

Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC) – Sommersemester 2019

Übung 9

Benedict Herzog
Bernhard Heinloth

Lehrstuhl für Informatik 4
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg



Lehrstuhl für Verteilte Systeme
und Betriebssysteme



Dateien & Dateikanäle

Vorstellung Aufgabe 5

Dateikanäle



- Ein- und Ausgaben erfolgen über gepufferte Dateikanäle
- `FILE *fopen(const char *path, const char *mode);`
 - öffnet eine Datei zum Lesen oder Schreiben (je nach mode)
 - liefert einen Zeiger auf den erzeugten Dateikanal

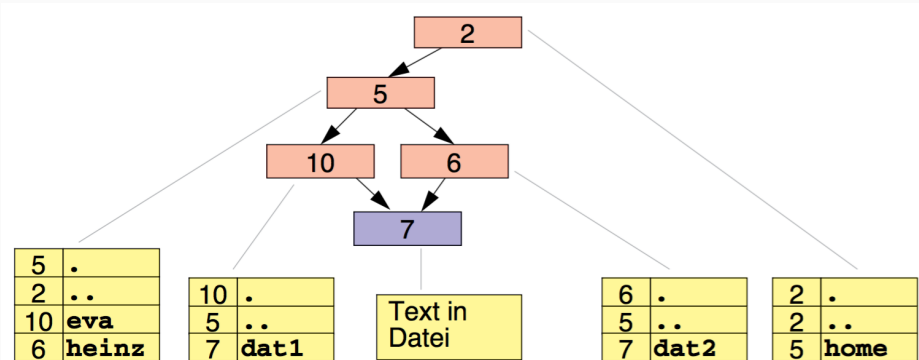
r Lesen
r+ Lesen & Schreiben
w Schreiben; Datei wird ggf. erstellt oder Inhalt ersetzt
w+ Lesen & Schreiben; Datei wird ggf. erstellt oder Inhalt ersetzt
a Schreiben am Ende der Datei; Datei wird ggf. erstellt
a+ Schreiben am Ende der Datei; Lesen am Anfang; Datei wird ggf. erstellt
- `int fclose(FILE *fp);`
 - schreibt ggf. gepufferte Ausgabedaten des Dateikanals
 - schließt anschließend die Datei



- standardmäßig geöffnete Dateikanäle
 - `stdin` Eingaben
 - `stdout` Ausgaben
 - `stderr` Fehlermeldungen
- `int fgetc(FILE *stream);`
 - liest ein einzelnes Zeichen aus der Datei
- `char *fgets(char *s, int size, FILE *stream);`
 - liest max. size Zeichen in einen Buffer ein
 - stoppt bei Zeilenumbruch und EOF
- `int fputc(int c, FILE *stream);`
 - schreibt ein einzelnes Zeichen in die Datei
- `int fputs(const char *s, FILE *stream);`
 - schreibt einen null-terminierten String (ohne das Null-Zeichen)

POSIX Verzeichnisschnittstelle

2



inode enthält Dateiattribute & Verweise auf Datenblöcke

Verzeichnis spezielle Datei mit Paaren aus Namen & inode-Nummer

- `DIR *opendir(const char *name);`
 - öffnet ein Verzeichnis
 - liefert einen Zeiger auf den Verzeichniskanal
- `struct dirent *readdir(DIR *dirp);`
 - liest einen Eintrag aus dem Verzeichniskanal und gibt einen Zeiger auf die Datenstruktur `struct dirent` zurück
- `int closedir(DIR *dirp);`
 - schließt den Verzeichniskanal

3

4



```

01 struct dirent {
02     ino_t      d_ino;          // inode number
03     off_t      d_off;         // not an offset; see NOTES
04     unsigned short d_reclen;  // length of this record
05     unsigned char d_type;     // type of file; not supported
06                                     // by all filesystem types
07     char       d_name[256];   // filename
08 };

