ kann überall dort eingesetzt werden, wo Medienobjekte durch eine feste Anzahl numerischer Merkmalswerte dargestellt werden können und sich Ähnlichkeit auf dieser Basis berechnet läßt

## Vektorraummodell

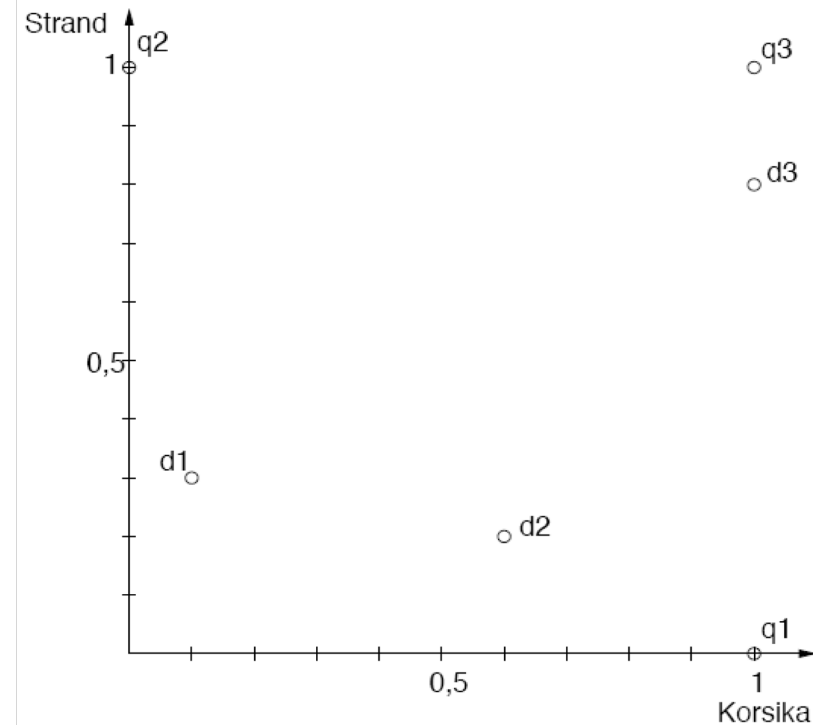
- ❑ unterstützt im Gegensatz zum booleschen Modell das Konzept der Ähnlichkeit
- ❑ Die Ähnlichkeit wird zwischen zwei Vektoren berechnet
- ❑ Anfrage wird durch einen Vektor repräsentiert
- ❑ viele Möglichkeiten zur Berechnung der Ähnlichkeit (z. B. Cosinusmaß, siehe 5.2)
- ❑ auch Ähnlichkeit über Distanzfunktionen (siehe 5.1)

