Grundlagen der Informatik für Ingenieure I

Background:

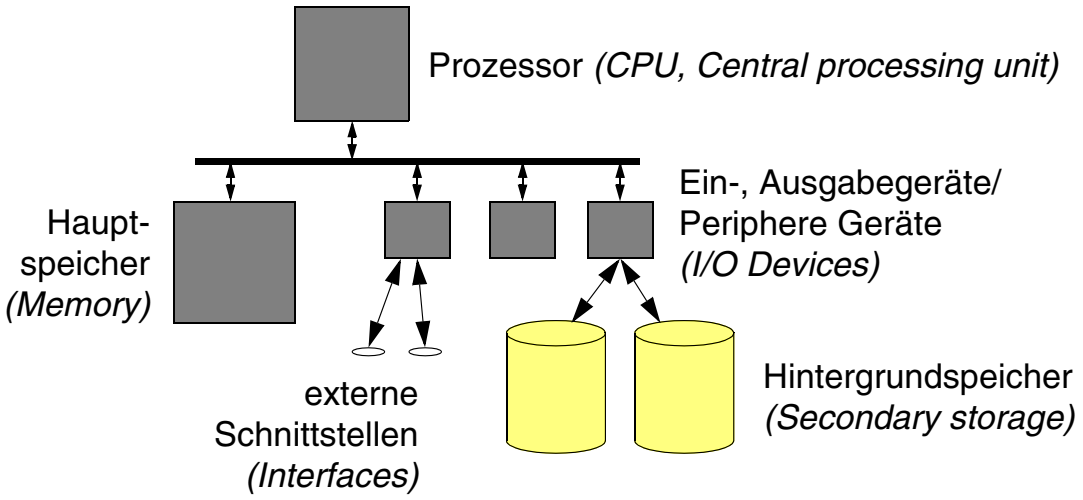
4. Dateisystem/Betriebssystemschnittstelle

Background:

4. Dateisystem/Betriebssystemschnittstelle

4.1 Dateisysteme - Überblick

- Einordnung:



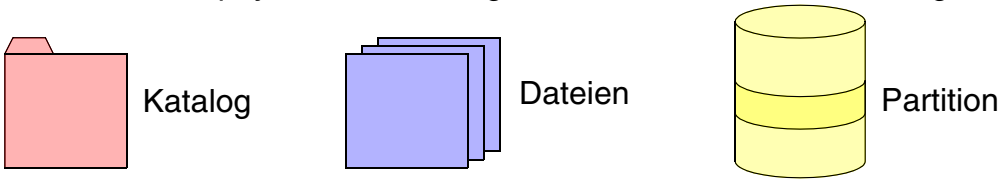
4.1 Dateisysteme - Überblick

- Dateisysteme speichern Daten und Programme in Dateien
  - Betriebssystemabstraktion zur Nutzung von Hintergrundspeichern (z.B. Platten, CD-ROM, Floppy Disk, Bandlaufwerke)
    - Benutzer muss sich nicht um die Ansteuerungen verschiedener Speichermedien kümmern
    - einheitliche Sicht auf den Sekundärspeicher

- Dateisysteme bestehen aus
  - Dateien *(Files)*
  - Katalogen / Verzeichnissen *(Directories)*
  - Partitionen *(Partitions)*

4.1 Dateisysteme - Überblick

- Datei
  - speichert Daten oder Programme
- Katalog
  - enthält Namen der Dateien
  - enthält Zusatzinformationen zu Dateien
- Partitionen (logische Plattensysteme)
  - eine Menge von Katalogen und deren Dateien
  - Sie dienen zum physischen oder logischen Trennen von Dateimengen.



4.2 Dateien

- Kleinste Einheit, in der etwas auf den Hintergrundspeicher geschrieben werden kann.

1 Dateiattribute

- *Name* — Symbolischer Name, vom Benutzer les- und interpretierbar
  - z.B. `GiroKonto.java; GiroKonto.class; GiroKonto.html`
- *Typ* — Für Dateisysteme, die verschiedene Dateitypen unterscheiden
  - z.B. sequentielle Datei, satzorientierte Datei
- *Ortsinformation* — Wo werden die Daten physisch gespeichert?
  - Gerätenummer, Nummern der Plattenblocks

1 Dateiattribute

- *Größe* — Länge der Datei in Größeneinheiten (z.B. Bytes, Blocks, Sätze)
  - steht in engem Zusammenhang mit der Ortsinformation
  - wird zum Prüfen der Dateigrenzen z.B. beim Lesen benötigt
- *Zeitstempel* — Zeit und Datum der Erstellung, letzten Modifikation etc.
  - unterstützt Backup, automatische Dateierzeugung, Benutzerüberwachung etc.
- *Rechte* — Zugriffsrechte bestimmen, wer lesen, schreiben etc. kann
  - z.B. nur für den Eigentümer schreibbar für alle anderen nur lesbar
- *Eigentümer* — Identifikation des Eigentümers
  - Eventuell eng mit den Rechten verknüpft
  - Zuordnung beim Accounting (Abrechnung des Plattenplatzes)

2 Operationen auf Dateien

- **Öffnen** *(Open):*
  - Dem Betriebssystem wird bekannt gegeben, dass E/A-Operationen auf eine bestimmte Datei ausgeführt werden sollen.
  - Daraufhin werden sämtliche, für die Verwaltung und Kontrolle von E/A-Operationen notwendigen, Daten in Kontrolldatenbereiche des Betriebssystemkerns im Hauptspeicher transferiert.
  - Diese Maßnahme beschleunigt die späteren E/A-Vorgänge erheblich.
- **Schließen** *(Close):*
  - Dem Betriebssystem wird bekannt gegeben, dass keine weiteren E/A-Operationen auf eine bestimmte Datei ausgeführt werden sollen.
  - Daraufhin werden sämtliche für die Verwaltung und Kontrolle von E/A-Operationen notwendigen Daten aus Kontrolldatenbereichen des Betriebssystemkerns auf die Platte transferiert.

