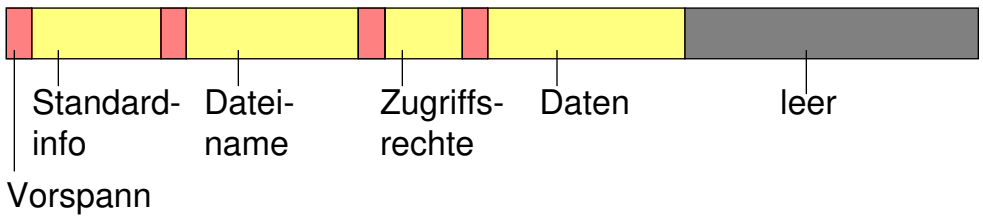
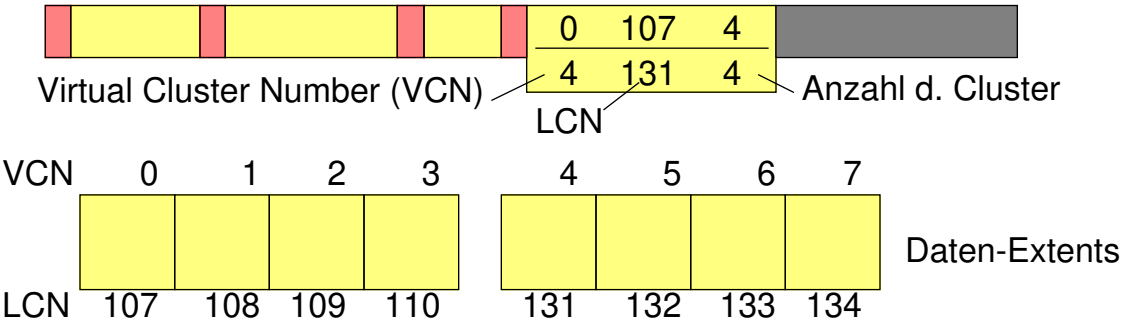
3 Master File Table

- Eintrag für eine kurze Datei



- Eintrag für eine längere Datei



  - ◆ Extents werden außerhalb der MFT gespeichert

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

3 Master File Table (2)

- Mögliche Ströme *(Attributes)*
  - ◆ Standard Information (immer in der MFT)
    - enthält Länge, MS-DOS Attribute, Zeitstempel, Anzahl der Hard links
  - ◆ Dateiname (immer in der MFT)
    - kann mehrfach vorkommen (Hard links, MS-DOS Name)
  - ◆ Zugriffsrechte
    - *Security descriptor*
  - ◆ Daten
    - die eigentlichen Daten
  - ◆ Index
    - Index über einen Attributschlüssel (z.B. Dateinamen) implementiert Katalog
  - ◆ Indexbelegungstabelle

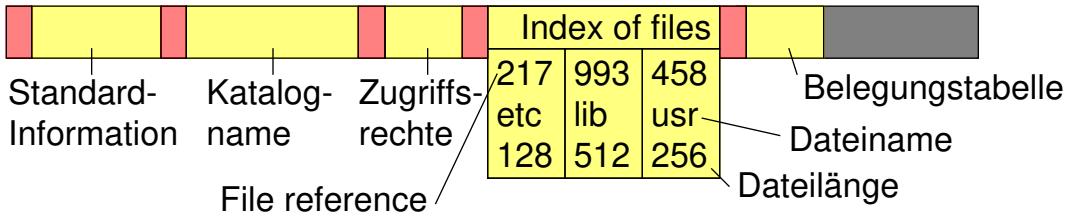
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Master File Table (3)

◆ Attributliste (immer in der MFT)

- wird benötigt, falls nicht alle Ströme in einen MFT Eintrag passen
- referenzieren weitere MFT Einträge und deren Inhalt

■ Eintrag für einen kurzen Katalog



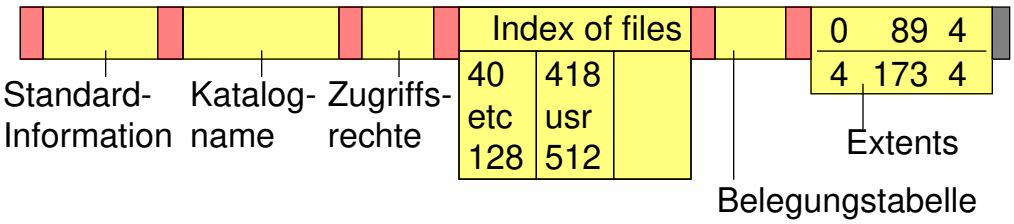
◆ Dateien des Katalogs werden mit File references benannt

