Implementierung von Dateien

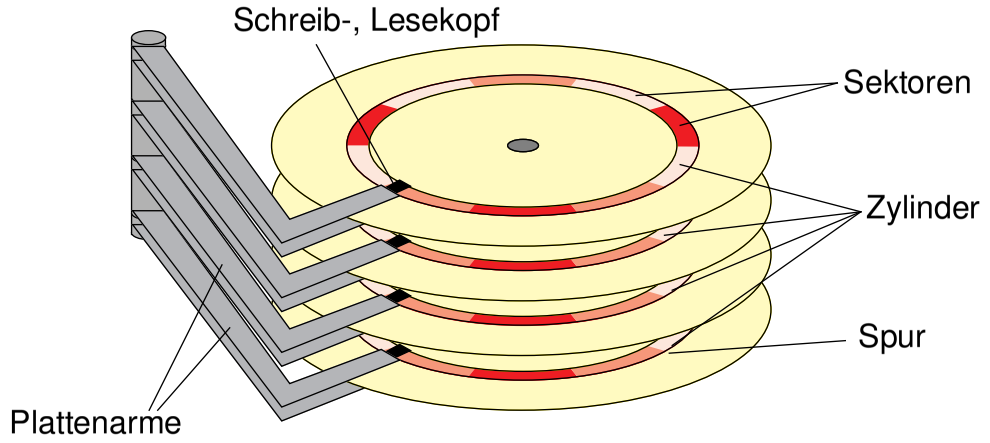
- Überblick
  - Medien
  - Speicherung von Dateien
  - Freispeicherverwaltung
  - Beispiele: Detisysteme unter UNIX und Windows
  - Dateisysteme mit Fehlererholung
  - Datensicherung

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Medien

1 Festplatten

- Häufigstes Medium zum Speichern von Dateien
  - Aufbau einer Festplatte

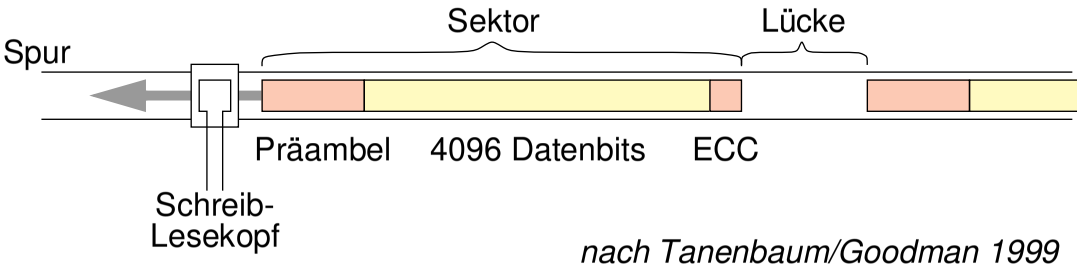


  - Kopf schwebt auf Luftpolster

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Festplatten (2)

- Sektoraufbau



nach Tanenbaum/Goodman 1999

  - Breite der Spur: 5–10 µm
  - Spuren pro Zentimeter: 800–2000
  - Breite einzelner Bits: 0,1–0,2 µm

- Zonen
  - Mehrere Zylinder (10–30) bilden eine Zone mit gleicher Sektorenanzahl (bessere Plattenausnutzung)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Festplatten (3)

- Datenblätter von drei Beispielplatten

Plattentyp		Fujitsu M2344 (1987)	Seagate Cheetah	Seagate Barracuda
Kapazität		690 MB	300 GB	400 GB
Platten/Köpfe		8 / 28	4 / 8	781.422.768 Sektoren
Zylinderzahl		624	90.774	
Cache		-	4 MB	8 MB
Posititionier-zeiten	Spur zu Spur	4 ms	0,5 ms	-
	mittlere	16 ms	5,3 ms	8 ms
	maximale	33 ms	10,3 ms	-
Transferrate		2,4 MB/s	320 MB/s	-150 MB/s
Rotationsgeschw.		3.600 U/min	10.000 U/min	7.200 U/min
eine Plattenumdrehung		16 ms	6 ms	8 ms
Stromaufnahme		?	16-18 W	12,8 W

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

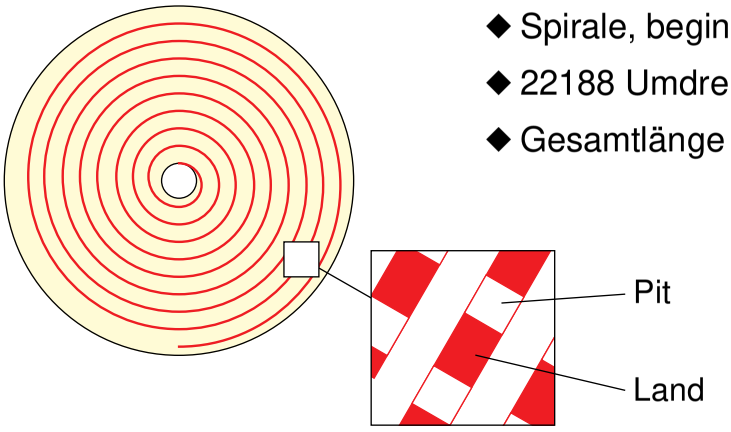
1 Festplatten (4)

- Zugriffsmerkmale
  - blockorientierter und wahlfreier Zugriff
  - Blockgröße zwischen 32 und 4096 Bytes (typisch 512 Bytes)
  - Zugriff erfordert Positionierung des Schwenkarms auf den richtigen Zylinder und Warten auf den entsprechenden Sektor
  - heutige Platten haben internen Cache und verbergen die Hardware-Details
- Blöcke sind üblicherweise nummeriert
  - früher getrennte Nummerierung: Zylindernummer, Sektornummer
  - heute durchgehende Nummerierung der Blöcke
    - ➤ Kompatibilität zu alten Betriebssystemen wird durch *logical CHS (Cylinder/Head/Sector)*-Umrechnung hergestellt