2 Operationen auf Dateien

- Erzeugen *(Create)*
  - Nötiger Speicherplatz wird angefordert
  - Katalogeintrag wird erstellt
  - Initiale Attribute werden gespeichert
- Schreiben *(Write)*
  - Daten werden auf Platte geschrieben
  - Eventuelle Anpassung der Attribute, z.B. Länge
- Lesen *(Read)*
  - Daten werden von Platte gelesen

2 Operationen auf Dateien

- Positionieren des Schreib-/Lesezeigers *(Seek)*
  - In manchen Systemen wird dieser Zeiger implizit bei Schreib- und Leseoperationen positioniert
  - Ermöglicht explizites Positionieren
- Löschen *(Delete)*
  - Entfernen der Datei aus dem Katalog und Freigabe der Plattenblocks

4.3 Kataloge

- Ein Katalog enthält Dateien und evtl. andere Kataloge
  - ◆ Katalog enthält Namen und Verweise auf Dateien und andere Kataloge
    z.B. *UNIX, MS-DOS*
  - ◆ Zusätzliche Bedingung
    - Katalog enthält Namen und Verweise auf Dateien, die einer bestimmten Zusatzbedingung gehorchen
      z.B. gleiche Gruppennummer in *CP/M*
      z.B. eigenschaftsorientierte und dynamische Gruppierung in *BeOS-BFS*

1 Katalogattribute

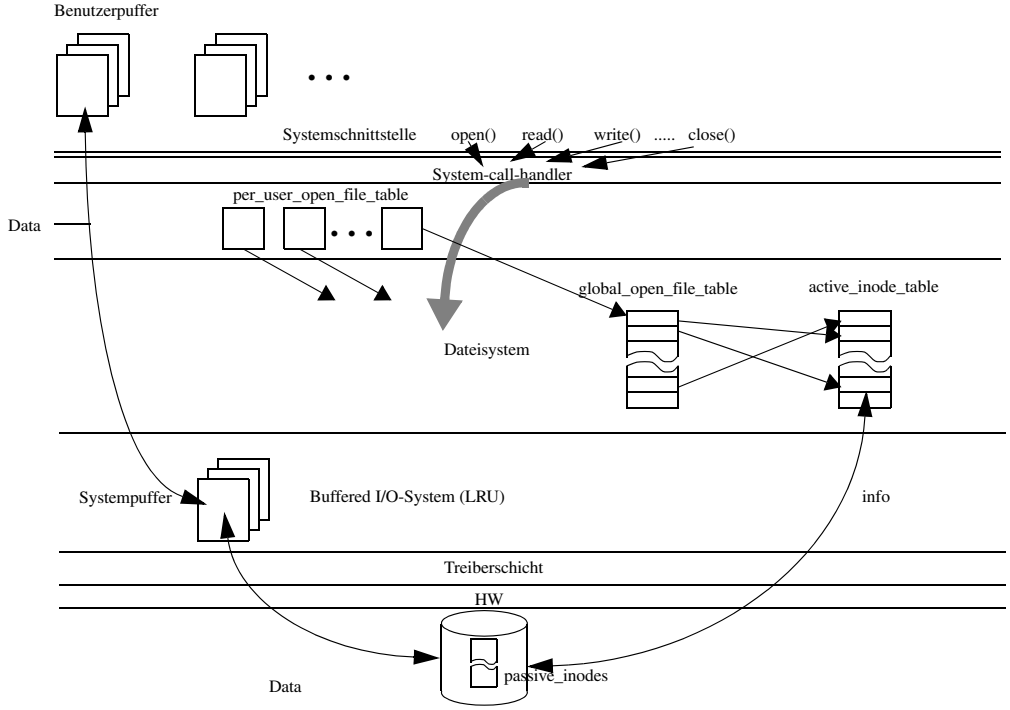
- ◆ Die meisten Dateiattribute treffen auch für Kataloge zu
  - Name, Ortsinformationen, Größe, Zeitstempel, Rechte, Eigentümer

2 Operationen auf Katalogen

- ◆ Erzeugen und Löschen von Katalogen *(Create and Delete Directory)*
- ◆ Auslesen der Einträge *(Read, Read directory)*
  - Daten des Kataloginhalts werden gelesen
- ◆ Erzeugen und Löschen der Einträge erfolgt implizit mit der zugehörigen Dateioperation

4.4 Implementierung von Dateiensystemen

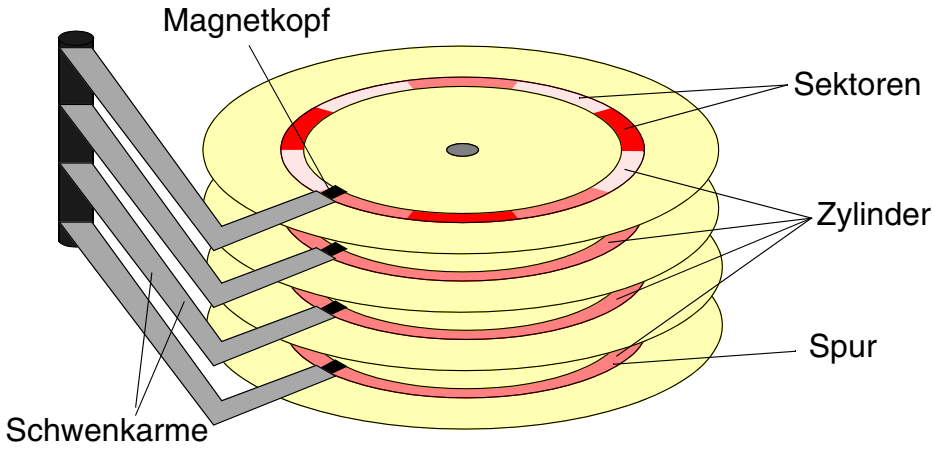
1 Dynamischer Ablauf (Überblick)



2 Festplatten

- Häufigstes Medium zum Speichern von Dateien
  - ◆ Floppy Disks sind in der Handhabung ähnlich

- Aufbau einer Festplatte



2 Festplatten (cont.)

- Zugriffsmerkmale
  - ◆ blockorientierter 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.)

