

# Betriebssysteme

## Kapitel 4 Dateiverwaltung

# Ziele der Vorlesung

- Einführung
  - Historischer Überblick
    - Betriebssystemkonzepte
- Prozesse und Threads
  - Einführung in das Konzept der Prozesse
  - Prozesskommunikation
  - Scheduling von Prozessen
  - Threads
- Speicherverwaltung
  - Einfache Speicherverwaltung
  - Virtueller Speicher
  - Segmentierter Speicher
- Dateien und Dateisysteme
  - Dateien
  - Verzeichnisse
  - Implementierung von Dateisystemen
- Grundlegende Eigenschaften der I/O-Hardware
  - Festplatten
  - Terminals
  - Die I/O-Software
- Deadlocks/Verklemmungen
- Virtualisierung und die Cloud
- Multiprozessor-Systeme
- IT-Sicherheit
- Fallstudien

# Dateiverwaltung

- Bisher:
    - Prozesse nutzen Adressraum zur Speicherverwaltung
  - Problem → Anforderungen:
    - Während der Ausführungszeit kann Prozess eine begrenzte Menge von Informationen im eigenen Adressraum abspeichern, die Speicherkapazität ist durch die Größe des virt. Adressraums beschränkt, z.B. Flugbuchung, Bankensoftware, ...
      - Es muss möglich sein, eine grosse Menge von Informationen zu speichern
    - Wenn der Prozess beendet wird, sind die Daten verloren
      - Information muss auch nach der Beendigung des jeweils auf sie zugreifenden Prozesses noch erhalten bleiben
    - Mehrere Prozesse greifen gleichzeitig auf die gleichen Informationen (oder Teile davon) zu
      - Information muss außerhalb des Adressraumes gehalten werden
- Für das Speichern werden heute Flashbasierende SSDs benutzt

# Dateiverwaltung

---

## Fragen zur Speicherung

- Wie findet man die gespeicherte Information wieder?
- Wie verhindert man, daß ein Benutzer die Daten des anderen liest?
- Woher weiß man, welche Blöcke unbenutzt sind?

## Vergleiche Prozessor und physischer Speicher

- Betriebssystem abstrahiert den Prozessor durch Prozess
- Betriebssystem abstrahiert den phys. Speicher durch einen virtuellen Adressraum

→ Abstraktion der Information auf Speichermedium ist Datei

# Dateiverwaltung

- Neue Abstraktion: Dateien

- logische Informationseinheit, die von Prozessen erzeugt werden (eine Platte wird gewöhnlich Tausende oder sogar Millionen enthalten, jede unabhängig von der anderen)
- persistente Speicherung von Informationen, Datei wird erst endgültig verschwinden, wenn ihr Eigentümer sie ausdrücklich löscht
- werden vom Betriebssystem verwaltet;
  - Wie sind Dateien strukturiert?
  - Wie werden sie benannt?
  - Wie wird auf sie zugegriffen?
  - Wie werden sie benutzt, geschützt, implementiert...

→ Der Teil des Betriebssystems, der für Dateien zuständig ist, ist das Dateisystem
- Dateien modellieren die Platte (vergl. Adressraum modelliert den Arbeitsspeicher)

# Dateiverwaltung

---

- Benutzersicht

- Wie präsentiert sich die Datei bzw. das Dateisystem
  - Woraus besteht eine Datei?
  - Wie ist der Name?
  - Wie ist sie geschützt?
  - Welche Operationen sind auf ihr erlaubt?

- Entwicklersicht

- Wie darf der Nutzer auf Dateien zugreifen?
- Wie wird das System realisiert, z.B. Wieviele Sektoren sind in einem logischen Block untergebracht,
- Werden für die Verwaltung des freien Speicherplatzes verkettete Listen oder Bitmaps benutzt?



Ziel ist Abstraktion (eine einheitliche Schnittstelle zu den Datenträgern) zum Speichern und Lesen

# Aufgabe/Frage

---

Was ist das wesentlichste Merkmal von Dateien?  
Wie sieht dieses Merkmal in Windows und Unix aus?



Ad hoc

# Dateiverwaltung

- **Dateien**
  - Windows 95 und Windows 98: MS-DOS Dateisystem FAT-16
  - Windows 98: FAT-16 Erweiterung auf Dateisystem FAT-32
  - Windows NT, 2000, XP, Vista, Windows 7 und 8: FAT-16, FAT-32, NTFS (NTFS = Namensgebung in Unicode\*)
  - Erweiterung von FAT-32 ist das neue FAT-basierte Dateisystem exFAT (für Flash, große Dateisysteme, OS X kompatibel)

## \*Was ist Unicode?

- Unicode=Universelle Zeichencodierung („*Universal Character Encoding*“)
- **Standard zum Kodieren von Schriftzeichen in Binärdarstellung (fürs Speichern und Verarbeiten von Texten in digitalen Systemen)**
- nicht an die Formate und Kodierungen eines einzelnen Alphabets bestimmter menschlicher Sprache gebunden
- Ziel: einheitlicher Standard für die Abbildung **sämtlicher von Menschen entwickelter Schriftsysteme und Zeichen**
- Unicode wird **intern von Browsern und Betriebssystemen als einheitliches Format verwendet**.
- Das Unicode Consortium hat im Jahr 2020 die Version 13.0 veröffentlicht (insgesamt 143.859 Zeichen).



# Dateiverwaltung

## • Dateien

- Zweigeteilte Dateinamen
- Beide Teile durch Punkt getrennt
- Teil hinter dem Punkt heißt Dateiendung oder Dateinamenserweiterung (engl. file extension)
  - Enthält bestimmte Informationen über die Datei
- MS-DOS: 1-8 Buchstaben + optionale Erweiterung von 1-3 Buchstaben
- Unix: Länge der Erweiterung benutzerüberlassen, auch mehrere Erweiterungen möglich; Punkt ist kein Sonder- bzw. Trennzeichen

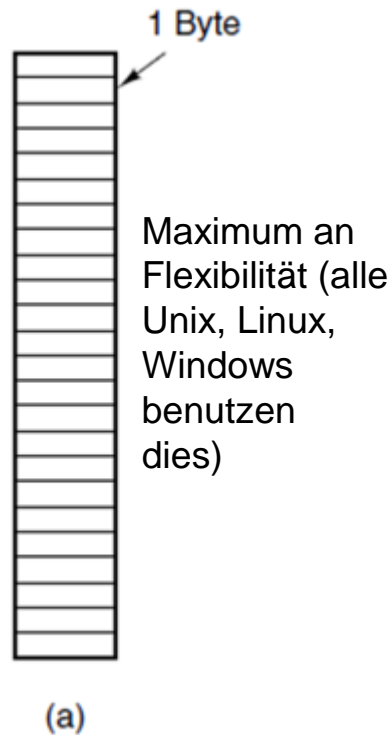
Erweiterung	Bedeutung
.bak	Sicherungsdatei
.c	C-Quelltextdatei
.gif	Bilddatei im CompuServe Graphical Interchange Format
.hlp	Hilfedatei
.html	Dokument in Hypertext Markup Language für das WWW
.eps	Bilddatei nach dem JPEG-Standard codiert
.mp3	Musikdatei im MPEG-Layer-3-Format
.mpg	Film nach dem MPEG-Standard codiert
.o	Objektdatei (übersetzt, noch nicht gebunden)
.pdf	Datei im Portable Document Format
.ps	PostScript-Datei
.tex	Eingabedatei für das TeX-Satzsystem
.txt	Allgemeine Textdatei
.zip	Komprimiertes Archiv

Abbildung 4.1: Einige typische Dateieindungen.

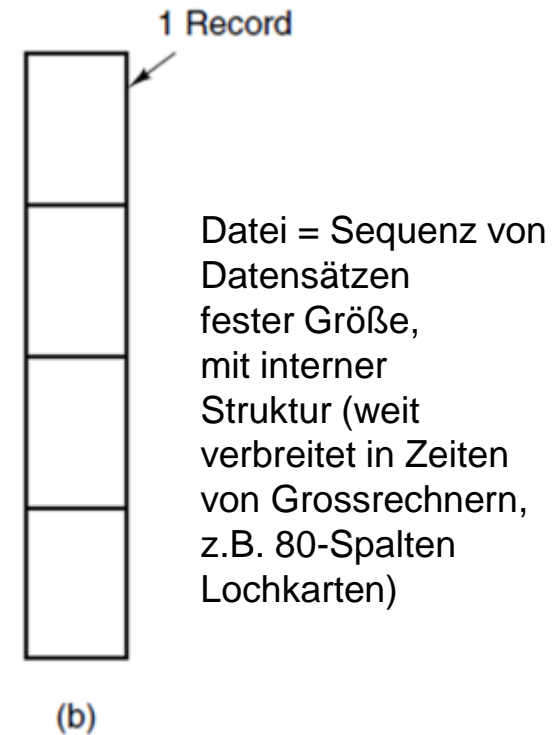
# Dateiverwaltung

- Dateistruktur

Unstrukturierte  
Byte-Folge



Datensätze mit  
interner Struktur



Betriebssystem weiß nichts über den Inhalt; die Interpretation muss von den Programmen auf der Benutzerebene kommen

# Dateiverwaltung

- Dateitypen
  - Reguläre Dateien
    - Enthalten Benutzerinformationen
    - ASCII- oder Binärdateien
      - ASCII-Dateien
        - › lassen sich anschauen und ausdrucken und mit Texteditor bearbeiten
        - › ASCII-Dateien bestehen aus Textzeilen (Zeilenende=CR)
      - Binärdateien
        - › Ausgabe von Binärdateien würde unverständliche Zeichenfolge von seltsamen Zeichen ergeben.
        - › Die innere Struktur von Binärdateien ist dem Programm bekannt
  - Verzeichnisse
    - Systemdateien zur Verwaltung der Struktur eines Dateisystems
  - Zeichendateien
    - Für zeichenorientierte (serielle E/A (Drucker, Terminal (/dev/tty), ... )
  - Blockdateien
    - Zur Modellierung von Plattenspeicher (/dev/hda)

# Aufgabe

---

- Was bedeutet ASCII?
- Was bedeutet EBCDIC?