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 CD-ROM

- Aufbau einer CD



  - Spirale, beginnend im Inneren
  - 22188 Umdrehungen (600 pro mm)
  - Gesamtlänge 5,6 km
  - **Pit**: Vertiefung, die von einem Laser abgetastet werden kann

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 CD-ROM (2)

- Kodierung
  - **Symbol**: ein Byte wird mit 14 Bits kodiert
    (kann bereits bis zu zwei Bitfehler korrigieren)
  - **Frame**: 42 Symbole werden zusammengefasst
    (192 Datenbits, 396 Fehlerkorrekturbits)
  - **Sektor**: 98 Frames werden zusammengefasst
    (16 Bytes Präambel, 2048 Datenbytes, 288 Bytes Fehlerkorrektur)
  - *Effizienz*: 7203 Bytes transportieren 2048 Nutzbytes
- Transferrate
  - Single-Speed-Laufwerk:
    75 Sektoren pro Sekunde (153.600 Bytes pro Sekunde)
  - 40-fach-Laufwerk:
    3000 Sektoren pro Sekunde (6.144.000 Bytes pro Sekunde)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 CD-ROM (3)

- Kapazität
  - ca. 650 MB
- Varianten
  - **CD-R** (Recordable): einmal beschreibbar
  - **CD-RW** (Rewritable): mehrfach beschreibbar
- DVD (Digital Versatile Disk)
  - kleinere Pits, engere Spirale, andere Laserlichtfarbe
  - einseitig oder zweiseitig beschrieben
  - ein- oder zweischichtig beschrieben
  - Kapazität: 4,7 bis 17 GB

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Speicherung von Dateien

- Dateien benötigen oft mehr als einen Block auf der Festplatte
  - Welche Blöcke werden für die Speicherung einer Datei verwendet?

1 Kontinuierliche Speicherung

- Datei wird in Blöcken mit aufsteigenden Blocknummern gespeichert
  - Nummer des ersten Blocks und Anzahl der Folgeblöcke muss gespeichert werden

★ Vorteile
  - Zugriff auf alle Blöcke mit minimaler Positionierzeit des Schwenkarms
  - Schneller direkter Zugriff auf bestimmter Dateiposition
  - Einsatz z. B. bei Systemen mit Echtzeitanforderungen

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Kontinuierliche Speicherung (2)

▲ Probleme
  - Finden des freien Platzes auf der Festplatte (Menge aufeinanderfolgender und freier Plattenblöcke)
  - Fragmentierungsproblem (Verschnitt: nicht nutzbare Plattenblöcke; siehe auch Speicherverwaltung)
  - Größe bei neuen Dateien oft nicht im Voraus bekannt
  - Erweitern ist problematisch
    - ➤ Umkopieren, falls kein freier angrenzender Block mehr verfügbar

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

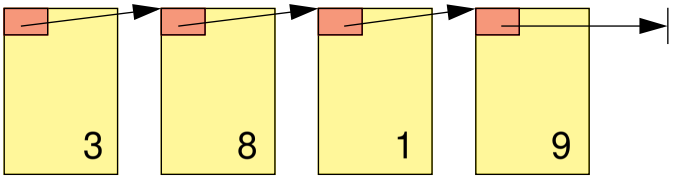
1 Kontinuierliche Speicherung (3)

- Variation
  - Unterteilen einer Datei in Folgen von Blocks *(Chunks, Extents)*
  - Blockfolgen werden kontinuierlich gespeichert
  - Pro Datei muss erster Block und Länge jedes einzelnen Chunks gespeichert werden
- Problem
  - Verschnitt innerhalb einer Folge (siehe auch Speicherverwaltung: interner Verschnitt bei Seitenadressierung)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Verkettete Speicherung

- Blöcke einer Datei sind verkettet



  - z. B. Commodore Systeme (CBM 64 etc.)
    - Blockgröße 256 Bytes
    - die ersten zwei Bytes bezeichnen Spur- und Sektornummer des nächsten Blocks
    - wenn Spurnummer gleich Null: letzter Block
    - 254 Bytes Nutzdaten
- File kann wachsen und verlängert werden

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

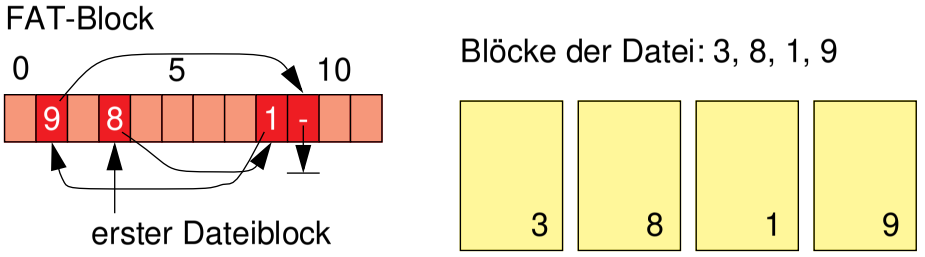
2 Verkettete Speicherung (2)

- Probleme
  - Speicher für Verzeigerung geht von den Nutzdaten im Block ab (ungünstig im Zusammenhang mit Paging: Seite würde immer aus Teilen von zwei Plattenblöcken bestehen)
  - Fehleranfälligkeit: Datei ist nicht restaurierbar, falls einmal Verzeigerung fehlerhaft
  - schlechter direkter Zugriff auf bestimmte Dateiposition
  - häufiges Positionieren des Schreib-, Lesekopfs bei verstreuten Datenblöcken