3 Speicherung von Dateien

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

3.1 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)

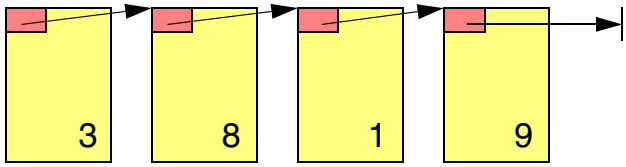
3.1 Kontinuierliche Speicherung

◆ 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

3.2 Verkettete Speicherung

◆ Blöcke einer Datei sind verkettet



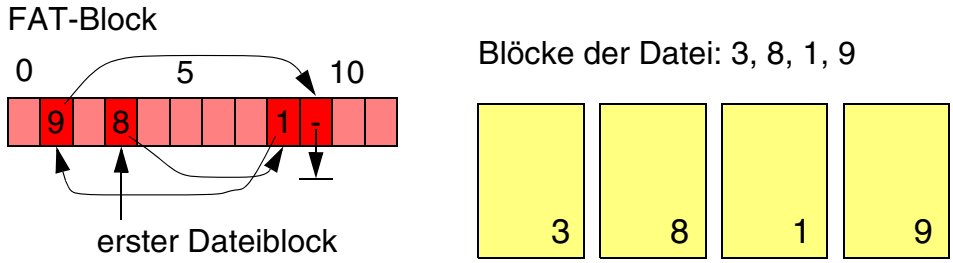
- z.B. Commodore Systeme (CBM 64 etc.)
  - Blockgröße 256 Bytes
  - die ersten zwei Bytes bezeichnen Zylinder- und Sektornummer des nächsten Blocks
  - wenn Zylindernummer gleich Null: letzter Block
  - 254 Bytes Nutzdaten

◆ File kann wachsen und verlängert werden

3.2 Verkettete Speicherung

◆ Probleme:
- Speicher für Verzeigerung geht von den Nutzdaten im Block ab
- 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



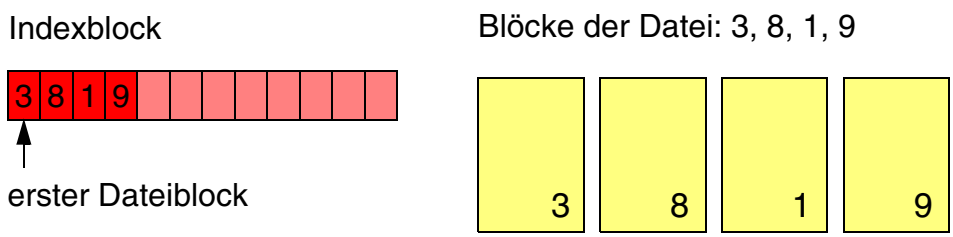
3.2 Verkettete Speicherung

◆ Vorteile:
- kompletter Inhalt des Datenblocks ist nutzbar
- mehrfache Speicherung der FAT möglich: Einschränkung der Fehleranfälligkeit

◆ Probleme:
- mindestens ein zusätzlicher Block muss geladen werden
- FAT enthält Verkettungen für alle Dateien: das Laden der FAT-Blöcke lädt auch nicht benötigte Informationen

3.3 Indiziertes Speichern

◆ Spezieller Plattenblock enthält Blocknummern der Datenblocks einer Datei:

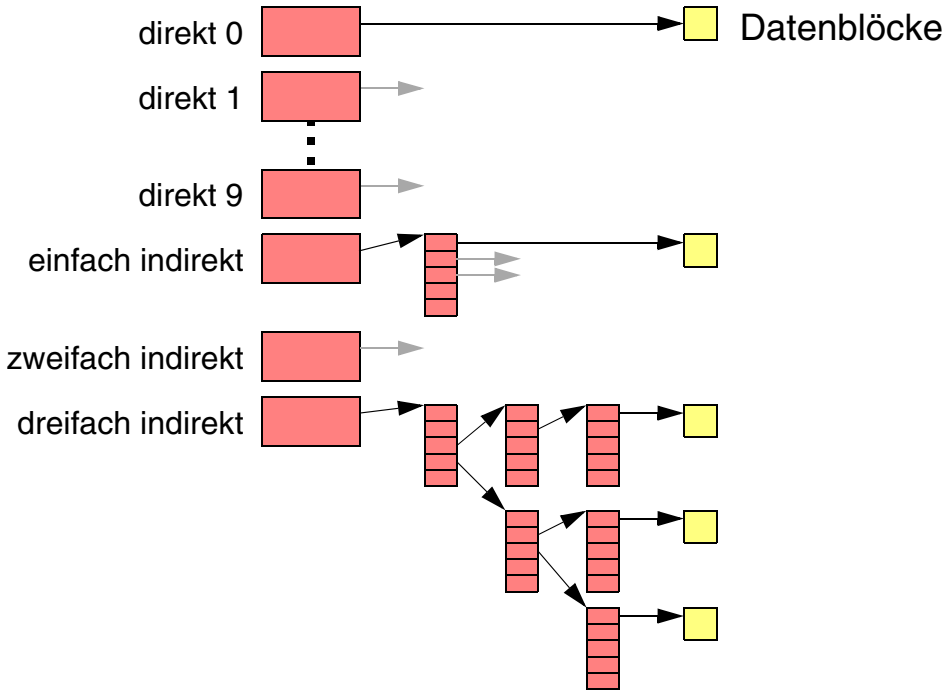


◆ Problem:

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

3.3 Indiziertes Speichern

◆ Beispiel UNIX Inode:



3.3 Indiziertes Speichern

◆ Einsatz von mehreren Stufen der Indizierung:
- durch mehrere Stufen der Indizierung auch große Dateien adressierbar

◆ Nachteil:
- mehrere Blöcke müssen geladen werden (nur bei langen Dateien)

3.4 Baumsequentielle Speicherung

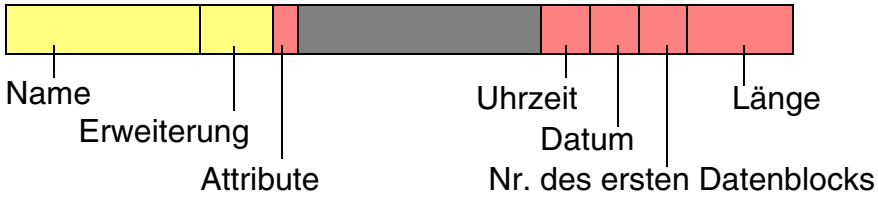
Nur zur Kenntnisnahme - nähere Erklärungen im Kapitel "Datenstrukturen"!

