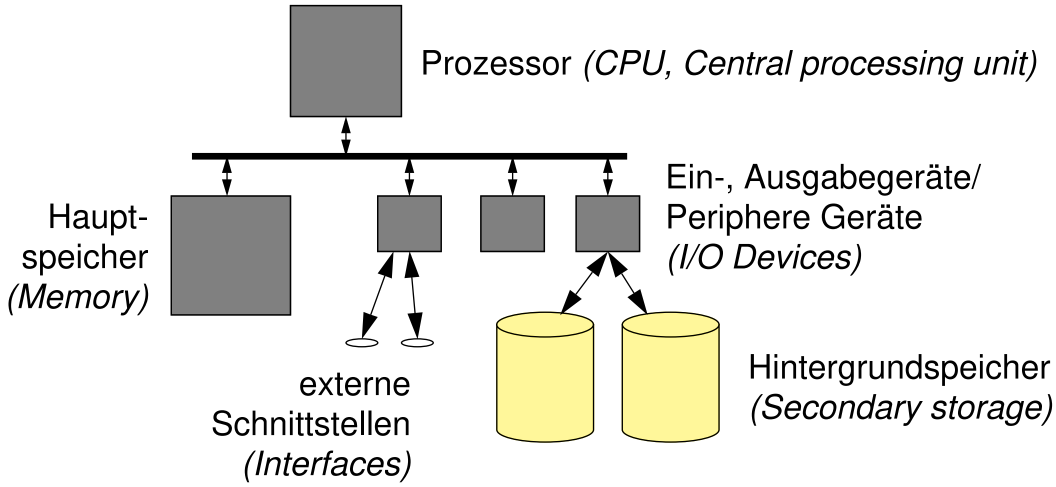
J Dateisysteme

J.1 Allgemeine Konzepte

- Einordnung

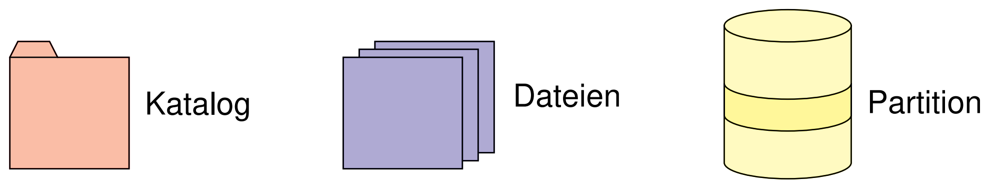


J.2 Allgemeine Konzepte (2)

- Dateisysteme speichern Daten und Programme persistent in Dateien
  - Betriebssystemabstraktion zur Nutzung von Hintergrundspeichern (z.B. Platten, CD-ROM, Bandlaufwerke)
    - Benutzer muss sich nicht um die Ansteuerungen verschiedener Speichermedien kümmern
    - einheitliche Sicht auf den Hintergrundspeicher
- Dateisysteme bestehen aus
  - Dateien *(Files)*
  - Katalogen *(Directories)*
  - Partitionen *(Partitions)*

J.2 Allgemeine Konzepte (3)

- Datei
  - speichert Daten oder Programme
- Katalog / Verzeichnis (*Directory*)
  - erlaubt Benennung der Dateien
  - enthält Zusatzinformationen zu Dateien
- Partitionen
  - eine Menge von Katalogen und deren Dateien
  - sie dienen zum physischen oder logischen Trennen von Dateimengen.



J.3 Ein-/Ausgabe in C-Programmen

1 Überblick

- E-/A-Funktionalität nicht Teil der Programmiersprache
- Realisisierung durch "normale" Funktionen
  - Bestandteil der Standard-Funktionsbibliothek
  - einfache Programmierschnittstelle
  - effizient
  - portabel
  - betriebssystemnah
- Funktionsumfang
  - Öffnen/Schließen von Dateien
  - Lesen/Schreiben von Zeichen, Zeilen oder beliebigen Datenblöcken
  - Formatierte Ein-/Ausgabe

