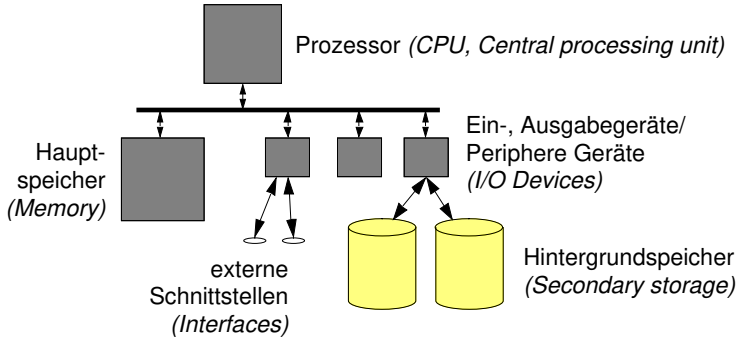
F Implementierung von Dateien

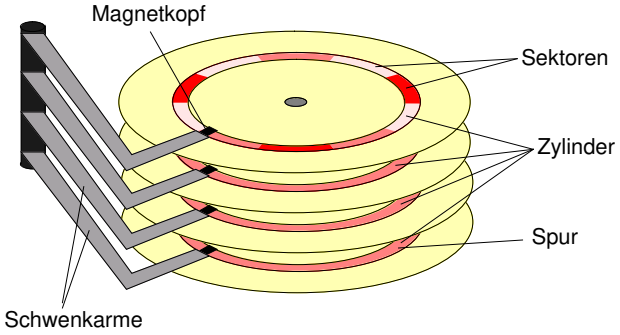
- Einordnung



© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

F.1 Festplatten

- Häufigstes Medium zum Speichern von Dateien
  - Floppy Disks sind in der Handhabung ähnlich
- Aufbau einer Festplatte



© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

F.1 Festplatten

- 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
- Blöcke sind üblicherweise numeriert
  - getrennte Numerierung: Zylindernummer, Sektornummer
  - kombinierte Numerierung: durchgehende Nummern über alle Sektoren (Reihenfolge: aufsteigend innerhalb eines Zylinders, dann folgender Zylinder, etc.)

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

F.2 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
  - Zugriff auf alle Blöcke mit minimaler Positionierzeit des Schwenkarms
  - Einsatz z.B. bei Systemen mit Echtzeitanforderungen
- Probleme
  - Finden des freien Platzes auf der Festplatte (Menge aufeinanderfolgender und freier Plattenblöcke)
  - Fragmentierungsproblem (Verschnitt: nicht nutzbare Plattenblöcke; siehe auch Speicherverwaltung)

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Kontinuierliche Speicherung (2)

▲ Weiteres Problem
- ◆ Größe bei neuen Dateien oft nicht im voraus bekannt
- ◆ Erweitern ist problematisch
  - Umkopieren, falls kein freier angrenzender Block mehr verfügbar

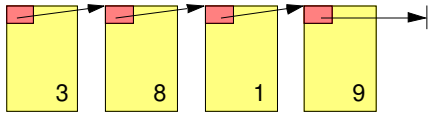
■ Variation
- ◆ Unterteilen einer Datei in Folgen von Blocks *(Chunks, Extents)*
- ◆ Blockfolgen werden kontinuierlich gespeichert

▲ Problem
- ◆ Verschnitt innerhalb einer Folge

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 Zylinder- und Sektornummer des nächsten Blocks
  - wenn Zylindernummer gleich Null: letzter Block
  - 254 Bytes Nutzdaten

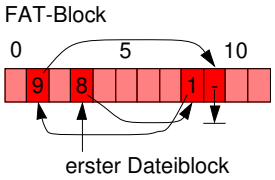
★ File kann wachsen und verlängert werden

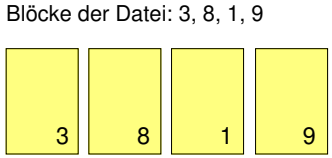
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Verkettete Speicherung (2)

▲ Probleme
- ◆ Speicher für Verzeigerung geht von den Nutzdaten im Block ab (ungünstig im Zusammenhang mit Paging: Seite besteht immer aus Teilen von zwei Plattenblöcken)
- ◆ Fehleranfälligkeit: Datei ist nicht restaurierbar, falls einmal Verzeigerung fehlerhaft

