Übungen zu Systemnahe Programmierung in C (SPiC) – Sommersemester 2025

Übung 10

Maxim Ritter von Onciul
Eva Dengler

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

Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Technische Fakultät

Prüfungsanmeldung GSPiC

- Anmeldung ab jetzt per Mail an `i4spic-orga@lists.cs.fau.de` möglich
- In die Mail bitte folgenden Inhalt:
  - Vorname, Nachname
  - Matrikelnummer
  - Studiengang
- Wir melden euch dann an
- Deadline: 14.07.2025

Vorstellung Aufgabe 5

Dateien & Dateikanäle

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

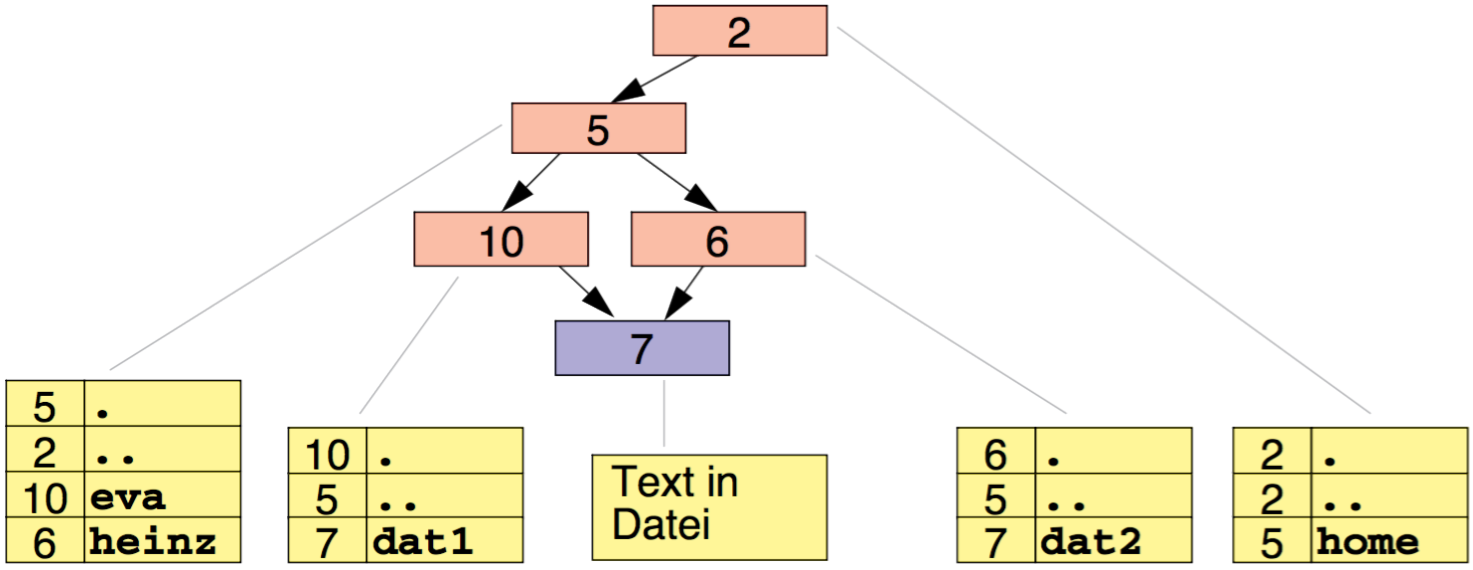
Ein-/Ausgaben

- 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)