2 Standard Ein-/Ausgabe

- Jedes C-Programm erhält beim Start automatisch 3 E-/A-Kanäle:
  - **`stdin`** Standardeingabe
    - normalerweise mit der Tastatur verbunden, Umlenkung durch **<**
    - Dateiende (**`EOF`**) wird durch Eingabe von **`CTRL-D`** am Zeilenanfang signalisiert
  - **`stdout`** Standardausgabe
    - normalerweise mit dem Bildschirm (bzw. dem Fenster, in dem das Programm gestartet wurde) verbunden, Umlenkung durch **>**
  - **`stderr`** Ausgabekanal für Fehlermeldungen
    - normalerweise ebenfalls mit Bildschirm verbunden
- automatische Pufferung
  - Eingabe von der Tastatur wird normalerweise vom Betriebssystem zeilenweise zwischengespeichert und erst bei einem **`NEWLINE`**-Zeichen (`'\n'`) an das Programm übergeben!

3 Öffnen und Schließen von Dateien

- Neben den Standard-E/A-Kanälen kann ein Programm selbst weitere E/A-Kanäle öffnen
  - ➤ Zugriff auf Dateien
- Öffnen eines E/A-Kanals
  - ➤ Funktion fopen
  - ➤ Prototyp:

```
FILE *fopen(char *name, char *mode);
```

`name` Pfadname der zu öffnenden Datei

`mode` Art, wie die Datei geöffnet werden soll
- `"r"` zum Lesen
- `"w"` zum Schreiben
- `"a"` append: Öffnen zum Schreiben am Dateiende
- `"rw"` zum Lesen und Schreiben

- ➤ Ergebnis von **`fopen`**:
  Zeiger auf einen Datentyp **`FILE`**, der einen Dateikanal beschreibt
  im Fehlerfall wird ein **`NULL`**-Zeiger geliefert

3 Öffnen und Schließen von Dateien (2)

- Beispiel:

```
#include <stdio.h>

main(void) {
        FILE *eingabe;
        char dateiname[256];

        printf("Dateiname: ");
        scanf("%s\n", dateiname);

        if ((eingabe = fopen(dateiname, "r")) == NULL) {
                /* eingabe konnte nicht geoeffnet werden */
                perror(dateiname);/* Fehlermeldung ausgeben */
                exit(1);        /* Programm abbrechen */
        }

        ... /* Programm kann jetzt von eingabe lesen */
        ... /* z. B. mit c = getc(eingabe) */
```

- Schließen eines E/A-Kanals

```
int fclose(FILE *fp)
```

  ➤ schließt E/A-Kanal **fp**

4 Zeichenweise Lesen und Schreiben

- Lesen eines einzelnen Zeichens

  ◆ von der Standardeingabe

  ```
  int getchar( )
  ```

  ◆ von einem Dateikanal

  ```
  int getc(FILE *fp )
  ```

  ➤ lesen das nächste Zeichen

  ➤ geben das gelesene Zeichen als **int**-Wert zurück

  ➤ geben bei Eingabe von **CTRL-D** bzw. am Ende der Datei **EOF** als Ergebnis zurück

- Schreiben eines einzelnen Zeichens

  ◆ auf die Standardausgabe

  ```
  int putchar(int c)
  ```

  ◆ auf einen Dateikanal

  ```
  int putc(int c, FILE *fp )
  ```

  ➤ schreiben das im Parameter **c** übergeben Zeichen

  ➤ geben gleichzeitig das geschriebene Zeichen als Ergebnis zurück

4 Zeichenweise Lesen und Schreiben (2)

- Beispiel: copy-Programm

Teil 1: Dateien öffnen

```
#include <stdio.h>

main(int argc, char *argv[]) {
        FILE *quelle;
        FILE *ziel;
        char quelldatei[256], zieldatei[256];
        int c;                  /* gerade kopiertes Zeichen */

        printf("Quelldatei und Zieldatei eingeben: ");
        scanf("%s %s\n", quelldatei, zieldatei);

        if ((quelle = fopen(quelldatei, "r")) == NULL) {
                perror(quelldatei);/* Fehlermeldung ausgeben */
                exit(1);        /* Programm abbrechen */
        }

        if ((ziel = fopen(zieldatei, "w")) == NULL) {
                perror(zieldatei);/* Fehlermeldung ausgeben */
                exit(1);        /* Programm abbrechen */
        }

        /* ... */
```


4 Zeichenweise Lesen und Schreiben (3)

… Beispiel: copy-Programm
— Fortsetzung

Teil 2: kopieren

```
        /* ... */

        while ( (c = getc(quelle)) != EOF ) {
                putc(c, ziel);
        }

        fclose(quelle);
        fclose(ziel);
}
```