```

- entnommen aus Manpage readdir(3)
- nur d_name und d_ino Teil des POSIX-Standards
- relevant für uns: Dateiname (d_name)

5

- Fehlerprüfung durch Setzen und Prüfen der errno:

```

01 #include <errno.h>
02 // [...]
03
04 struct dirent *ent;
05 while(1) {
06     errno = 0;
07     ent = readdir(...);
08     if(ent == NULL) {
09         break;
10     }
11
12     // keine weiteren break-Statements in der Schleife
13     // [...]
14 }
15
16 // EOF oder Fehler?
17 if(errno != 0) { // Fehler
18     // [...]
19 }

```

6



- Funktionsweise:
 1. Auswertung des ersten Ausdrucks (Verwerfen dieses Ergebnisses)
 2. Auswertung des zweiten Ausdrucks (Rückgabe dieses Ergebnisses)

```
01 int c = (add(3,2), sub(3,2));
```

- Geeignet für Initialisierungen vor Überprüfung der Schleifenbedingung

⇒ cli()/sei()

```

01 while(cli(), event != 0) {
02     sleep_enable();
03     sei();
04     sleep_cpu();
05     ...
06 }

```

- Elegant, aber keine Notwendigkeit!

7

- Fehlerprüfung durch Setzen und Prüfen der errno:

```

01 #include <errno.h>
02 // [...]
03
04 struct dirent *ent;
05 while(1) {
06     errno = 0;
07     ent = readdir(...);
08     if(ent == NULL) {
09         break;
10     }
11
12     // keine weiteren break-Statements in der Schleife
13     // [...]
14 }
15
16 // EOF oder Fehler?
17 if(errno != 0) { // Fehler
18     // [...]
19 }

```

8



- Fehlerprüfung durch Setzen und Prüfen der errno:

```

01 #include <errno.h>
02 // [...]
03
04 struct dirent *ent;
05 while(errno=0, (ent=readdir()) != NULL) {
06     // keine weiteren break-Statements in der Schleife
07     // [...]
08 }
09
10 // EOF oder Fehler?
11 if(errno != 0) { // Fehler
12     // [...]
13 }

```

- readdir(3) liefert **nur Name und inode-Nummer** eines Verzeichniseintrags
- Weitere Attribute stehen im **inode**
- `int stat(const char *path, struct stat *buf);`
 - Abfragen der Attribute eines Eintrags (folgt symlinks)
- `int lstat(const char *path, struct stat *buf);`
 - Abfragen der Attribute eines Eintrags (folgt symlinks nicht)

8

9

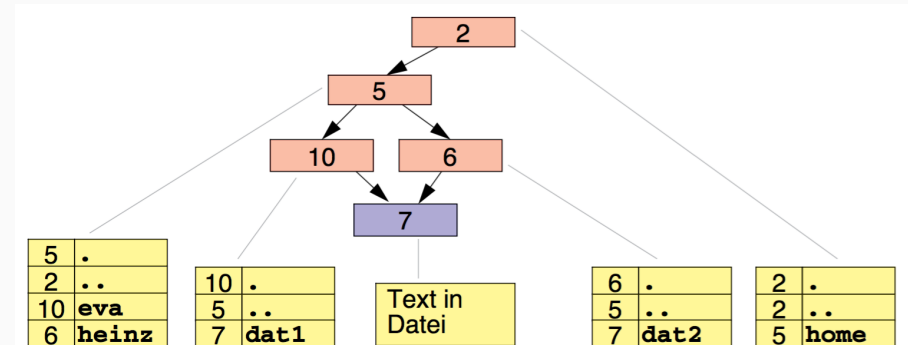
Das struct stat



Beispiel



- Inhalte des inode sind u.a.:
 - Geräte- und inode-Nummer
 - Eigentümer und Gruppenzugehörigkeit
 - Dateityp und -rechte
 - Dateigröße
 - Zeitstempel (letzte(r) Veränderung, Zugriff, ...)
 - ...
- Der Dateityp ist im Feld `st_mode` codiert
 - reguläre Datei, Ordner, symbolischer Verweis (*symbolic link*), ...
 - Zur einfacheren Auswertung
 - `S_ISREG(m)` - is it a regular file?
 - `S_ISDIR(m)` - directory?
 - `S_ISCHR(m)` - character device?
 - `S_ISLNK(m)` - symbolic link?