■ Verkettung wird in speziellen Plattenblocks gespeichert
- ◆ FAT-Ansatz *(FAT: File allocation table)*, z.B. MS-DOS, Windows 95





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

2 Verkette Speicherung (3)

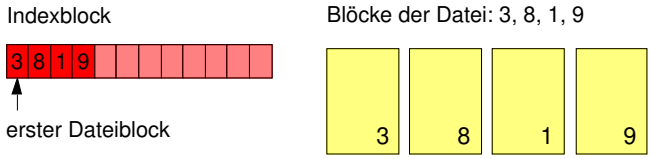
★ Vorteile
- ◆ kompletter Inhalt des Datenblocks ist nutzbar (günstig bei Paging)
- ◆ mehrfache Speicherung der FAT möglich: Einschränkung der Fehleranfälligkeit

▲ 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
- ◆ aufwendige Suche nach dem zugehörigen Datenblock bei bekannter Position in der Datei

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

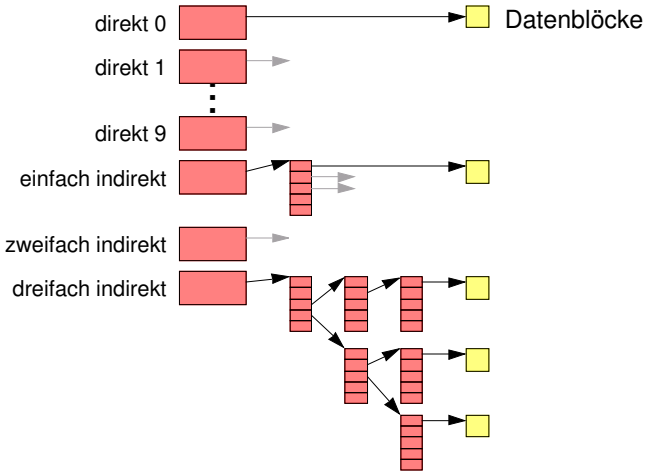


- ▲ Problem
  - ◆ feste Anzahl von Blöcken
    - Verschnitt bei kleinen Dateien
    - Erweiterung nötig bei großen Dateien

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
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



© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Indizierte Speicherung

- ★ 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)

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

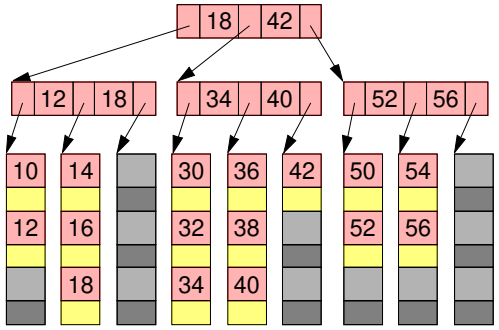
4 Baumsequentielle Speicherung

- Satzorientierte Dateien
  - ◆ Schlüssel + Datensatz
  - ◆ effizientes Auffinden des Datensatz mit einem bekannten Schlüssel
  - ◆ Schlüsselmenge spärlich besetzt
  - ◆ häufiges Einfügungen und Löschen von Datensätzen
- Einsatz von B-Bäumen zur Satzspeicherung
  - ◆ innerhalb von Datenbanksystemen
  - ◆ als Implementierung spezieller Dateitypen kommerzieller Betriebssysteme
    z.B. VSAM-Dateien in MVS *(Virtual storage access method)*
    z.B. NTFS Katalogimplementierung

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Baumsequentielle Speicherung (2)

- Beispiel eines B*-Baums: Schlüssel sind Integer-Zahlen



Indexblocks

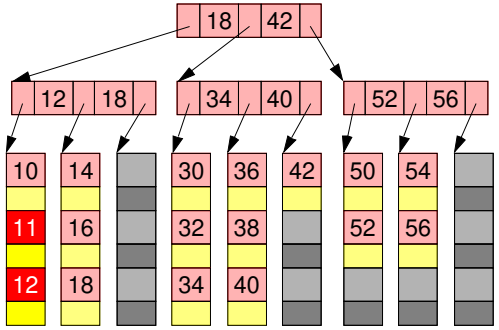
Datenblocks

- ◆ Blöcke enthalten Verweis auf nächste Ebene und den höchsten Schlüssel der nächsten Ebene
- ◆ Blocks der untersten Ebene enthalten Schlüssel und Sätze