2 min

# Dateiverwaltung

## • Dateitypen

- Technisch gesehen nur eine Folge von Bytes
- Betriebssystem führt Datei nur dann aus, wenn Datei richtiges Format hat

**Magische Zahl**  
kennzeichnet die  
Datei als ausführbar  
und beschreibt den  
genauen Dateityp

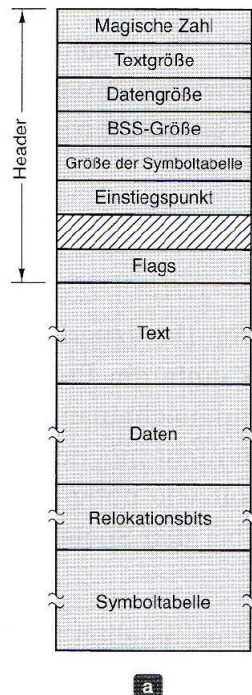


Abbildung 4.3: (a) Ausführbare Datei.

Format besteht aus 5 Abschnitten

- Header
- Text
- Daten
- Relokationsbits und
- Symboltabelle

Magische Zahl im Header kennzeichnet die Datei

- als ausführbar
- beschreibt den genauen Dateityp

Danach folgen im Header

- Größenangaben der verschiedenen Abschnitte der Datei
- Anfangsadresse, von der die Ausführung beginnt und
- einige Markierungsbits

Es folgt der Programmtext und Programmdaten

Anordnung von Programmtext und –daten anhand Relokationsbits

Symboltabelle für Fehlerbeseitigung

# Dateiverwaltung

- Dateizugriff

- Sequentieller Zugriff (sequential access)
  - In sehr alten Systemen einzige Art des Zugriffs
  - Einlesen der Bytes (oder Datensätze) einer Datei von Anfang an
    - Überspringen war nicht möglich
    - Zugriff ausserhalb der Reihenfolge nicht möglich
    - Seq. Dateien konnten zurückgespult werden (z.B. Magnetbänder)
- Wahlfreier Zugriff (random access)
  - Einlesen der Bytes (oder Datensätze) einer Datei in beliebiger Reihenfolge
    - Unentbehrlich für Anwendungen (Datenbanken)
    - „read“ gibt Startposition in der Datei an
    - „seek“ legt die Position des sog. Lese/Schreibzeigers (auch Dateizeiger) innerhalb der Datei fest
      - › Danach wird Datei sequenziell von dieser aktuellen Position aus gelesen
    - Festplatte

Sie kennen nun die Informationseinheit Datei.

Fragen:

- Welche Informationen über Dateien wollen SIE als Nutzer kennen?
- Erstellen Sie eine Liste!



5 min

# Dateiverwaltung

---

- Dateiattribute

- Datei hat einen Name und die darin abgespeicherten Daten
- Zusätzliche Informationen über Dateien werden Attribute (oder Metadaten) genannt
  - Von System zu System variiert der Inhalt der Attribute
  - Mögliche Attribute:  
Urheber, Eigentümer, Datensatzlänge, Aktuelle Größe, Maximale Größe, Read-Only-Flag, Zeitpunkt der Erstellung, Zeitpunkt des letzten Zugriffs, Zeitpunkt der letzten Änderung, Hidden-Flag, System-Flag, Random-Access-Flag, Schlüsselposition, Schlüssellänge, Datensatzlänge, ...



# Dateiverwaltung

---

- Dateioperationen
  - Dateien sollen Informationen zum späteren Abruf speichern
  - Systemaufrufe
    - Create
    - Delete
    - Open
    - Close
    - Read
    - Write
    - Append
    - Seek
    - SetAttribute
    - GetAttribute
    - Rename

# Dateiverwaltung

## • Dateiorganisation

- Dateisysteme haben Verzeichnisse (directories) oder Ordner (folder)
- Flache Organisation (alle Dateien in einer Ebene)
  - Einfachste Form eines Verzeichnissystems ist EIN Verzeichnis, das alle Dateien beinhaltet
  - Dieses EINE Verzeichnis wird Wurzelverzeichnis genannt (Anfänge PC-Systeme und eingebettete Systeme)
  - Dateien werden schnell gefunden, weil nur an einem Ort gesucht werden muss

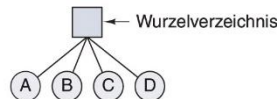


Abbildung 4.6: Ein Verzeichnissystem mit einer Ebene und vier Dateien

- Hierarchische Organisation
  - Über Baum-Struktur (Verzeichnisbaum)
  - Beliebige Anzahl von Unterverzeichnissen
  - Mächtiges Werkzeug zur Strukturierung der Arbeit

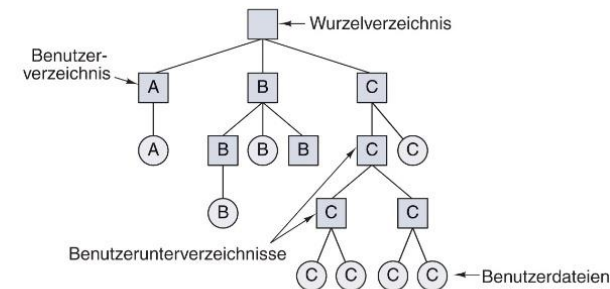


Abbildung 4.7: Ein hierarchisches Verzeichnissystem

Verzeichnisse A, B, C im Wurzelverzeichnis gehören zu verschiedenen Benutzern, zwei haben Unterverzeichnisse

# Dateiverwaltung

- Navigation im Verzeichnisbaum

- Weg zum Dateinamen wird benötigt
- Pfadnamen zur Spezifizierung der Dateien im Verzeichnisbaum
  - **Absolute Pfadnamen**
    - Gesamter Pfad von Wurzel bis zur Datei
    - Separatoren trennen die einzelnen Bestandteile (Windows=\\; Unix=/)
    - Wenn Erster Buchstabe = Separator, dann Pfadname absolut

Beispiele:

Windows: C:\\dokumente\\lohnert\\betriebssysteme.odp

Unix: /usr/lohnert/betriebssysteme.odp

- **Relative Pfadnamen**

- Arbeitsverzeichnis
  - › Benutzer gibt aktuelles Verzeichnis als Arbeitsverzeichnis an
  - › Startpunkt für relative Pfadnamen
- Spezialeinträge
  - › „.“ bestimmt das aktuelle Verzeichnis,
  - › „..“ bestimmt das übergeordnete Verzeichnis

# Aufgabe

## Aufgabe 1:

Gegeben sind 2 Unix-Kommandos

```
cp /usr/ast/mailbox /usr/ast/mailbox.bak
```

```
UND
```

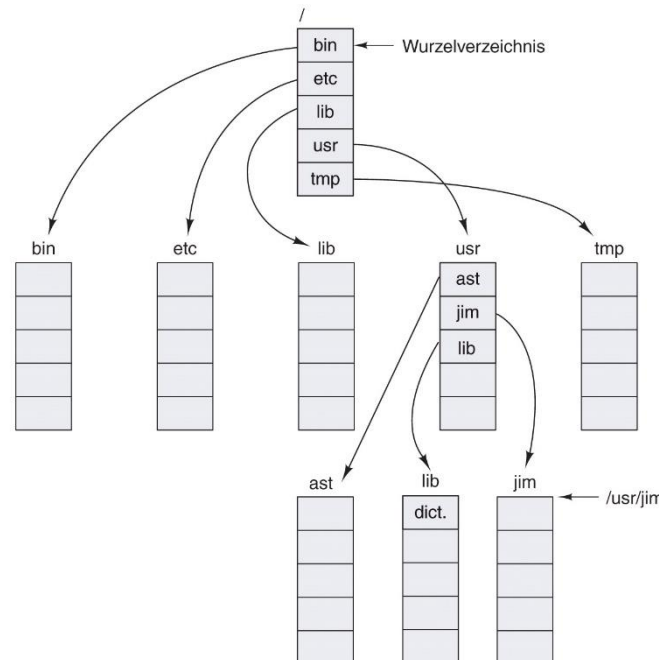
```
cp mailbox mailbox.bak
```

Was ist die Voraussetzung, daß beide Kommandos das Gleiche bewirken?

## Aufgabe 2:

Ein Prozess hat /usr/ast als Arbeitsverzeichnis.

Mit welchen Befehlen lässt sich /usr/lib/dictionary in sein eigenes Verzeichnis kopieren?



5 min

Abbildung 4.8: UNIX-Verzeichnisbaum

# Dateiverwaltung

---

- Verwaltung des Verzeichnisbaums
  - Operationen auf Verzeichnisse variieren von System zu System
  - Übliche Systemaufrufe aus der Unix-Welt
    - Create, Delete
    - Opendir, Closedir, Readdir
    - Rename
    - Link, Unlink