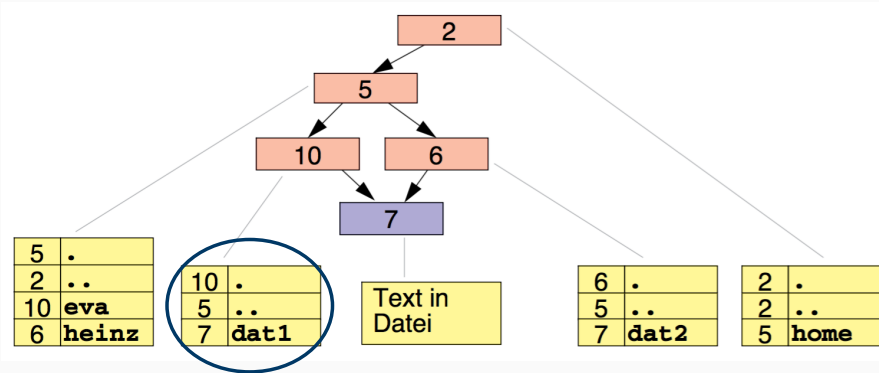
```

01 $> find /
02 /home
03 /home/eva
04 /home/eva/dat1
05 /home/heinz
06 /home/heinz/dat2

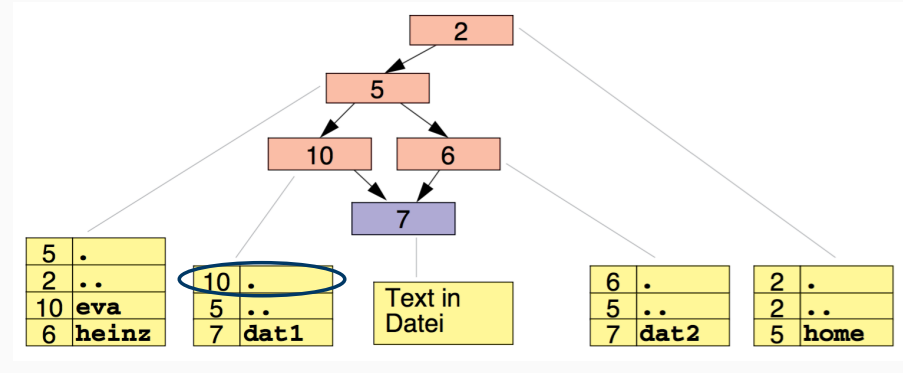
```