Dateisystem: Dateien, Verzeichnisse und inodes



inode: Enthält Dateiattribute & Verweise auf Datenblöcke

Datei: Block mit beliebigen Daten

Verzeichnis: Spezielle Datei mit Paaren aus Namen & inode-Nummer

opendir, closedir, readdir

- `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

struct dirent

```
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`)

Fehlerbehandlung bei `readdir(3)`

- Fehlerprüfung durch Setzen und Prüfen der `errno`:

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

Datei-Attribute ermitteln: `stat(2)`

- `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)

Das `struct stat`

- 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

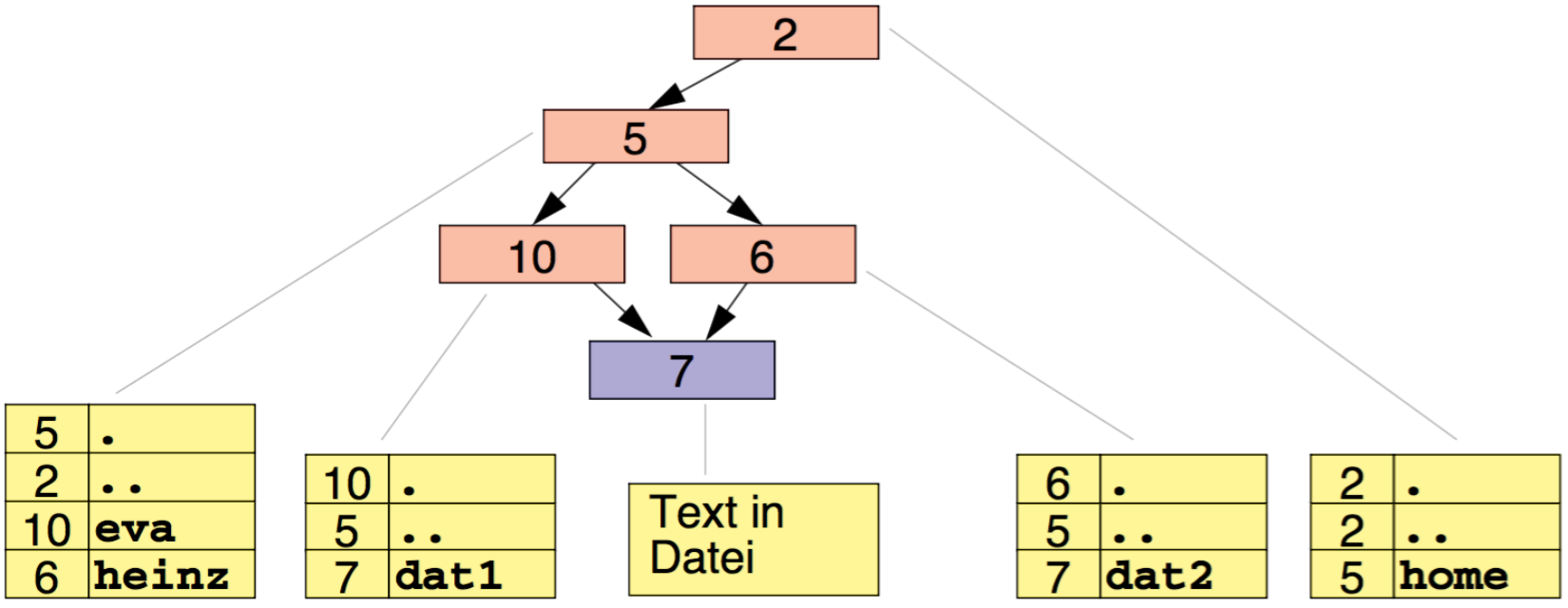
    `S_ISREG(m)` - is it a regular file?

    `S_ISDIR(m)` - directory?

    `S_ISCHR(m)` - character device?

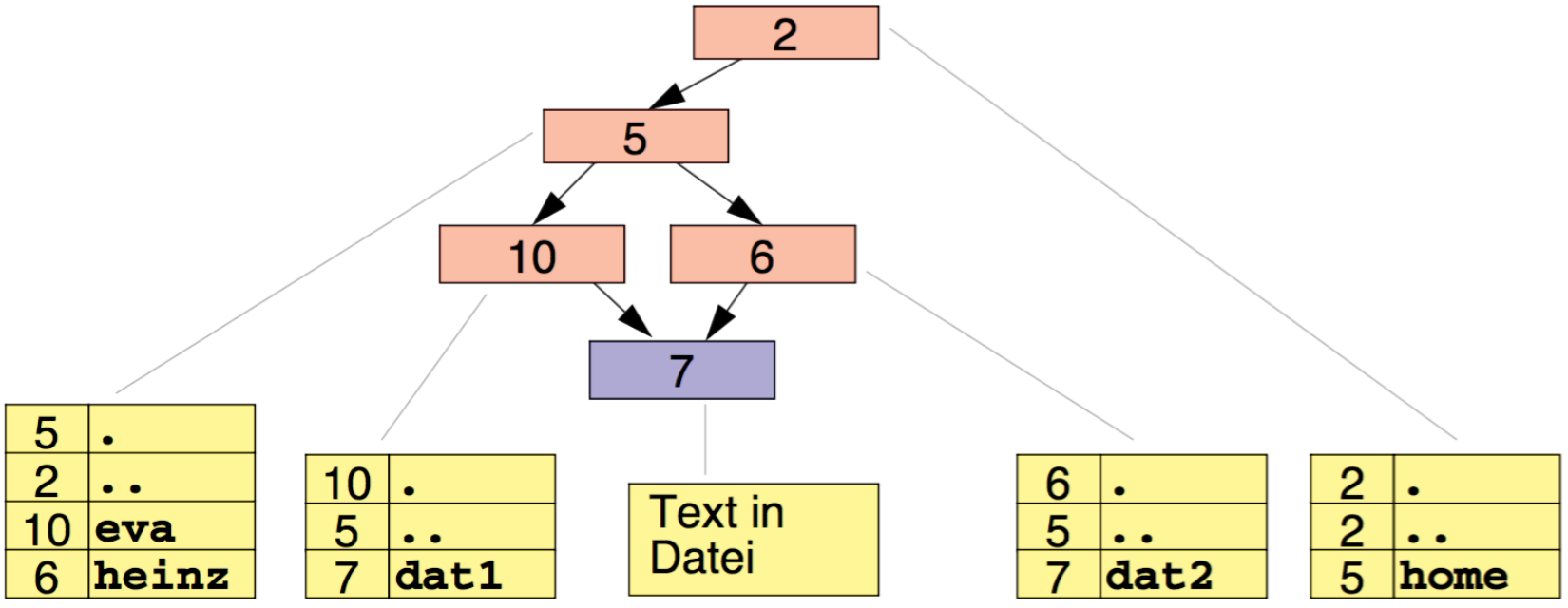
    `S_ISLNK(m)` - symbolic link?

Beispiel



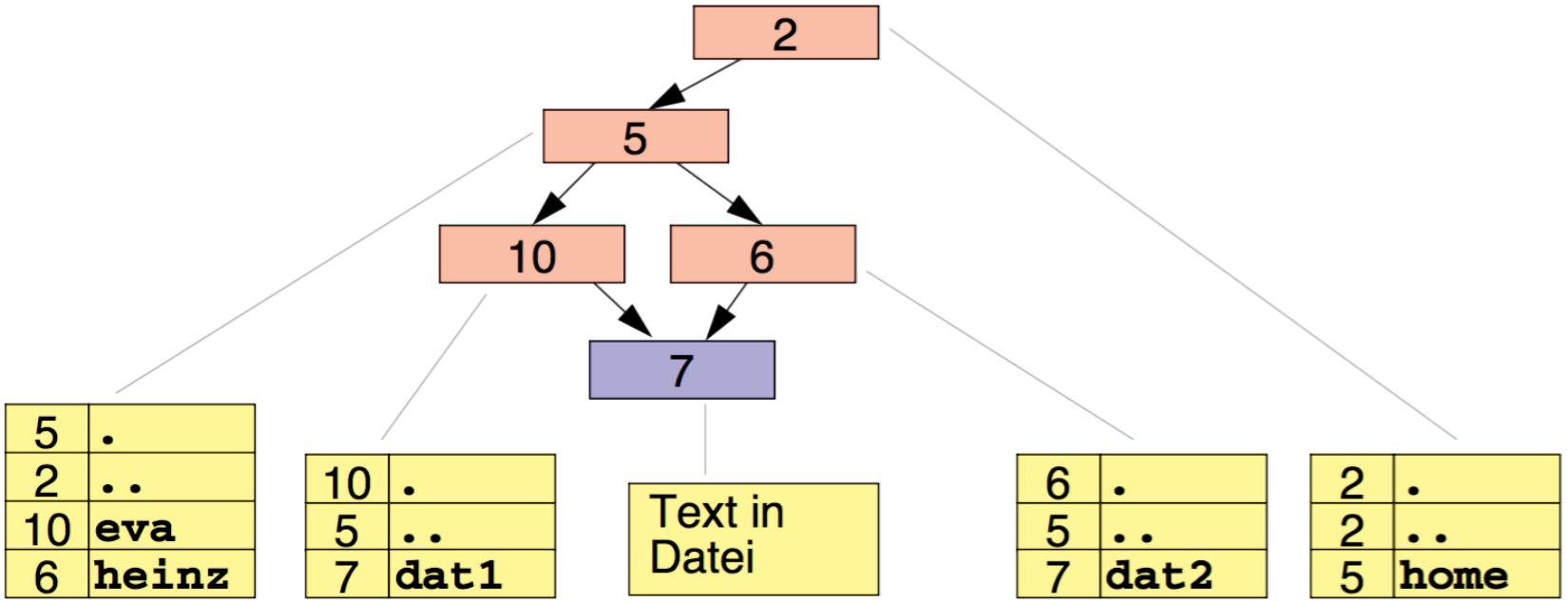