# Aufgabe

---

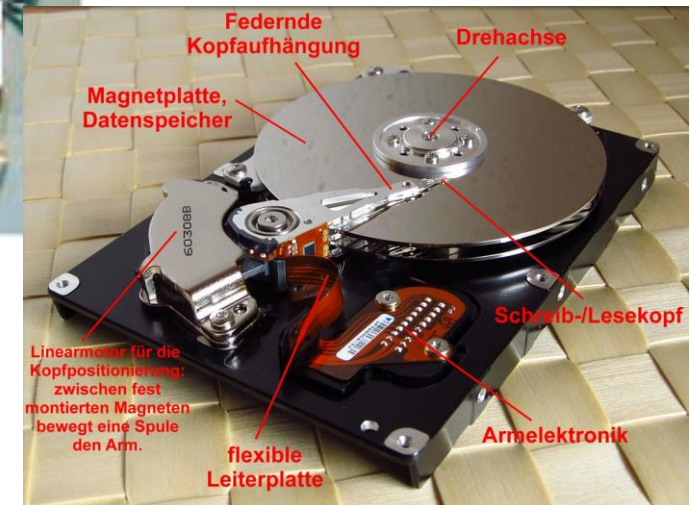
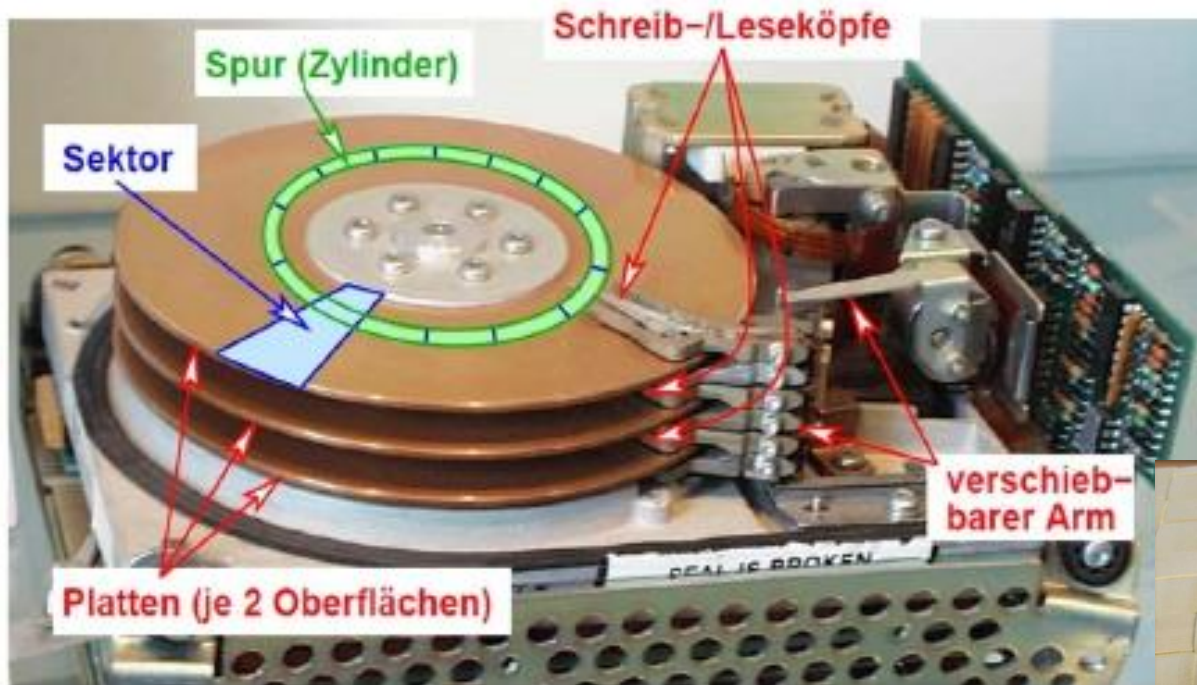
- Bisher haben wir das Konzept Dateien aus der Sicht des Benutzers besprochen
  - Dateien speichern Information
  - Auf Dateien wird zugegriffen
  - Dateien werden über Verzeichnisse organisiert
- Jetzt wollen wir in die Rolle des Betriebssystem-Entwicklers wechseln!
  - Was muss der Entwickler über das System wissen?
  - Welche Fragen muss der Entwickler beantworten, um die Abstraktion „Datei“ zu implementieren?



5 min

# Dateiverwaltung

- Festplatte



[https://www.lokalkompass.de/xanten/c-ratgeber/aufgeschraubt-eine-computer-festplatte-von-innen\\_a363614#gallery=default&pid=4766391](https://www.lokalkompass.de/xanten/c-ratgeber/aufgeschraubt-eine-computer-festplatte-von-innen_a363614#gallery=default&pid=4766391)



# Dateiverwaltung

- SSD





# Dateiverwaltung

- Layout Datenträger

- Layout

- Datenträger (meist Platte) sind in Partitionen eingeteilt



- Master Boot Record (MBR):
        - wichtig beim Systemstart (Hochfahren, Sektor 0)
        - Am Ende des MBR steht die Partitionstabelle
          - › enthält Anfangs- und Endadresse jeder Partition
        - Enthält einen Verweis auf die aktive Partition

# Dateiverwaltung

---

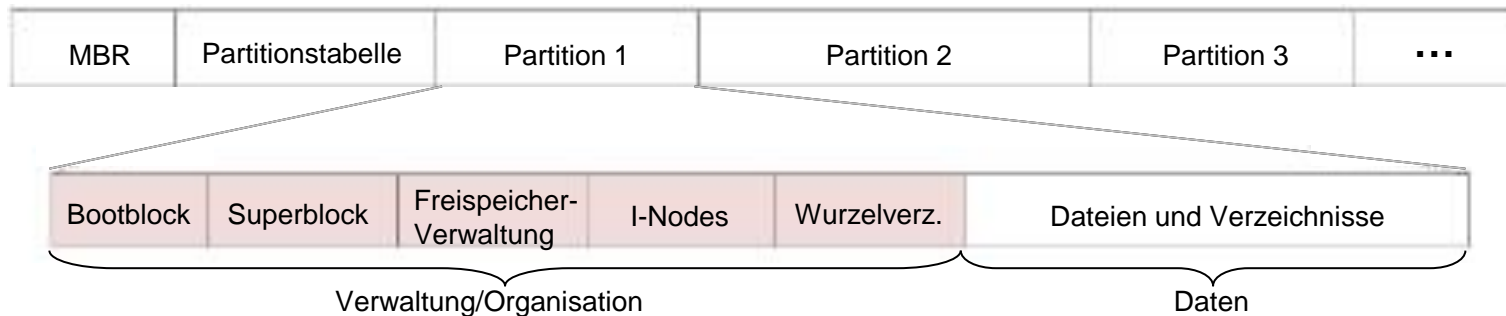
- Beispiel: Hochfahren des Computer
  - Beim Start: BIOS liest MBR ein und führt ihn aus
  - MBR-Programm lokalisiert die aktive Partition, liest deren ersten Block (Boot-Block) und führt ihn aus
    - Jede Partition beginnt mit einem Boot-Block (auch wenn nicht bootfähig)
  - Programm im Boot-Block: Laden Betriebssystem, das in dieser Partition gespeichert ist.

# Dateiverwaltung

## • Layout Datenträger

### – Layout

- Datenträger (meist Platte) ist in Partitionen eingeteilt
- Layout Partitionen



- **Boot-Block:** Programm zum Laden des Betriebssystems
- **SuperBlock:** enthält alle Schlüsselparameter des Dateisystems (Typ, MagischeZahl, Anzahl der Blöcke, ...)
- **Freispeicherverwaltung:** Information über die freien Blöcke im Dateisystem
- **I-Nodes:** Liste von Datenstrukturen, die alle Informationen über je eine Datei enthält
- **Wurzelverzeichnis:** Einstiegspunkt in die Baumstruktur des Dateisystems
- **Uuuunnnndddddd die Dateien und andere Verzeichnisse selbst!**

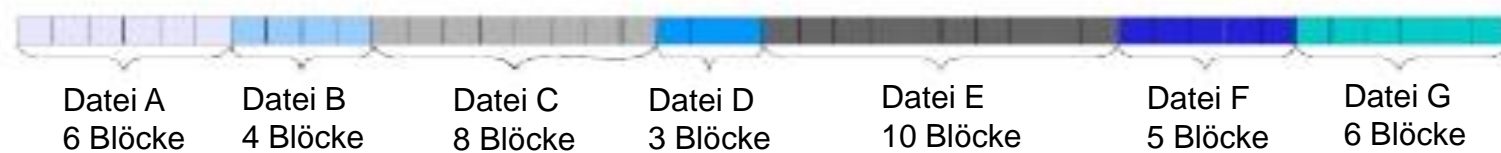
# Dateiverwaltung

- Implementierung von Dateien

- Wichtigster Aspekt: Welche Blöcke auf der Festplatte sind mit welcher Datei assoziiert?

- **Ansatz 1: zusammenhängende Belegung**

- Abspeichern als zusammenhängende Menge von Blöcken  
Beispiel: 1 KB Blockgröße, 50 KB Datei → 50 aufeinanderfolgende Blöcke

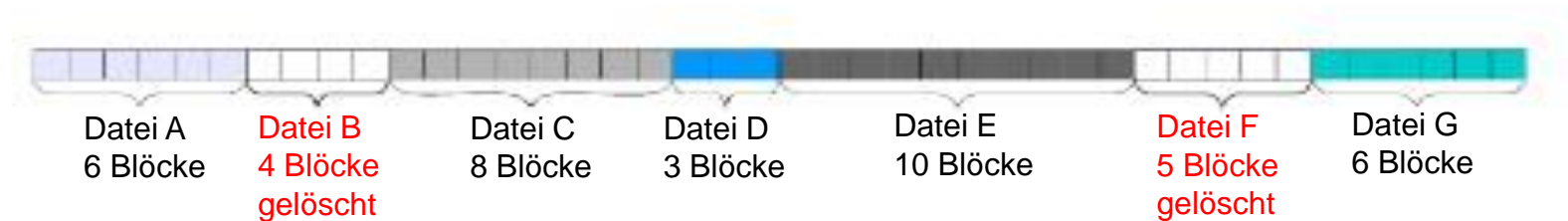


7 Dateien, jede beginnt sofort hinter dem letzten Block der vorhergehenden Datei

- Vorteile:
  - › Einfache Implementierung  
→ Parameter (Plattenadresse des ersten Blocks und Anzahl der Blöcke)
  - › Hervorragende Leseleistung  
→ nur ein Positionierungsschritt und ein Ausleseschritt

# Dateiverwaltung

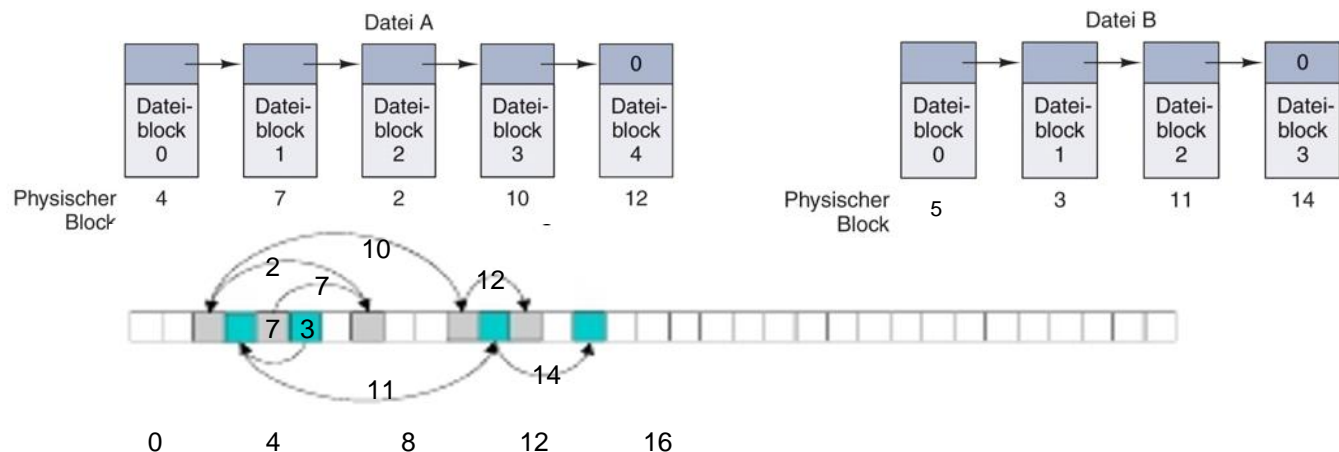
- Implementierung von Dateien
  - **Ansatz 1: zusammenhängende Belegung**
    - Nachteil: Beim Löschen beginnt die Platte zu fragmentieren



