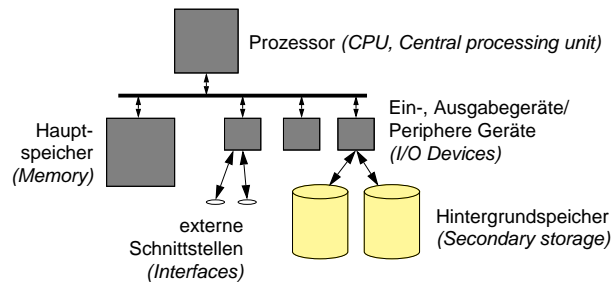


I Dateisysteme

I Dateisysteme

I.1 Allgemeine Konzepte

■ Einordnung



SPIC

Systemnahe Programmierung in C
© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2010

I-Dir.Im 2010-06-23 18.30

I.1

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

I.2 Allgemeine Konzepte (2)

I.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*)

SPIC

Systemnahe Programmierung in C
© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2010

I-Dir.Im 2010-06-23 18.30

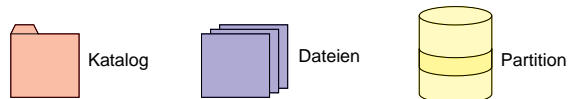
I.2

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

I.2 Allgemeine Konzepte (3)

I.2 Allgemeine Konzepte (2)

- 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.



SPIC

Systemnahe Programmierung in C
© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2010

I-Dir.Im 2010-06-23 18.30

I.3

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

I.3 Ein-/Ausgabe in C-Programmen

I.3 Ein-/Ausgabe in C-Programmen

1 Überblick

- E-/A-Funktionalität nicht Teil der Programmiersprache
- Realisierung 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

SPIC

Systemnahe Programmierung in C
© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2010

I-Dir.Im 2010-06-23 18.30

I.4

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

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);
```

<code>name</code>	Pfadname der zu öffnenden Datei
<code>mode</code>	Art, wie die Datei geöffnet werden soll
<code>"r"</code>	zum Lesen
<code>"w"</code>	zum Schreiben
<code>"a"</code>	append: Öffnen zum Schreiben am Dateiende
<code>"rw"</code>	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>

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

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

    if ((eingabe = fopen(dateiname, "r")) == NULL) {
        /* eingabe konnte nicht geöffnet 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( )
```

- 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

- ◆ von einem Dateikanal

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

- 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` übergebene Zeichen
- geben gleichzeitig das geschriebene Zeichen als Ergebnis zurück

4 Zeichenweise Lesen und Schreiben (2)

I.3 Ein-/Ausgabe in C-Programmen

■ Beispiel: copy-Programm

```
#include <stdio.h>
int main() {
    FILE *quelle;
    FILE *ziel;
    char quelldatei[256], zieldatei[256];
    int c;

    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 */
    }

    /* ... */
}
```

Teil 1: Dateien öffnen

SPIC

Systemnahe Programmierung in C
© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2010

I-Dir.Im 2010-06-23 18.30

I.9

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

4 Zeichenweise Lesen und Schreiben (3)

I.3 Ein-/Ausgabe in C-Programmen

... Beispiel: copy-Programm — Fortsetzung

```
/* ... */
while ( (c = getc(quelle)) != EOF ) {
    putc(c, ziel);
}

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

Teil 2: kopieren

SPIC

Systemnahe Programmierung in C
© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2010

I-Dir.Im 2010-06-23 18.30

I.10

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

5 Formatierte Ausgabe — Funktionen

I.3 Ein-/Ausgabe in C-Programmen

■ 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)

SPIC

Systemnahe Programmierung in C
© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2010

I-Dir.Im 2010-06-23 18.30

I.11

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

5 Formatierte Ausgabe — Formatangaben

I.3 Ein-/Ausgabe in C-Programmen

■ 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

SPIC

Systemnahe Programmierung in C
© Jürgen Kleinöder • Universität Erlangen-Nürnberg • Informatik 4, 2010

I-Dir.Im 2010-06-23 18.30

I.12

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

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
- Detail siehe Manual-Seite (`man scanf`)

I.4 Dateisystem am Beispiel Linux/UNIX

■ Datei

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

■ Katalog

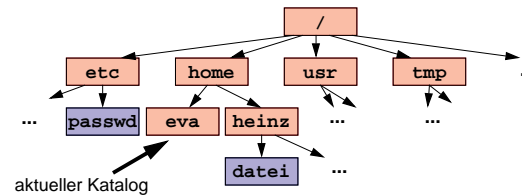
- ◆ baumförmig strukturiert
 - Knoten des Baums sind Kataloge
 - Blätter des Baums sind Verweise auf Dateien
- ◆ jedem UNIX-Prozess ist zu jeder Zeit ein aktueller Katalog (*Current working directory*) zugeordnet

■ 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

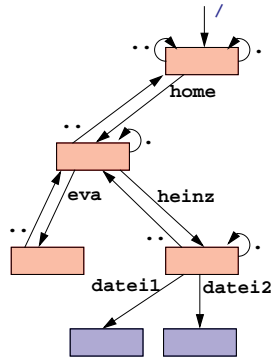


■ Pfade

- ◆ 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 (*Links*) 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 );
```

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 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

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

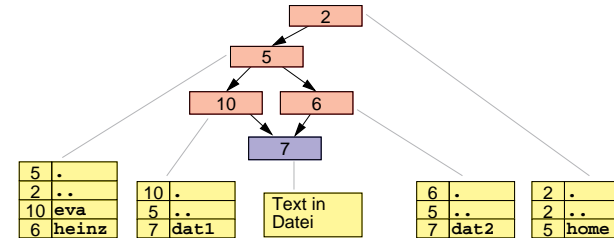
- siehe C-Ein/Ausgabe (Schnittstelle der C-Bibliothek)
- C-Funktionen (fopen, printf, scanf, getchar, fputs, fclose, ...) verbergen die "eigentliche" Systemschnittstelle und bieten mehr "Komfort"
 - Systemschnittstelle: open, close, read, write

4 Inodes (2)

- Inhalt eines Inode
 - Dateityp: Katalog, 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)
 - Adressen der Datenblöcke des Datei- oder Kataloginhalts

4 Inodes

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



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);
```