◆ 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

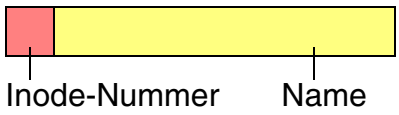
4 Implementierung von Katalogen

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



  – Eintrag kann feste oder variable Länge haben

- in UNIX



  – Inode-Nummer verweist auf einen Eintrag mit den restlichen Daten

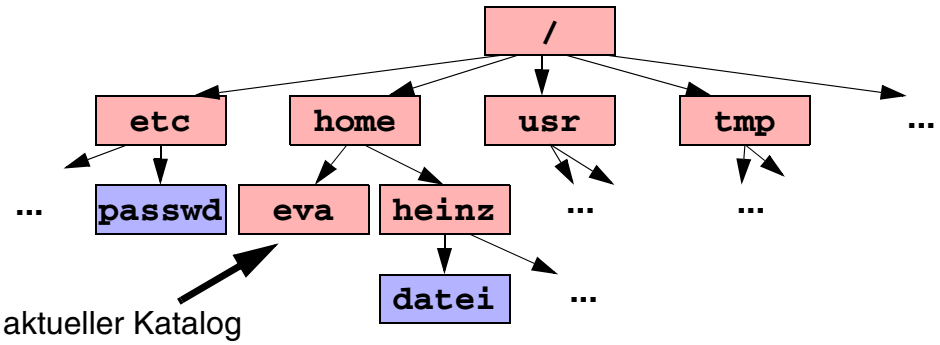
4.5 Fallstudie: UNIX - Solaris

◆ Datei:
- einfache, unstrukturierte Folge von Bytes
- beliebiger Inhalt; für das Betriebssystem ist der Inhalt transparent
- dynamisch erweiterbar
- Zugriffsrechte: lesbar, schreibbar, ausführbar

◆ Katalog:
- baumförmig strukturiert
  – Knoten des Baums sind Kataloge
  – Blätter des Baums sind Verweise auf Dateien *(Links)*
- jedem UNIX Prozess ist zu jeder Zeit ein aktueller Katalog *(Current working directory)* zugeordnet
- Zugriffsrechte: lesbar, schreibbar, durchsuchbar, „nur“ erweiterbar

1 Pfadnamen

◆ Baumstruktur:

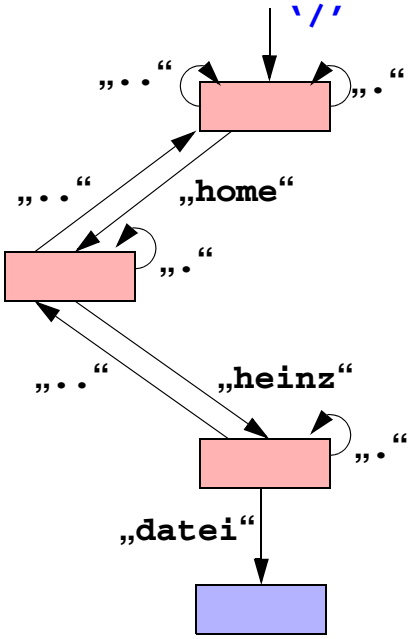


◆ Pfade:

- z.B. „**`/home/heinz/datei`**“, „**`/tmp`**“, „**`../heinz/datei`**“
- „**`/`**“ ist Trennsymbol *(Slash)*; beginnender „**`/`**“ bezeichnet Wurzelkatalog; sonst Beginn implizit mit dem aktuellem Katalog

1 Pfadnamen

◆ Eigentliche Baumstruktur:



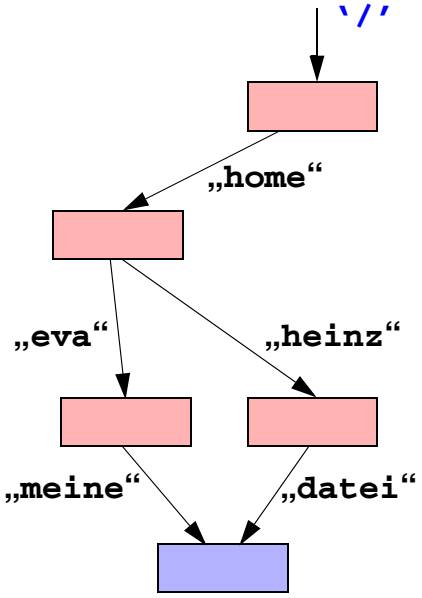
◆ benannt sind nicht Dateien und Kataloge, sondern die Verbindungen zwischen ihnen:

- Kataloge und Dateien können auf verschiedenen Pfaden erreichbar sein
  z.B. **`../heinz/datei`** und **`/home/heinz/datei`**
- Jeder Katalog enthält einen Verweis auf sich selbst („**`.`**“) und einen Verweis auf den darüberliegenden Katalog im Baum („**`..`**“)

1 Pfadnamen

◆ Links *(Hard links):*

- Dateien können mehrere auf sich zeigende Verweise besitzen, sogenannte *Hard links*