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Verkettete Speicherung (3)

- Verkettung wird in speziellen Plattenblocks gespeichert
  - FAT-Ansatz *(FAT: File Allocation Table)*, z. B. MS-DOS, Windows 95



- Vorteile
  - kompletter Inhalt des Datenblocks ist nutzbar (günstig bei Paging)
  - mehrfache Speicherung der FAT möglich: Einschränkung der Fehleranfälligkeit

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

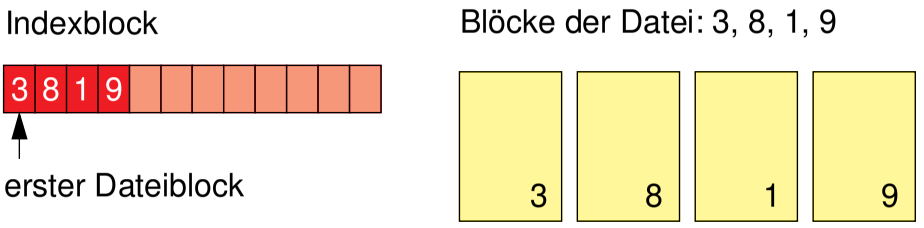
2 Verkettete Speicherung (4)

- Probleme
  - mindestens ein zusätzlicher Block muss geladen werden (Caching der FAT zur Effizienzsteigerung nötig)
  - FAT enthält Verkettungen für alle Dateien: das Laden der FAT-Blöcke lädt auch nicht benötigte Informationen
  - aufwändige Suche nach dem zugehörigen Datenblock bei bekannter Position in der Datei
  - häufiges Positionieren des Schreib-, Lesekopfs bei verstreuten Datenblöcken

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Indiziertes Speichern

- Spezieller Plattenblock enthält Blocknummern der Datenblocks einer Datei

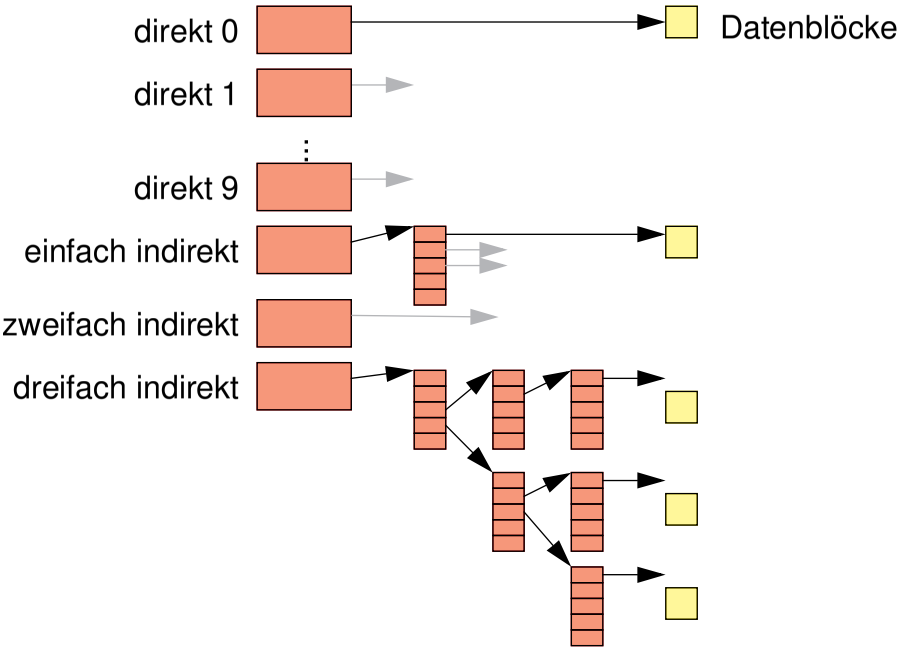


- Problem
  - feste Anzahl von Blöcken im Indexblock
    - Verschnitt bei kleinen Dateien
    - Erweiterung nötig für große Dateien

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Indiziertes Speichern (2)

- Beispiel UNIX Inode



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

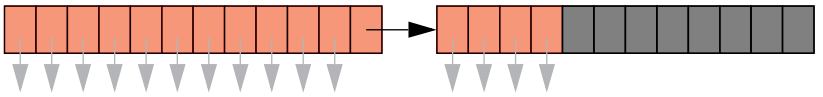
3 Indiziertes Speichern (3)

- ★ Einsatz von mehreren Stufen der Indizierung
  - ◆ Inode benötigt sowieso einen Block auf der Platte (Verschnitt unproblematisch bei kleinen Dateien)
  - ◆ durch mehrere Stufen der Indizierung auch große Dateien adressierbar
- ▲ Nachteil
  - ◆ mehrere Blöcke müssen geladen werden (nur bei langen Dateien)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Freispeicherverwaltung

- Prinzipiell ähnlich wie Verwaltung von freiem Hauptspeicher
  - Bitvektoren zeigen für jeden Block Belegung an
  - verkettete Listen repräsentieren freie Blöcke
    - Verkettung kann in den freien Blöcken vorgenommen werden
    - Optimierung: aufeinanderfolgende Blöcke werden nicht einzeln aufgenommen, sondern als Stück verwaltet
    - Optimierung: ein freier Block enthält viele Blocknummern weiterer freier Blöcke und evtl. die Blocknummer eines weiteren Blocks mit den Nummern freier Blöcke