# Beispiel

- drei Textdokumente mit 2 Termen; drei Anfragen

Dimension	$d1$	$d2$	$d3$
Korsika	0,1	0,6	1
Strand	0,3	0,2	0,8

Dimension	$q1$	$q2$	$q3$
Korsika	1	0	1
Strand	0	1	1

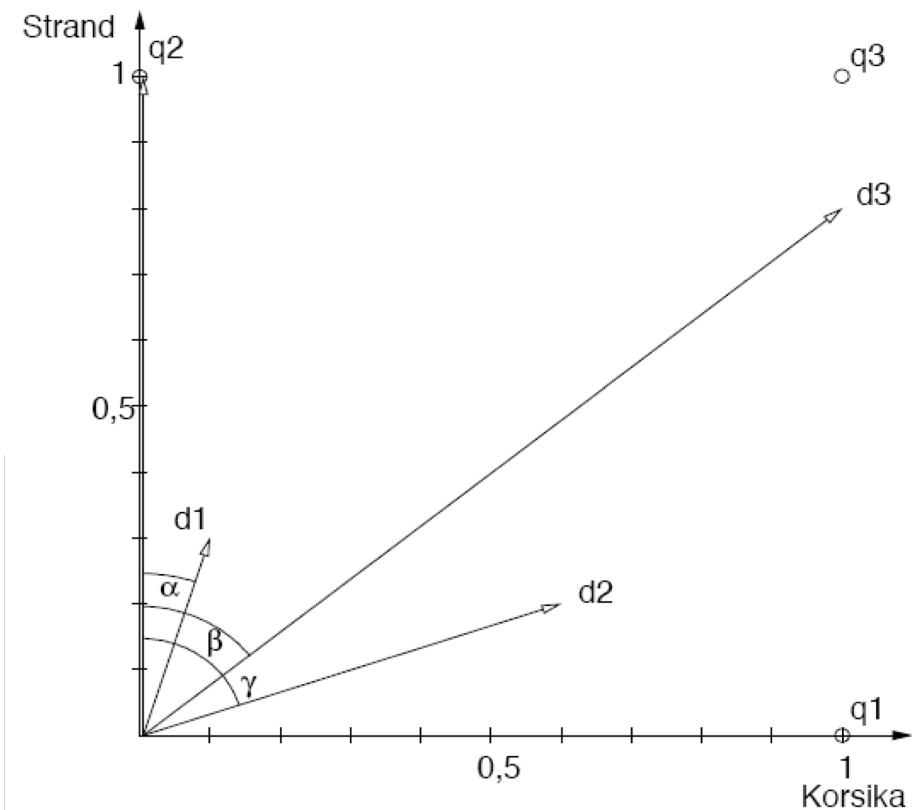




## Beispiel - 2

### □ Ähnlichkeitsmaß — Cosinusmaß

$sim_{cos}$		$d1$	$d2$	$d3$
$q1$		0,3162	0,9487	0,7809
$q2$		0,9487	0,3162	0,6247
$q3$		0,8944	0,8944	0,9939