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Baumsequentielle Speicherung (3)

- Einfügen des Satzes mit Schlüssel „11“



Indexblocks

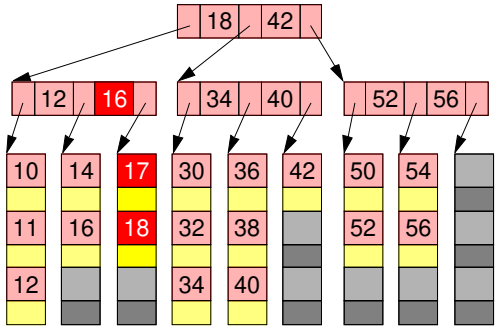
Datenblocks

- ◆ Satz mit Schlüssel „12“ wird verschoben
- ◆ Satz mit Schlüssel „11“ in freien Platz eingefügt

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Baumsequentielle Speicherung (4)

- Einfügen des Satzes mit Schlüssel „17“



Indexblocks

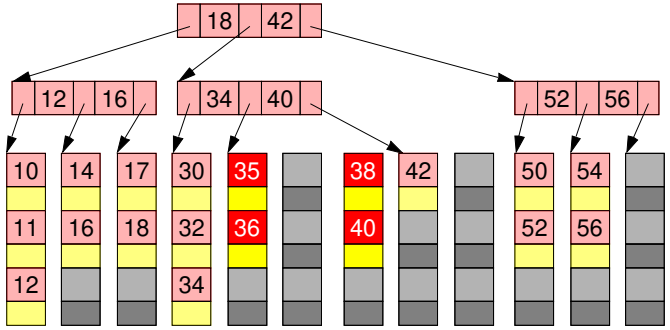
Datenblocks

- ◆ Satz mit Schlüssel „18“ wird verschoben (Indexblock wird angepaßt)
- ◆ Satz mit Schlüssel „17“ in freien Platz eingefügt

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Baumsequentielle Speicherung (5)

- Einfügen des Satzes mit Schlüssel „35“ (1. Schritt)

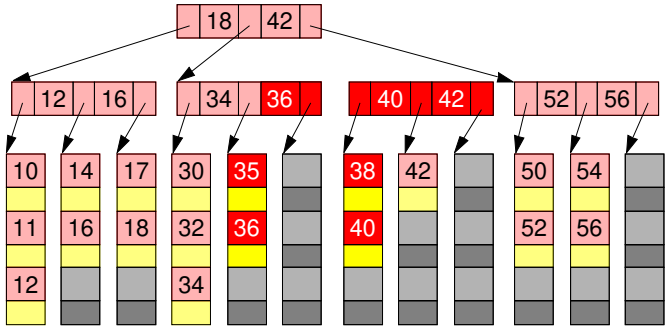


- ◆ Teilung des Blocks mit Satz „36“ und Einfügen des Satzes „35“
- ◆ Anfordern zweier weiterer, leerer Datenblöcke

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Baumsequentielle Speicherung (6)

- Einfügen des Satzes mit Schlüssel „35“ (2. Schritt)

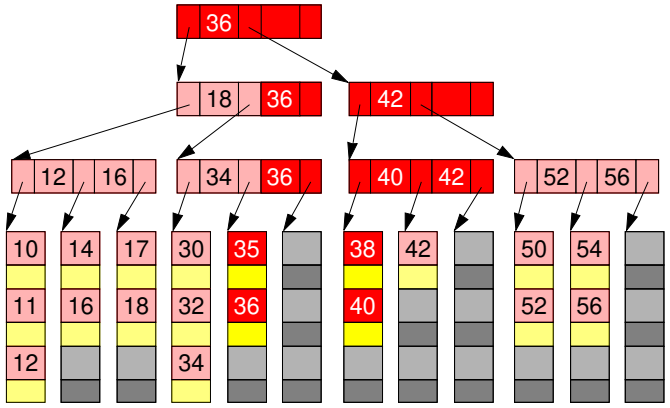


  - Teilung bzw. Erzeugung eines neuen Indexblocks und dessen Verzeigerung

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

4 Baumsequentielle Speicherung (7)

- Einfügen des Satzes mit Schlüssel „35“ (3. Schritt)