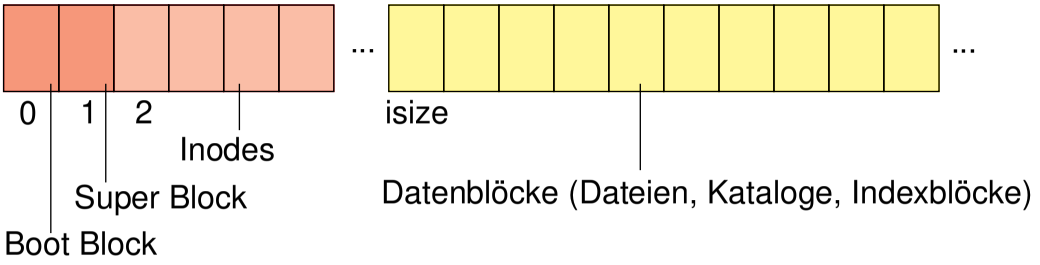


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Beispiel: UNIX File Systems

1 System V File System

- Blockorganisation

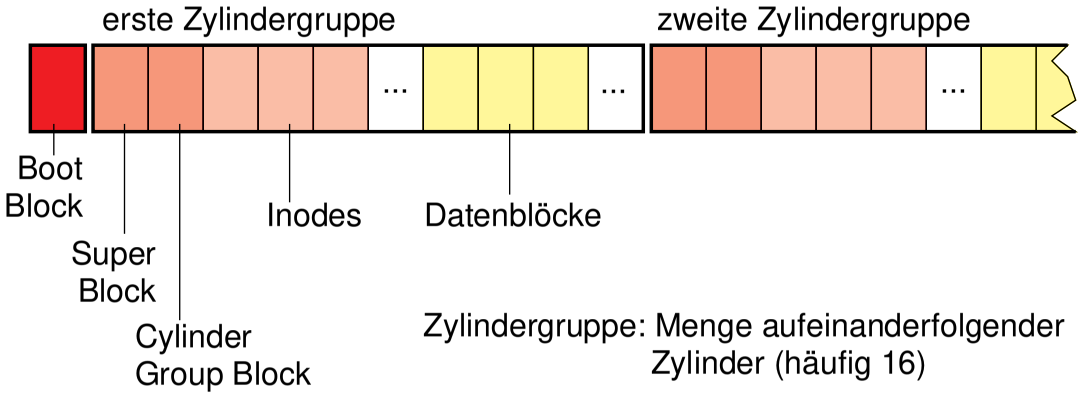


  - Boot Block enthält Informationen zum Laden eines initialen Programms
  - Super Block enthält Verwaltungsinformation für ein Dateisystem
    - Anzahl der Blöcke, Anzahl der Inodes
    - Anzahl und Liste freier Blöcke und freier Inodes
    - Attribute (z.B. *Modified flag*)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 BSD 4.2 (Berkeley Fast File System)

- Blockorganisation



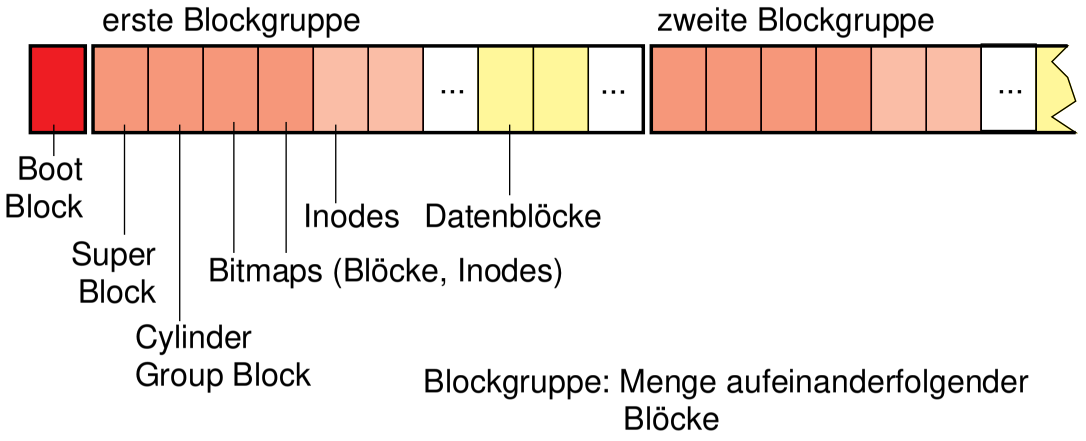
  - ◆ Kopie des Super Blocks in jeder Zylindergruppe
  - ◆ freie Inodes u. freie Datenblöcke werden im Cylinder group block gehalten
  - ◆ eine Datei wird möglichst innerhalb einer Zylindergruppe gespeichert

- ★ Vorteil: kürzere Positionierungszeiten

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Linux EXT2 File System

- Blockorganisation



  - ◆ Ähnliches Layout wie BSD FFS
  - ◆ Blockgruppen unabhängig von Zylindern

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Beispiel: Windows NT (NTFS)

- Dateisystem für Windows NT
- Datei
  - beliebiger Inhalt; für das Betriebssystem ist der Inhalt transparent
  - Rechte verknüpft mit NT-Benutzern und -Gruppen
  - Datei kann automatisch komprimiert oder verschlüsselt gespeichert werden
  - große Dateien bis zu 2^{64} Bytes lang
  - Hard links: mehrere Einträge derselben Datei in verschiedenen Katalogen möglich
- Dateiinhalt: Sammlung von *Streams*
  - *Stream*: einfache, unstrukturierte Folge von Bytes
  - "normaler Inhalt" = unbenannter Stream (default stream)
  - dynamisch erweiterbar
  - Syntax: dateiname:streamname

