

Journaling-File-Systems (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:
in umgekehrter Reihenfolge werden alle Operation rückgängig gemacht
- Checkpoints
 - Log-File kann nicht beliebig groß werden
 - 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.



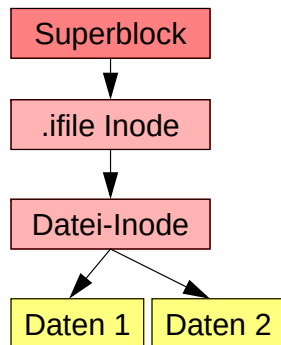
Journaling-File-Systems (5)

- ★ Ergebnis
 - eine Transaktion ist entweder vollständig durchgeführt oder gar nicht
 - Benutzer kann ebenfalls Transaktionen über mehrere Dateizugriffe definieren, wenn diese ebenfalls im Log erfasst werden
 - keine inkonsistenten 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
 - ineffizienter, da zusätzliches Log-File geschrieben wird
- Beispiele: NTFS, EXT3, EXT4, ReiserFS



Copy-on-Write- / Log-Structured-File-Systems

- Alternatives Konzept zur Realisierung von atomaren Änderungen
- Alle Änderungen im Dateisystem erfolgen auf Kopien
 - Der Inhalt veränderter Blöcke wird in einen neuen Block geschrieben

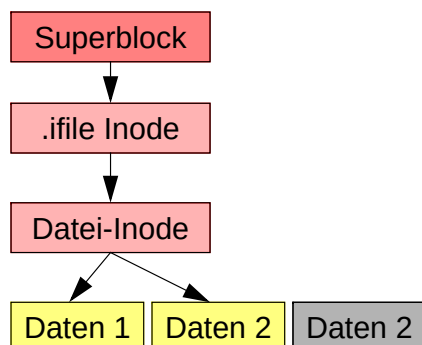


- Beispiel LinLogFS: Superblock einziger nicht ersetzter Block



Copy-on-Write- / Log-Structured-File-Systems

- Alternatives Konzept zur Realisierung von atomaren Änderungen
- Alle Änderungen im Dateisystem erfolgen auf Kopien
 - Der Inhalt veränderter Blöcke wird in einen neuen Block geschrieben

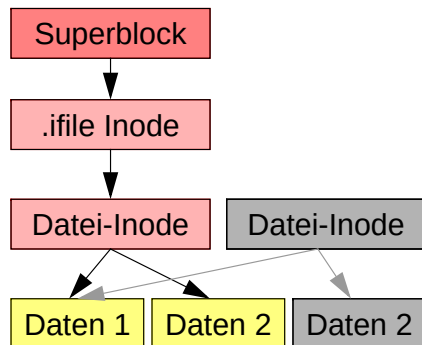


- Beispiel LinLogFS: Superblock einziger nicht ersetzter Block



Copy-on-Write- / Log-Structured-File-Systems

- Alternatives Konzept zur Realisierung von atomaren Änderungen
- Alle Änderungen im Dateisystem erfolgen auf Kopien
 - Der Inhalt veränderter Blöcke wird in einen neuen Block geschrieben

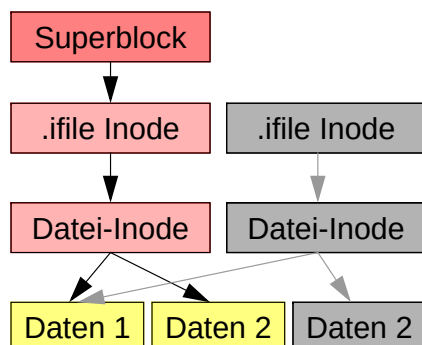


- Beispiel LinLogFS: Superblock einziger nicht ersetzter Block



Copy-on-Write- / Log-Structured-File-Systems

- Alternatives Konzept zur Realisierung von atomaren Änderungen
- Alle Änderungen im Dateisystem erfolgen auf Kopien
 - Der Inhalt veränderter Blöcke wird in einen neuen Block geschrieben

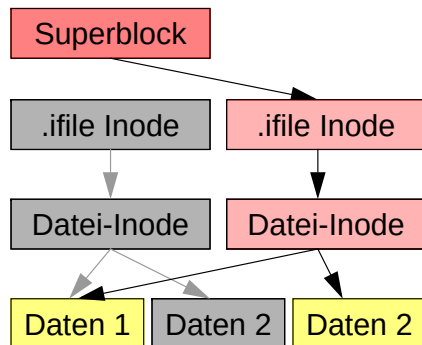


- Beispiel LinLogFS: Superblock einziger nicht ersetzter Block



Copy-on-Write- / Log-Structured-File-Systems

- Alternatives Konzept zur Realisierung von atomaren Änderungen
- Alle Änderungen im Dateisystem erfolgen auf Kopien
 - Der Inhalt veränderter Blöcke wird in einen neuen Block geschrieben