  - Spaltung des alten Wurzelknotens und Erzeugen eines neuer neuen Wurzel

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

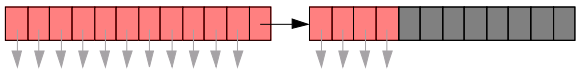
4 Baumsequentielle Speicherung (8)

- Effizientes Finden von Sätzen
  - Baum ist sehr niedrig im Vergleich zur Menge der Sätze
    - viele Schlüssel pro Indexblock vorhanden (je nach Schlüssellänge)
- Gutes Verhalten im Zusammenhang mit Paging
  - jeder Block entspricht einer Seite
  - Demand paging sorgt für das automatische Anhäufen der oberen Indexblocks im Hauptspeicher
    - schneller Zugriff auf die Indexstrukturen
- Erlaubt nebenläufige Operationen durch geeignetes Sperren von Indexblöcken
- Löschen erfolgt ähnlich wie Einfügen
  - Verschmelzen von schlecht belegten Datenblöcken nötig

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

F.3 Freispeicherverwaltung

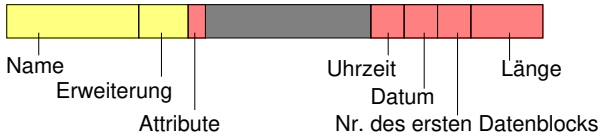
- prinzipiell ähnlich wie Verwaltung von freiem Hauptspeicher
  - Bitvektoren zeigen für jeden Block Belegung an
  - verkettete Listen repräsentieren freie Blöcke
    - Verkettung kann in den freien Blöcken vorgenommen werden
    - Optimierung: aufeinanderfolgende Blöcke werden nicht einzeln aufgenommen, 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.

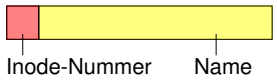
F.4 Implementierung von Katalogen

- Liste gleichgroßer Elemente
  - Einträge werden hintereinander in eine Liste gespeichert
    z.B. *FAT File systems*



    - für *Protected mode FAT* werden mehrere Einträge zusammen verwendet, um den langen Namen aufzunehmen

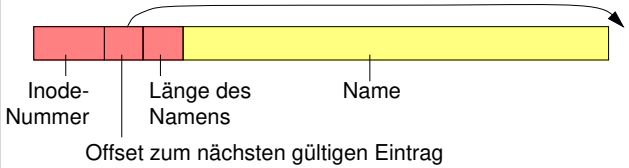
  - z.B. UNIX System V.3



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

F.4 Implementierung von Katalogen

- Hashfunktion
  - Funktion bildet Dateinamen auf einen Index in der Liste ab
    (Hashing: spärlich besetzter Schlüsselraum wird auf einen anderen, meist dichter besetzten Schlüsselraum abgebildet)
  - schnellerer Zugriff auf den Eintrag möglich (kein lineares Suchen)
  - Probleme: Kollisionen, Anpassung der Listengröße
- Liste variabel langer Elemente
  - z.B. BSD 4.2, System V.4, u.a.

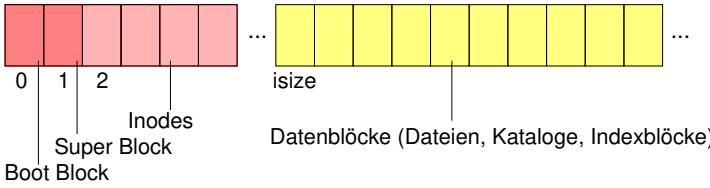


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

F.5 Beispiel: UNIX File Systems

1 System V File System

- Blockorganisation

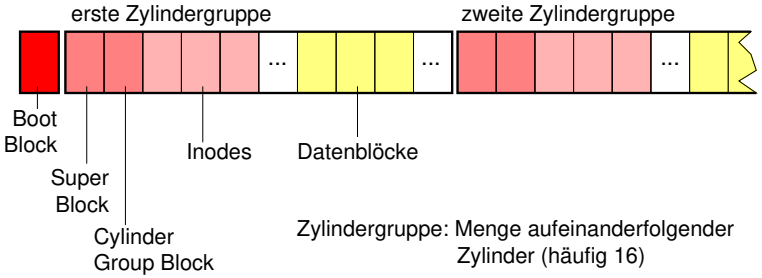


  - Boot Block enthält Informationen zum Laden eines initialen Programms
  - Super Block enthält Verwaltungsinformation für ein Dateisystem
    - Anzahl der Blöcke, Anzahl der Inodes
    - Anzahl und Liste freier Blöcke
    - Anzahl und Liste freier Inodes
    - Attribute (z.B. *Modified flag*)