- Mögliche Lösungen
  - Verdichten/Defragmentieren
    - › Verschiebe alle Dateien um Lücken zu schließen
    - Sehr teuer
  - Verwaltung einer Liste mit freien Blöcken zur Wiederverwendung
    - › Schon bei der Erzeugung der Datei muss die Größe bekannt sein
    - Kein realistisches Szenario
    - Verwendung auf CD-ROMS (Dateigrößen im voraus bekannt und werden sich auch während des Gebrauchs nicht ändern)

# Dateiverwaltung

- Implementierung von Dateien
  - **Ansatz 2: Belegung durch verkettete Liste**
    - Datei ist verkettete Liste
      - Erster Eintrag im phys. Block ist Zeiger auf den nächsten Block



- Vorteile:
  - Keine Fragmentierung
  - Als Parameter reicht die Nummer des ersten Blocks aus (Datei A=4, Datei B=5), Rest kann von dort gefunden werden

# Dateiverwaltung

- Implementierung von Dateien
  - **Ansatz 2: Belegung durch verkettete Liste**
    - Nachteile:
      - Speicherplatz pro Block wird um den Zeiger verringert  
(um auf Block n zugreifen zu können, muss Betriebssystem am Anfang beginnen und die n-1 Blöcke davor einzeln lesen)
      - Viele Systemaufrufe zur Positionierung
        - › Sequentielles Lesen ist akzeptabel
        - › Wahlfreier Zugriff ist aber sehr teuer, da immer wieder vom Anfang begonnen werden muss



Lösung: Lege die Zeiger jedes Plattenblocks in Tabelle in Arbeitsspeicher ab (FAT)

# Dateiverwaltung

- Implementierung von Dateien

- Ansatz 3: Belegung durch verkettete Listen im Arbeitsspeicher**

- Dateiallokationstabelle (File Allocation Table=FAT)

➤ Erster Eintrag im phys. Block ist Zeiger auf den nächsten Block

Phys. Block

0	
1	
2	10
3	11
4	7
5	3
6	
7	2
8	
9	
10	12
11	14
12	-1
13	
14	-1
15	
16	

- Vorteile:

- + Der gesamte Block steht zur Verfügung
- + Wahlfreier Zugriff geht Schneller (im Arbeitsspeicher wird gesucht OHNE Plattenzugriffe davor)
- + immer noch **nur ein** Parameter für die Datei (Position des ersten Blocks in der Tabelle)

- Nachteile:

- Tabelle benötigt Arbeitsspeicher
- wächst linear mit der Größe der Platte,
- Nicht bei großen Platten geeignet

Beispiel: Datei A (Beginn=4): 4-7-2-10-12;

Datei B (Beginn=5): 5-3-11-14



In einem MS-DOS Dateisystem (FAT) existiert folgender Verzeichniseintrag:

Fiffi	txt	Attribute	Zeit	Erste Block Nr. = 4	Größe
-------	-----	-----------	------	---------------------	-------

Die File Allocation Table (FAT) hat folgende Einträge:

Block #1	-1
Block #2	#6
Block #3	#17
Block #4	#2
Block #5	#1476
Block #6	#1

Welche Blöcke werden in welcher Reihenfolge gelesen?



3 min

# Dateiverwaltung

- Implementierung von Dateien

- **Ansatz 4: I-Nodes**

- Jeder Datei wird eine Datenstruktur (I-Node=Index-Node) zugewiesen
- Diese Datenstruktur listet die Attribute und Plattenadressen der Blöcke der Datei auf
- Weiß man den Index Node: Alle Blöcke der Datei lassen sich aufspüren.

Eindeutige Identifizierung I-Node innerhalb einer Partition durch seine I-Node-Nummer.

- Jeder Namenseintrag in einem Verzeichnis verweist auf genau einen I-Node (enthält die Metadaten der Datei, verweist auf die Daten der Datei bzw. auf die Dateiliste des Verzeichnisses)

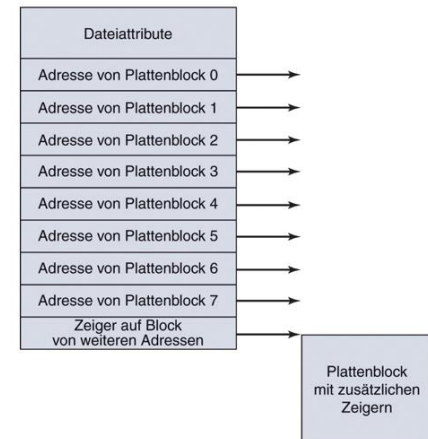


Abbildung 4.13: Beispiel eines I-Node



Grundlegende Datenstruktur zur Verwaltung von Dateisystemen mit Unix-artigen Betriebssystemen.

# Dateiverwaltung

- Implementierung von Dateien
  - **Ansatz 4: I-Nodes**
    - Vorteile:
      - Mit I-Node sind alle Blöcke bekannt
      - I-Nodes müssen nur im Speicher sein, wenn Datei geöffnet ist
        - Reservierter Speicher für I-Nodes hängt von der **Anzahl geöffneter Dateien** ab
        - Im Gegensatz zu FAT (**Speicher von der Plattengröße abhängig**)
      - Umgang mit großen Dateien, die viele Blöcke haben
        - Zeiger auf einen Block mit weiteren Adressen
        - Hierarchie von I-Nodes entsteht
    - Beim Lesen und Schreiben von Daten:  
Anwendungssoftware unterscheidet nicht mehr zwischen Gerätetreibern und regulären Dateien.
    - Durch I-Node-Konzept: Bei Unixvarianten gilt alles als Datei mit Dateiattributen und Adressen aller Blöcke (Plattenadresse)

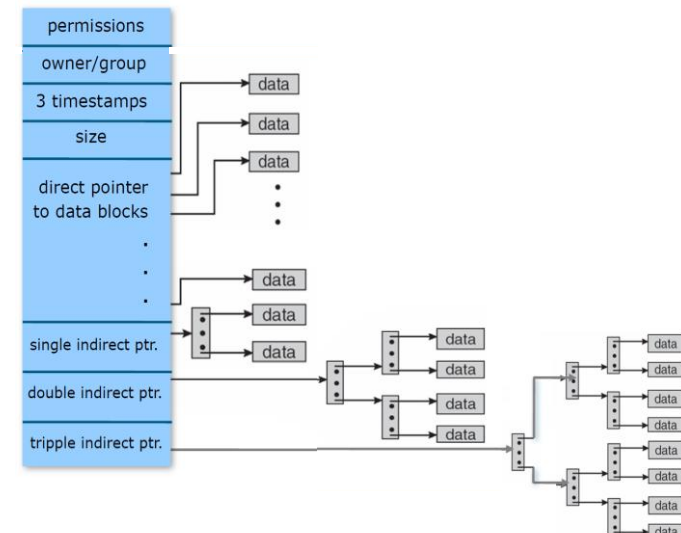
# Dateiverwaltung

- Implementierung von Dateien

- **Ansatz 4: I-Nodes**

- **Beispiel I-Node Zeigerstruktur**

- moderne Dateisysteme nutzen 15. Diese Zeiger beinhalten (von 15 ausgehend):
  - › Zwölf Zeiger, die direkt auf Datenblöcke der Datei verweisen (direkte Zeiger)
  - › Einen indirekten Zeiger (ein Zeiger, der auf Block von Zeigern verweist, dessen Zeiger auf die Daten verweisen)
  - › Ein doppelt indirekter Zeiger (ein Zeiger, der auf Block von Zeigern verweist, dessen Zeiger auf weiteren Block aus Zeigern verweist, dessen Zeiger auf die Daten der Datei verweisen)
  - › Ein dreifach indirekter Zeiger (ein Zeiger, der auf Block von Zeigern verweist, der auf Block von Zeigern verweist, der auf Block von Zeigern verweist, dessen Zeiger auf die Daten der Datei verweisen)



Bisher haben wir uns über das Verbinden von Datenbereichen auf einer Festplatte zu einer Datei Gedanken gemacht!

Frage:

- Wie funktioniert die Zuordnung von Namen zu Dateien?



30 sec

# Dateiverwaltung

---

- Implementierung von Verzeichnissen
  - Vor Lesen der Datei: Öffnung
  - Beim Lesen einer Datei: Betriebssystem benutzt den angegebenen Pfadnamen zum Findens des Verzeichniseintrags auf der Platte
  - Verzeichniseintrag stellt die Information zum Auffinden der Plattenblöcke zur Verfügung.
  - Hauptfunktion des Verzeichnissystems:  
Abbildung des ASCII-Namens der Datei auf benötigte Information zum Auffinden der Daten

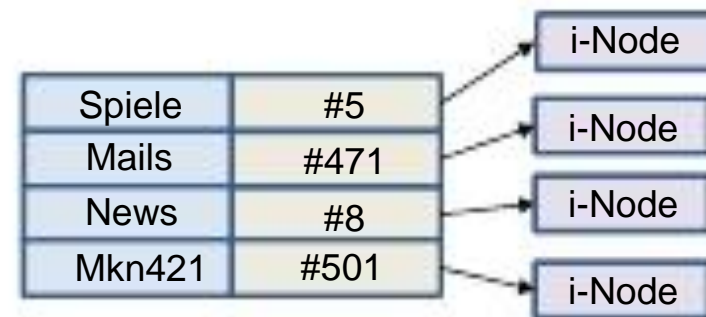
# Dateiverwaltung

- Implementierung von Verzeichnissen
  - Verzeichnis = eine Datei mit Tabelle mit Verzeichniseinträgen
  - Verzeichniseintrag = Information zum Auffinden von Plattenblöcken und evtl. Information über Attribute der Datei
    - Abbilden von ASCII-Namen auf Datei-Information
      - Bei zusammenhängender Belegung: Plattenadresse und Größe
      - Bei verketteten Listen: die Nummer des ersten Blocks
      - Bei I-Nodes: die Nummer des I-Nodes

Spiele	Attribute	#5
Mails	Attribute	#471
News	Attribute	#8
Mkn421	Attribute	#501

Attribute sind Teil des  
Verzeichnis-Eintrags

Für jede Datei gibt es einen Eintrag mit einem Dateinamen (fester Größe), einer Struktur für die Dateiattribute und einer Plattenadresse



Attribute sind Teil des  
I-Nodes

Wenn Attribute in I-Nodes bedeutet das, daß  
Verzeichniseinträge kürzer sind

# Dateiverwaltung

---

- Implementierung von Verzeichnissen
  - Was passiert bei der Erzeugung einer Datei unter Linux?
    - I-Node wird für die Datei erzeugt
    - I-Node wird für das Verzeichnis aktualisiert (Attribute)
    - Neuer Eintrag wird in den Verzeichnisblock eingetragen
    - „Datei selbst wird geschrieben“

Probleme:

- Bei vielen Dateien steigt der Overhead an!
- Wichtig: Die obigen Aktionen sollen zeitnah ausgeführt werden
- Gefahr: Inkonsistenz-Probleme, wenn nicht alle Aktionen für „eine“ Datei aufgrund eines Systemabsturzes ausgeführt werden



Jetzt haben wir ein allgemeines Konzept für Dateien.