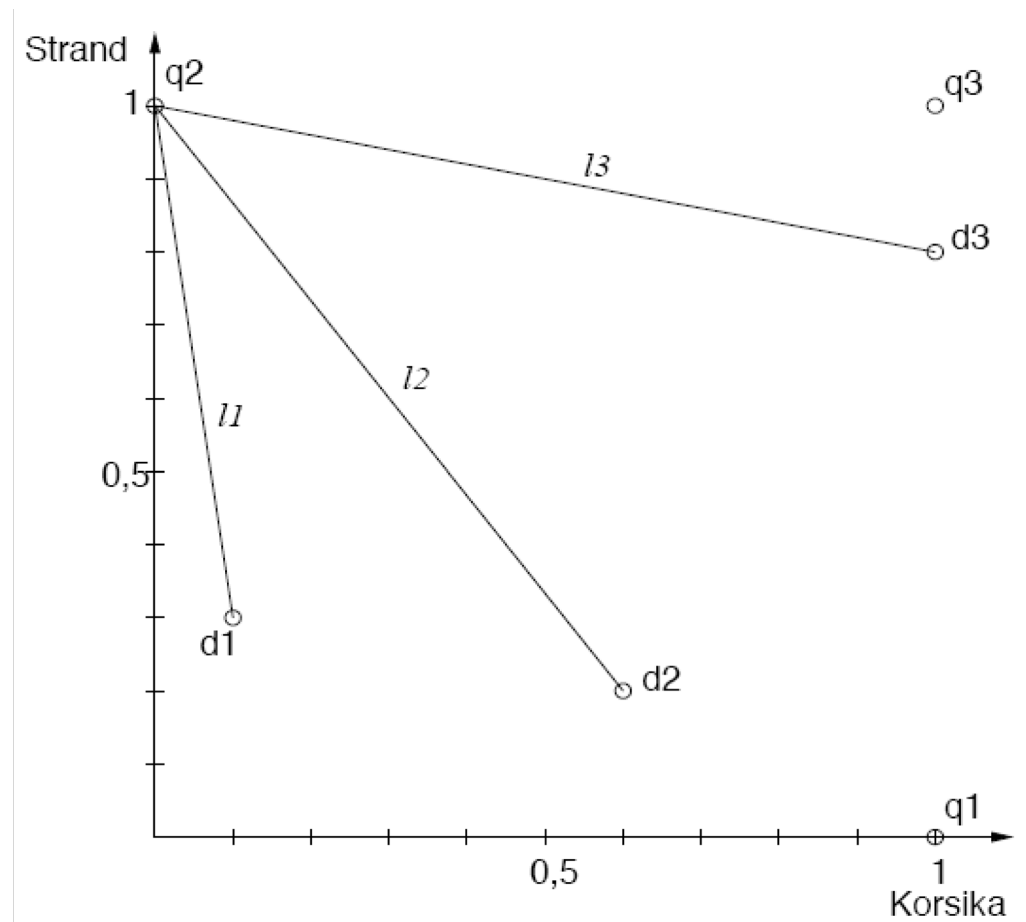
## Beispiel - 3

### ❑ Distanzfunktion — Euklidische Distanz

$dissim_{L_2}$	$d1$	$d2$	$d3$
$q1$	0,9487	0,4472	0,8
$q2$	0,7071	1	1,0198
$q3$	1,1402	0,8944	0,2

## Beispiel - 3

### □ Distanzfunktion — Euklidische Distanz



## **IV.1.2 Relevance Feedback**

# Motivation

- ❑ IR-Prozess enthält häufig Iterationen
- ❑ Anfrageverfeinerung durch Nutzerinteraktion
- ❑ erste Ergebnisliste für den Suchenden oft nicht zufriedenstellend

## **Anfragemodifikation — Gründe**

- ☐ vage Vorstellung über Suchergebnis
- ☐ schlechte Anfrageformulierung
- ☐ unbekannte Datenkollektion
- ☐ keine relevanten Dokumente verfügbar

## Arten der Nutzerreaktion

- ❑ Browsing — sequentielle Suche, meist wenig sinnvoll
- ❑ manuelle Anfragemodifikation
- ❑ Relevance Feedback
  - ❑ Bewertung der Dokumente der Ergebnisliste entsprechend ihrer Relevanz zur Anfrage durch Nutzer
  - ❑ das IR-System modifiziert die Anfrage

## Beispiel

- ❑ ideale Anfrage  $q$  (dem Nutzer nicht bekannt);  $q_0, q_1, q_2$   
Anfrage-Iterationen mit Bewertungen durch Nutzer

Anfrage	Ergebnisdokumente			
	1	2	3	...
$q$	$d_0$	$d_1$	$d_2$	...
$q_0$	$d_4$	$d_1 (+)$	$d_5 (-)$	...
$q_1$	$d_1 (+)$	$d_3 (+)$	$d_4 (-)$	...
$q_2$	$d_3$	$d_1$	$d_0$	...



## Bewertung von Dokumenten

Berücksichtigung folgender Aspekte:

- ☐ Anzahl der zu bewertenden Dokumente: <10
- ☐ reduzierte Darstellung der Ergebnisdokumente
- ☐ Art der Bewertung:
  - ☐ relevant und keine Bewertung
  - ☐ relevant, irrelevant und keine Bewertung
  - ☐ gestufte Relevanzwerte: gestufte Relevanzwerte

## Bewertung von Dokumenten

- ❑ Bewertungsgranulat:  
unterschiedliche Bewertungen eines Dokumentes bezüglich  
verschiedener Dokumenteigenschaften; erhöhter  
Bewertungsaufwand
  - ❑ mehrere Anfrageobjekte
  - ❑ Ähnlichkeit aufgrund verschiedener Eigenschaftswerte
- ❑ **Pseudorelevanz**: automatische Bewertung

## **Bewertungsauswertung**

Dokumentenbewertung kann auslösen:

- ☐ Anfragemodifikation
- ☐ Modifikation von Nutzerprofilen
- ☐ Modifikation der Dokumentbeschreibungen
- ☐ Modifikation des Suchalgorithmus
- ☐ Modifikation von Anfragetermgewichten