5 Formatierte Ausgabe — Funktionen

- Bibliotheksfunktionen — Prototypen (Schnittstelle)

```
int printf(char *format, /* Parameter */ ... );
int fprintf(FILE *fp, char *format, /* Parameter */ ... );
int sprintf(char *s, char *format, /* Parameter */ ...);
int snprintf(char *s, int n, char *format, /* Parameter */ ...);
```

Die statt ... angegebenen Parameter werden entsprechend der Angaben im **`format`**-String ausgegeben

- ➤ bei **`printf`** auf der Standardausgabe
- ➤ bei **`fprintf`** auf dem Dateikanal **`fp`**
  (für **`fp`** kann auch **`stdout`** oder **`stderr`** eingesetzt werden)
- ➤ **`sprintf`** schreibt die Ausgabe in das **`char`**-Feld **`s`**
  (achtet dabei aber nicht auf das Feldende
  -> potentielle Sicherheitsprobleme!)
- ➤ **`snprintf`** arbeitet analog, schreibt aber maximal nur n Zeichen
  (**`n`** sollte natürlich nicht größer als die Feldgröße sein)

5 Formatierte Ausgabe — Formatangaben

- Zeichen im **`format`**-String können verschiedene Bedeutung haben
  - ➤ normale Zeichen: werden einfach auf die Ausgabe kopiert
  - ➤ Escape-Zeichen: z. B. **`\n`** oder **`\t`**, werden durch die entsprechenden Zeichen (hier Zeilenvorschub bzw. Tabulator) bei der Ausgabe ersetzt
  - ➤ Format-Anweisungen: beginnen mit `%`-Zeichen und beschreiben, wie der dazugehörige Parameter in der Liste nach dem **`format`**-String aufbereitet werden soll

- Format-Anweisungen

`%d`, **`%i`**	**`int`** Parameter als Dezimalzahl ausgeben
`%f`	**`float`** oder **`double`** Parameter wird als Fließkommazahl (z. B. 271.456789) ausgegeben
`%e`	**`float`** oder **`double`** Parameter wird als Fließkommazahl in 10er-Potenz-Schreibweise (z. B. 2.714567e+02) ausgegeben
`%c`	**`char`**-Parameter wird als einzelnes Zeichen ausgegeben
`%s`	**`char`**-Feld wird ausgegeben, bis **`'\0'`** erreicht ist

5 Formatierte Eingabe — Funktionen

- Bibliotheksfunktionen — Prototypen (Schnittstelle)

```
int scanf(char *format, /* Parameter */ ...);
int fscanf(FILE *fp, char *format, /* Parameter */ ...);
int sscanf(char *s, const char *format, /* Parameter */ ...);
```

- ◆ Die Funktionen lesen Zeichen von **`stdin`** (**`scanf`**), **`fp`** (**`fscanf`**) bzw. aus dem **`char`**-Feld **`s`**.
- ◆ **`format`** gibt an, welche Daten hiervon extrahiert und in welchen Datentyp konvertiert werden sollen
- ◆ Die folgenden Parameter sind Zeiger auf Variablen der passenden Datentypen (bzw. **`char`**-Felder bei Format **`%s`**), in die die Resultate eingetragen werden
- ◆ relativ komplexe Funktionalität, hier nur Kurzüberblick für Details siehe Manual-Seiten

5 Formatierte Eingabe — Bearbeitung der Eingabe-Daten

- *White space* (Space, Tabulator oder Newline \n) bildet jeweils die Grenze zwischen Daten, die interpretiert werden
  - ➤ *white space* wird in beliebiger Menge einfach überlesen
  - ➤ Ausnahme: bei Format-Anweisung **`%c`** wird auch *white space* eingelesen
- Alle anderen Daten in der Eingabe müssen zum **`format`**-String passen oder die Interpretation der Eingabe wird abgebrochen
  - ➤ wenn im format-String normale Zeichen angegeben sind, müssen diese exakt so in der Eingabe auftauchen
  - ➤ wenn im Format-String eine Format-Anweisung (%...) angegeben ist, muß in der Eingabe etwas hierauf passendes auftauchen
    - ➥ diese Daten werden dann in den entsprechenden Typ konvertiert und über den zugehörigen Zeiger-Parameter der Variablen zugewiesen
- Die **`scanf`**-Funktionen liefern als Ergebnis die Zahl der erfolgreich an die Parameter zugewiesenen Werte

5 Formatierte Eingabe — Format-Anweisungen

`%d`	int
`%hd`	short
`%ld`	long int
`%lld`	long long int
`%f`	float
`%lf`	double
`%Lf`	long double

analog auch `%e` oder `%g`

`%c`	char
`%s`	String, wird automatisch mit `'\0'` abgeschl.