10

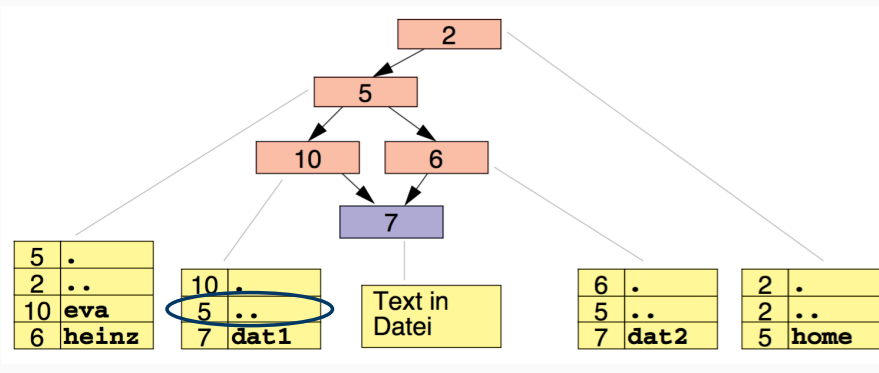
11



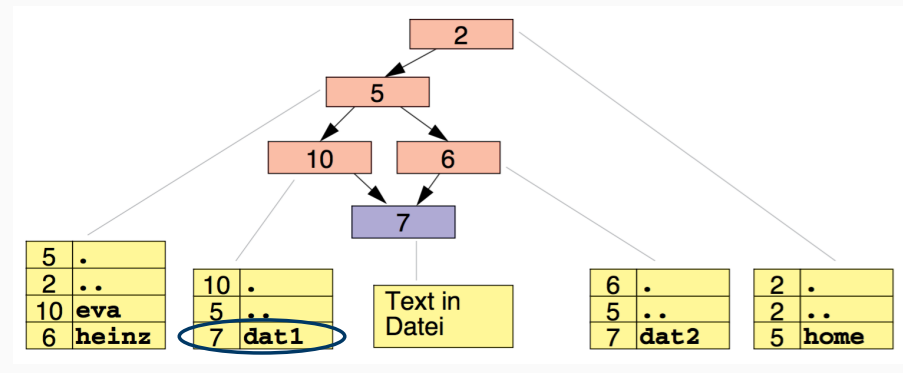
```
01 DIR *dir = opendir("/home/eva/");
02 if(dir == NULL) {
03     perror("opendir");
04     exit(EXIT_FAILURE);
05 }
```



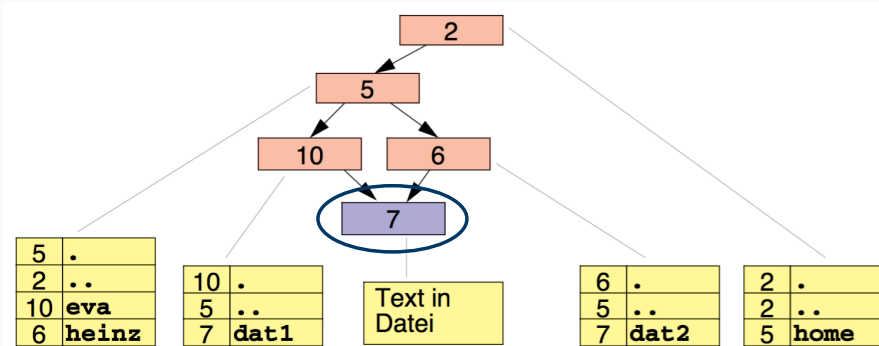
```
01 struct dirent *ent;
02 while(errno = 0, (ent = readdir(dir)) != NULL) {
03     //...
04 }
05
06 if(errno != 0) {
07     perror("readdir"); exit(EXIT_FAILURE);
08 }
```



```
01 struct dirent *ent;
02 while(errno = 0, (ent = readdir(dir)) != NULL) {
03     //...
04 }
05
06 if(errno != 0) {
07     perror("readdir"); exit(EXIT_FAILURE);
08 }
```



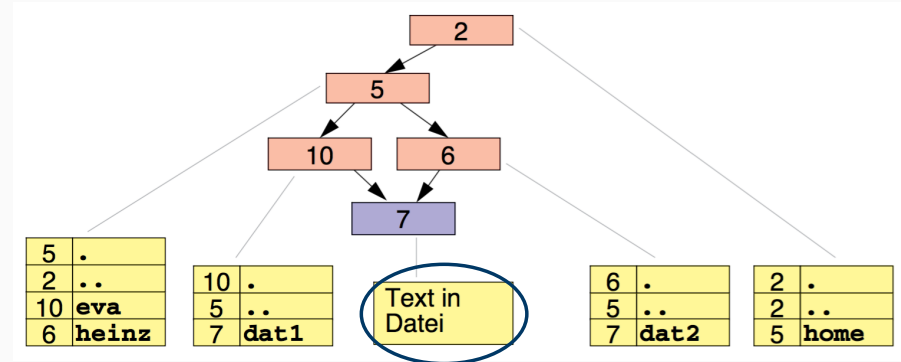
```
01 struct dirent *ent;
02 while(errno = 0, (ent = readdir(dir)) != NULL) {
03     //...
04 }
05
06 if(errno != 0) {
07     perror("readdir"); exit(EXIT_FAILURE);
08 }
```



```

01 char path[len];
02 strcpy(path, "/home/eva/");
03 strcat(path, ent->d_name); // d_name = "dat1"
04
05 struct stat buf;
06 if(lstat(path, &buf) == -1) {
07     perror("lstat"); exit(EXIT_FAILURE);
08 }
  
