

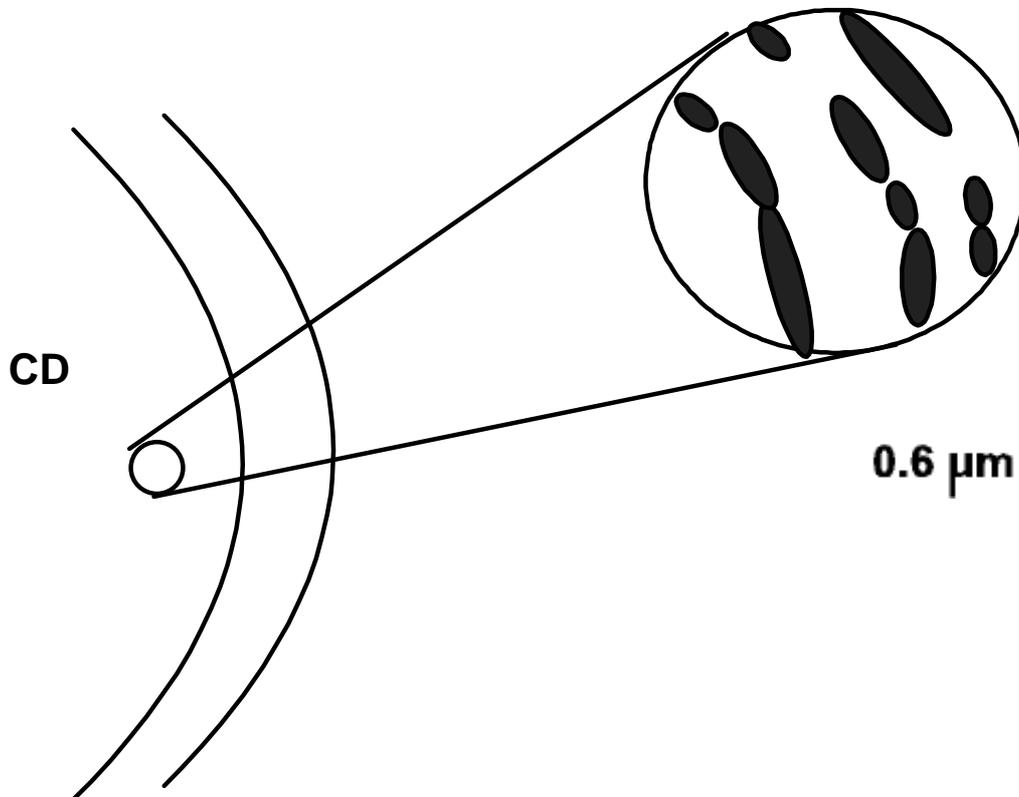
# 6. Multimedia-Datenspeicher

## 6.1. Optische Speicher

### Technologie und Historie optischer Speichermedien

- 1973: Video Long Play (VLP) publiziert (analoge Laserplatte)
- 1983: Compact Disk Digital Audio am Markt  
Red Book Standard
- 1985: CD-ROM  
Yellow Book: Standard zum physikalischen Format
- 1985: High Sierra: Definition des logischen Formats durch die Hersteller
- ISO 9960: Standard zum logischen Format
- 1986: CD-I angekündigt
- Green Book (aktuelle Version aus 1988)
- 1988: CD-ROM-XA angekündigt (Extended Architecture)
- 1990: beschreibbare CD (CD-WO)  
magneto-optische Platte (CD-MO)
- 1997: DVD (Digital Versatile Disk) erscheint auf dem Markt

## 6.1.1 Optische Speicher - Allgemeines Prinzip

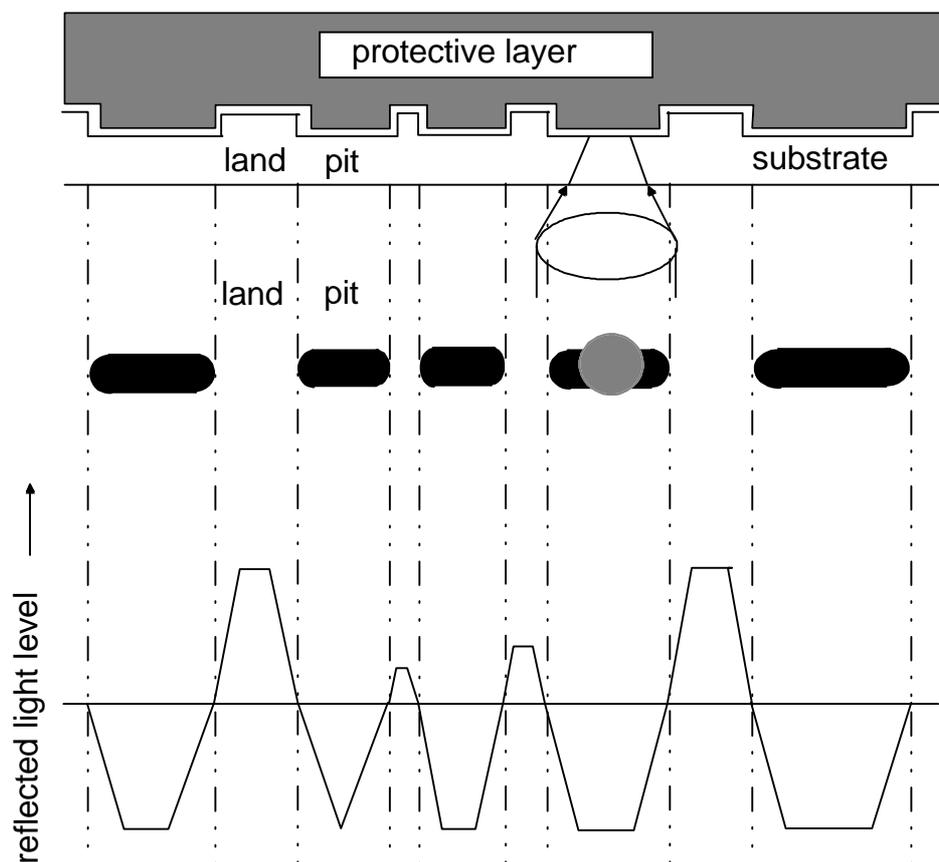


### Aufbau

- Informationen liegen auf der Oberfläche als "Pits" und "Lands"
- Datenspur ist spiralförmig angeordnet
- Spurbreite ca. 1,6 Mikrometer
- Pits ca. 0,6 Mikrometer breit

## Prinzip des optischen Lesens

- Laserstrahl
  - auf ca. 1 Mikrometer fokussiert
  - Wellenlänge 780 nm
  - wird von Materialien unterschiedlich reflektiert
- Laserlicht wird auf Schichtgrenze fokussiert
  - bei "Lands" reflektiert, d.h. starke Intensität
  - bei "Pits" gestreut, d.h. schwache Intensität



## Vorteile gegenüber magnetischen Speichermedien

- Hohe Datendichte
  - 1.66 Datenbits pro Mikrometer
  - 1.000.000 bits/mm<sup>2</sup>
- Lichtquelle Laser kann ca. 1mm von der Oberfläche entfernt sein: berührungslos, kein Abrieb
- guter Langzeitspeicher (nicht volatil)

## 6.1.2 Laser-Bildplatte, Laser Vision (LV)

### Allgemein

- Bewegtbild und Audiowiedergabe von der optischen Platte
- **analoge** Kodierung auf der Platte
- hohe Qualität der Datenwiedergabe
- Durchmesser: 30 cm

### Historie

- ursprünglich VLP (Video Long Play)
- 1973 in einem Philips Technical Review zuerst beschrieben