- Dateien bestehen aus Blöcken und es wird über „Metadaten“ auf diese Blöcke zugegriffen
- Verzeichnisse sind Dateien mit Listen von Verzeichniseinträgen, die die Auflösung von Namen ermöglichen
- Änderungen werden sofort auf die Dateien angewendet durch Systemaufrufe

Fragen:

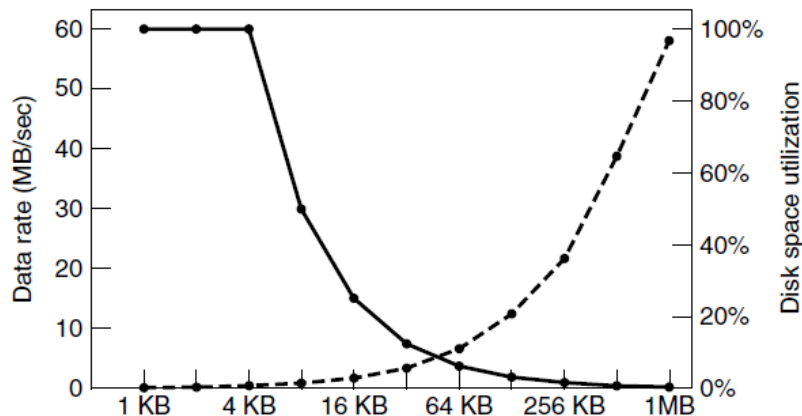
- Was muss die Implementierung eines Dateisystems noch leisten?
- Was muss bei der Anwendung des Konzepts auf eine reale Festplatte berücksichtigt werden?



2 min

# Dateiverwaltung

- Implementierung von Verzeichnissen
  - **Blockgröße** (Wie gross soll die Blockgröße sein?)
    - Orientierung an Plattenorganisation: Sektoren, Spuren, Zylinder
    - Orientierung an Seitengröße
    - Große Blöcke verschwenden Platz
      - Beim Abspeichern kleiner Dateien
    - Kleine Blöcke verschwenden Zeit
      - Durch viele Zugriffe und rotationsbedingte Wartezeiten
    - Optimum hängt von der „**üblichen**“ Größe der Dateien ab

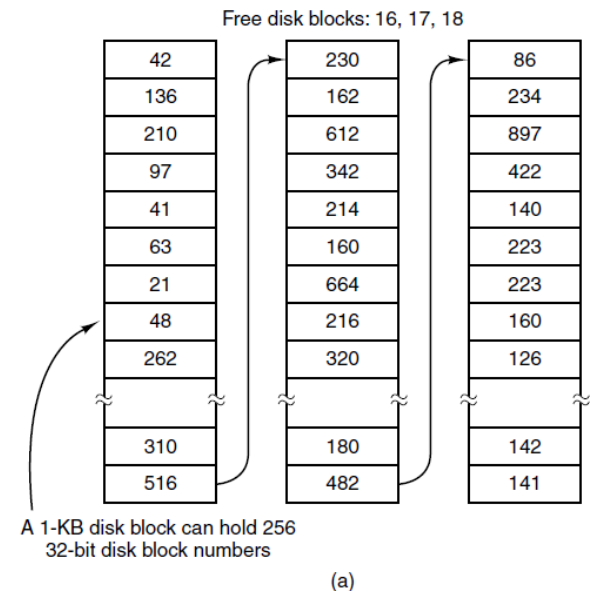


## Größe aller Dateien (übliche Größe)=4KB

Gestrichelte Linie zeigt die Datenrate einer Platte als Funktion der Blockgröße  
 Durchgezogene Linie zeigt die Platzeffizienz der Platte.  
 Annahme: alle Dateien 4KB groß.  
 → Zugriffszeit auf einen Block wird ausschließlich durch die Plattenzugriffszeit und die Rotationsverzögerung bestimmt.  
 → Datenrate steigt fast linear mit Blockgröße

# Dateiverwaltung

- Implementierung von Verzeichnissen
  - **Verwaltung freier Blöcke** (Wie behält das Betriebssystem Überblick über die freien Blöcke?)
    - **Ansatz 1: Verkettete Listen von Plattenblöcken**
      - Jeder Block enthält so viele Blocknummern wie möglich
      - Bei einer Blockgröße von 1KB und 32-Bit Blocknummern kann jeder Block der Freibereichsliste 255 freie Blöcke aufnehmen (1 Eintrag wird benötigt für Zeiger)
      - Bei leerer Platte sehr groß
      - Freie Blöcke werden benutzt, um die Freibereichsliste aufzunehmen. Die Speicherung der freien Blöcke kostet keinen wertvollen Speicherplatz.
        - › Beispiel: 1TB Platte → 1 Mrd. Plattenblöcke → ca. 4 Mill. Blöcke um all diese Adressen (255 pro Block) zu speichern



# Dateiverwaltung

- Implementierung von Verzeichnissen
  - **Verwaltung freier Blöcke** (Wie behält das Betriebssystem Überblick über die freien Blöcke?)
    - **Ansatz 2: Bitmap**
      - Eine Platte mit n Blöcken benötigt eine Bitmap mit n Bit.
      - Darstellung der freien Blöcke durch eine 1, belegt durch 0 ODER umgekehrt
      - Nur bei voller Platte braucht sie mehr Platz als die verkettete Liste
        - › Beispiel: 1TB Platte → 1 Mrd. Bit für die Bitmap → 130.000 1KB-Blöcke



Bitmap benutzt nur 1 bit pro Block statt 32 Bit bei verketteten Listen

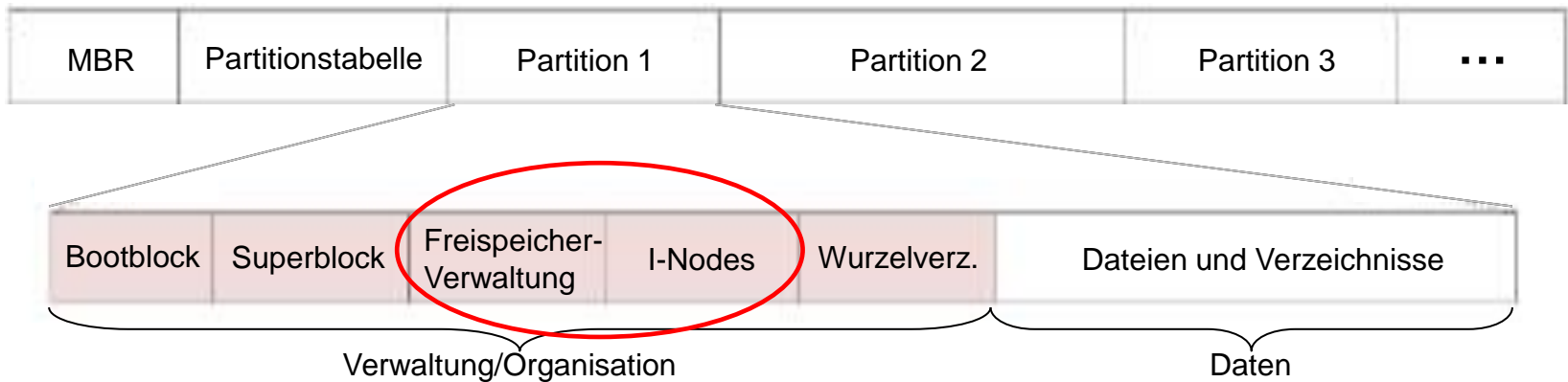
1001101101101100
0110110111110111
1010110110110110
0110110110111011
1110111011101111
1101101010001111
0000111011010111
1011101101101111
1100100011101111
~ ~ ~ ~ ~
0111011101110111
1101111101110111

A bitmap

(b)

# Dateiverwaltung

- Zur Erinnerung: Layout Datenträger
  - Layout
    - Datenträger (meist Platte) wird in Partitionen eingeteilt



- Boot-Block: Programm zum Laden des Betriebssystems
- SuperBlock: Schlüsselparameter des Dateisystems (Typ, MagischeZahl, Anzahl der Blöcke, ...)
- Freispeicherverwaltung: Information über die freien Blöcke im Dateisystem
- I-Nodes: Liste von Datenstrukturen, die alle Informationen über je eine Datei enthält (später!)
- Wurzelverzeichnis: Einstiegspunkt in die Baumstruktur des Dateisystems
- Und schließlich die Daten selbst!

