

Überblick: Teil D Betriebssystemabstraktionen

15 Nebenläufigkeit

16 Ergänzungen zur Einführung in C

17 Betriebssysteme

18 Dateisysteme

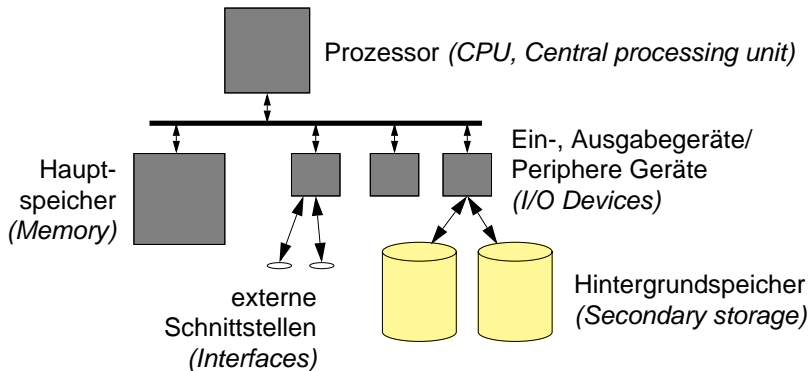
19 Programme und Prozesse

20 Speicherorganisation

21 Nebenläufige Prozesse



■ Einordnung



- Dateisysteme speichern Daten und Programme persistent in Dateien
 - Betriebssystemabstraktion zur Nutzung von Hintergrundspeicher (z. B. Platten, SSD / Flash-Speicher, DVD / CD-ROM, Bandlaufwerke)
 - Benutzer muss sich nicht um die Ansteuerungen verschiedener Speichermedien kümmern
 - einheitliche Sicht auf den Hintergrundspeicher

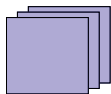
- Wesentliche Elemente eines Dateisystems:
 - Dateien (*Files*)
 - Verzeichnissen / Katalogen (*Directories*)
 - Partitionen (*Partitions*)



Überblick (3)

■ Datei

- speichert Daten oder Programme



Dateien

■ Verzeichnis / Katalog (*Directory*)

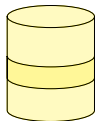
- fasst Dateien (u. Verzeichnisse) zusammen
- erlaubt Benennung der Dateien
- ermöglicht Aufbau eines hierarchischen Namensraums
- enthält Zusatzinformationen zu Dateien



Verzeichnis

■ Partition

- eine Menge von Verzeichnissen und deren Dateien
- sie dienen zum physischen oder logischen Trennen von Dateimengen
 - *physisch*: Festplatte, Diskette
 - *logisch*: Teilbereich auf Platte oder CD



Partition



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

Dateiattribute

- *Name* — Symbolischer Name, vom Benutzer les- und interpretierbar
 - z. B. **AUTOEXEC.BAT**
- *Typ* — Für Dateisysteme, die verschiedene Dateitypen unterscheiden
 - z. B. sequenzielle Datei, zeichenorientierte Datei, satzorientierte Datei
- *Ortsinformation* — Wo werden die Daten physisch gespeichert?
 - Gerätenummer, Nummern der Plattenblocks



Dateiattribute (2)

- *Größe* — Länge der Datei in Größeneinheiten (z. B. Bytes, Blöcke, Sätze)
 - steht in engem Zusammenhang mit der Ortsinformation
 - wird zum Prüfen der Dateigrenzen z. B. beim Lesen benötigt
- *Zeitstempel* — z. B. Zeit und Datum der Erstellung, letzten Änderung
 - unterstützt Backup, Entwicklungswerkzeuge, Benutzerüberwachung etc.
- *Rechte* — Zugriffsrechte, z. B. Lese-, Schreibberechtigung
 - 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)



■ Erzeugen (*Create*)

- Nötiger Speicherplatz wird angefordert.
- Verzeichniseintrag wird erstellt.
- Initiale Attribute werden gespeichert.

■ Schreiben (*Write*)

- Identifikation der Datei
- Daten werden auf Platte transferiert.
- eventuell Nachfordern von Speicherplatz
- eventuelle Anpassung der Attribute, z. B. Länge, Zugriffszeit

■ Lesen (*Read*)

- Identifikation der Datei
- Daten werden von Platte gelesen.