## 6.1.3 Compact Disk Digital Audio (CD-DA)

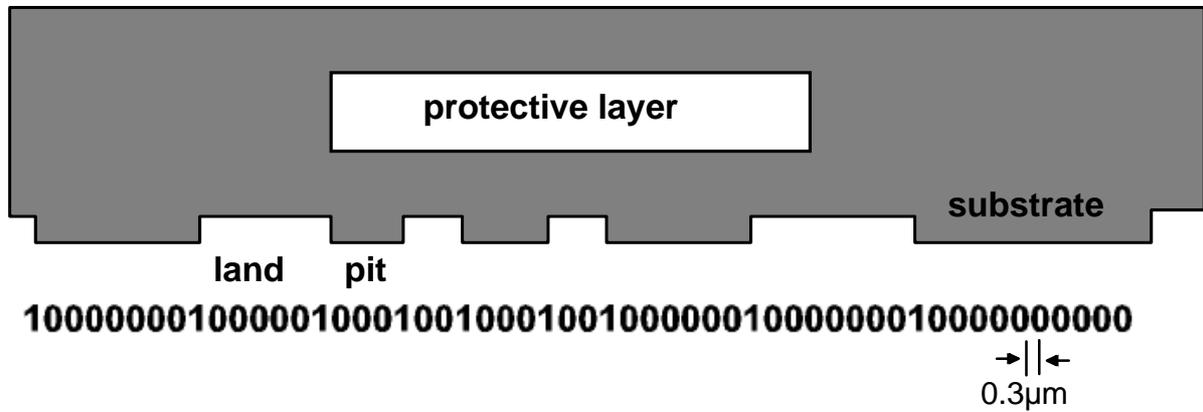
### Historie

- ursprünglich Philips
- dann Philips und Sony
- Produktreife 1983

### Allgemeine Daten

- Durchmesser 12 cm
- constant linear velocity CLV
- spiralförmige Spur, keine konzentrischen Kreise
- => die Drehzahl hängt von der Position des lesenden Strahls ab!
- die Spirale hat ca. 20.000 Windungen

## Bit-Kodierung



- Länge der Pits ist Vielfaches von 0.3 Mikrometer
- Übergang von Pit zu Land oder Land zu Pit bedeutet "1" (Differenz-Kodierung), kein Übergang bedeutet "0"

## Digitale Audio-Kodierung

- PCM (pulse code modulation)
- Lineare Quantisierung: 16 bits/sample pro Kanal  
32 bits/sample bei Stereo
- 44,1 kHz Abtastrate für einen Audiofrequenzbereich von 22 kHz (HiFi). Das ergibt 1.411.200 bit/s = 1,41 Mbit/s

## Kapazität

- 74 Minuten Spieldauer \* 1.411.200 bit/s = 6.265.728.000 bit = ca. 783 MByte pro CD

## Eight-to-Fourteen-Modulation

- Pits und Lands müssen einen minimalen Abstand einhalten, Transitionen dürfen nicht zu dicht beieinander liegen, sonst reicht die Auflösung des Lasers nicht aus  
=> minimal immer 2 "Nullen" in Folge
- Pits und Lands müssen einen maximalen Abstand einhalten, sonst kann kein Taktsignal aus dem Bildsignal wiedergewonnen werden  
=> maximal 10 "Nullen" in Folge
- Idee: man wählt eine Bitkodierung, die dies stets gewährleistet. Ein 8-bit Datenbyte wird als 14 bit-Kodewort dargestellt

- Beispiel:

Datenbyte	Kodewort
00000000	01001000100000
00000001	10000100000000
...	...

# Frames

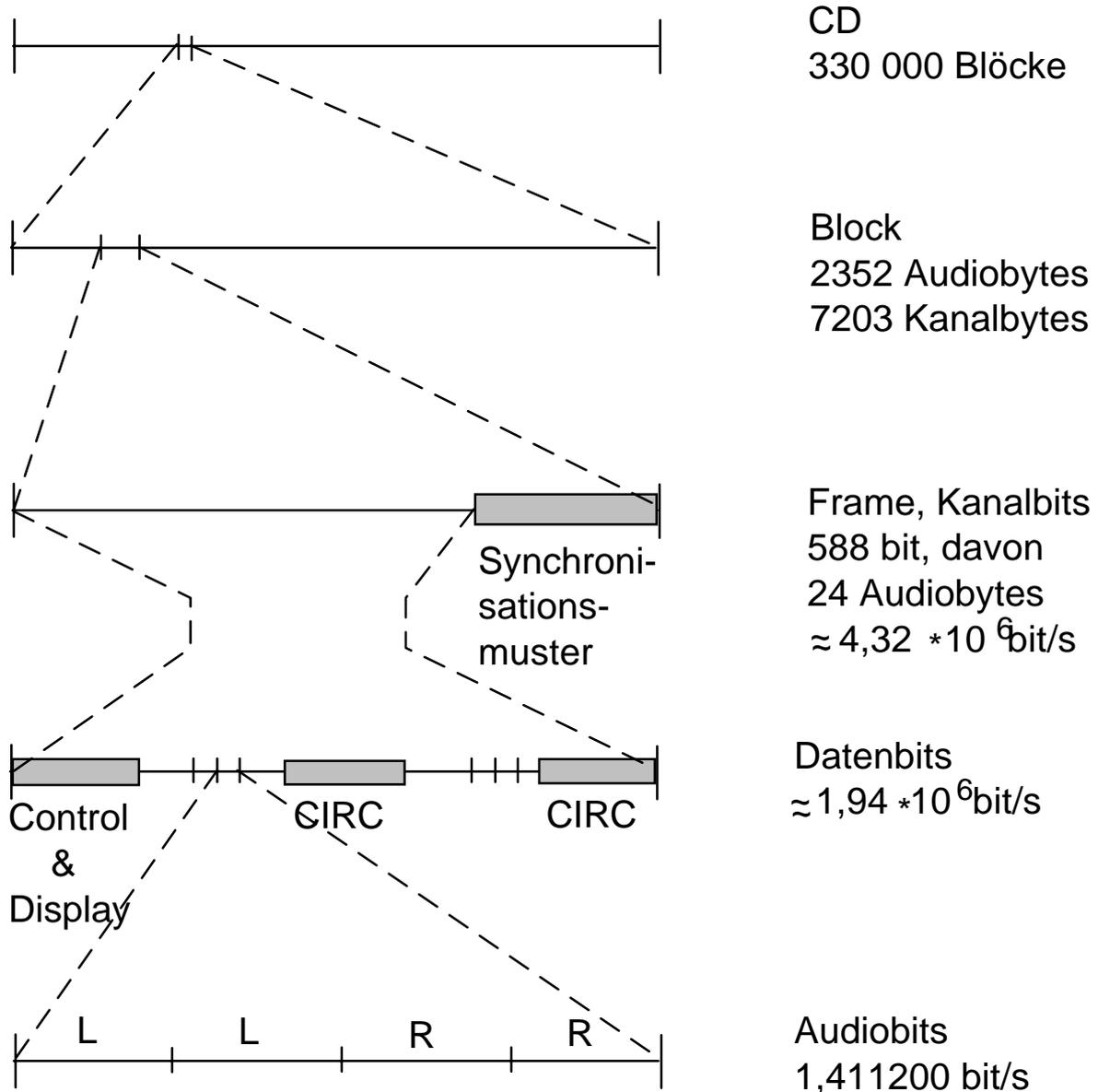
Die Daten werden in einer Folge von Frames angeordnet. Jeder Frame besteht aus:

- Synchronisationsmuster
  - bestimmt Beginn eines Frames
  - 12 mal "1" + 12 mal "0" als Kanalbits + 3 Füllbits
- control & display
  - Bytes verschiedener Frames werden zusammengezogen
  - identifizieren z.B. Trackanfang (CD hat 99 tracks)
- Daten
  - 2 Gruppen, je 12 Datenbytes (eigentl. Information)
- error correcting code
  - 2 Gruppen mit je 4 Korrektur-Datenbytes nach Reed-Solomon
  - erste Gruppe korrigiert Einzelbytefehler, zweite Gruppe korrigiert Doppelbytefehler

## Fehlerkorrektur

- Besonderes Problem: Erkennung und Behebung von „Burst“-Fehlern
- Lösung: Interleaving  
zeitlich hintereinander liegende Datenbytes werden auf mehrere Frames verteilt  
Burstfehler verteilen sich  
=> bis zu 7 Frames in Folge können korrigiert werden
- 7 Frames \* 588 bit/frame = 4116 bit  
d.h. 4116 Datenbits \* 0.3 Mikrometer/bit = ca. 1,2 mm auf der Oberfläche
- über ca. 1,2 mm kann ein Burstfehler auftreten (auf einer Spur), der behoben werden kann
- insgesamt: Cross Interleaved Reed Solomon Code (CIRC)
- resultierende Fehlerrate (Erfahrungswert):  $10^{-8}$ ,  
d.h. ca. 1 bit auf 100 Millionen Bits bleibt unerkannt fehlerhaft

## Struktur einer Audio-CD



## 6.1.4 CD-ROM (Compact Disc Read Only Memory)

### Ziel:

- Speicherung von **Daten** und **komprimiertem** Audio und Video
- preisgünstige Hardware durch weitgehende Kompatibilität mit der Audio-CD

### Wichtigster Schritt:

- Information wird zu "Blöcken" zusammengefasst
- Jeder Block bekommt zusätzliche Informationen
- Jeder Block bekommt zusätzliche Fehlerkorrektur
- Damit kann ein wahlfreier Zugriff (Direktzugriff) erfolgen (die Tracks der Audio-CD wären eine zu grobe Einheit)
- standardisiert im Yellow Book

## Mode 1 für Daten

- 16 Byte Anfangskennung + Header,  
288 Bytes zur Fehlererkennung und -behebung
- Fehlerrate  $10^{-12}$
- damit 2048 Bytes Anwendungsdaten pro Block  
verfügbar

Synch	12 Bytes
Minuten	1 Byte
Sekunden	1 Byte
Block	1 Byte
Mode	1 Byte
Anwendungsdaten	2048 Bytes
Fehlerbehebung	288 Bytes
<b>Zusammen</b>	<b>2352 Bytes</b>

- max. 333000 Blöcke pro CD  
\* 2048 Bytes = 681984000 Byte auf CD  
/1024 / 1024 = ca. 650 Mbyte für Daten

Wird von den meisten CD-Rom-Anwendungen verwendet.