# Dateiverwaltung

- Implementierung Performanz

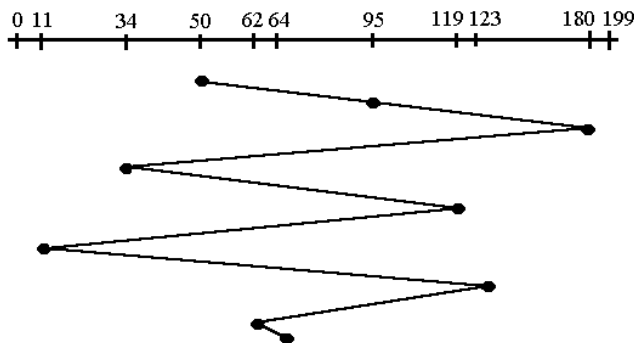
- Abhängig von der Größe der zu lesenden/schreibenden Information
- Schreiben geht langsamer als Lesen
- Mechanik der Festplatte muss berücksichtigt werden
- Lesen 32-Bit-Speicherwort im RAM=ca. 10ns, Festplatte = ca. 100 MB/s
- Optimierungen
  - **Cache**
    - Zur Reduzierung des Festplattenzugriffs
    - Ansammlung von Blöcken, die logisch zur Platte gehören, jedoch aus Performanzgründen im Speicher gehalten werden
    - Blöcke werden gleichzeitig im Speicher gehalten, um schnell darauf zuzugreifen
    - Aufgabe: Unterschied Swapping vs. „Paging“
  - Algorithmus: Vorausschauendes Lesen von Blöcken
    - Lese i, und falls i+1 nicht im Cache ist, lese auch i+1
    - Nur bei Dateien, die sequentiell gelesen
      - › Nützlich beim sequentiellen Lesen
      - › Schädlich bei wahlfreiem Zugriff

# Dateiverwaltung

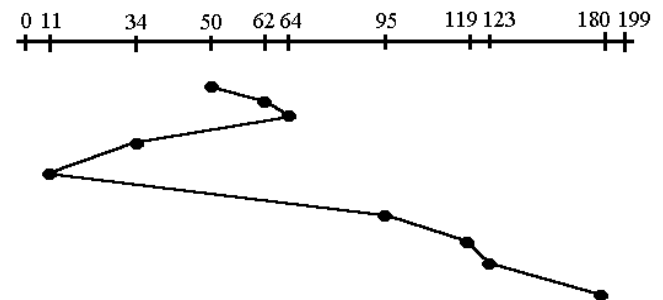
## • Implementierung Performanz

### – Optimierungen

- Reduzierung der Bewegungen des Plattenarms
- Freier Block soll so gewählt werden, daß er so nah wie möglich zum vorhergehenden Block liegt
- Integration der Optimierung im Festplatten-Controller
- Beispiel: 200 Zylinder, Lese Block auf **Zylinder 50**, weitere Anfragen für die Zylinder 95, 180, 34, 119, 11, 123
- SSF: 62, 64, 95, 180, 34, 119, 11, 123



First Come First Serve  
(FCFS)



Shortest Seek First  
(SSF)

# Dateiverwaltung

---

- Implementierung Performanz
  - Problem
    - Vergangenheit: Festplattenzugriffszeit blieb nahezu konstant, während alle Komponenten im System schneller wurden
    - Dateisysteme wurden Engpass im System
      - Alternative Ansätze waren notwendig:
        - **Log-Structured File-System (LFS)**
        - **Journaling-File-System (JFS)**
    - Heute: Moderne SSDs mit Flash-Speicher haben keine aufwendige Neupositionierung des Festplattenkopfes



# Dateiverwaltung

- Implementierung Performanz
  - **LFS (Log-Structured File Systems, Platte als Log)**
    - Platten-Cache ist in den letzten Jahren schnell gewachsen
    - Erheblicher Teil aller **Lesezugriffe** direkt aus dem Platten-Cache, ohne Festplattenzugriffe
    - Vorausschauendes Lesen hilft nicht mehr
    - In Zukunft: Hauptanteil Plattenzugriffe sind Schreibzugriffe
    - Kleine Schreibzugriffe sind höchst ineffizient
    - LFS schreibt in regelmäßigen Abständen im Speicher gepufferte Schreibaufträge als zusammenhängendes Segment an das Ende eines Logs auf die Platte geschrieben
    - Zuordnung erfolgt durch eine I-Node-Map
      - Diese wird komplizierter und muss ständig aktualisiert werden
    - Beispiel: Öffnen der Datei
      - Suchen nach der I-Node der Datei in der I-Node-Map
      - I-Node bestimmt die Blöcke der Datei
        - Diese Blöcke werden in einem Segment irgendwo im Log liegen
        - Log belegt irgendwann die gesamte Platte

# Dateiverwaltung

---

- Implementierung Performanz
  - **LFS (Log-Structured File Systems, Platte als Log)**
    - Segmente enthalten auch alte Blöcke
      - Betriebssystem „überschreibt“
    - Gefahr, daß die Log-Datei zu groß wird
      - Regelmäßig startende Cleaner-Thread gibt I-Nodes und Blöcke wieder frei
    - LFS ist schneller bei Schreibzugriffen mit kleinen Blöcken (10x)
    - Nicht weit verbreitet, da inkompatibel zu existierende Dateisystemen

# Dateiverwaltung

---

- Implementierung Performanz
  - **JFS (Journaling File System, NTFS, ext3, ReiserFS)**
    - Verbindet Aspekte von Log-basierten Dateisystemen mit existierenden Implementierungen
    - Ablauf:
      - Geplante Operationen werden in einer Datei geloggt  
→ Gefahr, daß die Log-Datei zu groß wird
      - Dann werden die Operationen durchgeführt
      - Wenn erfolgreich, dann werden die Operationen aus dem Log gelöscht
    - Bei Systemabsturz: Abarbeitung der noch im Log stehenden Aufgaben beim Neustart zuerst
      - Struktur des Dateisystems überlebt Systemabstürze



# Dateiverwaltung

- Implementierung Gemeinsame genutzte Dateien
  - **Links**
    - Problem:
      - Sind die Adressen im Verzeichnis gespeichert, müssen Änderungen in allen Verzeichnissen durchgeführt werden, nicht nur in einem Zweig
      - Lösung 1: Plattenblöcke nicht im Verzeichnis sondern Attribute in einer Metadaten-Struktur (wie I-Nodes)
      - Lösung 2: Symbolischer Link (auf ursprünglichen Pfad der Datei)  
z.B. B auf Eigentümer C

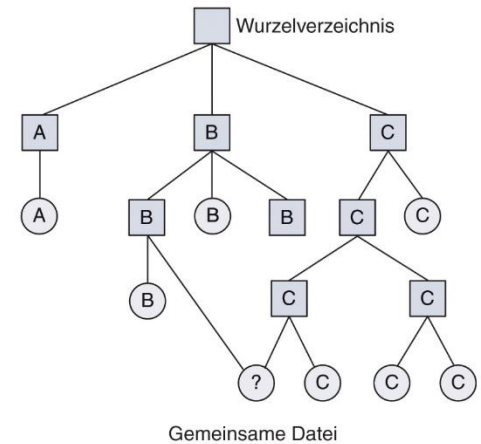


Abbildung 4.16: Ein Dateisystem mit einer gemeinsam benutzten Datei



Vorsicht bei der Verwendung von gemeinsamen genutzten Dateien

# Dateiverwaltung

- Implementierung Konsistenz
  - Dateisysteme lesen Blöcke, modifizieren und schreiben diese
  - Bevor alle veränderten Blöcke zurückgeschrieben wurden → Systemabsturz → Inkonsistenz
  - Auf inkonsistentem Dateisystem werden Konsistenzprüfungen durchgeführt (Hilfsprogramm UNIX = fsck, Windows = Scandisk)
  - Konsistenz-Prüfungen
    - Findet auf Ebene der **Blöcke** statt und erstellt
      - **Tabelle 1** für das Vorkommen eines Blocks in einer Datei
      - **Tabelle 2** für das Vorkommen eines Blocks in der Freibereichsleiste
      - Schleife über alle I-Nodes und den Freibereich
      - Alles OK: Jeder Block ist **nur einmal** entweder in Tabelle 1 oder 2

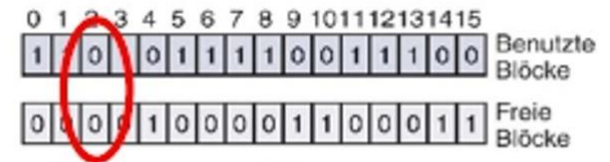
# Dateiverwaltung

- Implementierung Konsistenz

- Problemfälle nach Absturz:

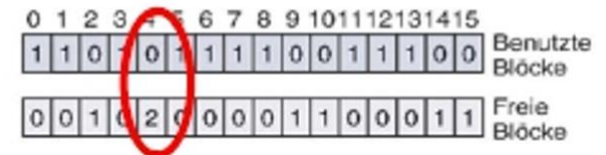
## 1. Fehlender Block (Block 2)

- Kein Schaden
- Reduziert die Festplattenkapazität
- Korrektur: Block zur Freibereichsliste hinzufügen



## 2. Doppelter Block im Freibereich

- Treten nur bei der „Liste“ auf  
→ Bei Bitmap nicht möglich
- Gefahr: doppelt vorhandener Block in der Freibereichsliste (Block 4)
- Korrektur: Neuaufbau der Freibereichsliste



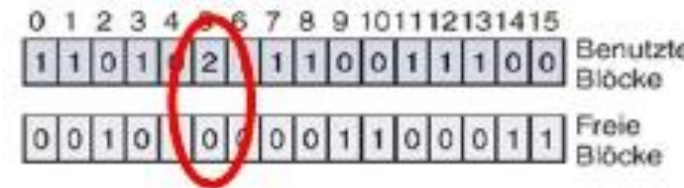
# Dateiverwaltung

- Implementierung Konsistenz

- Problemfälle:

- 3. **Doppelter Datenblock (Block 5)**

- Datenblock ist Teil von 2 Dateien
- Konsequenzen:
  - Beim Löschen einer Datei erscheint der Block als benutzte und als freie Datei
  - Beim Löschen beider Dateien taucht der Block 2 mal in der Freibereichsliste auf
- Lösung Rettung einer Datei:
  - Kopiere den Block auf einen freien Block
  - Eingliedern des neuen Blocks in eine der Dateien
  - Damit bleibt mindestens die Information einer Datei erhalten





# Dateiverwaltung

---

## Dateisysteme: ISO-9660

- Eine lange Spur sequentieller Daten
  - Unterteilt in 3252 Byte lange logische Blöcke
    - Information über Präambeln, Fehlerkorrektor, ...
    - 2048 Byte für Daten
  - Persistenter Datenspeicher
    - Nur Lesezugriffe möglich!
  - Verwaltung der Daten mit Hilfe des Standards, der die Struktur festlegt