## Verfahren von Rocchio

- ❑ eigentlich entwickelt für Textdokumente, aber auf andere Medientypen übertragbar
- ❑ Modifikation von Termgewichten des Anfragevektors im Vektorraummodell
- ❑ Termgewichte relevanter Dokumente werden verstärkt und die Termgewichte irrelevanter Dokumente abgeschwächt
- ❑ Verschiebung des Anfragepunktes innerhalb des Vektorraums in Richtung der relevanten Dokumente

## Verfahren von Rocchio

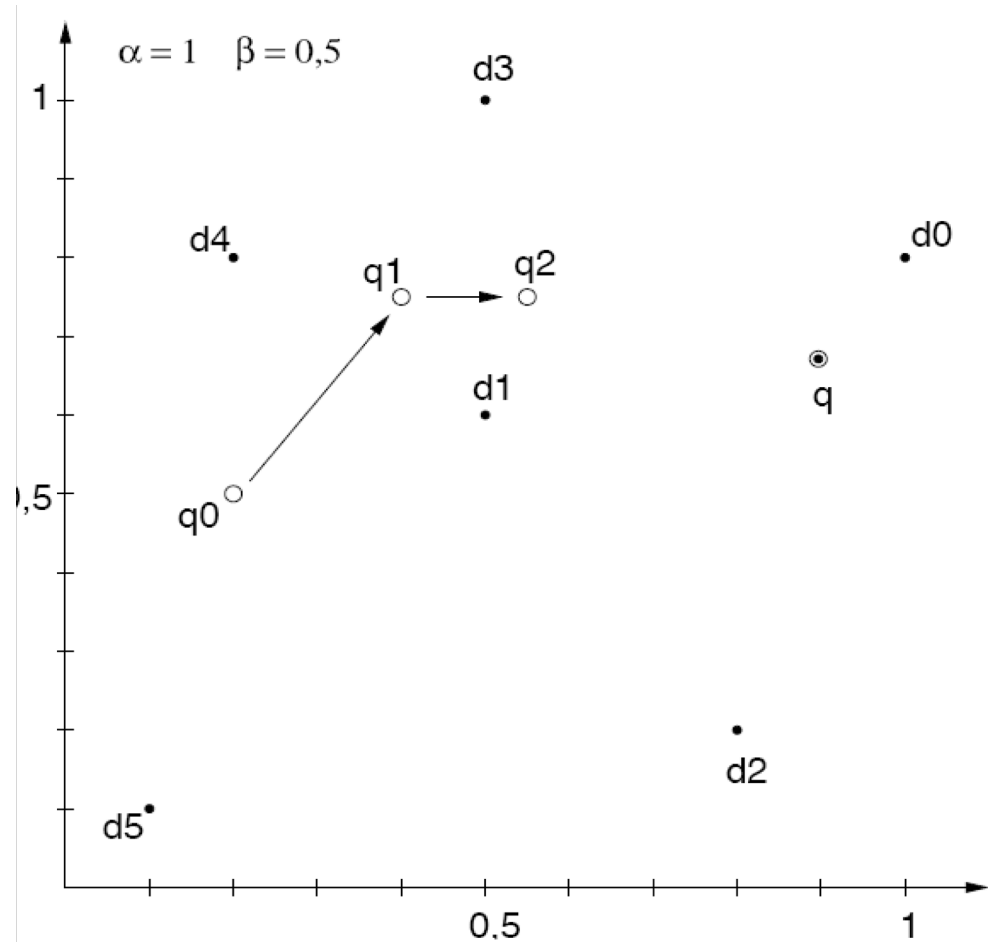
- ❑ Menge » $D_r$ « enthält alle bezüglich der Anfrage » $q_{alt}$ « als relevant markierten Dokumente und
- ❑ » $D_i$ « alle diesbezüglich irrelevanten Dokumente
- ❑ Modifikation des Anfragevektors:

$$q_{neu} = q_{alt} + \frac{\alpha}{|D_r|} \sum_{d_r \in D_r} d_r - \frac{\beta}{|D_i|} \sum_{d_i \in D_i} d_i$$