◆ Name und Länge der im Katalog enthaltenen Dateien und Kataloge werden auch im Index gespeichert
(doppelter Aufwand beim Update; schnellerer Zugriff beim Kataloglisten)

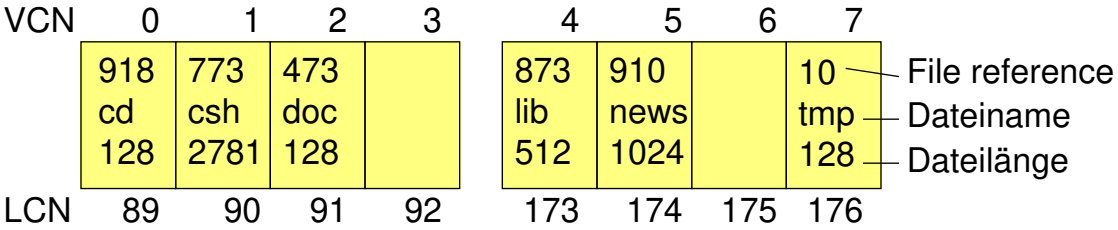
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Master File Table (4)

■ Eintrag für einen längeren Katalog



Daten-Extents



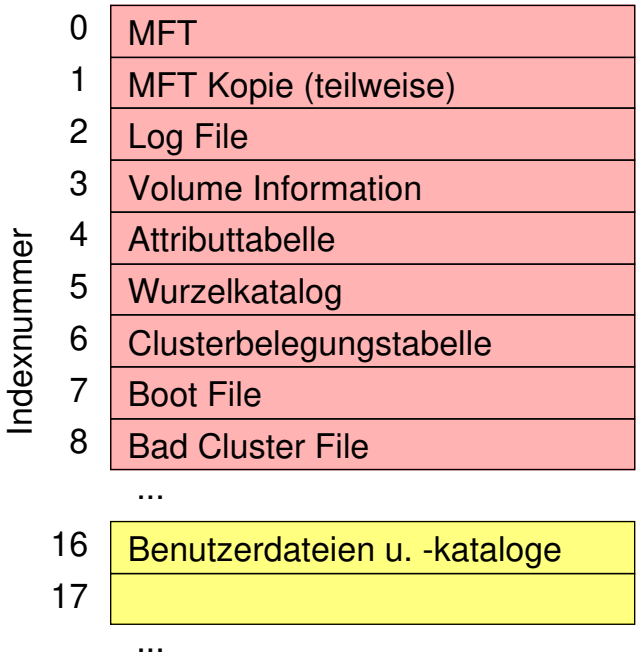
◆ Speicherung als B^+-Baum (sortiert, schneller Zugriff)

◆ in einen Cluster passen zwischen 3 und 15 Dateien (im Bild nur eine)

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

4 Metadaten

- Alle Metadaten werden in Dateien gehalten



Feste Dateien in der MFT

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

4 Metadaten (2)

- Bedeutung der Metadateien
  - MFT und MFT Kopie: MFT wird selbst als Datei gehalten
    (d.h. Cluster der MFT stehen im Eintrag 0)
    MFT Kopie enthält die ersten 16 Einträge der MFT (Fehlertoleranz)
  - Log File: enthält protokollierte Änderungen am Dateisystem
  - Volume Information: Name, Größe und ähnliche Attribute des Volumes
  - Attributtabelle: definiert mögliche Ströme in den Einträgen
  - Wurzelkatalog
  - Clusterbelegungstabelle: Bitmap für jeden Cluster des Volumes
  - Boot File: enthält initiales Programm zum Laden, sowie ersten Cluster der MFT
  - Bad Cluster File: enthält alle nicht lesbaren Cluster der Platte
    NTFS markiert automatisch alle schlechten Cluster und versucht die Daten in einen anderen Cluster zu retten

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

5 Fehlererholung

- Mögliche Fehler
  - Stromausfall (dummer Benutzer schaltet Rechner aus)
  - Systemabsturz
- Auswirkungen auf das Dateisystem
  - inkonsistente Metadaten
    z.B. Katalogeintrag fehlt zur Datei oder umgekehrt; Block ist benutzt aber nicht als belegt markiert
    - Programme wie **`chkdsk`** oder **`fsck`** können inkonsistente Metadaten reparieren
    - Datenverluste möglich
  - unvollständige Daten in Dateien