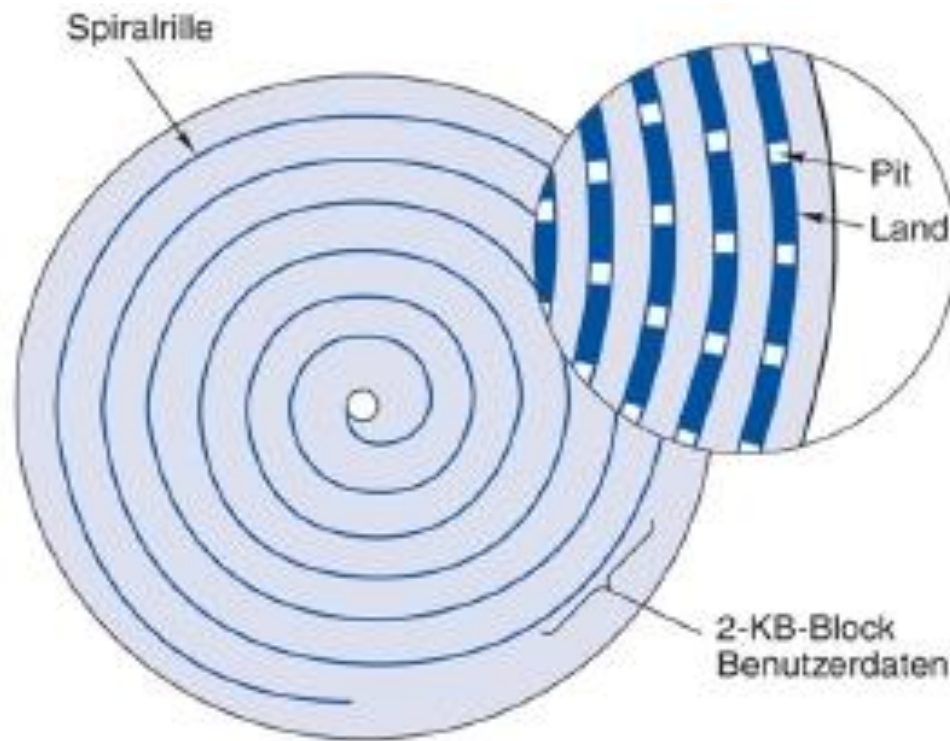


Jede CD soll auf jedem Betriebssystem lesbar sein

# Dateiverwaltung

## Dateisysteme: ISO-9660

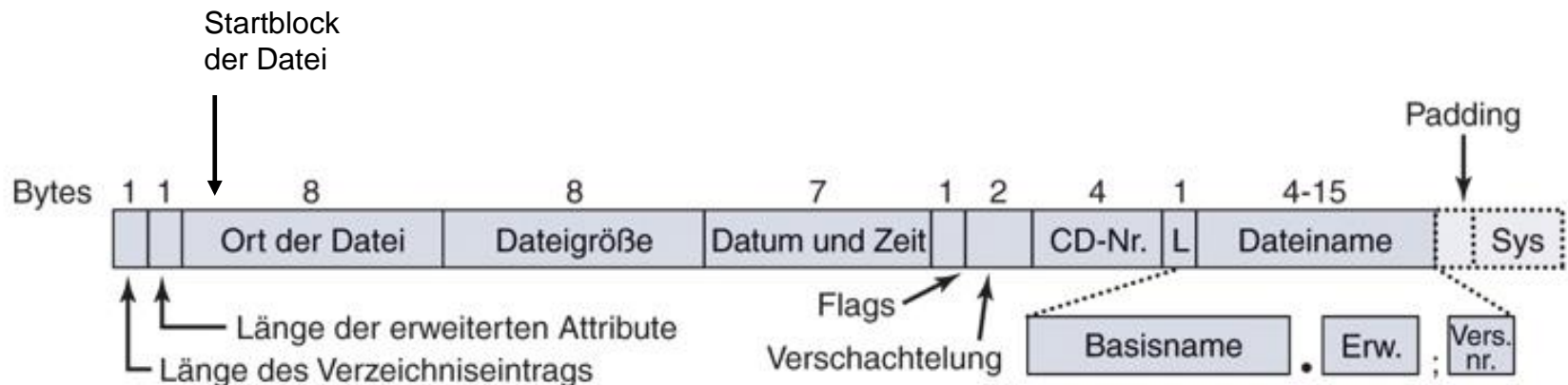
- Eine lange Spur sequentieller Daten
- Kontinuierliche Spirale, Bits stehen in einer linearen Sequenz



# Dateiverwaltung

## Dateisysteme: ISO-9660

- Format eines Verzeichniseintrags



**Abbildung 4.30:** Der ISO-9660-Verzeichniseintrag

In ISO-9660 besteht das Datumfeld aus:

- Year
- Month
- Day
- h
- m
- s
- Timezone

Die Zählung beginnt bei 1900.

Frage:

Wann hat die CD-ROM ein Problem?



2 min

# Dateiverwaltung

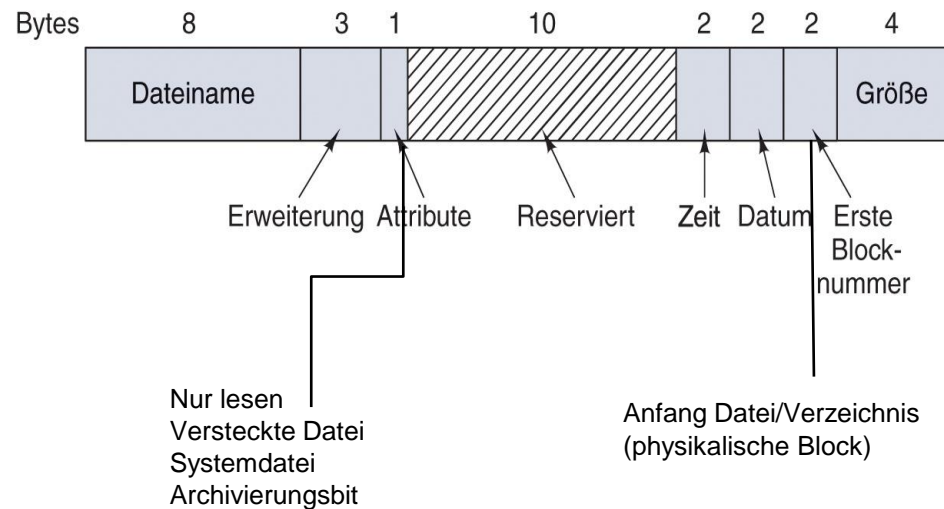
## Dateisysteme: ISO-9660

- MS-DOS Dateisystems (FAT)



Informationen zum Hochfahren des Systems  
 Informationen zur Partition

Verkettete Zeiger auf physikalischen Speicherplatz (persistente Kopie)

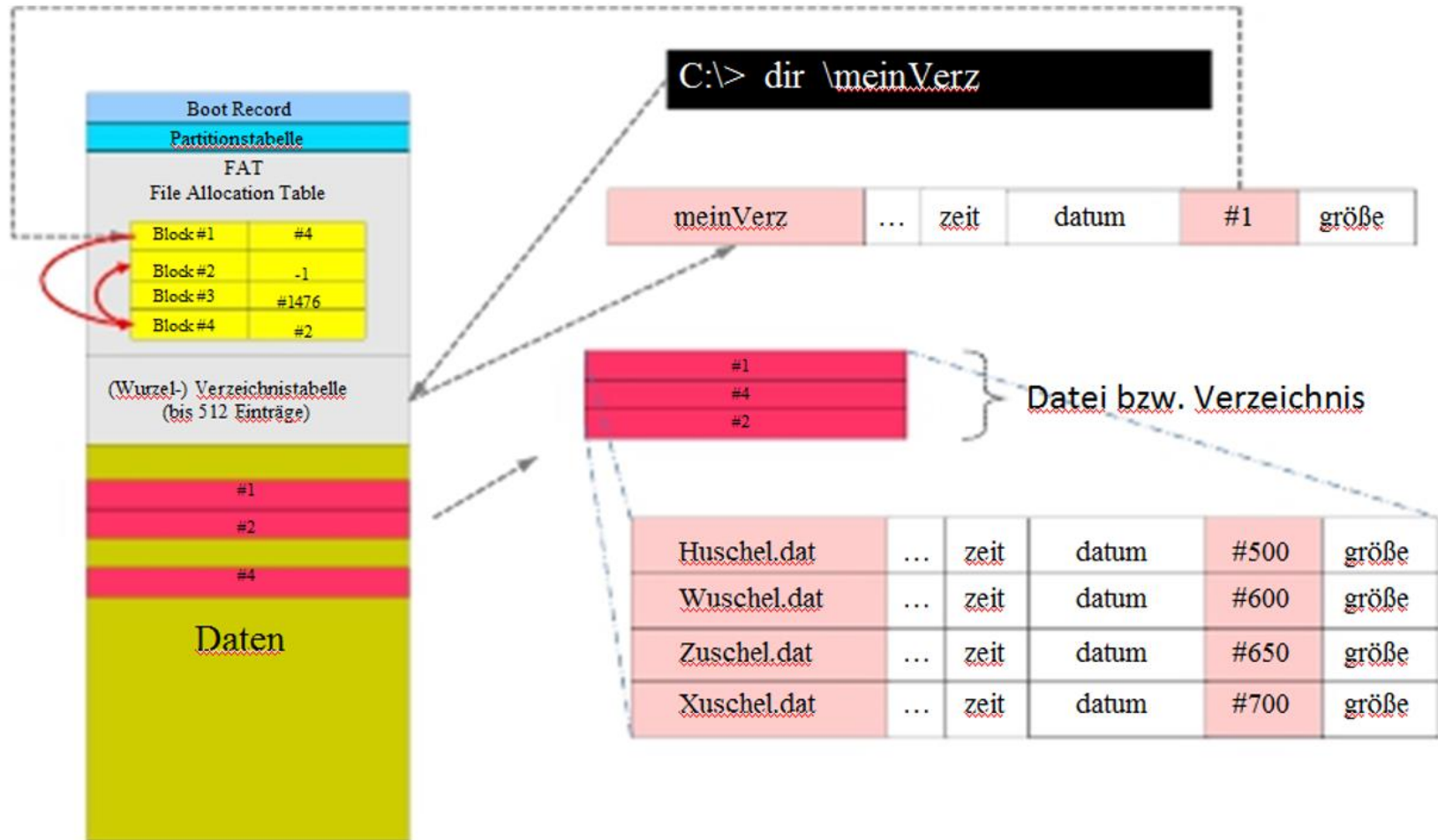


Jahr ist 7-Bit-Zahl, Zeitrechnung ab 1980,  
 → größtes darstellbare Jahr ist 2107