```
$> find /
/home
/home/eva
/home/eva/dat1
/home/heinz
/home/heinz/dat2
```

Beispiel



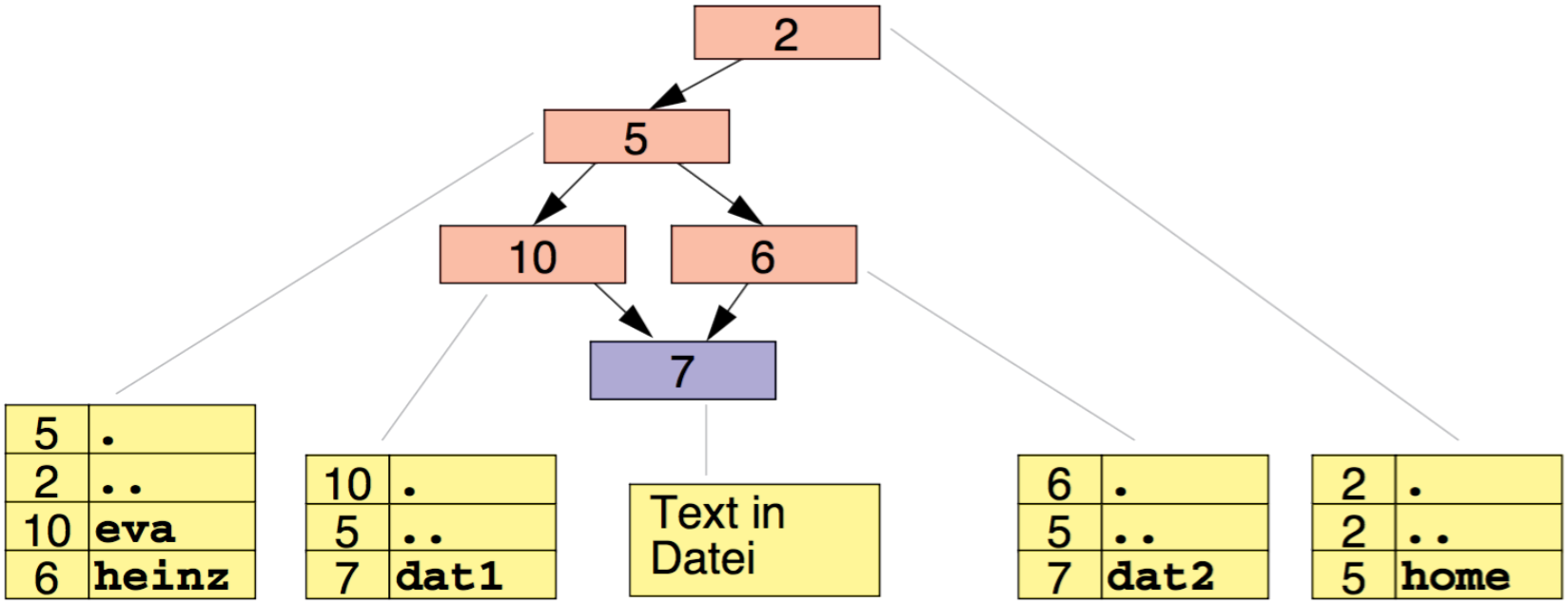