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 und 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 Block Buffer Cache

- Pufferspeicher für alle benötigten Plattenblocks
  - Verwaltung mit Algorithmen ähnlich wie bei Paging
  - *Read ahead:* beim sequentiellen Lesen wird auch der Transfer des Folgeblocks angestoßen
  - *Lazy write:* Block wird nicht sofort auf Platte geschrieben (erlaubt Optimierung der Schreibzugriffe und blockiert den Schreiber nicht)
  - Verwaltung freier Blöcke in einer Freiliste
    - Kandidaten für Freiliste werden nach LRU Verfahren bestimmt
    - bereits freie aber noch nicht anderweitig benutzte Blöcke können reaktiviert werden *(Reclaim)*

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

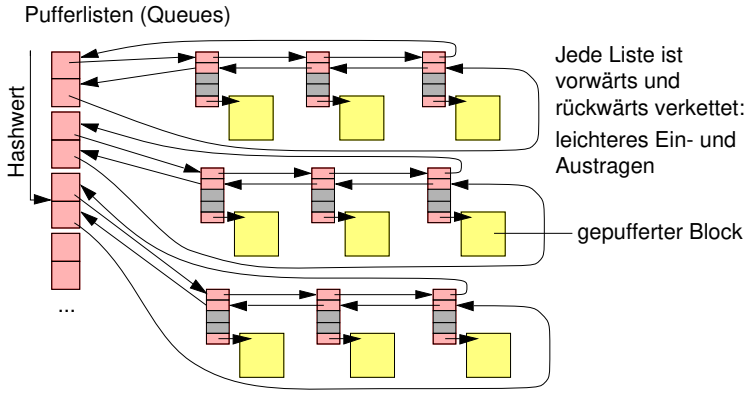
3 Block Buffer Cache (2)

- Schreiben erfolgt, wenn
  - Datei geschlossen wird,
  - keine freien Puffer mehr vorhanden sind,
  - regelmäßig vom System (*fsflush* Prozeß, *update* Prozeß),
  - beim Systemaufruf *sync(),*
  - und nach jedem Schreibaufruf im Modus *O_SYNC.*
- Adressierung
  - Adressierung eines Blocks erfolgt über ein Tupel: (Gerätenummer, Blocknummer)
  - Über die Adresse wird ein Hashwert gebildet, der eine der möglichen Pufferliste auswählt

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Block Buffer Cache (3)

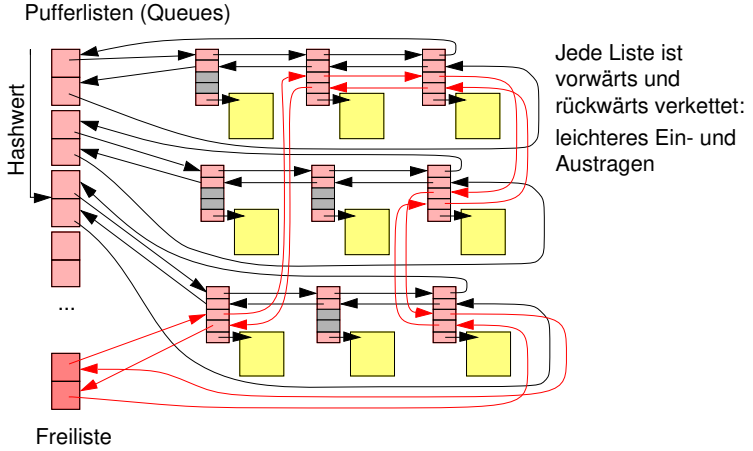
- Aufbau des Block buffer cache



© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Block Buffer Cache (4)

- Aufbau des Block buffer cache



© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Systemaufrufe

- Bestimmen der Kachelgröße

```
int getpagesize( void );
```

- Abbildung von Dateien in den virtuellen Adreßraum
  - ◆ Einblenden einer Datei

```
caddr_t mmap( caddr_t addr, size_t len, int prot, int flags,
              int fd, off_t off );
```

    - Einblenden an bestimmte oder beliebige Adresse
    - lesbar, schreibbar, ausführbar