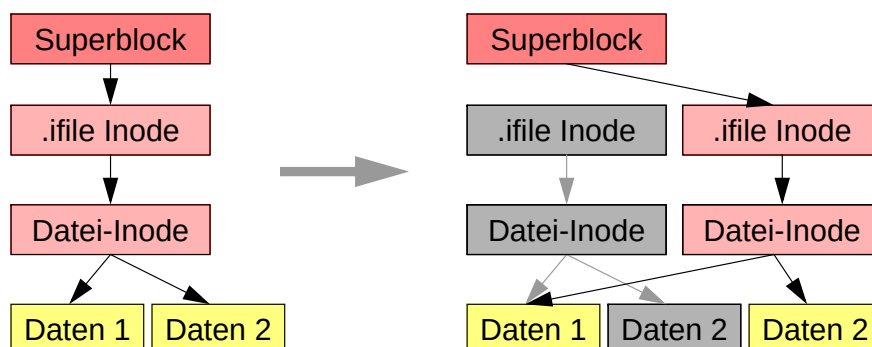


- Beispiel LinLogFS: Superblock einziger nicht ersetzter Block



Copy-on-Write- / Log-Structured-File-Systems

- Alternatives Konzept zur Realisierung von atomaren Änderungen
- 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)



Copy-on-Write- / Log-Structured-File-Systems (2)

★ Vorteile

- Gute Schreibeffizienz - vor allem bei Log-Structured-File-Systems
- Datenkonsistenz bei Systemausfällen
 - eine atomare Änderung macht alle zusammengehörigen Änderungen sichtbar
- Schnappschüsse / Checkpoints einfach realisierbar

▲ Nachteile

- Erzeugt starke Fragmentierung, die sich beim Lesen auswirken kann
 - ➔ Performanz nur akzeptabel, wenn Lesen primär aus Cache erfolgen kann oder Positionierzeiten keine Rolle spielen (SSD)

■ Unterschied zwischen Copy-on-Write- und Log-Structured-File-Systems

- Log-Structured-File-Systems schreiben kontinuierlich an das Ende des belegten Plattenbereichs und geben vorne die Blöcke wieder frei (kontinuierlicher Log)
- Beispiele: Log-Structured: LinLogFS, BSD LFS
 Copy-on-Write: ZFS, Btrfs (Oracle)



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



Datensicherung

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

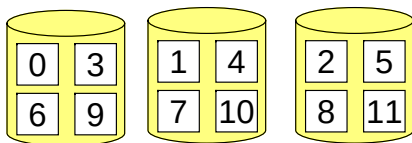
Sichern der Daten auf Tertiärspeicher

- ▶ Bänder, Bandroboter mit vorgelagertem Platten-Cache
- ▶ 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



Einsatz mehrerer (redundanter) Platten

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



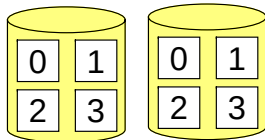
- Datentransfers sind nun schneller, da mehrere Platten gleichzeitig angesprochen werden können
- ▲ Nachteil
 - keinerlei Datensicherung: Ausfall einer Platte lässt Gesamtsystem ausfallen



Einsatz mehrerer redundanter Platten (2)

■ 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

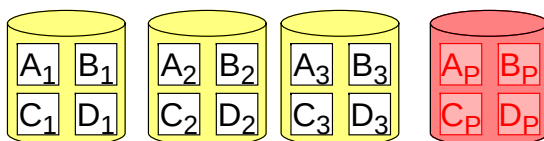
- doppelter Speicherbedarf
- wenig langsames Schreiben durch Warten auf zwei Plattentransfers
- Verknüpfung von RAID 0 und 1 möglich (RAID 0+1)



Einsatz mehrerer 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)



Einsatz mehrerer redundanter Platten (4)

▲ Nachteil von RAID 4

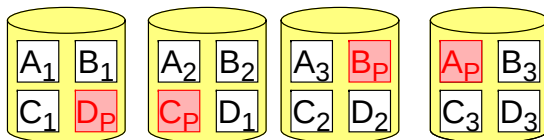
- jeder Schreibvorgang erfordert auch das Schreiben des Paritätsblocks
- Erzeugung des Paritätsblocks durch Speichern des vorherigen Blockinhalts möglich: $P_{\text{neu}} = P_{\text{alt}} \oplus B_{\text{alt}} \oplus B_{\text{neu}}$ (P=Parity, B=Block)
- Schreiben eines kompletten Streifens benötigt nur einmaliges Schreiben des Paritätsblocks
- Paritätsplatte ist hoch belastet



Einsatz mehrerer 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

■ Doppelte Paritätsblöcke (RAID 6)

- ähnlich zu RAID 5, aber zwei Paritätsblöcke (verkräftet damit den Ausfall von bis zu zwei Festplatten)
- wichtig bei sehr großen, intensiv genutzten RAID-Systemen, wenn die Wiederherstellung der Paritätsinformation nach einem Plattenausfall lange dauern kann