```
01 DIR *dir = opendir("/home/eva/");
02 if(dir == NULL) {
03     perror("opendir");
04     exit(EXIT_FAILURE);
05 }
```

Beispiel



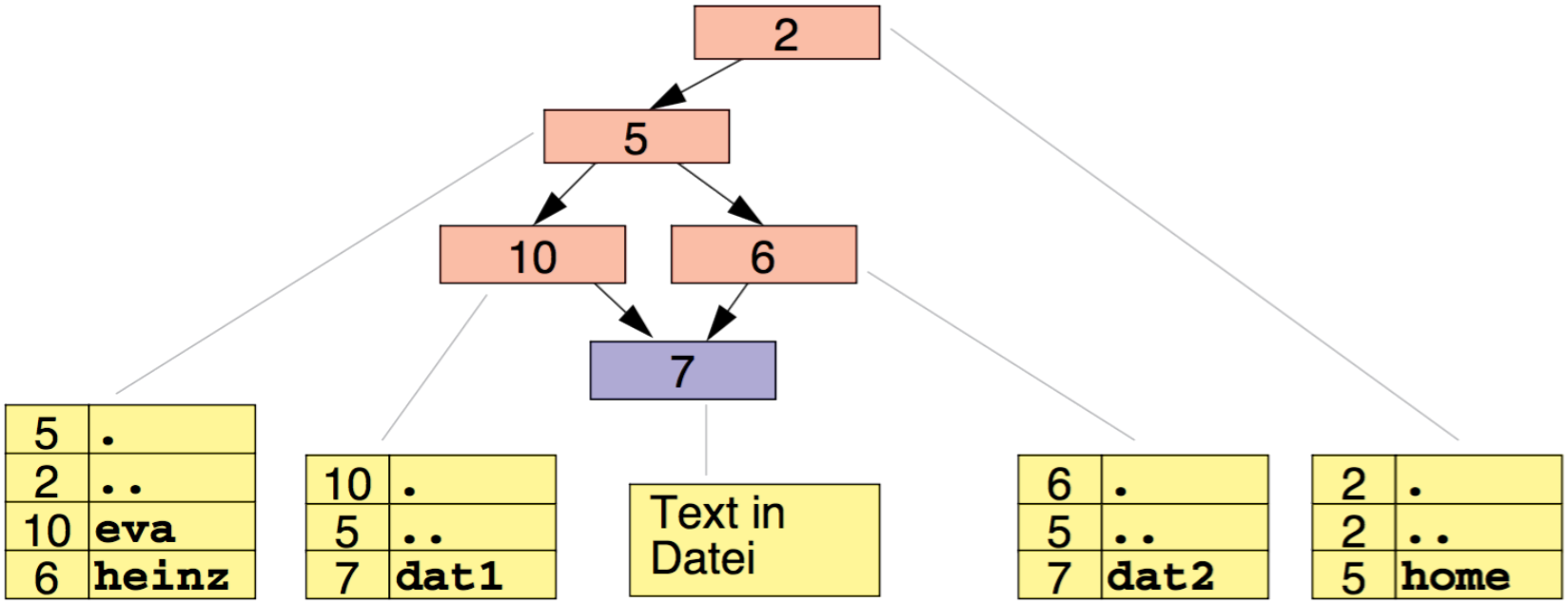

```
01 struct dirent *ent;
02 errno = 0;
03 while((ent = readdir(dir)) != NULL) {
04     //...
05     errno = 0;
06 }
07 if(errno != 0) { perror("readdir"); exit(EXIT_FAILURE); }
```

Beispiel




```
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 }
```

Beispiel




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

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, f) != NULL) {
06     printf("%s", buf);
07 }
08
09 if(ferror(f) != 0) die("fgets");
10 if(fclose(f) != 0) die("fclose");
```

```
01 $> find /
02 /home
03 /home/eva
04 /home/eva/dat1
05 /home/heinz
06 /home/heinz/dat2
07
08 Success
```

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, f) != NULL) {
06     printf("%s", buf);
07 }
08
09 if(ferror(f) != 0) die("fgets");
10 if(fclose(f) != 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?