- ❑ » $\alpha$ « und » $\beta$ « sind Koeffizienten und gewichten den Einfluss der relevanten und irrelevanten Dokumente

# Beispiel

Anfrage	Ergebnisdokumente			
	1	2	3	...
$q$	$d_0$	$d_1$	$d_2$	...
$q_0$	$d_4$	$d_1 (+)$	$d_5 (-)$	...
$q_1$	$d_1 (+)$	$d_3 (+)$	$d_4 (-)$	...
$q_2$	$d_3$	$d_1$	$d_0$	...



## **IV.1.3 Bewertung von Retrieval Systemen**

## Definitionen

- ❑ **false alarms** — Dokumente, die vom Retrieval-System irrtümlicherweise als relevant zurückgeliefert wurden.
- ❑ **false dismissals** — Dokumente, die fälschlicherweise vom Retrieval-System als irrelevant eingestuft wurden und damit im Ergebnis nicht erscheinen.
- ❑ **correct alarms**
- ❑ **correct dismissals**
- ❑ Variablen gelten jeweils gegenüber einer Anfrage  $q$

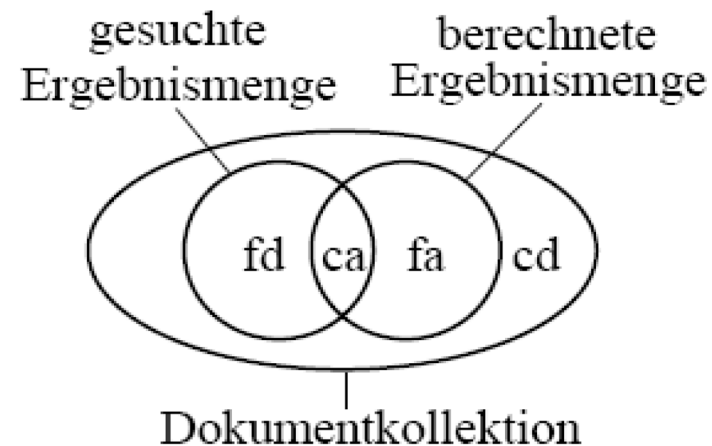


# Definitionen

$$|\text{gesuchte Ergebnismenge}| = fd + ca$$

$$|\text{berechnete Ergebnismenge}| = ca + fa$$

$$|\text{Dokumentkollektion}| = fd + ca + fa + cd$$



# Definitionen

## □ Precision

$$P_q = \frac{ca}{ca + fa}$$

## □ Recall

$$R_q = \frac{ca}{ca + fd}$$

## □ Fallout

$$F_q = \frac{fa}{fa + cd}$$

## Precision-Recall-Paare

- ❑ Abhängigkeit des Precision- und Recall-Wertes von der Größe der Ergebnismenge kann in Form einer Linie in einem Precision-Recall-Diagramm dargestellt werden.
- ❑ inkrementelles Vergrößern der Ergebnismenge

# Beispiel 1

Anzahl	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_1$	$\frac{1}{1}$	$\frac{1}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{4}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{6}$	$\frac{3}{7}$	$\frac{4}{8}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{5}{10}$
$R_1$	$\frac{1}{5}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{5}$
$P_2$	$\frac{1}{1}$	$\frac{2}{2}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{4}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{6}$	$\frac{4}{7}$	$\frac{5}{8}$	$\frac{5}{9}$	$\frac{5}{10}$
$R_2$	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{2}{5}$	$\frac{3}{5}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{4}{5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{5}$	$\frac{5}{5}$
$P_3$	$\frac{0}{1}$	$\frac{0}{2}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{1}{4}$	$\frac{1}{5}$	$\frac{2}{6}$	$\frac{2}{7}$	$\frac{3}{8}$	$\frac{3}{9}$	$\frac{3}{10}$
$R_3$	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{0}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{1}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{2}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$	$\frac{3}{3}$

## Beispiel 2