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

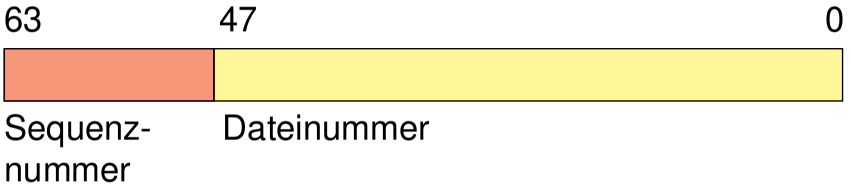
1 Dateiverwaltung

- Basiseinheit „Cluster“
  - 512 Bytes bis 4 Kilobytes (beim Formatieren festgelegt)
  - wird auf eine Menge von hintereinanderfolgenden Blöcken abgebildet
  - logische Cluster-Nummer als Adresse (LCN)
- Basiseinheit „Strom“
  - jede Datei kann mehrere (Daten-)Ströme speichern
  - einer der Ströme wird für die eigentlichen Daten verwendet
  - Dateiname, MS-DOS Dateiname, Zugriffsrechte, Attribute und Zeitstempel werden jeweils in eigenen Datenströmen gespeichert
    (leichte Erweiterbarkeit des Systems)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Dateiverwaltung (2)

- *File-Reference*
  - Bezeichnet eindeutig eine Datei oder einen Katalog

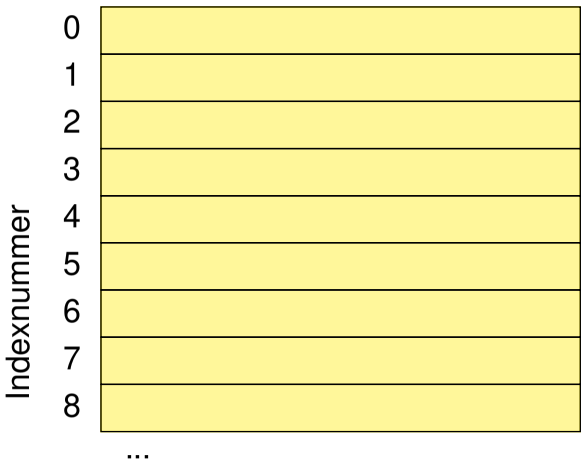


  - Dateinummer ist Index in eine globale Tabelle *(MFT: Master File Table)*
  - Sequenznummer wird hochgezählt, für jede neue Datei mit gleicher Dateinummer

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Master-File-Table

- Rückgrat des gesamten Systems
  - große Tabelle mit gleich langen Elementen (1KB, 2KB oder 4KB groß, je nach Clustergröße)
  - kann dynamisch erweitert werden



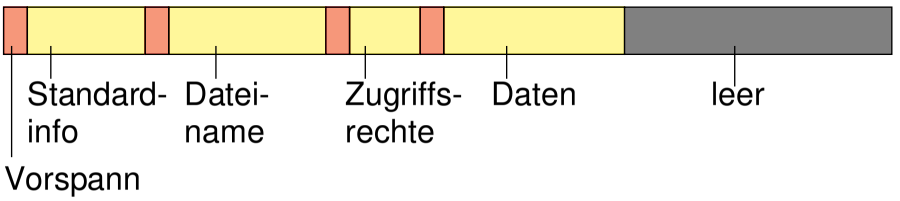
entsprechender Eintrag für eine *File-Reference* enthält Informationen über bzw. die *Streams* der Datei

  - Index in die Tabelle ist Teil der *File-Reference*

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Master-File-Table (2)

- Eintrag für eine kurze Datei

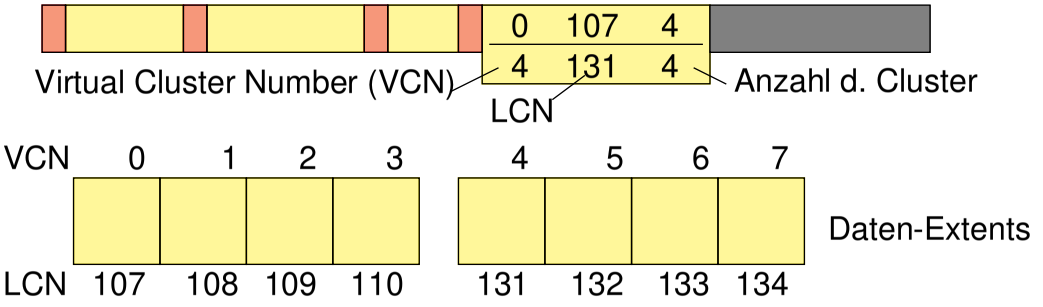


- Streams
  - Standard-Information (immer in der MFT)
    - enthält Länge, Standard-Attribute, Zeitstempel, Anzahl der Hard links, Sequenznummer der gültigen File-Reference
  - Dateiname (immer in der MFT)
    - kann mehrfach vorkommen (Hard links)
  - Zugriffsrechte *(Security Descriptor)*
  - Eigentliche Daten

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Master-File-Table (3)

- Eintrag für eine längere Datei



  - ***Extents*** werden außerhalb der MFT in aufeinanderfolgenden Clustern gespeichert
  - Lokalisierungsinformationen werden in einem eigenen Stream gespeichert

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

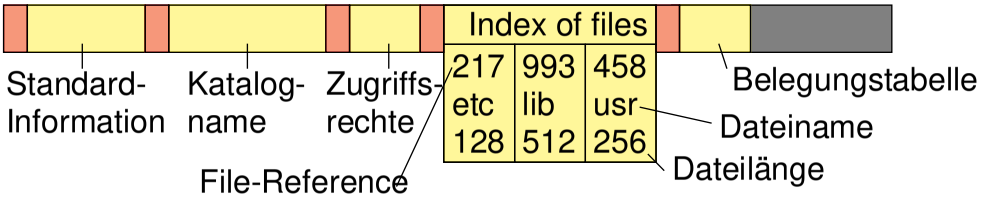
2 Master-File-Table (4)