```

11



```

01 FILE *file = fopen(path);
02 if(file == NULL) {
03     perror("fopen");
04     exit(EXIT_FAILURE);
05 }
  
```

11

Diskussion Fehlerbehandlung stdout (1)



Diskussion Fehlerbehandlung stdout (1)



Minimale Implementierung von cat:

```

01 FILE *f = fopen(path, "r");
02 if(f == NULL) die("fopen");
03
04 char buf[1024];
05 while(fgets(buf, 1024, file) != NULL) {
06     printf("%s", buf);
07 }
08
09 if(ferror(file) != 0) die("fgets");
10 if(fclose(file) != 0) die("fclose");
  
```

```

01 $> tail -n 1 num.dat
02 499999
03 $> ./cat num.dat && echo "Success" || echo "Failed"
04 1
05 2
06 [...]
07 499999
08 Success
  
```

12

Minimale Implementierung von cat:

```

01 FILE *f = fopen(path, "r");
02 if(f == NULL) die("fopen");
03
04 char buf[1024];
05 while(fgets(buf, 1024, file) != NULL) {
06     printf("%s", buf);
07 }
08
09 if(ferror(file) != 0) die("fgets");
10 if(fclose(file) != 0) die("fclose");
  
```

```

01 $> ./cat num.dat > dir/file && echo "Success" || echo "Failed"
02 Success
03 $> tail -n 1 dir/file
04 35984
  
```

- Warum wird nicht die ganze Datei geschrieben?
- Warum wird kein Fehler ausgegeben?

12



```

01 $> ls -lh num.dat
02 -rw-rw-r-- user group 3,3M Jan 01 00:00 num.dat
03
04 $> ls -lh dir/file
05 -rw-rw-r-- user group 200K Jan 01 00:00 tmp/file
06
07 $> df dir/
08 Filesystem      Size  Used Avail Use% Mounted on
09 tmpfs           200K  200K   0 100% /home/user/dir

```

- stdout kann in eine Datei umgeleitet werden
- Das Schreiben in eine Datei kann fehlschlagen
 - Kein Speicherplatz mehr
 - Fehlende Schreibberechtigung
 - Festplatte kaputt
- Fehlerbehandlung für *wichtige* Ausgaben
 - Was ist wichtig?
 - Fehlerbehandlung für `printf()` schwierig
- Für den Übungsbetrieb: Keine Fehlerbehandlung für stdout

13

- make: Build-Management-Tool
- baut automatisiert ein Programm aus den Quelldateien
- baut nur die Teile des Programms neu, die geändert wurden

```

01 CFLAGS = -pedantic -Wall -Werror -O3 -std=c11 -D_XOPEN_SOURCE=700
02
03 trac.o: trac.c
04     gcc $(CFLAGS) -c -o trac.o trac.c
05
06 trac: trac.o
07     gcc $(CFLAGS) -o trac trac.o

```

- Objektdatei `trac.o` wird aus Quelldatei `trac.c` gebaut (Compiler)
- Binary `trac` wird aus Objektdatei `trac.o` gebaut (Linker)