## Mode 2 für komprimierte Audio- und Videoströme

- CD-DA kompatibel
- Es gibt innerhalb eines Blocks nur Anwendungsdaten
- damit bleiben 2352 Bytes verfügbar
- Fehlerrate:  $10^{-8}$
- Kapazität:  
max. 74 Minuten \* 60 sec/ min \* 75 Block/ sec =  
333000 Blöcke  
2352 Bytes/ Block = 783216000 Bytes = ca. 747  
Mbyte

## High Sierra

Zur Behebung der Unklarheiten beim Mode 1:

- Herstellerzusammenschluss "**High Sierra Group**"
- Festlegung eines **logischen** Formats inkl. Inhaltsverzeichnis (directory)
- wurde dann ISO 9660 Standard, genannt "file standard"
- genormter Verzeichnis-Baum wird aufgebaut, dort steht Information über Dateien
- als Tabelle "path table" gehalten, so dass direkter Zugriff auf Datei beliebiger Ebene möglich ist
- Tabelle wird beim "Mount" in den Speicher des Rechners geladen

## Grenzen von CD-DA und CD-ROM

### Mittlere Zugriffszeit

Dauer bis zur Positionierung auf den gesuchten Block besteht aus

- "Seek"-Zeit: Laser auf den korrekten Radius einstellen und richtige Umdrehungsgeschwindigkeit einstellen
- **Dauer bis ca. 1s**
- Synchronisationszeit
- internen Takt auf den Takt der Platte einstellen
- **kurz, im Millisekunden-Bereich**
- Rotationsverzögerung
- innerhalb max. 1 Umdrehung den Sektor finden
- Umdrehungszahl innen ca. 200 U/s
- Umdrehungszahl außen ca. 530 U/s
- **maximale Dauer ca. 300 ms**
- damit können sich insgesamt Zeiten über 1 Sekunde bis zum Beginn des Lesens ergeben
- Zeiten sind sehr unterschiedlich

## 6.1.5 CD-Interactive (CD-I)

### Historie

- von Philips und Sony entwickelt
- ursprünglich für den Heim-Markt als Zusatz zum Fernseher gedacht
- 1986: CD-I angekündigt
- 1988: Green Book: standardisiert die CD-I Erweiterungen (basierend auf Red Book und Yellow Book)

### ist

- CD-ROM-basiertes Format mit Interleaving verschiedener Medien
- System-Software unter dem speziellen CD-RTOS-Betriebssystem
- komplette Hardware/Software als Set-Top-Box realisiert

## CD-I Hardware

- genannt "Decoder"
- bestehend aus
  - Systemboard mit 680xx Prozessor, RAM, ROM, Video-, Audio-Chips
  - CD-Spieler mit CD-DA-Komponenten
  - Mouse- oder Joystick-Interface
  - Anschluss an RGB- oder TV-Monitor
- ersetzt CD-DA zu Hause

## 6.1.6 CD-ROM Extended Architecture (CD-ROM XA)

### Historie

- Philips, Sony, Microsoft

### Allgemein

- basiert auf CD-ROM + ISO 9660 + Teile von CD-I
- simultaner Transfer verschiedener Ströme
- als Ströme werden unterstützt
  - diverse Audio-Qualitäten, bis zu 19 Stunden Spielzeit
  - Standbilder
  - Texte, Daten oder Programme

## Audio auf CD-ROM/XA

- CD-Audio
  - Kompressionsfaktor: 1
  - Kodierung: PCM
  - Kapazität: ca. 74 min wie CD-DA
  - Transferrate: ca. 176 kByte/s, wie CD-ROM/Mode 2, wie CD-DA
- Level B Stereo
  - Kompressionsfaktor: 4:1
  - Kodierung: ADPCM
  - Kapazität: 4 h 48 min
  - Transferrate: ca. 43 kByte/s  
Rest für andere Daten verwendbar
- Level B Mono
  - Kompressionsfaktor: 8:1
  - Kodierung: ADPCM
  - Kapazität: 9 h 36 min
  - Transferrate: ca. 22 kByte/s

## Audio auf CD-Rom/XA (2)

- Level A Stereo
  - Kompressionsfaktor: 8:1
  - Kodierung: ADPCM
  - Kapazität: 9 h 36 min
  - Transferrate: ca. 22 kByte/s
- Level A Mono
  - Kompressionsfaktor: 16:1
  - Kodierung: ADPCM
  - Kapazität: 19 h 12 min
  - Transferrate: ca. 11 kByte/s

**Standbild und Bewegtbild sind ebenfalls definiert.**

**Mehrere Medien** verschiedene Datentypen können **interleaved** miteinander gespeichert werden

- d.h. ermöglicht gleichzeitiges Auslesen
- d.h. ermöglicht Synchronisation
- erfordert bestimmtes Platten-Layout

## 6.1.7 Write Once Read Multiple (WORM)

- Einmal beschreibbares digitales Speichermedium
- 3,5 - 14 inch Durchmesser
- 600 Mbyte bis zu ca. 7,8 GigaByte Kapazität
- Jukeboxen bis ca. 20 Gigabyte

### Probleme

- zu viele verschiedene Formate
- fehlende Softwareunterstützung

=> hat sich nie durchgesetzt

## 6.1.8 CD-WO (Compact Disk-Write Once)

- Zwischen Schutzschicht (protective layer) und Substrat wird eine Absorptionsschicht (absorption layer) eingefügt.
- Durch punktuell Erhitzen der Absorptionsschicht ändern sich deren Reflektionseigenschaften
- Der Schreibvorgang ist irreversibel
- Abspielbar auf jedem CD-ROM-Laufwerk
- "Multi-Session"-fähig: Das Datei-Verzeichnis auf der Platte kann nachträglich ergänzt werden.

## 6.1.9 Foto-CD

- Ziel: Archiv für Fotos mit hoher Auflösung
- Angekündigt: 1990
- Entwickler: Kodak und Philips
- "Multi-Session"-fähig
- Schreibvorgang wie bei der CD-WO (Write Once)
- Lesbar von
  - Foto-CD-Laufwerken
  - CD-ROM/XA-Laufwerken
  - CD-I-Laufwerken
- Standardisierung des Speicherformats für die Fotos: ImagePac

## Image Pac für Foto-CD

- Digitalisierung des Fotos mit 24 Bits/pixel
    - 8 Bits für Helligkeitswert (luminance)
    - je 8 Bits für die Farbkomponenten (chrominance)
  - Hierarchische Kodierung in fünf verschiedenen Auflösungen
- 3 bis 6 Mbyte pro Image Pac (= pro Foto)

### Auflösungen

<b>Bildtyp</b>	<b>Komprimiert/ unkompr.</b>	<b>Anzahl Seiten</b>	<b>Anzahl Spalten</b>
base/16	Unkomprimiert	128	192
base/14	Unkomprimiert	256	384
base	Unkomprimiert	512	768
4base	Komprimiert	1024	1536
16base	Komprimiert	2048	3072

## 6.1.10 Magneto-optischer Speicher

### Allgemein

- mehrmals beschreibbar
- Kapazität doppelseitig ca. 650 Mbyte
- Datentransferrate ca. 1,2 Mbyte/s