- Mögliche weitere Streams *(Attributes)*
  - ◆ Index
    - Index über einen Attributschlüssel (z.B. Dateinamen) implementiert Katalog
  - ◆ Indexbelegungstabelle
    - Belegung der Struktur eines Index
  - ◆ Attributliste (immer in der MFT)
    - wird benötigt, falls nicht alle Streams in einen MFT Eintrag passen
    - referenzieren weitere MFT Einträge und deren Inhalt
  - ◆ Streams mit beliebigen Daten
    - wird gerne zum Verstecken von Viren genutzt, da viele Standard-Werkzeuge von Windows nicht auf die Bearbeitung mehrerer Streams eingestellt sind (arbeiten nur mit dem unbenannten Stream)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Master File Table (5)

- Eintrag für einen kurzen Katalog



  - ◆ Dateien des Katalogs werden mit File-References benannt
  - ◆ Name und Standard-Attribute (z.B. Länge) der im Katalog enthaltenen Dateien und Kataloge werden auch im Index gespeichert (doppelter Aufwand beim Update; schnellerer Zugriff beim Kataloglisten)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Fehlererholung

- NTFS ist ein Journal-File-System
  - Änderungen an der MFT und an Dateien werden protokolliert.
  - Konsistenz der Daten und Metadaten kann nach einem Systemausfall durch Abgleich des Protokolls mit den Daten wieder hergestellt werden.
- Nachteile
  - etwas ineffizienter
  - nur für Volumes >400 MB geeignet

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Dateisysteme mit Fehlererholung

- Mögliche Fehler
  - Stromausfall (dummer Benutzer schaltet einfach Rechner aus)
  - Systemabsturz
- Auswirkungen auf das Dateisystem
  - inkonsistente Metadaten
    z. B. Katalogeintrag fehlt zur Datei oder umgekehrt
    z. B. Block ist benutzt aber nicht als belegt markiert
- ★ Reparaturprogramme
  - Programme wie **`chkdsk`**, **`scandisk`** oder **`fsck`** können inkonsistente Metadaten reparieren
- Datenverluste bei Reparatur möglich
- Große Platten bedeuten lange Laufzeiten der Reparaturprogramme

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

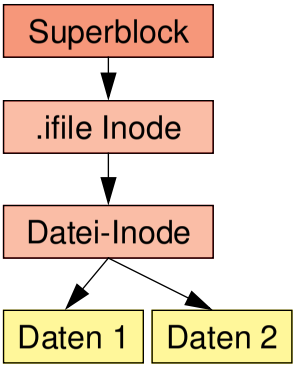
1 Journal-File-Systems

- Zusätzlich zum Schreiben der Daten und Meta-Daten (z. B. Inodes) wird ein Protokoll der Änderungen geführt
  - Alle Änderungen treten als Teil von Transaktionen auf.
  - Beispiele für Transaktionen:
    - Erzeugen, löschen, erweitern, verkürzen von Dateien
    - Dateiattribute verändern
    - Datei umbenennen
  - Protokollieren aller Änderungen am Dateisystem zusätzlich in einer Protokolldatei *(Log File)*
  - Beim Bootvorgang wird Protokolldatei mit den aktuellen Änderungen abgeglichen und damit werden Inkonsistenzen vermieden.
- Beispiele: NTFS, EXT3, ReiserFS

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Log-Structured-File-Systems

- Alle Änderungen im Dateisystem erfolgen auf Kopien
  - Der Inhalt veränderter Blöcke wird in einen neuen Block geschrieben

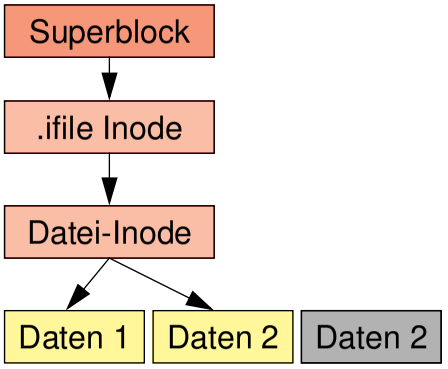


  - Beispiel LinLogFS: Superblock einziger nicht ersetzter Block

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Log-Structured-File-Systems

- Alle Änderungen im Dateisystem erfolgen auf Kopien
  - Der Inhalt veränderter Blöcke wird in einen neuen Block geschrieben

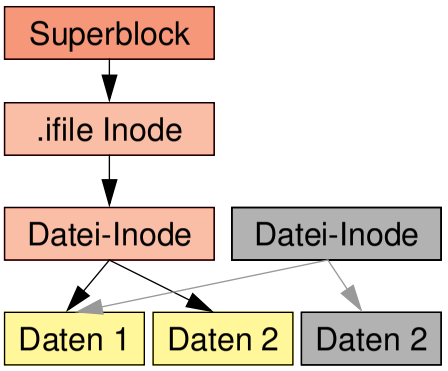


  - Beispiel LinLogFS: Superblock einziger nicht ersetzter Block

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Log-Structured-File-Systems

- Alle Änderungen im Dateisystem erfolgen auf Kopien
  - Der Inhalt veränderter Blöcke wird in einen neuen Block geschrieben

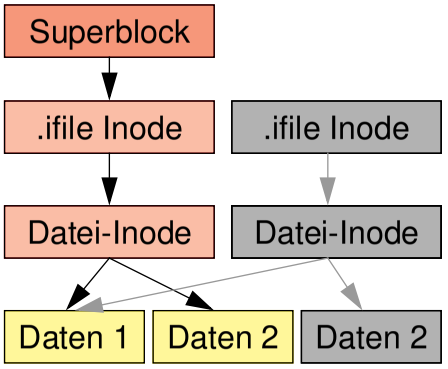


  - Beispiel LinLogFS: Superblock einziger nicht ersetzter Block

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Log-Structured-File-Systems

- Alle Änderungen im Dateisystem erfolgen auf Kopien
  - Der Inhalt veränderter Blöcke wird in einen neuen Block geschrieben