Diskussion: Fehlerbehandlung `stdout` (2)

```
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(3)` schwierig
- Für den Übungsbetrieb: Keine Fehlerbehandlung für `printf(3)`

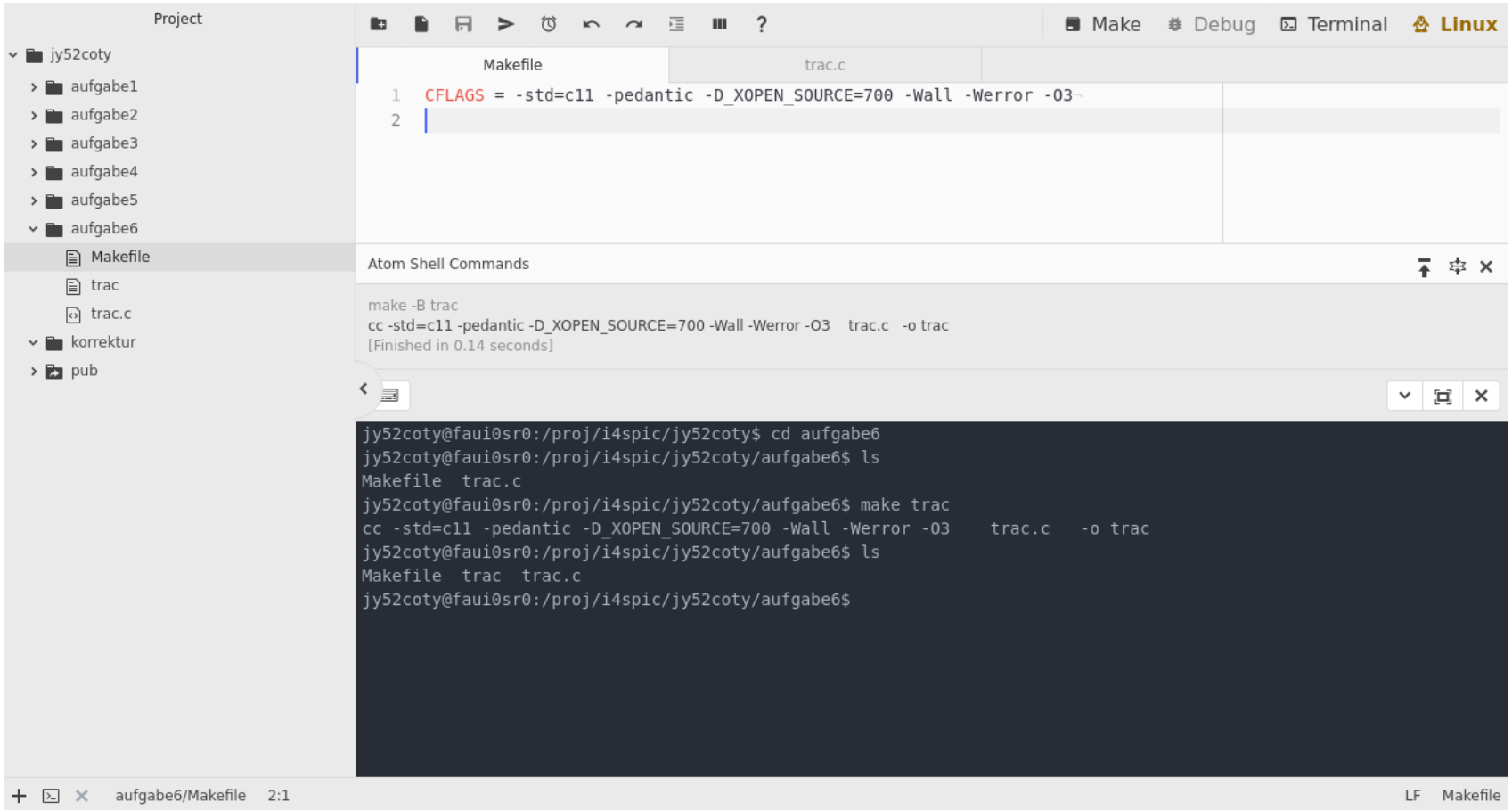
make

- 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)

make



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

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

  $\Rightarrow$ Den (bösartigen) DAU annehmen ☺

Hands-on: sgrep

Screencast: `https://www.video.uni-erlangen.de/clip/id/19103`

Hands-on: sgrep (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 mehrerere 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

Hands-on: sgrep (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`