### Verfahren

- Magnetisieren unter Hitze
- Bei ca. über 150 °C reicht kleines Magnetfeld zur Magnetisierung
- Schreiben
  - ca. 10 x Erdmagnetfeld
  - gleichzeitig Erhitzen des Sektors
  - Polarisieren einzelner Elemente
    - 1 = magnetischer Nordpol unten
    - 0 = magnetischer Nordpol oben
- Löschen
  - konstantes Magnetfeld anlegen
  - gleichzeitig Erhitzen des Sektors

## Lesen von magneto-optischen Speichern

- Polarisierung des Lichts ändert sich durch das bestrahlte Element
- kann **nicht** auf Standard-CD-Spielern abgespielt werden
- hat sich nicht durchgesetzt

## 6.1.11 DVD (Digital Versatile Disk)

- 1996 Einigung der Kontrahenten auf ein einheitliches Format
- Kapazität: 2 x 5 Gigabyte (doppelseitig, insgesamt 10 Gigabyte pro Platte)
- Dicke: 1,2 mm (zweimal 0,6 mm, Rücken an Rücken geklebt)
- Fehlerkorrektur: Reed-Solomon-Code
- CD-kompatible Abspieler brauchen zwei Leseköpfe
- Ton: unkomprimiert mit 16 Bits/sample (wie bei der Audio-CD) oder komprimiert mit Dolby AC3
- Laufzeit: bis 284 min Video (auf beiden Seiten)

breite Markteinführung 1997

## 6.2 Video-Dateisysteme und Video-Server

### Anforderungen an ein Video-Dateisystem

#### Realzeit-Anforderungen

- Daten zeitgerecht ausgeben, z.B. mit 25 Frames/s
- (Daten, die zu spät eintreffen sind nutzlos)

#### Sehr große Datenmengen

- Video: CCIR 601: 216 Mbit/s
- komprimiert mit MPEG-2: 4-100 Mbit/s

#### Synchronisation von Datenströmen

- z.B. Audio und Video lippensynchron

## 6.2.1 Anordnung auf dem Speichermedium

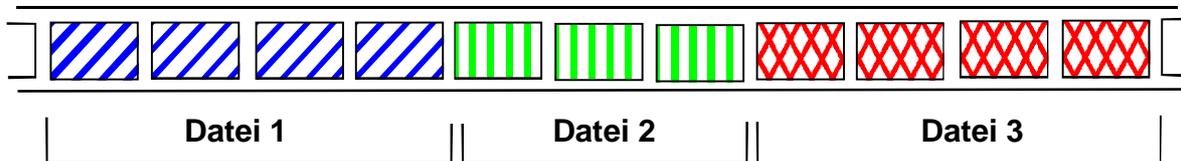
### **Ziel: Reduzierung der Lese- und Schreibzeiten**

- Minimierung der Armbewegungen
- Minimierung der Rotationswartezeiten
- Optimierung der Blockgröße

### **Methode: geschickte Platzierung der Datenblöcke auf der magnetischen Oberfläche**

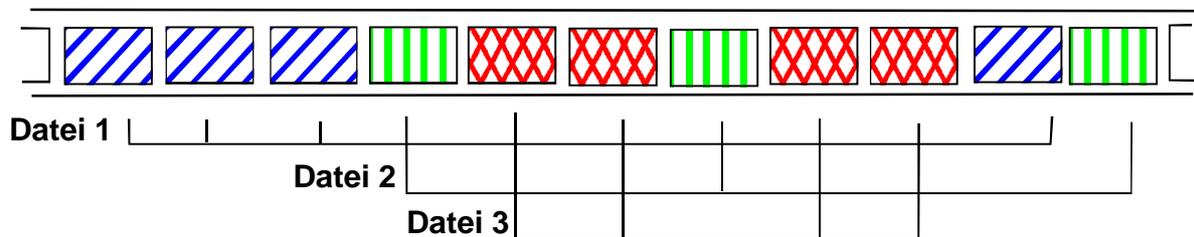
- auf mehreren Laufwerken
- verschränkt auf einem Laufwerk

## Zusammenhängende Anordnung



Nur möglich, wenn die Dateigröße vorab bekannt ist und nachträglich keine Änderungen stattfinden.

### Wachstum von normalen Dateien auf der Platte



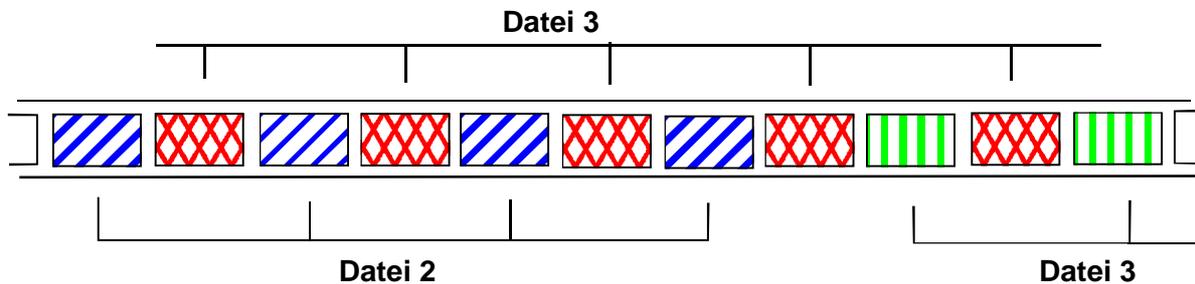
### Vorteile der zusammenhängenden Anordnung

- minimiert Positionierzeiten

### Nachteil der zusammenhängenden Anordnung

- nachträgliche Änderung ist schwierig

# Verschränkte Anordnung



## Vorteile der verschränkten Anordnung:

- synchrones Abspielen mehrerer Ströme wird erleichtert

## Nachteile der verschränkten Anordnung

- nachträgliche Änderung ist schwierig, sehr starr
- optimales Verschränken erfordert sehr genaue Kenntnisse der Anwendung und des Gesamtsystems

## Mehrere Plattenarme

Bei vielen Anwendungen (z.B. Video-on-demand) muss derselbe Datenstrom mehrfach zeitversetzt gelesen werden (je einmal pro Klient). Hierfür baut man Magnetplatten mit mehreren, unabhängig positionierbaren Plattenarmen.



## 6.2.2 Disk Scheduling - klassische Methoden

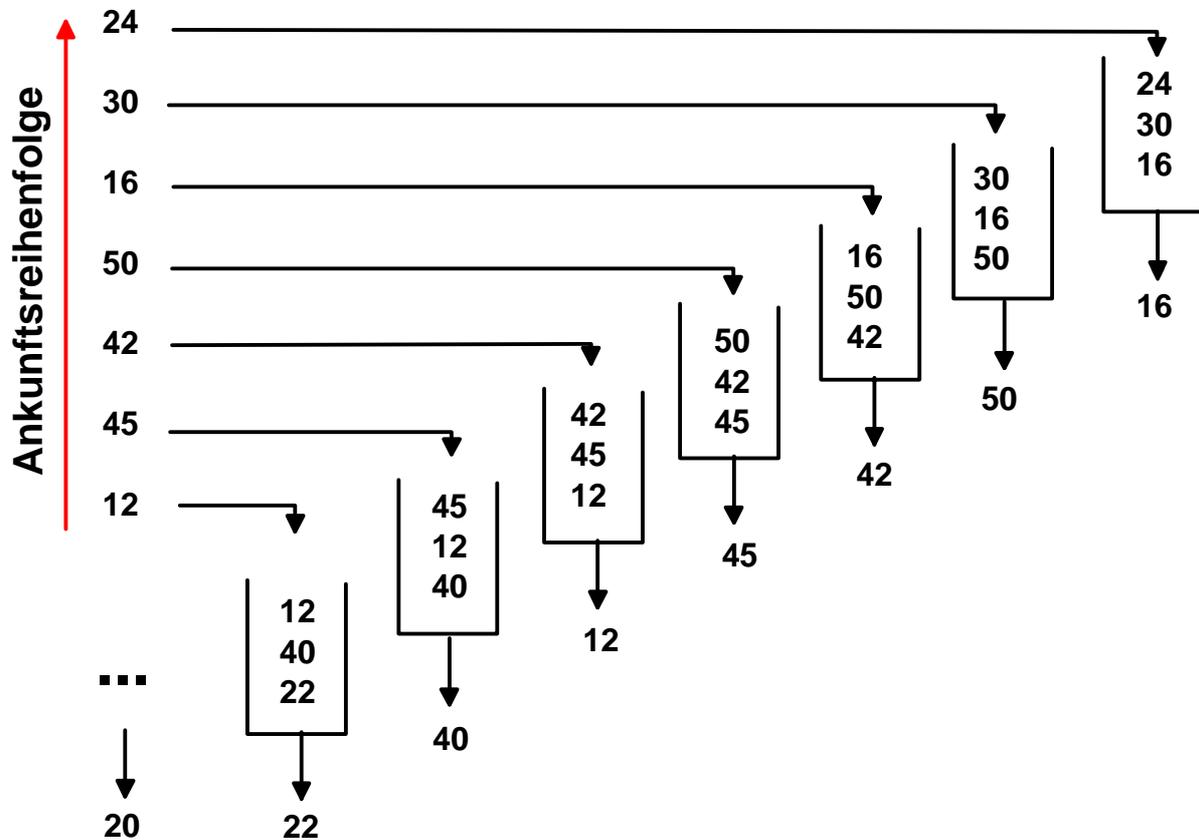
### Definition **Disk scheduling**:

Festlegung der Reihenfolge, in der anstehende Plattenanforderungen befriedigt werden.