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

5 Fehlererholung (2)

- ★ Log structured file system
  - Protokollieren aller Änderungen am Dateisystem in einer Protokolldatei *(Log file)*
  - Änderungen treten als Teil von Transaktionen auf
    - Erzeugen, löschen, erweitern, verkürzen von Dateien
    - Dateiattribute verändern
    - Datei umbenennen
  - Schreiben der Logdatei bevor die Änderungen auf Platte geschrieben werden (wurde etwas auf Platte geändert steht auch das Protokoll auf Platte)
  - Beim Bootvorgang wird überprüft, ob die protokollierten Änderungen vorhanden sind:
    - Transaktion kann evtl. wiederholt bzw. abgeschlossen werden *(Redo)*
    - angefangene aber nicht beendete Transaktionen werden rückgängig gemacht *(Undo)*

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

5 Fehlererholung (3)

- Beispiel: Löschen einer Datei
  - Vorgänge der Transaktion
    - Beginn der Transaktion
    - Freigeben der Extents durch Löschen der entsprechenden Bits in der Belegungstabelle (gesetzte Bits kennzeichnen belegten Cluster)
    - Freigeben des MFT Eintrags der Datei
    - Löschen des Katalogeintrags der Datei (evtl. Freigeben eines Extents aus dem Index)
    - Ende der Transaktion
  - Alle Vorgänge werden unter der File reference im Log file protokolliert, danach jeweils durchgeführt.
    - Protokolleinträge enthalten Informationen zum *Redo* und zum *Undo*

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

5 Fehlererholung (4)

- Log vollständig (Ende der Transaktion wurde protokolliert und steht auf Platte):
  - *Redo* der Transaktion: alle Operationen werden wiederholt, falls nötig
- Log unvollständig (Ende der Transaktion steht nicht auf Platte):
  - *Undo* der Transaktion: rückwärts werden alle Operation rückgängig gemacht
- Checkpoints
  - Log file ist nicht unendlich groß
  - gelegentlich wird für einen konsistenten Zustand auf Platte gesorgt *(Checkpoint)* und dieser Zustand protokolliert (alle Protokolleinträge von vorher können gelöscht werden)
  - Ähnlich verfährt NTFS, wenn Ende des Log files erreicht wird

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

5 Fehlererholung (5)

★ Ergebnis

- ◆ eine Transaktion ist entweder vollständig durchgeführt oder gar nicht
- ◆ Benutzer kann ebenfalls Transaktionen über mehrere Dateizugriffe definieren (?)
- ◆ keine inkonsistente Metadaten möglich
- ◆ Hochfahren eines abgestürzten Systems benötigt nur den relativ kurzen Durchgang durch das Log file
  - Alternative **`chkdsk`** benötigt viel Zeit bei großen Platten

▲ 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.

F.7 Limitierung der Plattennutzung

■ Mehrbenutzersysteme

- ◆ einzelnen Benutzern sollen verschieden große Kontingente zur Verfügung stehen
- ◆ gegenseitige Beeinflussung soll vermieden werden (*Disk full* Fehlermeldung)

■ Quota Systeme (Quantensysteme)

- ◆ Tabelle enthält maximale und augenblickliche Anzahl von Blöcken für die Dateien und Kataloge eines Benutzers
- ◆ Tabelle steht auf Platte und wird vom File system fortgeschrieben
- ◆ Benutzer erhält Disk full Meldung, wenn sein Quota verbraucht ist
- ◆ üblicherweise gibt es eine weiche und eine harte Grenze (weiche Grenze kann für eine bestimmte Zeit überschritten werden)

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

F.8 Fehlerhafte Plattenblöcke

- Blöcke, die beim Lesen Fehlermeldungen erzeugen
  - z.B. Checksummenfehler
- 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.