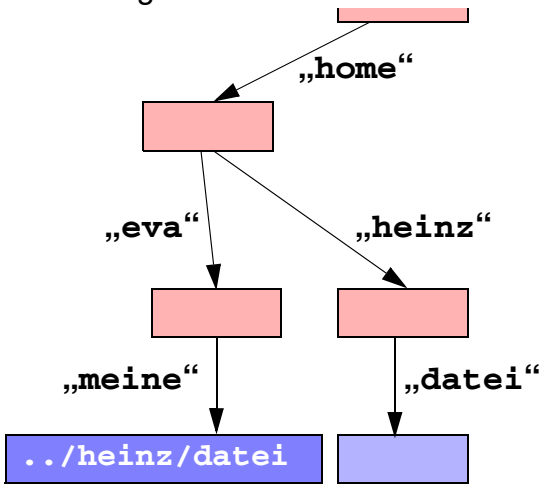


- Die Datei hat zwei Einträge in verschiedenen Katalogen, die völlig gleichwertig sind:
  /home/eva/meine
  /home/heinz/datei
- Datei wird erst gelöscht, wenn letzter Link gekappt wird.

1 Pfadnamen

◆ Symbolische Namen *(Symbolic links):*

- Verweise auf einen anderen Pfadnamen (sowohl auf Dateien als auch Kataloge)
- Symbolischer Name bleibt auch bestehen, wenn Datei oder Katalog nicht mehr existiert



- Symbolischer Name enthält einen neuen Pfadnamen, der vom FS interpretiert wird.

2 Eigentümer und Rechte

◆ Eigentümer:
- Jeder Benutzer wird durch eindeutige Nummer (UID) repräsentiert
- Ein Benutzer kann einer oder mehreren Benutzergruppen angehören, die durch eine eindeutige Nummer (GID) repräsentiert werden
- Eine Datei oder ein Katalog ist genau einem Benutzer und einer Gruppe zugeordnet

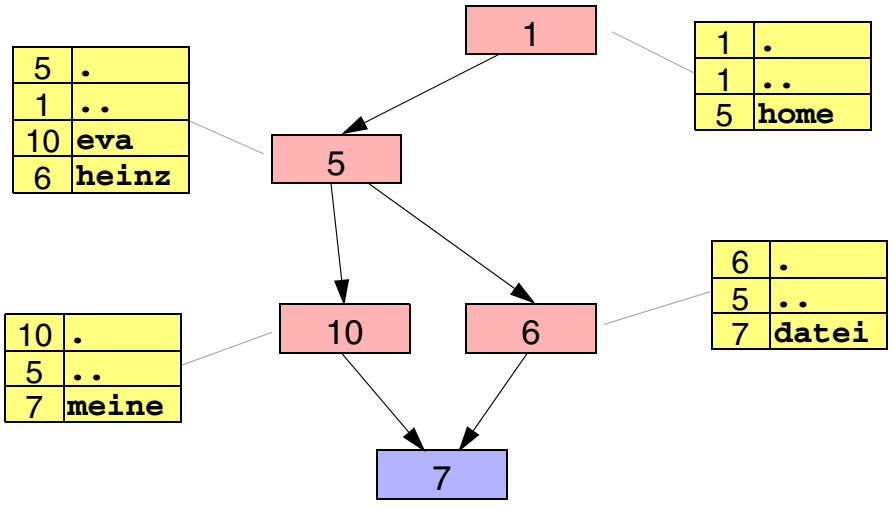
◆ Rechte auf Dateien:
- Lesen, Schreiben, Ausführen (nur vom Eigentümer veränderbar)
- einzeln für den Eigentümer, für Angehörige der Gruppe und für alle anderen einstellbar

◆ Rechte auf Kataloge:
- Lesen, Schreiben (Löschen und Anlegen von Dateien etc.), Durchsuchen
- Schreibrecht ist einschränkbar auf eigene Dateien

3 Inodes

◆ Attribute einer Datei und Ortsinformationen über ihren Inhalt werden in sogenannten Inodes gehalten
- Inodes werden pro Partition numeriert *(Inode number)*

◆ Kataloge enthalten lediglich Paare von Namen und Inode-Nummern



3 Inodes

- Inhalt eines Inodes:
  - Inodenummer
  - Dateityp: Katalog, normale Datei, Spezialdatei (z.B. Gerät)
  - Eigentümer und Gruppe
  - Zugriffsrechte
  - Zugriffszeiten: letzte Änderung *(mtime)*, letzer Zugriff *(atime)*, letzte Änderung des Inodes *(ctime)*
  - Anzahl der Hard links auf den Inode
  - Dateigröße (in Bytes)
  - Adressen der Datenblöcke des Datei- oder Kataloginhalts (zehn direkt Adressen und drei indirekte)

4 Datentransfer - Block Buffer Cache

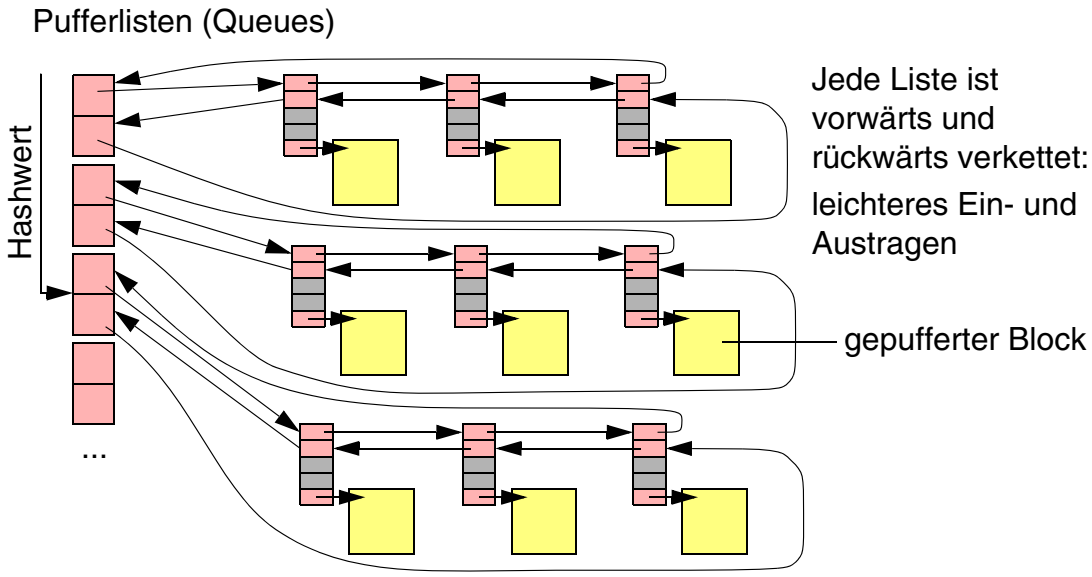
- Pufferspeicher für alle benötigten Plattenblocks
  - Verwaltung mit Algorithmen ähnlich wie bei Paging
  - *Read ahead:* beim sequentiellen Lesen wird auch der Transfer des Folgeblocks angestoßen
  - *Lazy write:* Block wird nicht sofort auf Platte geschrieben (erlaubt Optimierung der Schreibzugriffe 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)*