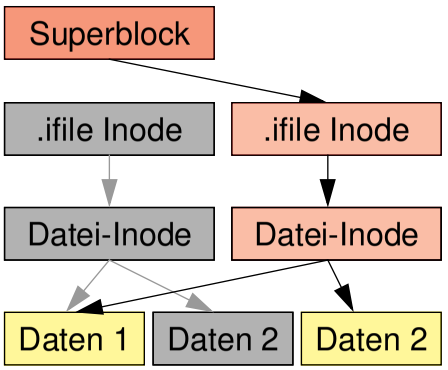


  - Beispiel LinLogFS: Superblock einziger nicht ersetzter Block

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Log-Structured-File-Systems

- Alle Änderungen im Dateisystem erfolgen auf Kopien
  - Der Inhalt veränderter Blöcke wird in einen neuen Block geschrieben

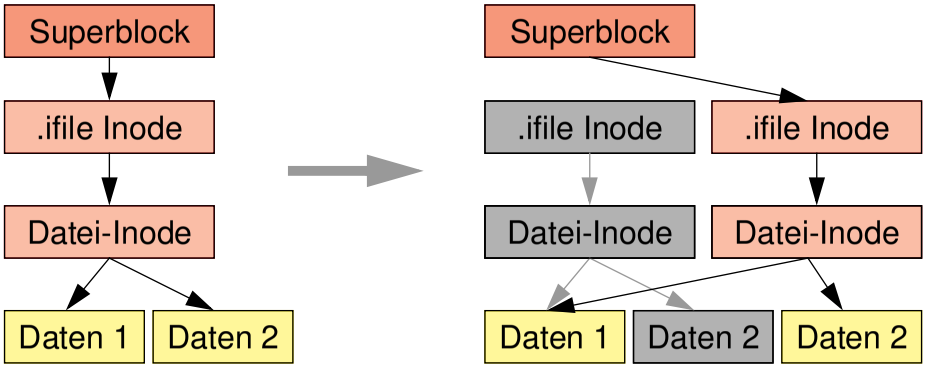


  - Beispiel LinLogFS: Superblock einziger nicht ersetzter Block

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Log-Structured-File-Systems

- Alle Änderungen im Dateisystem erfolgen auf Kopien
  - Der Inhalt veränderter Blöcke wird in einen neuen Block geschrieben



  - Beispiel LinLogFS: Superblock einziger statischer Block (Anker im System)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Log-Structured-File-Systems (2)

- ★ Vorteile
  - Datenkonsistenz bei Systemausfällen
    - ein atomare Änderung macht alle zusammengehörigen Änderungen sichtbar
  - Schnappschüsse / Checkpoints einfach realisierbar
  - Gute Schreibeffizienz
    - Alle zu schreibenden Blöcke werden kontinuierlich geschrieben
- ▲ Nachteile
  - Gesamtperformanz geringer
- Beispiele: LinLogFS, BSD LFS, AIX XFS

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Fehlerhafte Plattenblöcke

- Blöcke, die beim Lesen Fehlermeldungen erzeugen
  - z.B. Prüfsummenfehler
- Hardwarelösung
  - Platte und Plattencontroller bemerken selbst fehlerhafte Blöcke und maskieren diese aus
  - Zugriff auf den Block wird vom Controller automatisch auf einen „gesunden“ Block umgeleitet
- Softwarelösung
  - File-System bemerkt fehlerhafte Blöcke und markiert diese auch als belegt

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Datensicherung

- Schutz vor dem Totalausfall von Platten
  - z.B. durch Head-Crash oder andere Fehler

1 Sichern der Daten auf Tertiärspeicher

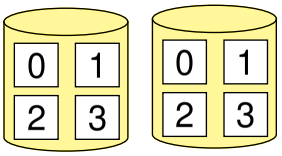
- ➤ Bänder
- ➤ WORM-Speicherplatten *(Write Once Read Many)*

- Sichern großer Datenbestände
  - Total-Backups benötigen lange Zeit
  - Inkrementelle Backups sichern nur Änderungen ab einem bestimmten Zeitpunkt
  - Mischen von Total-Backups mit inkrementellen Backups

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Einsatz mehrere redundanter Platten

- Gespiegelte Platten (*Mirroring*; RAID 1)
  - Daten werden auf zwei Platten gleichzeitig gespeichert

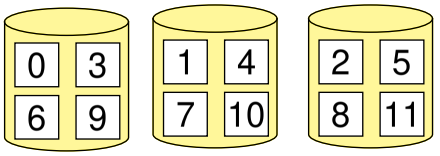


  - Implementierung durch Software (File-System, Plattentreiber) oder Hardware (spez. Controller)
  - eine Platte kann ausfallen
  - schnelleres Lesen (da zwei Platten unabhängig voneinander beauftragt werden können)
- Nachteil
  - doppelter Speicherbedarf
  - wenig langsameres Schreiben durch Warten auf zwei Plattentransfers

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Einsatz mehrere redundanter Platten (2)

- Gestreifte Platten (*Striping*; RAID 0)
  - Daten werden über mehrere Platten gespeichert

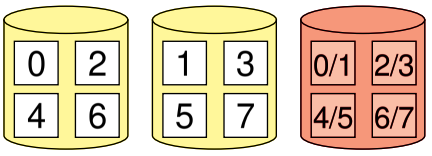


  - Datentransfers sind nun schneller, da mehrere Platten gleichzeitig angesprochen werden können
- Nachteil
  - keinerlei Datensicherung: Ausfall einer Platte lässt Gesamtsystem ausfallen
- Verknüpfung von RAID 0 und 1 möglich (RAID 0+1)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Einsatz mehrere redundanter Platten (3)