### Entwurfsziele:

- kurze Antwortzeiten
- hoher Durchsatz
- Fairness (Anforderungen dürfen nicht "verhungern")

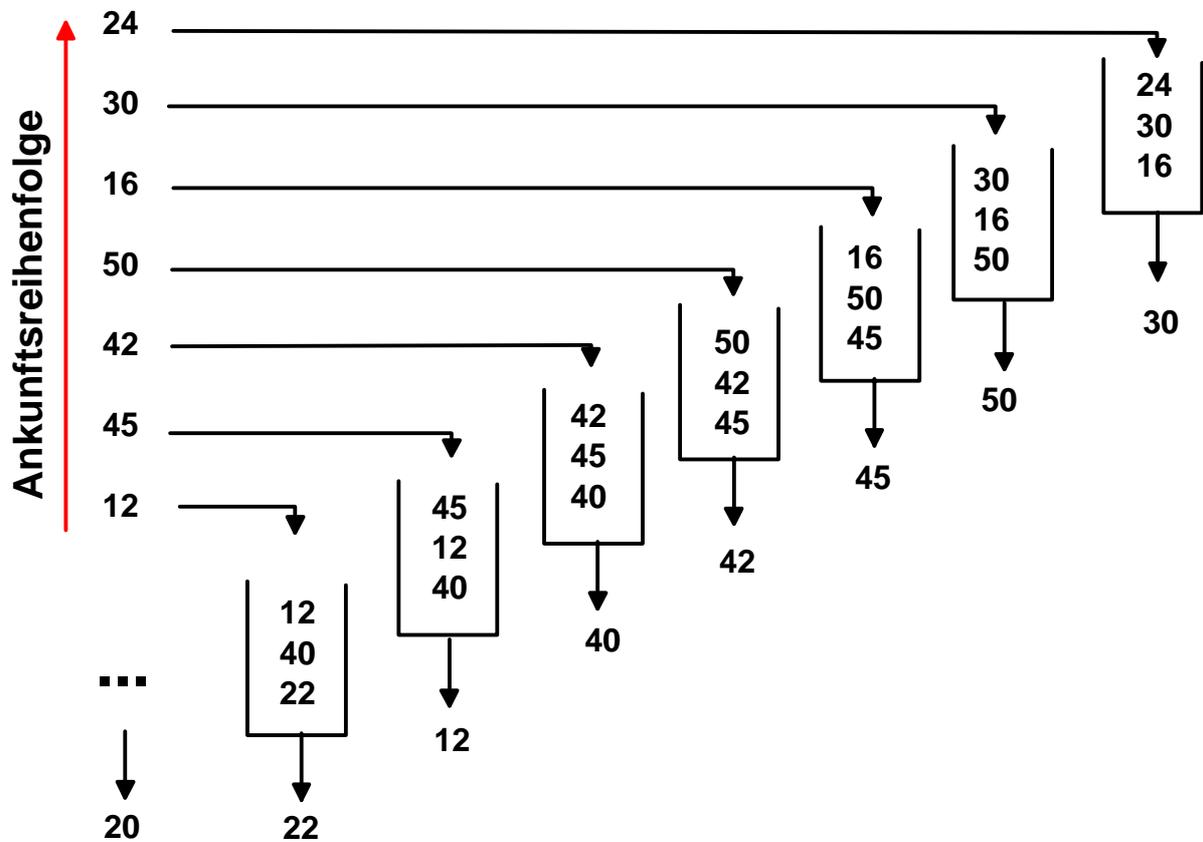
# First Come First Serve (FCFS)