4 Datentransfer - Block Buffer Cache

- 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

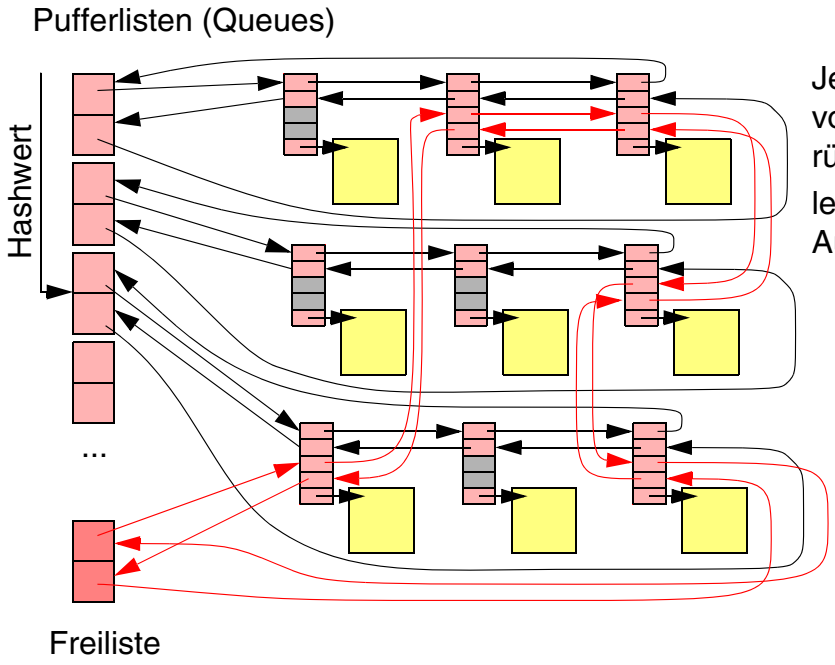
4 Datentransfer - Block Buffer Cache

- Aufbau des Block buffer cache



4 Datentransfer - Block Buffer Cache

- Aufbau des Block buffer cache



Jede Liste ist vorwärts und rückwärts verkettet:

leichteres Ein- und Austragen

5 Spezialdateien

◆ Periphere Geräte werden als Spezialdateien repräsentiert:

- Geräte können wie Dateien mit Lese- und Schreiboperationen angesprochen werden
- Öffnen der Spezialdateien schafft eine (evtl. exklusive) Verbindung zum Gerät, die durch einen Treiber hergestellt wird

◆ Blockorientierte Spezialdateien:

- Plattenlaufwerke, Bandlaufwerke, Floppy Disks, CD-ROMs

◆ Zeichenorientierte Spezialdateien:

- Serielle Schnittstellen, Drucker, Audiokanäle etc.
- blockorientierte Geräte haben meist auch eine zusätzliche zeichenorientierte Repräsentation

6 Unix - API (Betriebssystemschnittstelle; C-Library)

6.1 Dateien

- Basisoperationen
  - Öffnen einer Datei

```
int open(const char *path, int oflag, [mode_t mode] );
```

    Rückgabewert ist ein Filedescriptor, mit dem alle weiteren Dateioperationen durchgeführt werden müssen.

  - Sequentielles Lesen und Schreiben

```
int read( int fd, char *buf, int nbytes );
int write( int fd, char *buf, int nbytes );
```

  - Schließen der Datei

```
int close( int fd );
```

- Fehlermeldungen
  - Anzeige durch Rückgabe von `-1`
  - Variable **`errno`** enthält Fehlercode

6.1 Dateien

- Weitere Operationen
  - Positionieren des Schreib-, Lesezeigers

```
off_t lseek( int fd, off_t offset, int whence )
```

- Attribute einstellen
  - Länge

```
int truncate( char *path, off_t length );
int ftruncate( int fd, off_t length );
```

  - Zugriffs- und Modifikationszeiten

```
int utimes( char *path, struct timeval *tvp );
```

  - Implizite Maskierung von Rechten

```
mode_t umask( mode_t mask );
```

  - Eigentümer und Gruppenzugehörigkeit

```
int chown( char *path, uid_t owner, gid_t group );
int lchown( char *path, uid_t owner, gid_t group );
int fchown( int fd, uid_t owner, gid_t group );
```

6.1 Dateien

- Zugriffsrechte

```
int chmod( const char *path, mode_t mode );
int fchmod( int fd, mode_t mode );
```

- Alle Attribute abfragen

```
int stat( const char *path, struct stat *buf );
int lstat( const char *path, sturct stat *buf );
int fstat( int fd, struct stat *buf );
```


6.2 Kataloge

- Kataloge verwalten
  - Erzeugen

```
int mkdir( const char *path, mode_t mode );
```