- Paritätsplatte (RAID 4)
  - Daten werden über mehrere Platten gespeichert, eine Platte enthält Parität



  - Paritätsblock enthält byteweise XOR-Verknüpfungen von den zugehörigen Blöcken aus den anderen Streifen
  - eine Platte kann ausfallen
  - schnelles Lesen
  - prinzipiell beliebige Plattenanzahl (ab drei)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

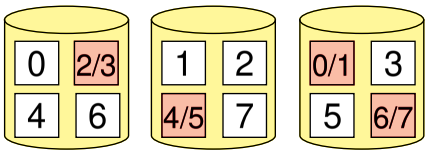
2 Einsatz mehrerer redundanter Platten (4)

- Nachteil von RAID 4
  - jeder Schreibvorgang erfordert auch das Schreiben des Paritätsblocks
  - Erzeugung des Paritätsblocks durch Speichern des vorherigen Blockinhalts möglich: $P_{neu} = P_{alt} \oplus B_{alt} \oplus B_{neu}$ (P=Parity, B=Block)
  - Schreiben eines kompletten Streifens benötigt nur einmaliges Schreiben des Paritätsblocks
  - Paritätsplatte ist hoch belastet
    (meist nur sinnvoll mit SSD [Solid state disk])

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Einsatz mehrere redundanter Platten (5)

- Verstreuter Paritätsblock (RAID 5)
  - Paritätsblock wird über alle Platten verstreut



  - zusätzliche Belastung durch Schreiben des Paritätsblocks wird auf alle Platten verteilt
  - heute gängigstes Verfahren redundanter Platten
  - Vor- und Nachteile wie RAID 4

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Resumee

Prozessverwaltung

- Aktive Einheit: Thread (Faden)
  - ➤ Scheduling = Strategische Entscheidung wer "dran kommen" soll (Einplanung)
  - ➤ Dispatching = Aktivierung eines Threads (Einlastung)
- Prozess-/Threadzustände:
  - ➤ kurzfristig: bereit / laufend / blockiert
  - ➤ mittelfristig: schwebend bereit / blockiert (durch swap-out)
    z.B. zur Vermeidung von Seitenflattern
- Scheduling-Strategien
  - ➤ kooperativ/präemptiv, deterministisch/probabilistisch, statisch/dynamisch
  - ➤ FCFS, SPN, Round Robin, MLQ, FB, MLFQ, Prioritäten
- Threads
  - ➤ Koroutinen, Kernel-level Threads, User-level Threads

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Koordinierung / Synchronisation

- einseitige / mehrseitige Synchronisation
  - ➤ einseitig: Unterbrechungs- und Verdrängungssteuerung
  - ➤ mehrseitig: v. a. gegenseitiger Ausschluss, aber auch nicht-blockierend
- Gegenseitiger Ausschluss (Mutual Exclusion - Mutex)
  - ➤ lock/unlock
    - – Basis: Lock-Variablen, atomares Testen und Setzen
  - ➤ Semaphor
    - – binär, zählend, komplexere Varianten (chunks, Vektoren, ...)
  - ➤ Monitor
    - – Unterstützung kritischer Abschnitte durch die Programmiersprache
    - – automatische Generierung der lock/unlock (oder P/V)-Operationen
    - – wait/signal-Protokoll
- nicht-blockierende Verfahren
  - ➤ nur für einfache Situationen, Spezialbefehle der CPU sind die Basis

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Verklemmungen

- Deadlock / Lifelock
- Voraussetzungen für Verklemmungen
  - ➤ exklusive Blegung von Betriebsmitteln, Nachfordern, kein Entzug + zirkuläres Warten
- Verklemmungsvorbeugung (deadlock prevention, Verkl.verhinderung)
  - ➤ Softwaresystem so entwerfen, dass die Voraussetzungen für Verklemmungen erst gar nicht vorliegen
- Verklemmungsvermeidung
  - ➤ bei der Anforderung von Betriebsmitteln zur Laufzeit antscheiden, ob es dadurch zu einer Verklemmung kommen kann
- Verklemmungserkennung und -auflösung

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Addressraum und Speicher

- Seitenadressierung
  - ➤ Aufteilung des AR in Seiten gleicher Größe
- Segmentierung
  - ➤ Aufteilung des AR in Segmente (unterschiedlicher Größe und meist auch mit unterschiedlicher Bedeutung für das Anwendungsprogramm)
  - ➤ Jedes Segment kann ggf. auch wieder in Seiten organisiert werden
- virtueller Adressraum: Adressraum nur teilweise tatsächlich im Hauptspeicher vorhanden
  - ➤ Einlagerung bei Bedarf von Hintergrundspeicher
- Speicherzuteilung
  - ➤ Zuteilungsverfahren: first-fit / next-fit, best-fit / worst-fit, buddy
- Seitenersetzungsstrategien
  - ➤ FIFO, LFU, LRU, Second Chance (clock) // Freiseitenpuffer, Seitenflattern

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

Dateisysteme

- Blockorganisation
  - ➤ verketten, FAT, Indexblöcke
- Plattenorganisation
  - ➤ Inodes / Datenblöcke bei UNIX
  - ➤ Master-File-Table / Extents bei NT
- Journal-File-Systems
- Log-Structured File Systems
- Datensicherung
- RAID-Systeme
  - ➤ RAID 0: Striping
  - ➤ RAID 1: Mirroring
  - ➤ RAID 4 / RAID 5: Parity-Platte / verstreute Parity-Blöcke

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.