## Eigenschaften

- kurze Antwortzeiten
- lange Positionierzeiten
- schlechter Durchsatz

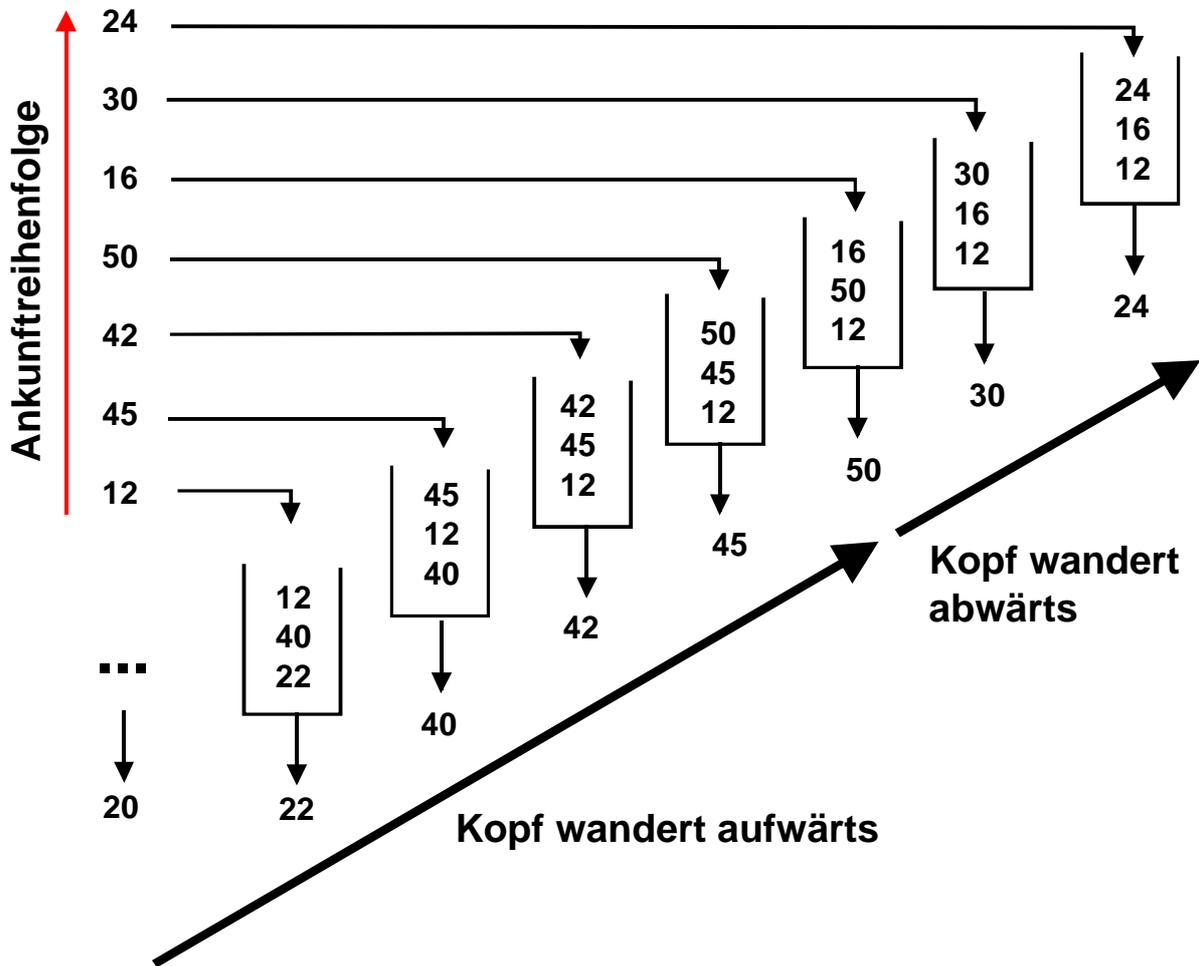
## Shortest Seek Time First



### Eigenschaften

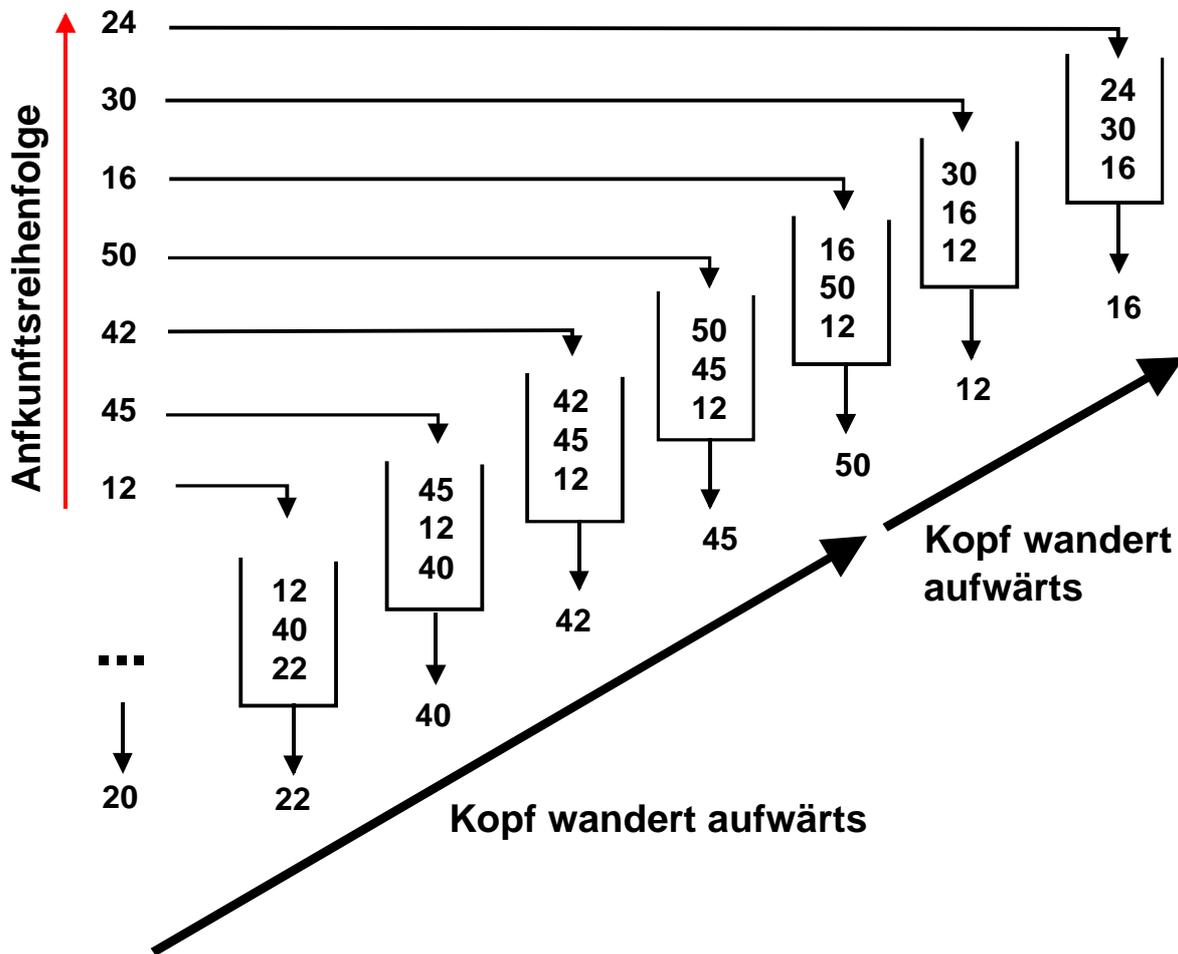
- kurze Positionierzeiten, hoher Durchsatz
- längere Antwortzeiten
- nicht fair, "Verhungern" ist möglich

## Scan Disk Scheduling



- Bewegung zunächst nur in eine Richtung, bis es dort keine ausstehenden Anforderungen mehr gibt, dann in die andere Richtung (bidirektional)
- Ein guter Kompromiss zwischen Durchsatz und Antwortzeiten
- aber: ziemlich unfair

## C-Scan Disk Scheduling



- Bewegung immer nur in eine Richtung, z.B. von innen nach außen (unidirektional)
- fairer als Scan
- aber: lange Totzeit beim Rücklauf des Plattenarms

## 6.2.3 Disk Scheduling für kontinuierliche Datenströme

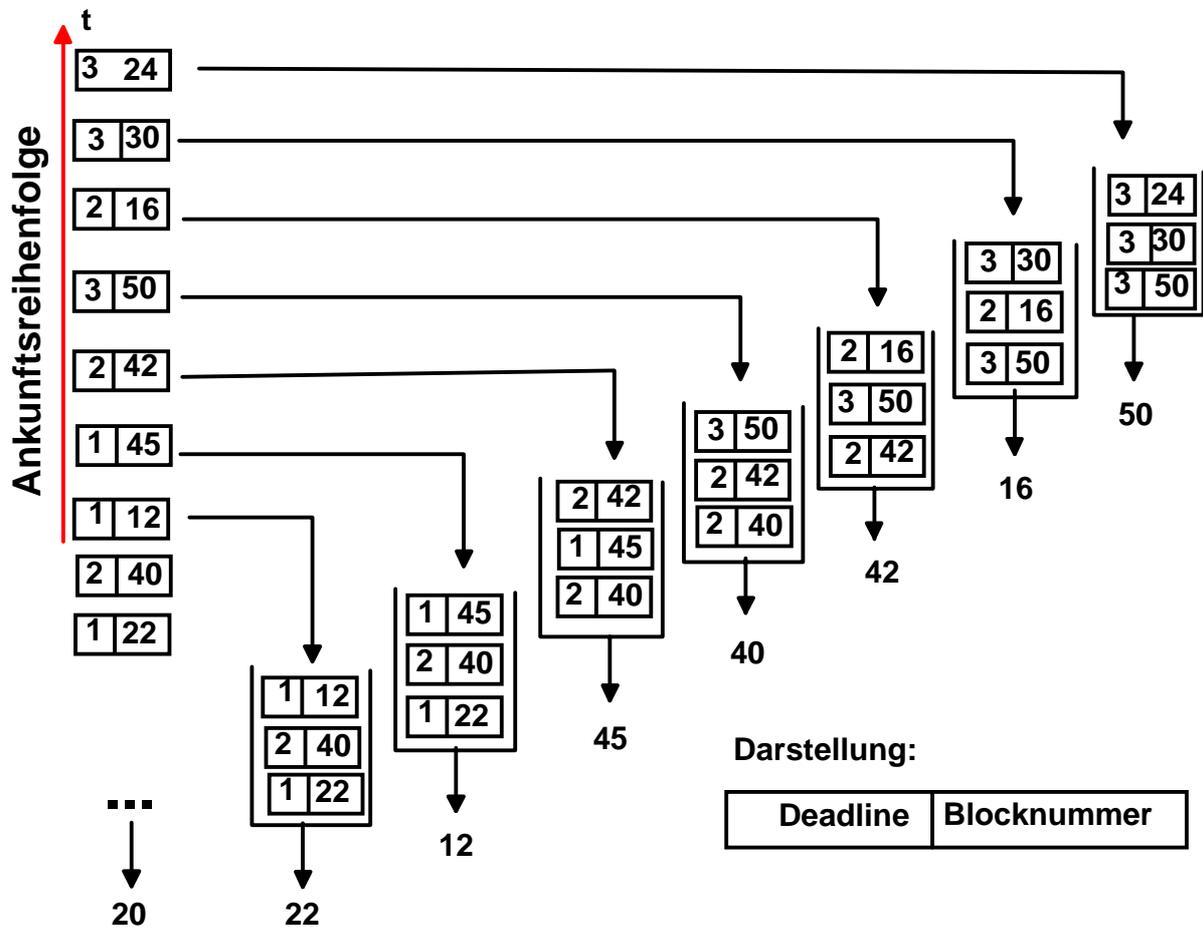
Bedienung von **periodischen** Anforderungen für kontinuierliche Ströme und **aperiodischen** Anforderungen für normale Dateizugriffe

- Deadlines von periodischen Anforderungen dürfen nicht verpasst werden
- Neben-Ziel: Minimierung des Overheads für den Scheduling-Algorithmus selbst

## Vorausberechnung?

Wenn nur sehr lang andauernde und vorab bekannte Ströme zu bearbeiten sind, lässt sich im Prinzip eine optimale Abarbeitungsreihenfolge im Voraus berechnen. Aber die Ströme ändern sich dynamisch; deshalb kann Scheduling in der Praxis nur kurzfristig "on-the-fly" erfolgen.