  - ◆ Ausblenden einer Datei

```
int munmap( caddr_t addr, size_t len );
```


© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Systemaufrufe (2)

- ◆ Kontrolloperation

```
int mctl( caddr_t addr, size_t len, int func, void *arg );
```

  - zum Ausnehmen von Seiten aus dem Paging (Fixieren im Hauptspeicher)
  - zum Synchronisieren mit der Datei

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

F.6 Beispiel: Windows NT (NTFS)

- File System für Windows NT
- Datei
  - ◆ einfache, unstrukturierte Folge von Bytes
  - ◆ beliebiger Inhalt; für das Betriebssystem ist der Inhalt transparent
  - ◆ dynamisch erweiterbar
  - ◆ Rechte verknüpft mit NT Benutzern und Gruppen
    - *no access:* kein Zugriff
    - *list:* Anzeige von Dateien in Katalogen
    - *read:* Inhalt von Dateien lesen und *list*
    - *add:* Hinzufügen von Dateien zu einem Katalog und *list*
    - *read&add:* wie *read* und *add*
    - *change:* Ändern von Dateiinhalten, Löschen von Dateien und *read&add*
    - *full:* Ändern von Eigentümer und Zugriffsrechten und *change*

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

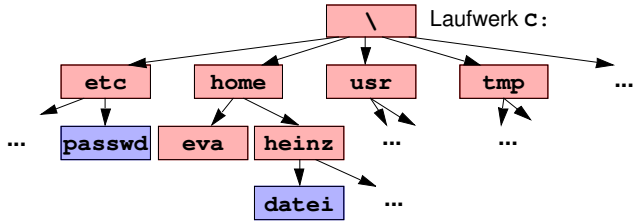
F.6 Beispiel: NTFS (2)

- ◆ Datei kann automatisch komprimiert abgespeichert werden
- ◆ große Dateien bis zu 8.589.934.592 Gigabytes lang
- ◆ Hard links: mehrere Einträge derselben Datei in verschiedenen Katalogen möglich
- Katalog
  - ◆ baumförmig strukturiert
    - Knoten des Baums sind Kataloge
    - Blätter des Baums sind Dateien
  - ◆ Rechte wie bei Dateien
  - ◆ alle Dateien des Katalogs automatisch komprimierbar
- Partitionen heißen Volumes
  - ◆ Volume wird durch einen Laufwerksbuchstaben dargestellt z.B. `C:`

© Franz J. Hauck, Universität Erlangen-Nürnberg, IMMD IV, 1998
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Pfadnamen

- Baumstruktur



- Pfade
  - wie unter FAT File system
  - z.B. „`C:\home\heinz\datei`“, „`\tmp`“, „`C:..\heinz\datei`“

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

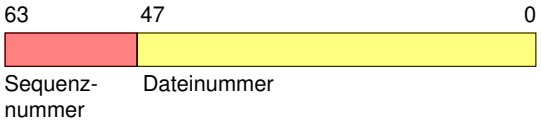
1 Pfadnamen (2)

- Namenskonvention
  - 255 Zeichen inklusive Sonderzeichen (z.B. „`Eigene Programme`“)
  - automatischer Kompatibilitätsmodus: 8 Zeichen Name, 3 Zeichen Erweiterung, falls „langer Name“ unter MS-DOS ungültig (z.B. `AUTOEXEC.BAT`)
- Kataloge
  - Jeder Katalog enthält einen Verweis auf sich selbst („`.`“) und einen Verweis auf den darüberliegenden Katalog im Baum („`..`“) (Ausnahme Wurzelkatalog)
  - Hard links aber keine symbolischen Namen direkt im NTFS

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

2 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 Datei
  - adressiert durch eine *File reference*



  - 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 Dateiverwaltung (2)

- Ströme
  - jede Datei kann mehrere Datenströme speichern
  - ein Datenstrom wird für die eigentlichen Daten verwendet
  - Dateiname, MS-DOS Dateiname, Zugriffsrechte, Attribute und Zeitstempel werden jeweils in eigenen Datenströmen gespeichert (leichte Erweiterbarkeit des Systems)
- Master file table
  - große Tabelle mit gleich langen Elementen (1KB, 2KB oder 4KB groß, je nach Clustergröße)
  - Index in die Tabelle ist Teil der *File reference*
  - entsprechender Eintrag f ür eine*File reference* enthält Informationen über bzw. die Ströme der Datei

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