  - Löschen

```
int rmdir( const char *path );
```

  - Hard link erzeugen

```
int link( const char *existing, const char *new );
```

  - Symbolischen Namen erzeugen

```
int symlink( const char *path, const char *new );
```

  - Verweis/Datei löschen

```
int unlink( const char *path );
```

6.2 Kataloge

- Kataloge auslesen
  - Öffnen, Lesen und Schließen wie eine normale Datei
  - Interpretation der gelesenen Zeichen ist jedoch systemabhängig, daher wurde eine systemunabhängige Schnittstelle zum Lesen definiert:

```
int getdents(  int fildes, struct dirent *buf,
               size_t nbyte );
```

  - Zum einfacheren Umgang mit Katalogen gibt es in der Regel Bibliotheksfunktionen:

```
DIR *opendir( const char *path );
struct dirent *readdir( DIR *dirp );
int closedir( DIR *dirp );
```

- Symbolische Namen auslesen

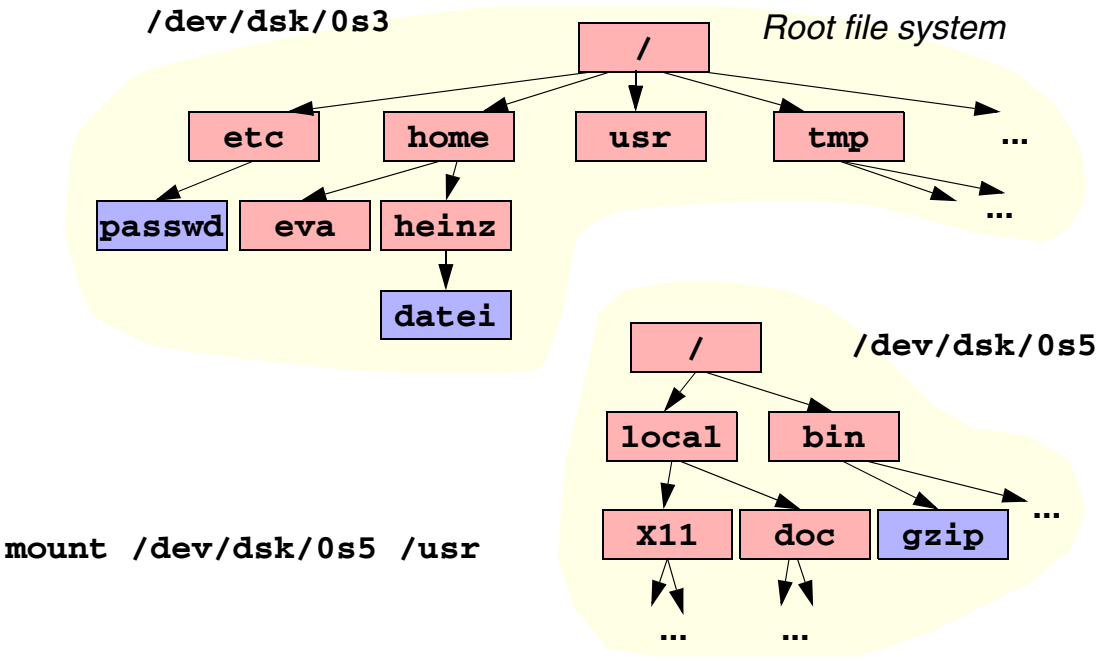
```
int readlink( const char *path, void *buf, size_t bufsiz );
```


7 Montieren des Dateibaums

- Der UNIX-Dateibaum kann aus mehreren Partitionen zusammenmontiert werden
  - Partition wird Dateisystem genannt *(File system)*
  - wird durch blockorientierte Spezialdatei repräsentiert (z.B. **`/dev/dsk/0s3`**)
  - Das Montieren wird *Mounten* genannt
  - Ausgezeichnetes Dateisystem ist das *Root file system*, dessen Wurzelkatalog gleichzeitig Wurzelkatalog des Gesamtsystems ist
  - Andere Dateisysteme können mit dem Befehl **`mount`** in das bestehende System hineinmontiert werden

7 Montieren des Dateibaums

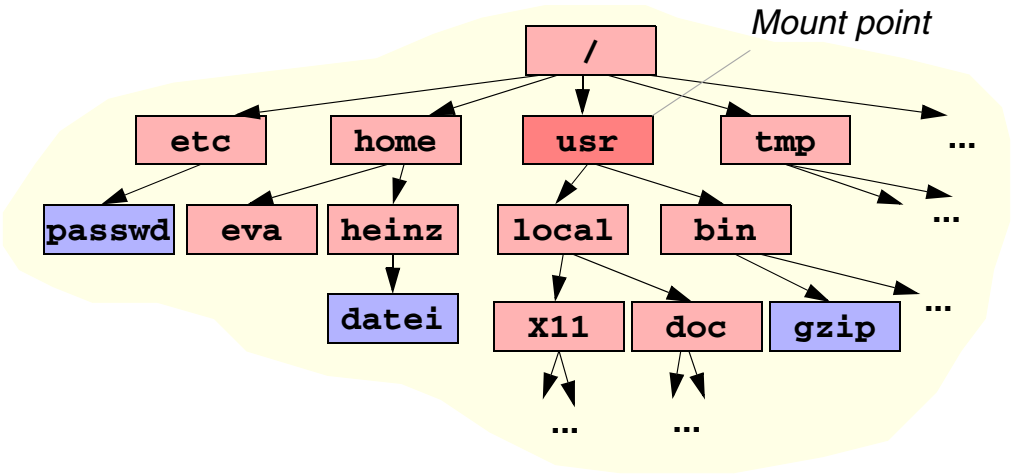
◆ Beispiel:




```
mount /dev/dsk/0s5 /usr
```


7 Montieren des Dateibaums

◆ Beispiel nach Ausführung des Montierbefehls:



8 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)

9 Fehlerhafte Plattenblöcke

◆ Blöcke, die beim Lesen Fehlermeldungen erzeugen:

- z.B. Checksummenfehler

◆ Hardwarelösung:

- Platte und Plattencontroller bemerken selbst fehlerhafte Blöcke und markieren diese als fehlerhaft
- 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

10 Datensicherung

◆ Schutz vor dem Totalausfall von Platten:

- z.B. durch *head crash* oder andere Fehler

◆ Sichern der Daten auf Tertiärspeicher:

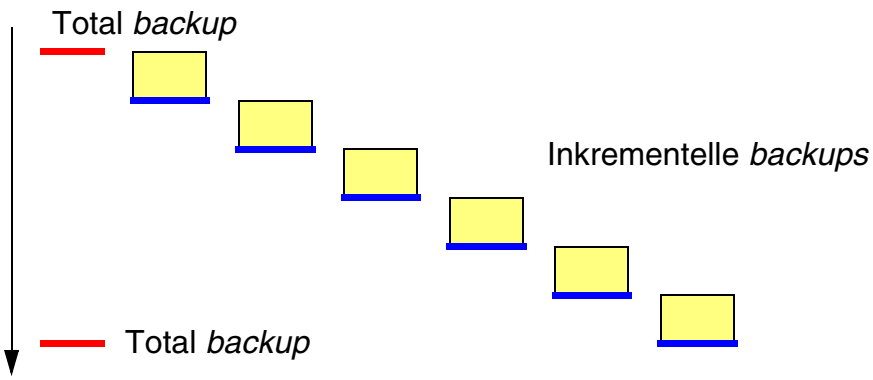
- Bänder
- WORM Speicherplatten *(Write once read many)*

◆ Sichern großer Datenbestände:

- Total *backups* benötigen lange Zeit
- Inkrementelle *backups* sichern nur Änderungen ab einem bestimmten Zeitpunkt
- Mischen von Total *backups* mit inkrementellen *backups*

10.1 Beispiele für *Backup* Scheduling

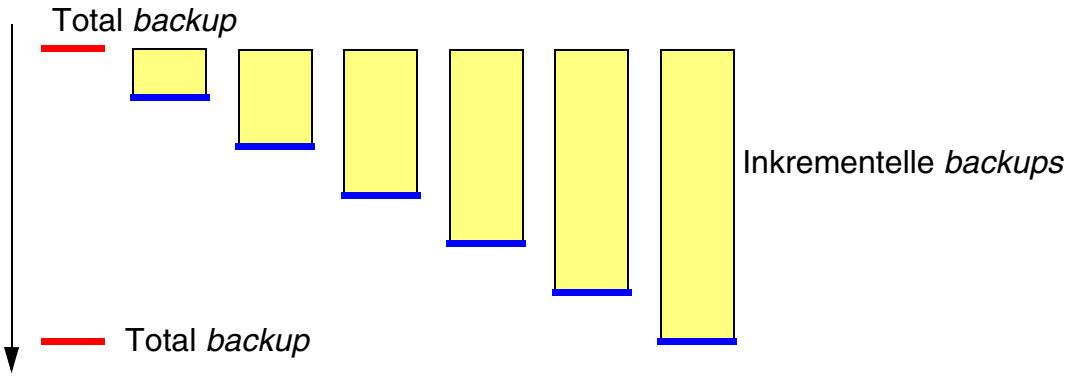
◆ Gestaffelte inkrementelle *backups*:



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

10.1 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

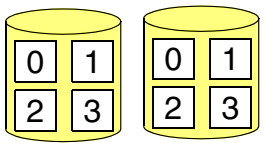
◆ Hierarchie von Backupläufen:

- mehrstufige inkrementelle *backups* zum *backup* der nächst höheren Stufe
- optimiert Archivmaterial und Restaurierungszeit

10.2 Redundante Datenhaltung

◆ Gespiegelte Platten - *Mirroring*; *RAID 0*
(RAID: redundant array of independent disks):

- Daten werden auf zwei Platten gleichzeitig gespeichert



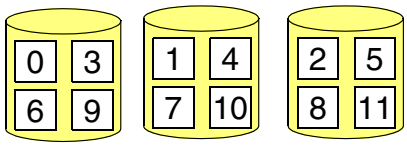
- Implementierung durch Software (Filesystem, Plattentreiber) oder Hardware (spez. Controller)
- eine Platte kann ausfallen
- schnelleres Lesen (da zwei Platten unabhängig beauftragt werden können)

◆ Nachteil:

- doppelter Speicherbedarf
- wenig langsameres Schreiben durch Warten auf zwei Plattentransfers

10.2 Redundante Datenhaltung

- ◆ Gestreifte Platten - *Striping*; *RAID* 1:
  - Daten werden über mehrere Platten gespeichert



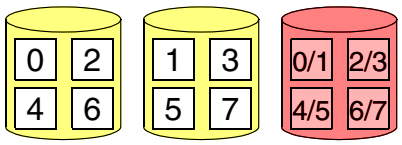
  - Datentransfers sind nun schneller, da mehrere Platten gleichzeitig angesprochen werden können

- ◆ Nachteil:
  - keinerlei Datensicherung: Ausfall einer Platte lässt Gesamtsystem ausfallen

- ■ Verknüpfung von *RAID* 0 und 1 möglich (*RAID* 0+1)

10.2 Redundante Datenhaltung

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

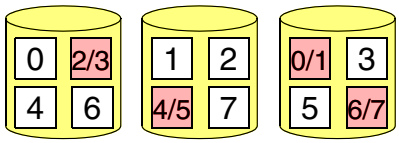


  - ◆ Paritätsblock enthält byteweise XOR-Verknüpfungen von den zugehörigen Blöcken aus den anderen Streifen
  - ◆ eine Platte kann ausfallen
  - ◆ schnelles Lesen
  - ◆ prinzipiell beliebige Plattenanzahl (ab drei

- ▲ Nachteil von RAID 4
  - ◆ jeder Schreibvorgang erfordert auch das Schreiben des Paritätsblocks
  - ◆ Paritätsplatte ist hoch belastet

10.2 Redundante Datenhaltung

- 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