- Positionieren des Schreib-/Lesezeigers für die nächste Schreib- oder Leseoperation (*Seek*)
 - Identifikation der Datei
 - In vielen Systemen wird dieser Zeiger implizit bei Schreib- und Leseoperationen positioniert.
 - Ermöglicht explizites Positionieren
- Verkürzen (*Truncate*)
 - Identifikation der Datei
 - Ab einer bestimmten Position wird der Inhalt entfernt (evtl. kann nur der Gesamtinhalt gelöscht werden).
 - Anpassung der betroffenen Attribute
- Löschen (*Delete*)
 - Identifikation der Datei
 - Entfernen der Datei aus dem Verzeichnis und Freigabe der Plattenblöcke



- Ein Verzeichnis gruppiert Dateien und evtl. weitere Verzeichnisse
- Gruppierungsalternativen:
 - Verknüpfung mit der Benennung
 - Verzeichnis enthält Namen und Verweise auf Dateien und andere Verzeichnisse, z. B. *UNIX*, *Windows*
 - Gruppierung über Bedingung
 - Verzeichnis enthält Namen und Verweise auf Dateien, die einer bestimmten Bedingung gehorchen
 - z. B. gleiche Gruppennummer in *CP/M*
 - z. B. eigenschaftsorientierte und dynamische Gruppierung in *BeOS-BFS*
- Verzeichnis ermöglicht das Auffinden von Dateien
 - Vermittlung zwischen externer und interner Bezeichnung (Dateiname — Plattenblöcke)



Operationen auf Verzeichnissen

- Auslesen der Einträge (*Read, Read Directory*)
 - Daten des Verzeichnisinhalts werden gelesen und meist eintragsweise zurückgegeben
- Erzeugen und Löschen der Einträge erfolgt implizit mit der zugehörigen Dateioperation
- Erzeugen und Löschen von Verzeichnissen (*Create and Delete Directory*)

Attribute von Verzeichnissen

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



■ Datei

- einfache, unstrukturierte Folge von Bytes
- beliebiger Inhalt; für das Betriebssystem ist der Inhalt transparent
- dynamisch erweiterbar

■ Dateiattribute

- das Betriebssystem verwaltet zu jeder Datei eine Reihe von Attributen (Rechte, Größe, Zugriffszeiten, Adressen der Datenblöcke, ...)
- die Attribute werden in einer speziellen Verwaltungsstruktur, dem *Dateikopf*, gespeichert
 - Linux/UNIX: *Inode*
 - Windows NTFS: *Master File Table*-Eintrag

■ Namensraum

- Flacher Namensraum: Inodes sind einfach durchnummeriert
- Hierarchischer Namensraum: Verzeichnisstruktur bildet Datei- und Pfadnamen in einem Dateibaum auf Inode-Nummern ab



- Ein Namensraum definiert den Kontext, in dem ein Name eine Bedeutung hat ("Java" im Kontext Geografie, Programmiersprachen; "C" im Kontext Musik, Alphabet, Programmiersprachen)

■ Flache Namensräume

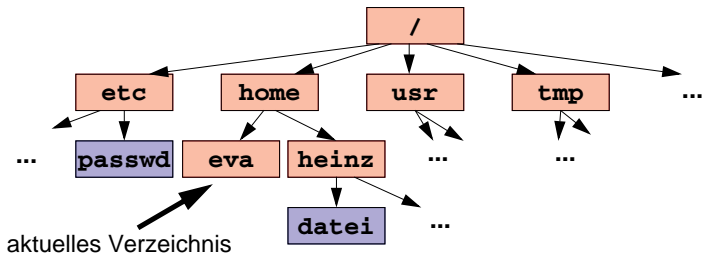
- jeder Name muss eindeutig sein
- bei einer großen Menge von Elementen unübersichtlich und schwer zu verwalten

■ Hierarchische Namensräume

- Menge von Kontexten, die irgendwelche zu benennenden Elemente, auch Kontexte, enthalten
- am Beispiel UNIX: baumförmig strukturierter hierarchischer Namensraum
 - Knoten (Kontexte) des Baums sind Verzeichnisse (*Directories*)
 - Blätter des Baums sind Verweise auf Dateien
- jedem UNIX-Prozess ist zu jeder Zeit ein aktuelles Verzeichnis (*Current working directory*) zugeordnet



■ Baumstruktur

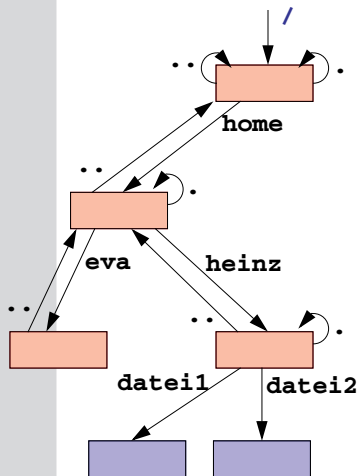


■ Pfade

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



■ Eigentliche Baumstruktur



▲ benannt sind nicht Dateien und Verzeichnisse, sondern die Verbindungen (*Links*) zwischen ihnen