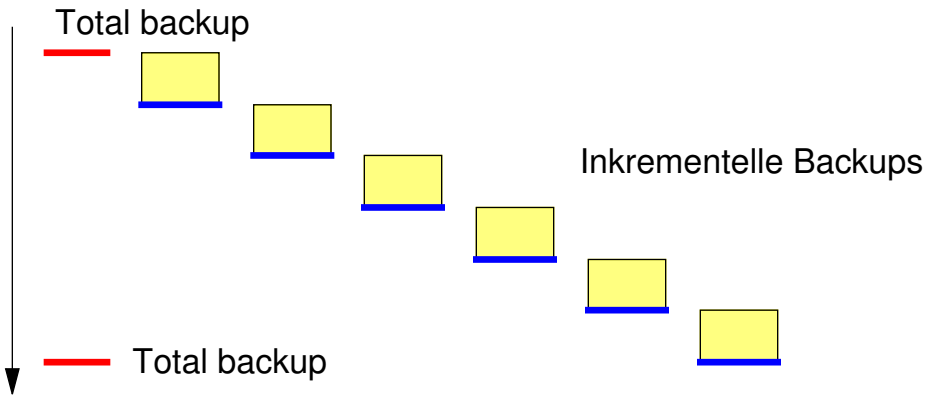
F.9 Datensicherung

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

1 Beispiele für Backup Scheduling

- Gestaffelte inkrementelle Backups

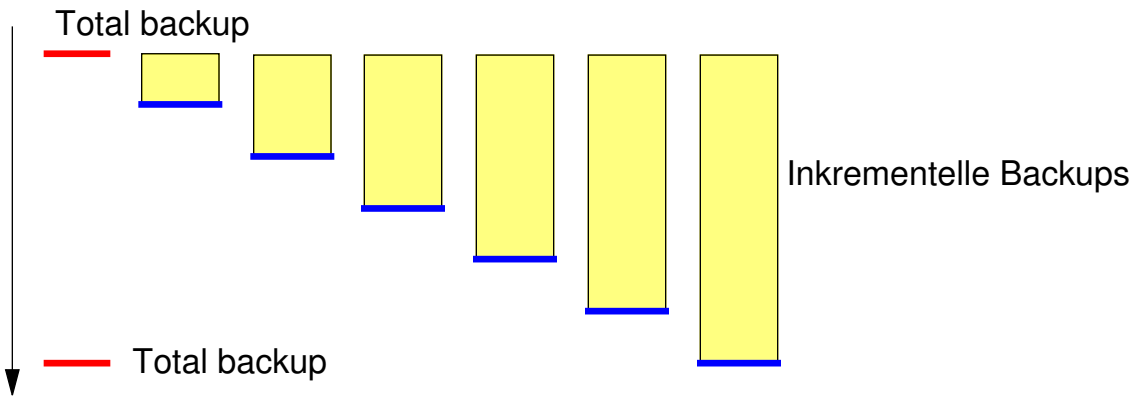


  - z.B. alle Woche ein Total backup und jeden Tag ein inkrementelles Backup zum Vortag: maximal 7 Backups müssen eingespielt werden

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

1 Beispiele für Backup Scheduling (2)

- Gestaffelte inkrementelle Backups zum letzten Total backup



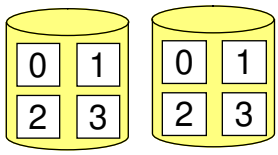
  - z.B. alle Woche ein Total backup und jeden Tag ein inkrementelles Backup zum letzten Total backup: maximal 2 Backups müssen eingespielt werden

- Hierarchie von Backupläufen
  - mehrstufige inkrementelle Backups zum Backup der nächst höheren Stufe
  - optimiert Archivmaterial und Restaurierungszeit

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 0)
  - Daten werden auf zwei Platten gleichzeitig gespeichert



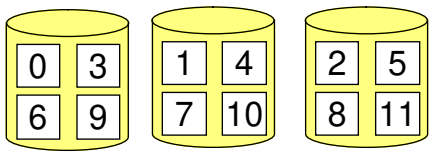
  - Implementierung durch Software (File system, Plattentreiber) oder Hardware (spez. Controller)
  - eine Platte kann ausfallen
  - schnelleres Lesen (da zwei Platten unabhängig voneinander beauftragt werden können)

- ▲ 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 1)
  - Daten werden über mehrere Platten gespeichert



  - Datentransfers sind nun schneller, da mehrere Platten gleichzeitig angesprochen werden können

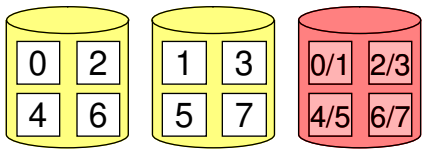
- ▲ Nachteil
  - keinerlei Datensicherung: Ausfall einer Platte läßt Gesamtsystem ausfallen

- 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.