- nach % kann eine Zahl folgen, die die maximale Feldbreite angibt

  %3d = 3 Ziffern lesen

  %5c = 5 char lesen (Parameter muß dann Zeiger auf char-Feld sein)

  ➤ `%5c` überträgt exakt 5 char (hängt aber kein `'\0'` an!)

  ➤ `%5s` liest max. 5 char (bis white space) und hängt `'\0'` an

- Beispiele:

```
int a, b, c, d, n;
char s1[20]="XXXXXX", s2[20];
n = scanf("%d %2d %3d %5c %s %d",
          &a, &b, &c, s1, s2, &d);
```

Eingabe: **`12 1234567 sowas hmm`**

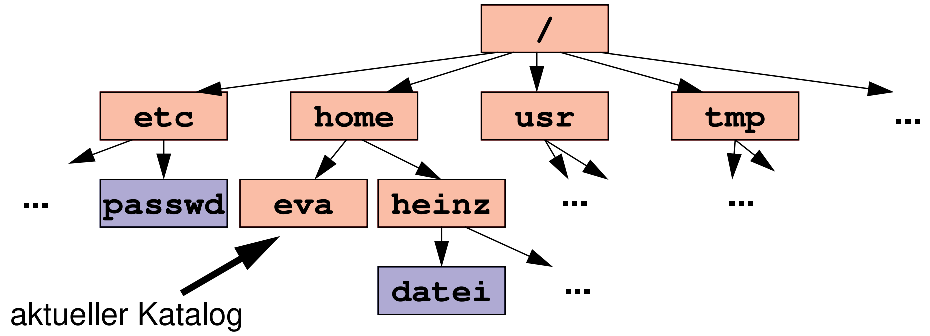
Ergebnis: n=5, a=12, b=12, c=345
s1="**`67 soX`**", s2="**`was`**"

J.4 Dateisystem am Beispiel UNIX (Sun-UFS)

- Datei
  - ◆ einfache, unstrukturierte Folge von Bytes
  - ◆ beliebiger Inhalt; für das Betriebssystem ist der Inhalt transparent
  - ◆ dynamisch erweiterbar
- Katalog
  - ◆ baumförmig strukturiert
    - Knoten des Baums sind Kataloge
    - Blätter des Baums sind Verweise auf Dateien
  - ◆ jedem UNIX-Prozess ist zu jeder Zeit ein aktueller Katalog *(Current working directory)* zugeordnet
- Partitionen
  - ➤ jede Partition enthält einen eigenen Dateibaum
  - ➤ Bäume der Partitionen werden durch "mounten" zu einem homogenen Dateibaum zusammengebaut (Grenzen für Anwender nicht sichtbar!)

1 Pfadnamen

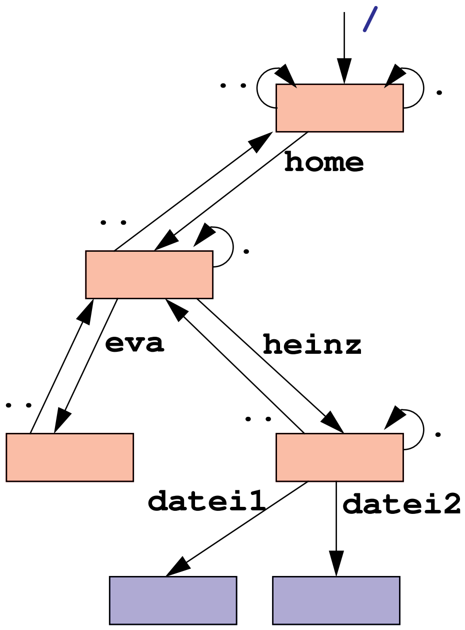
- Baumstruktur



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

1 Pfadnamen (2)

- 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/datei1** und **/home/heinz/datei1**
- Jeder Katalog enthält
  - einen Verweis auf sich selbst (**.**) und
  - einen Verweis auf den darüberliegenden Katalog im Baum (**..**)
  - Verweise auf Dateien