14



The screenshot shows the SPiC-IDE interface. On the left, a project tree shows folders for 'aufgabe1' through 'aufgabe6', 'Makefile', 'trac', 'trac.c', 'korrektur', and 'pub'. The main window displays the 'Makefile' for 'trac.c' with the following content:

```

1 CFLAGS = -std=c11 -pedantic -D_XOPEN_SOURCE=700 -Wall -Werror -O3
2

```

Below the Makefile, the 'Atom Shell Commands' section shows the execution of the 'make' command:

```

make -B trac
cc -std=c11 -pedantic -D_XOPEN_SOURCE=700 -Wall -Werror -O3 trac.c -o trac
[Finished in 0.14 seconds]

```

The terminal window at the bottom shows the user's commands and the output of the 'make' command:

```

jy52coty@fau10sr0:/proj/14spic/jy52coty$ cd aufgabe6
jy52coty@fau10sr0:/proj/14spic/jy52coty/aufgabe6$ ls
Makefile trac.c
jy52coty@fau10sr0:/proj/14spic/jy52coty/aufgabe6$ make trac
cc -std=c11 -pedantic -D_XOPEN_SOURCE=700 -Wall -Werror -O3 trac.c -o trac
jy52coty@fau10sr0:/proj/14spic/jy52coty/aufgabe6$ ls
Makefile trac trac.c
jy52coty@fau10sr0:/proj/14spic/jy52coty/aufgabe6$

```

- SPiC-IDE erkennt Makefiles (Make Button)
 - ⇒ alternativ: `make <binary>`
- make hat eingebaute Regeln (ausreichend für SPiC)
 - ⇒ nur Angabe der Compilerflags (CFLAGS) nötig

15

Aufgabe: printdir



- Iteration über alle via Parameter übergebene Verzeichnisse
- Ausgabe aller darin enthaltenen Einträge mit Größe und Name
- Anzeige der Anzahl von regulären Dateien und deren Gesamtgröße (pro Verzeichnis)
- Relevante Funktionen:
 - opendir(3)
 - readdir(3)
 - stat(2)
 - Stringfunktionen
- Fehlerbehandlung:
 - Aussagekräftige Fehlermeldungen
 - Jede falsche Benutzereingabe abfangen
 ⇒ den (böartigen) DAU annehmen ☺

16

Hands-on: simple grep

Hands-on: simple grep (1)



```
01 # Usage: ./sgrep <text> <files...>
02 $ ./sgrep "SPiC" klausur.tex aufgabe.tex
03 Klausur im Fach SPiC
04 SPiC Aufgabe
05 SPiC ist cool
```

- Einfache Variante des Kommandozeilentools grep(1)
- Durchsucht mehrere Dateien nach einer Zeichenkette
- Ablauf:
 - Dateien zeilenweise einlesen
 - Zeile nach Zeichenkette durchsuchen
 - Zeile ggf. auf stdout ausgeben
- Sinnvolle Fehlerbehandlung beachten
 - Fehlende Dateien melden und überspringen
 - Fehlermeldungen auf stderr ausgeben

17

Hands-on: simple grep (2)



- Hilfreiche Funktionen:
 - fopen(3) ⇒ Öffnen einer Datei
 - fgets(3) ⇒ Einlesen einer Zeile
 - fputs(3) ⇒ Ausgeben einer Zeile
 - fclose(3) ⇒ Schließen einer Datei
 - strstr(3) ⇒ Suche eines Teilstrings

```
01 char *strstr(const char *haystack, const char *needle);
```

```
01 # Usage: ./sgrep [-i] <text> <files...>
02 $ ./sgrep -i "spic" klausur.tex aufgabe.tex
03 klausur.tex:13: Klausur im Fach SPiC
04 aufgabe.tex:32: SPiC Aufgabe
05 aufgabe.tex:56: SPiC ist cool
```

- Erweiterung
 - strstr(3) selbst implementieren
 - Ausgabe von Dateinamen/Zeilennummer vor jeder Zeile
 - Ignorieren der Groß-/Kleinschreibung mit Option -i

18