# Dateiverwaltung

## Dateisysteme: ISO-9660

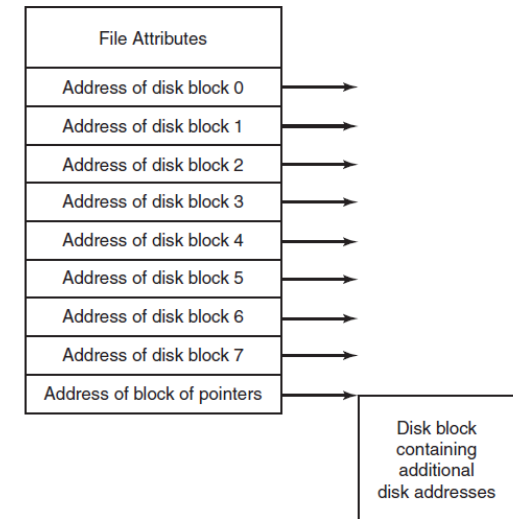
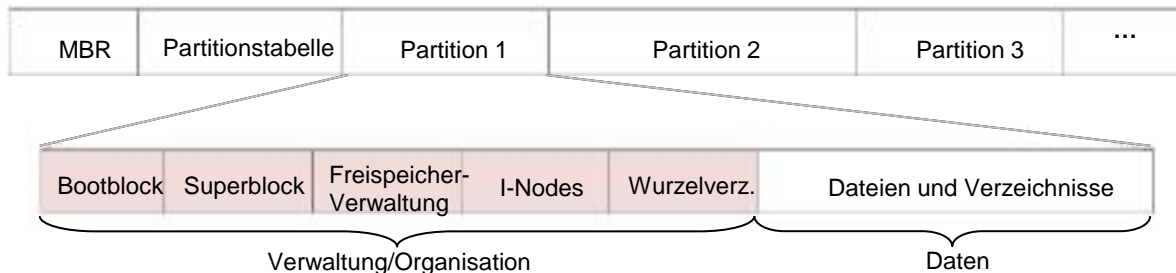
- MS-DOS Dateisystems (FAT)



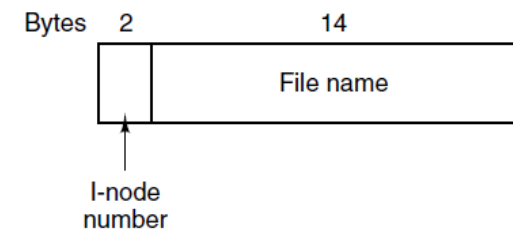
# Dateiverwaltung

## Dateisysteme: Unix-V7

- Verwendung von I-Nodes



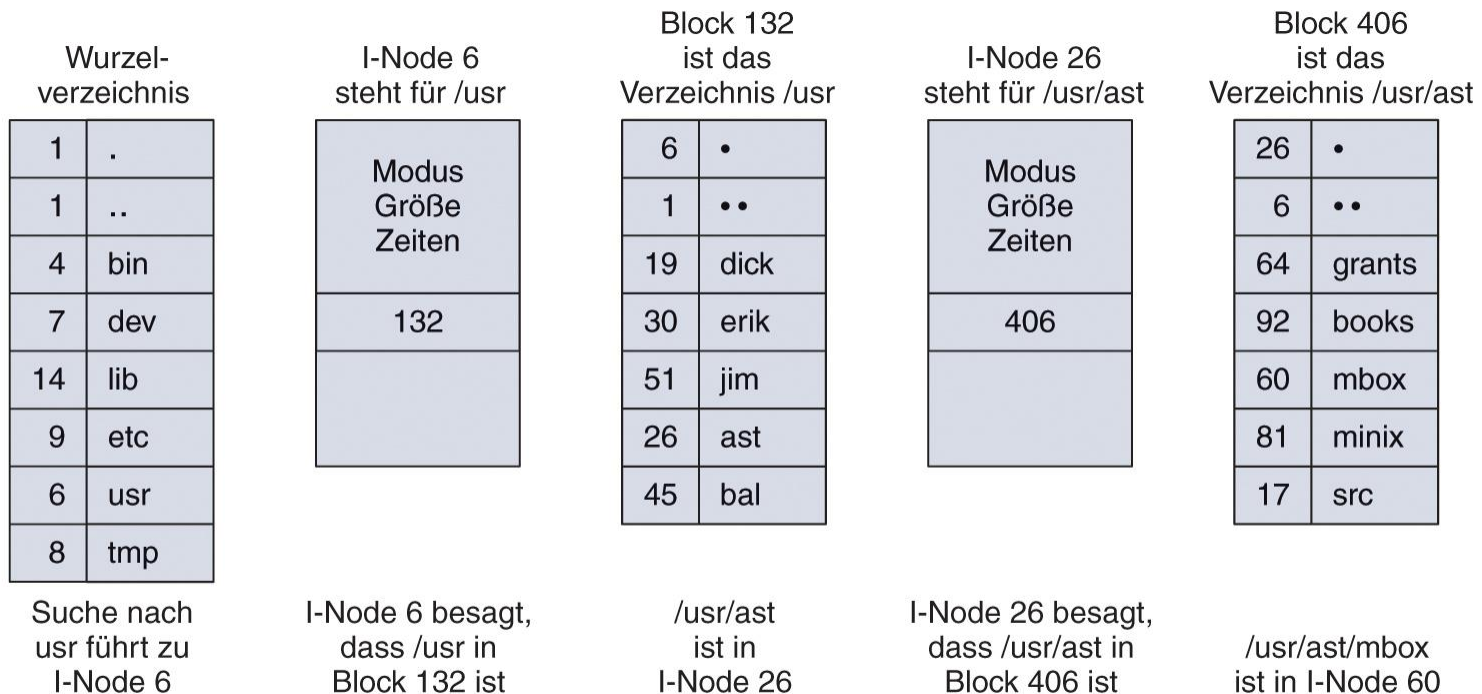
- Datei-Eintrag in UNIX-V7
- Wurzelverzeichnis
  - Hier stehen die I-Nodes für die Verzeichnisse /root, /Bin, /home,...



# Dateiverwaltung

## Dateisysteme: Unix-V7

- Verwendung von I-Nodes



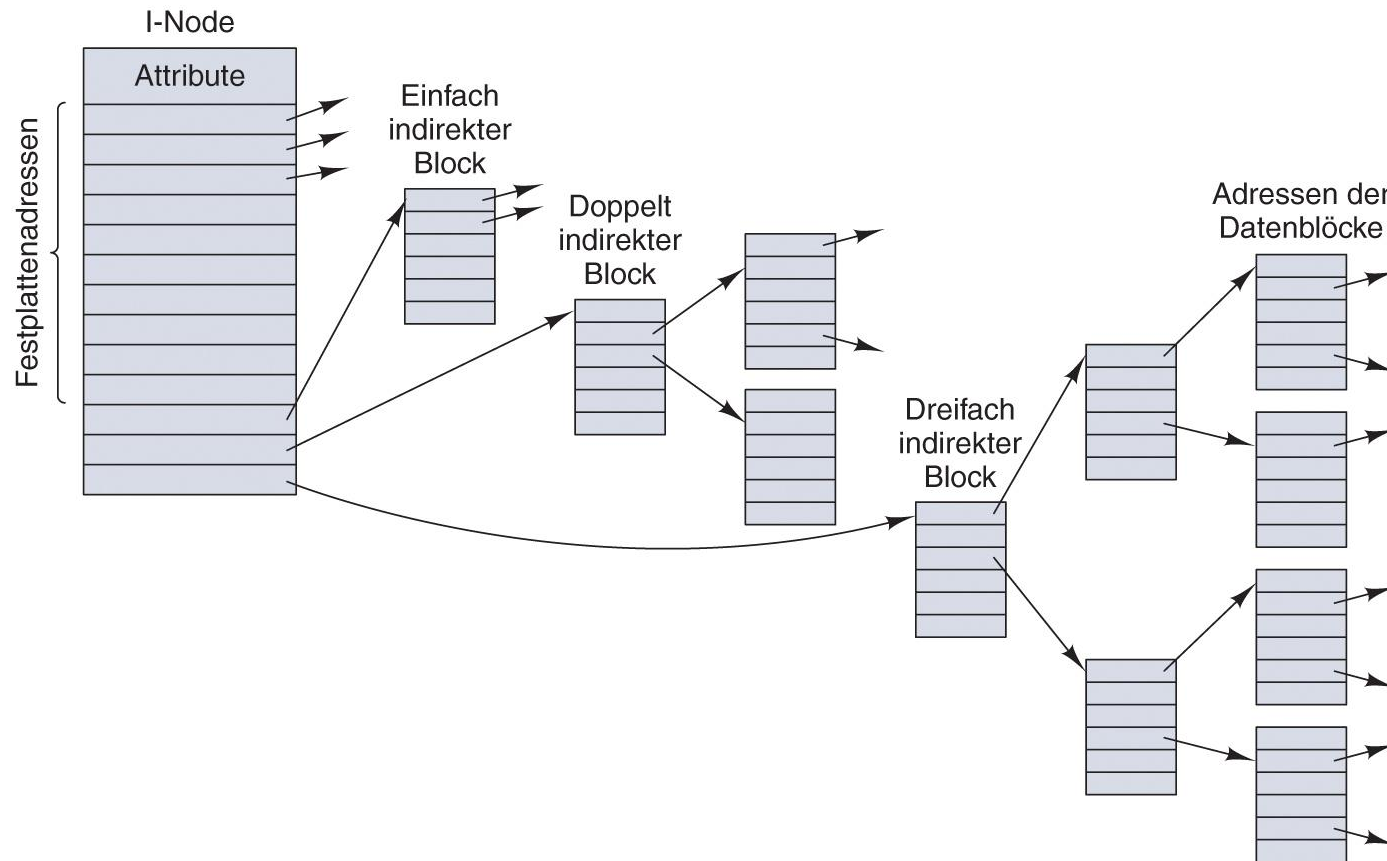
**Abbildung 4.35:** Schritte, um `/usr/ast/mbox` zu finden



# Dateiverwaltung

## Dateisysteme: Unix-V7

- Große Dateien mit I-Node



**Abbildung 4.34:** I-Node unter UNIX

# Dateiverwaltung

---

## Zusammenfassung

- Dateien als Abstraktion zur persistenten Speicherung von Informationen
- Verzeichnisse als Abstraktion zur Organisation von Dateien
  - Beide werden durch Betriebssystem verwaltet
- Layout von Datenträgern (Festplatten)
- Implementierung von Dateien und Verzeichnissen
  - Zusammenhängende Belegung                      ISO9660
  - Belegung durch verkettete Listen                      FAT
  - I-Nodes                      UNIX-V7
  - Verzeichniseintrag
- Festplatten-Speicherverwaltung
  - Blockgröße und Verwaltung freier Blöcke
- Konsistenz von Dateisystemen