■ Verzeichnisse und Dateien können auf verschiedenen Pfaden erreichbar sein
z. B. `../heinz/datei1` und `/home/heinz/datei1`

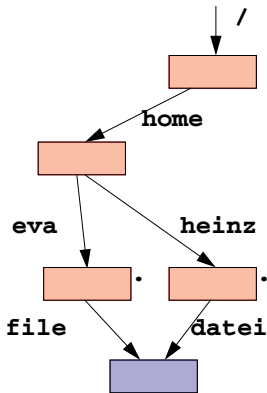
■ Jedes Verzeichnis enthält

- einen Verweis auf sich selbst (`.`) und
- einen Verweis auf das darüberliegende Verzeichnis im Baum (`..`)
- Verweise auf Dateien



■ Links (*Hard Links*)

- Dateien können mehrere auf sich zeigende Verweise besitzen, sogenannte Hard-Links (nicht jedoch Verzeichnisse)

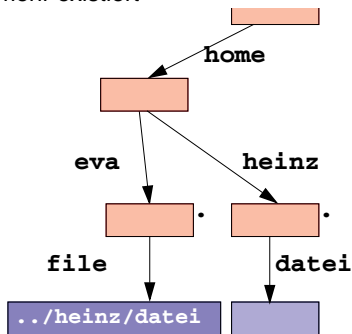


- Die Datei hat zwei Einträge in verschiedenen Verzeichnissen, die völlig gleichwertig sind:
`/home/eva/file`
`/home/heinz/datei`
- Datei wird erst gelöscht, wenn letzter Link gekappt wird.



■ Symbolische Namen (*Symbolic Links*)

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



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



■ 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 Verzeichnis 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 Verzeichnissen

- Lesen, Schreiben (Löschen u. Anlegen von Dateien etc.), Durchgangsrecht
- Schreibrecht ist einschränkbar auf eigene Dateien („nur erweiterbarer“)



- Attribute (Zugriffsrechte, Eigentümer, etc.) einer Datei und Ortsinformation über ihren Inhalt werden in **Inodes** gehalten
 - Inodes werden pro Partition nummeriert (*Inode number*)
- Inhalt eines Inode: Dateiattribute
 - Dateityp: Verzeichnis, normale Datei, Spezialdatei (z. B. Gerät)
 - Eigentümer und Gruppe
 - Zugriffsrechte
 - Zugriffszeiten: letzte Änderung (*mtime*), letzter Zugriff (*atime*), letzte Änderung des Inodes (*ctime*)
 - Anzahl der Hard links auf den Inode
 - Dateigröße (in Bytes)
 - Gerät (Disk, Partition), auf dem der Inode angelegt ist
 - Adressen der Datenblöcke des Dateiinhalts
 - bei Spezialdateien: Typ und laufende Nummer des zugeordneten Geräts



- liefert Dateiattribute aus dem Inode

- Funktionsschnittstelle:

```
#include <sys/types.h>
#include <sys/stat.h>
int stat(const char *path, struct stat *buf);
int lstat(const char *path, struct stat *buf);
```

- Argumente:

- **path**: Dateiname
- **buf**: Zeiger auf Puffer, in den Inode-Informationen eingetragen werden

- Rückgabewert: 0 wenn OK, -1 wenn Fehler

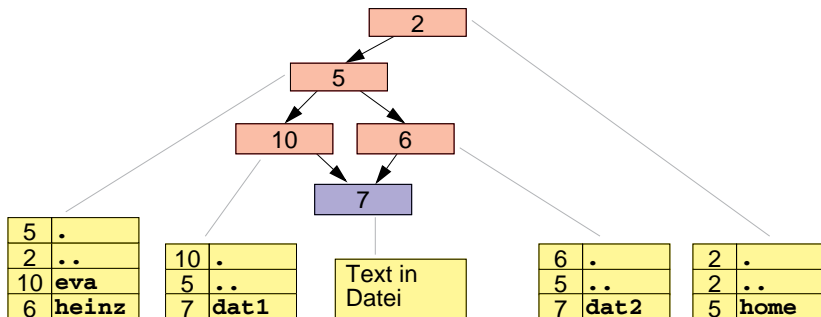
- Beispiel:

```
struct stat buf;
stat("/etc/passwd", &buf); /* Fehlerabfrage ... */
printf("Inode-Nummer: %d\n", buf.st_ino);
```