## Earliest Deadline First (EDF)



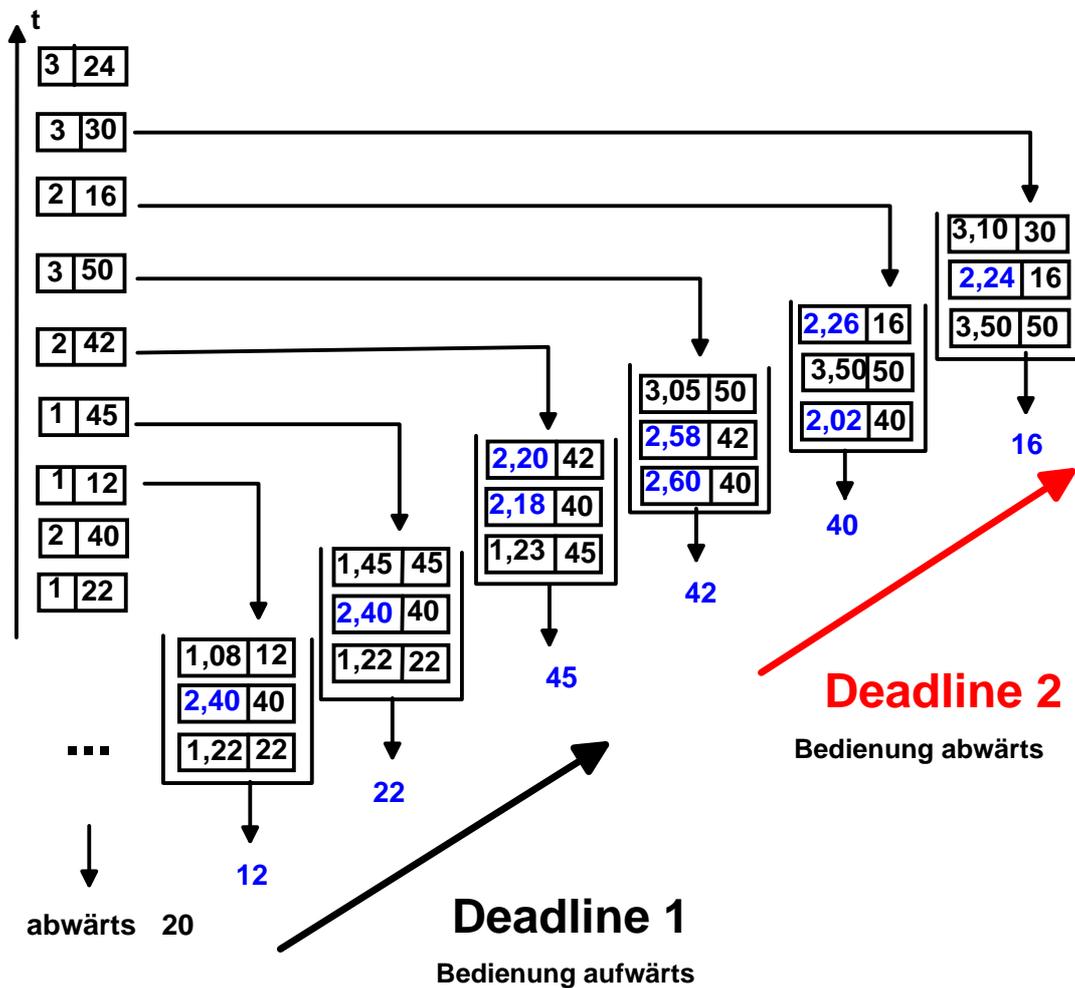
### Vorteil

- Alle Deadlines werden eingehalten, soweit dies überhaupt möglich ist.

### Nachteil

- sehr lange Positionierzeiten  
 -> schlechter Durchsatz  
 -> schlechte Antwortzeiten

# Scan-EDF Disk Scheduling

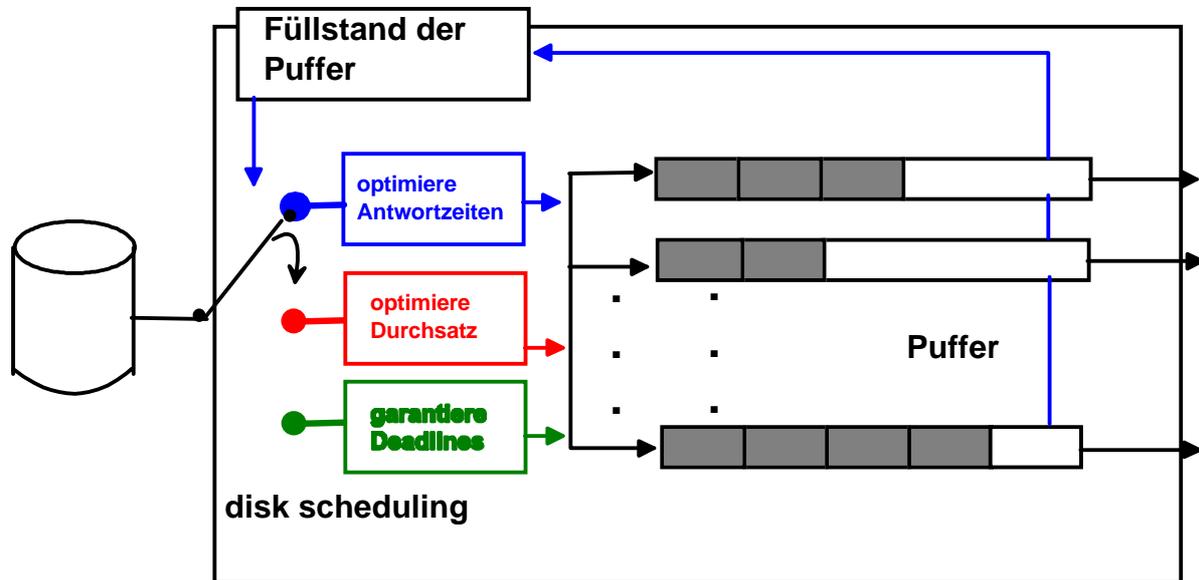


## Algorithmus

- Man teile die Deadlines in Gruppen ein
- Alle Anforderungen einer Deadline-Gruppe werden in Scan-Reihenfolge bedient

Ein guter Kompromiss zwischen der Einhaltung der Deadlines und der Maximierung des Durchsatzes

# Misch-Strategien



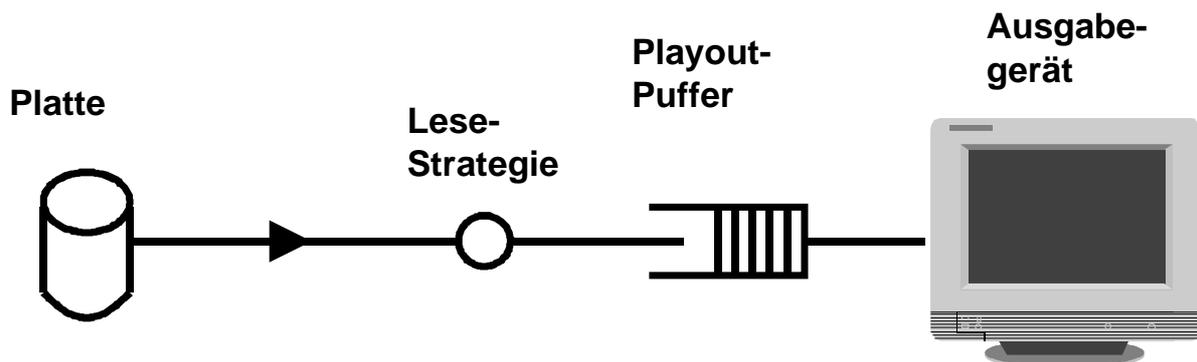
## Beispiel für eine Misch-Strategie: CMFS