2 Programmierschnittstelle für Kataloge

- Kataloge verwalten
  - Erzeugen

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

  - Löschen

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

- Kataloge lesen (Schnittstelle der C-Bibliothek)
  - Katalog öffnen:
    `DIR *opendir( const char *path );`
  - Katalogeinträge lesen:
    `struct dirent *readdir( DIR *dirp );`
  - Katalog schließen:
    `int closedir( DIR *dirp );`

- "eigentliche" Systemschnittstelle (open, getdents) wird normalerweise nicht direkt verwendet

2 Kataloge (2): opendir / closedir

- 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`**

2 Kataloge (3): readdir

- 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 Bibliothek wieder verwendet!

2 Kataloge (4): struct dirent

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

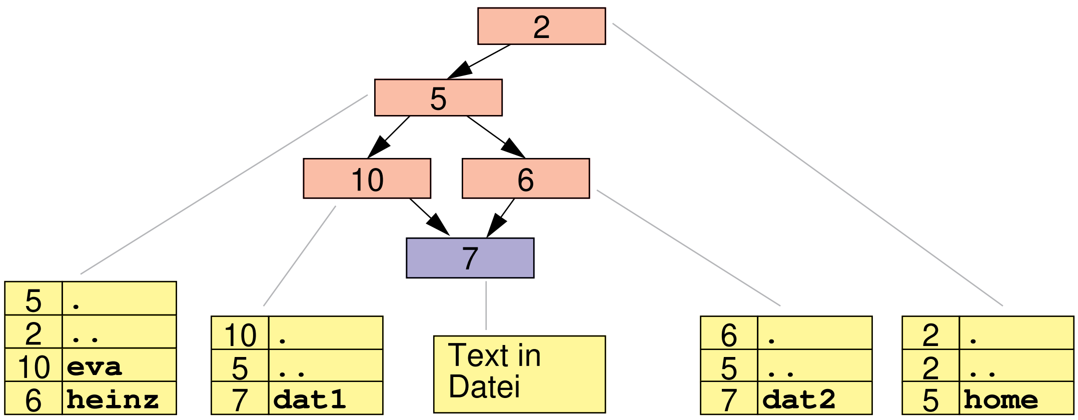
```
struct dirent {
    __ino_t d_ino;
    __off_t d_off;
    unsigned short int d_reclen;
    unsigned char d_type;
    char d_name[256];
};
```

3 Programmierschnittstelle für Dateien

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

4 Inodes

- Attribute (Zugriffsrechte, Eigentümer, etc.) einer Datei und Ortsinformation über ihren Inhalt werden in **Inodes** gehalten
  - Inodes werden pro Partition numeriert *(Inode number)*
- Kataloge enthalten lediglich Paare von Namen und Inode-Nummern
  - Kataloge bilden einen hierarchischen Namensraum über einem eigentlich flachen Namensraum (durchnumerierte Dateien)



4 Inodes (2)

- Inhalt eines Inode
  - 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

5 Inodes — Programmierschnittstelle: stat / lstat

- liefert Datei-Attribute 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);
```


K letzte Infos / Organisatorisches

- ab 30.06 bis 19.07 nur noch Übungsbetrieb (2 Std Tafelüb. + mind. 2 Std. Rechnerüb.) zur Besprechung und Bearbeitung der Aufgaben 6 und 7
- alte Klausuren über Web-Seite verfügbar
- Klausurtermin
  - ➤ Freitag, 25.07.2008 (für alle Studiengänge)
  - ➤ Uhrzeit steht noch nicht fest (→ Webseite)
  - ➤ Prüfung im Oktober in begründeten Ausnahmefällen möglich
- Fragestunden am Anfang der Klausurwoche
  - ➤ vorraussichtlich am Dienstag 22.07.
  - ➤ Uhrzeit steht noch nicht fest (→ Webseite)
- Klausurvorbereitung außerdem in der letzten Übungswoche
- weitere Details und Termine auf den Webseiten zur Vorlesung