Verzeichnisse, Pfadnamen und Inodes

- Verzeichnisse enthalten lediglich Paare von Namen und Inode-Nummern
 - Verzeichnisse bilden einen hierarchischen Namensraum über einem eigentlich flachen Namensraum (durchnumerierte Dateien)
 - Die Verzeichnisstrukturen mit ihren Funktionen agieren damit als *Nameserver*, der Pfadnamen in Inode-Nummern abbildet



- Dateiattribute stehen im Inode, nicht im Verzeichnis! (oft benötigte Attribute, z. B. Dateigröße, können aber zusätzlich im Verzeichnis gehalten werden)



■ Verzeichnisse 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 );
```

■ Symbolische Namen auslesen

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



■ Verzeichnisse lesen (Schnittstelle der C-Bibliothek)

- Verzeichnis öffnen:

```
DIR *opendir( const char *path );
```

- Verzeichniseinträge lesen:

```
struct dirent *readdir( DIR *dirp );
```

- Verzeichnis schließen:

```
int closedir( DIR *dirp );
```



- Funktionsschnittstelle:

```
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>

DIR *opendir(const char *dirname);

int closedir(DIR *dirp);
```

- Argument von opendir

- **dirname**: Verzeichnisname

- Rückgabewert: Zeiger auf Datenstruktur vom Typ **DIR** oder **NULL**



■ Funktionsschnittstelle:

```
#include <sys/types.h>
#include <dirent.h>

struct dirent *readdir(DIR *dirp);
```

■ Argumente

■ **dirp**: Zeiger auf **DIR**-Datenstruktur

■ Rückgabewert: Zeiger auf Datenstruktur vom Typ **struct dirent** oder **NULL** wenn fertig oder Fehler (**errno** vorher auf 0 setzen!)

■ Probleme: Der Speicher für **struct dirent** wird von der Funktion **readdir** beim nächsten Aufruf wieder verwendet!

- wenn Daten aus der Struktur (z. B. der Dateiname) länger benötigt werden, reicht es nicht, sich den zurückgegebenen Zeiger zu merken sondern es müssen die benötigten Daten kopiert werden



- Definition unter Linux (/usr/include/bits/dirent.h)

```
struct dirent {
    __ino_t d_ino;
    __off_t d_off;
    unsigned short int d_reclen;
    unsigned char d_type;
    char d_name[256];
};
```



- siehe C-Ein/Ausgabe (Schnittstelle der C-Bibliothek)
- C-Funktionen (fopen, printf, scanf, getchar, fputs, fclose, ...) verbergen die "eigentliche" Systemschnittstelle und bieten mehr "Komfort"
 - Systemschnittstelle: open, close, read, write



- 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

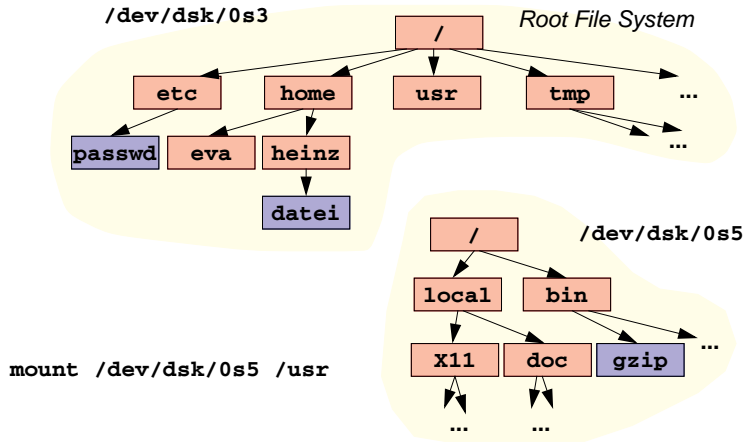


- jede Partition enthält einen eigenen Dateibaum (= "ein eigenes Dateisystem")
 - wird durch blockorientierte Spezialdatei repräsentiert (z. B. `/dev/dsk/0s3`)
- Bäume der Partitionen können zu einem homogenen Dateibaum zusammengebaut werden (Grenzen für Anwender nicht sichtbar!)
 - "Montieren" von Dateibäumen (*mounting*)
- Ein ausgezeichnetes Dateisystem ist das *Root File System*, dessen Wurzelverzeichnis gleichzeitig Wurzelverzeichnis des Gesamtsystems ist
 - Andere Dateisysteme können mit dem Befehl **mount** in das bestehende System hineinmontiert werden
 - Über *Network File System* (NFS) können auch Verzeichnisse anderer Rechner in einen lokalen Dateibaum hineinmontiert werden
 - ➔ Grenzen zwischen Dateisystemen verschiedener Rechner werden unsichtbar



Montieren des Dateibaums

■ Beispiel



Montieren des Dateibaums (2)

- Beispiel nach Ausführung des Montierbefehls