### Continuous Media File System

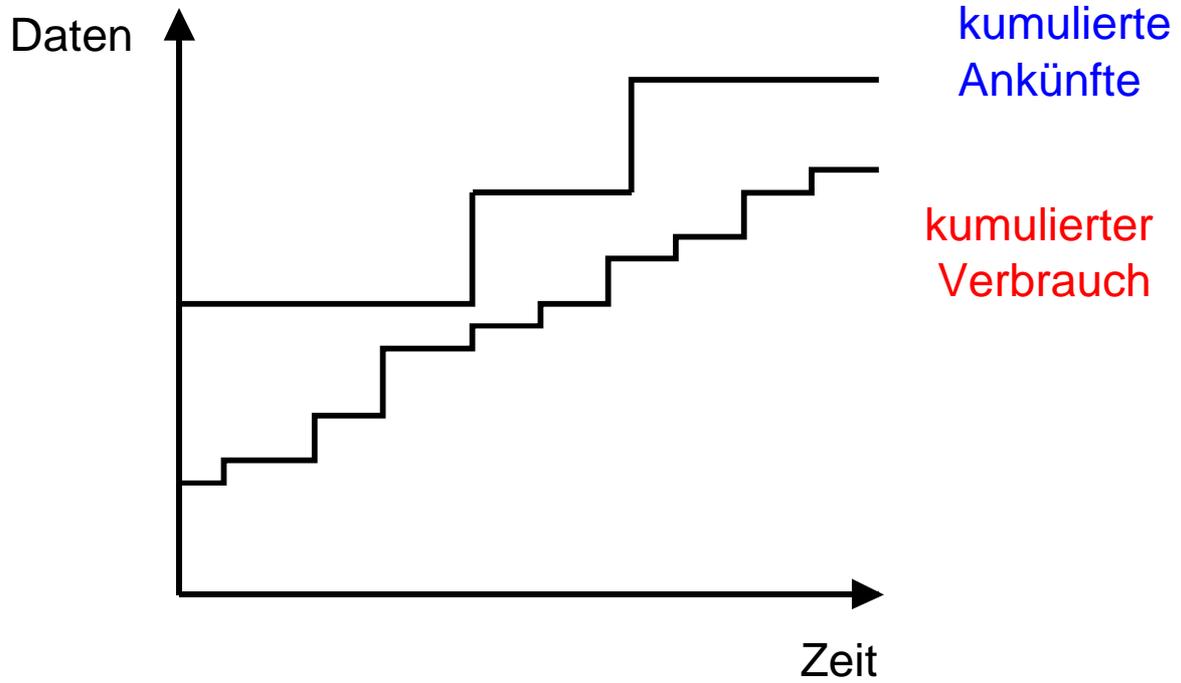
- Entwickelt an der UC Berkeley, 1991
- Ordnet die Anforderungen nach folgenden Kriterien um:
  - Minimierung der Bearbeitungszeit insgesamt
  - Vermeidung von Pufferüberläufen
- Methode: Berechnung der Zeitreserve ("slack time"). Die Zeitreserve wird verwendet
  - zur Bearbeitung von normalen Dateizugriffen
  - zur Vorausbearbeitung von periodischen Anforderungen

## 6.2.4 Ströme mit variablen Datenraten

Oft haben multimediale Datenströme variable Datenraten, z.B. MPEG-komprimierte Video-Ströme. Um beispielsweise 25 Bilder pro Sekunde anzeigen zu können, muss 25-mal ein Block variabler Größe bereitgestellt werden. Da die Platte mit konstanter Geschwindigkeit Daten liest, muss ein Puffer bereitgestellt und eine Lese-strategie definiert werden.

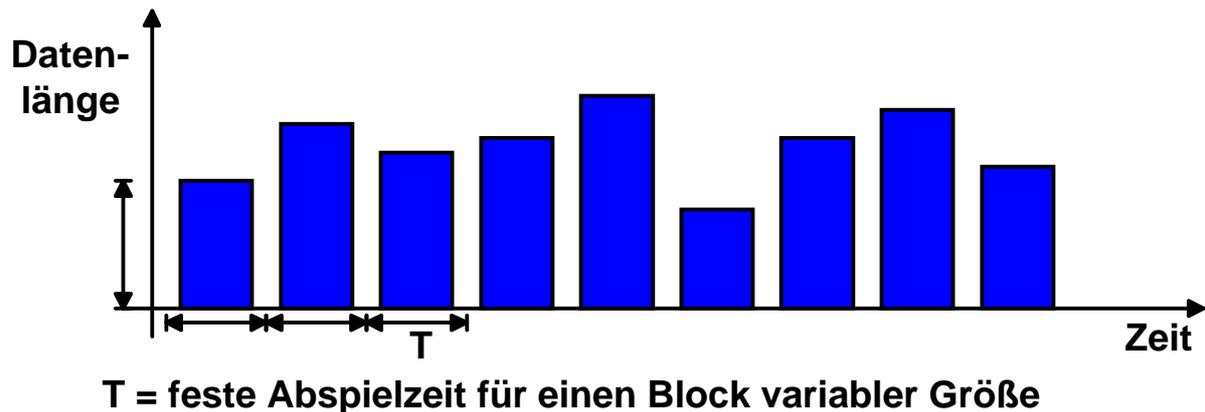


# Beispiel



# Lese-Strategie 1: Konstante Zeitintervalle

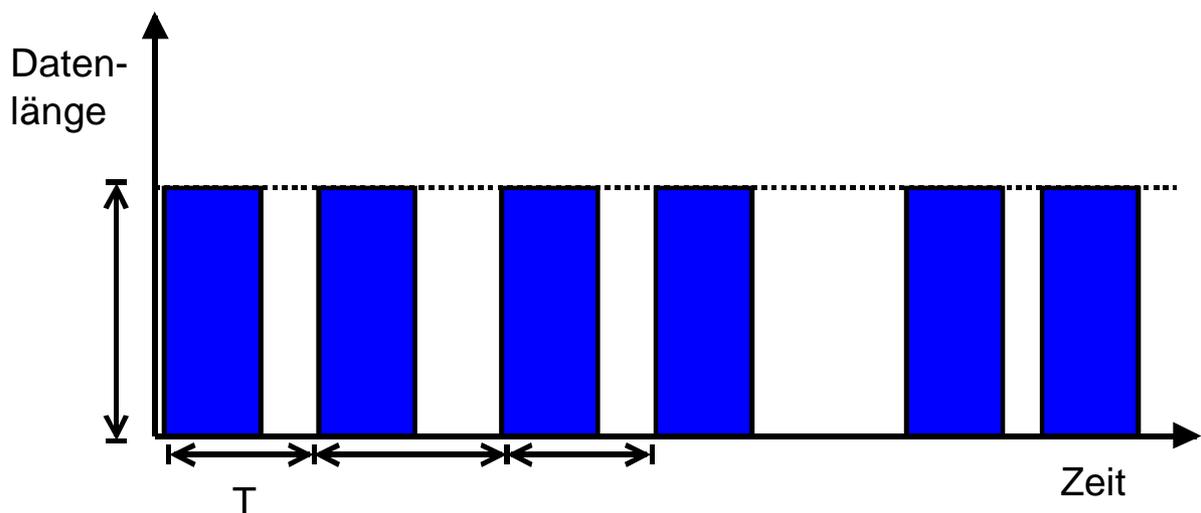
Constant Time Length (CTL)



Zu festen, periodischen Zeitpunkten wird eine **variable Datenmenge** gelesen, also eine variable Anzahl von Plattenzugriffen ausgelöst.

## Lese-Strategie 2: Konstante Datenmenge

Constant Data Length (CDL)



T= variable Abspielzeit für einen Block fester Größe

Zu variablen Zeitpunkten wird ein **Block fester Größe** von der Platte gelesen, also genau ein Plattenzugriff ausgelöst.

## Offene Fragen

- Beste Kombination der Lese-Strategie mit einer Disk-Scheduling-Strategie?
- Beste Ausnutzung der vorhandenen Pufferkapazität?
- Maximale Anzahl der parallel bedienbaren Ströme?
- Ausnutzung der Vorhersagemöglichkeit für bekannte Multimedia-Ströme (z.B. MPEG-Videos auf einem VoD-Server)?

## Zusammenfassung

- Anordnung auf dem Medium, Scheduling-Strategie und Lese-Strategie hängen voneinander ab.
- Klassische Algorithmen sind nicht verwendbar, da nicht echtzeitfähig.
- Ein globales Optimum ist sehr schwer zu erreichen, da die Ströme sich dynamisch ändern.
- Heutige Lösung: viel Reserve in jede Komponente des Multimedia-Dateisystems einplanen!