

19.2 Strukturen als Funktionsparameter

- Strukturen können wie normale Variablen an Funktionen übergeben werden
 - ◆ Übergabesemantik: **call by value**
 - Funktion erhält eine Kopie der Struktur
 - auch wenn die Struktur ein Feld enthält, wird dieses komplett kopiert!
 - !!! Unterschied zur direkten Übergabe eines Feldes
- Strukturen können auch Ergebnis einer Funktion sein
 - Möglichkeit mehrere Werte im Rückgabeparameter zu transportieren
- Beispiel

```
struct komplex komp_add(struct komplex x, struct komplex y) {
    struct komplex ergebnis;
    ergebnis.re = x.re + y.re;
    ergebnis.im = x.im + y.im;
    return(ergebnis);
}
```

19.4 Zeiger auf Felder von Strukturen

- Ergebnis der Addition/Subtraktion abhängig von Zeigertyp!
- Beispiel

```
struct student gruppe8[35];
struct student *gp1, *gp2;

gp1 = gruppe8; /* gp1 zeigt auf erstes Element des Arrays */
printf("Nachname des ersten Studenten: %s", gp1->nachname);

gp2 = gp1 + 1; /* gp2 zeigt auf zweite Element des Arrays */
printf("Nachname des zweiten Studenten: %s", gp2->nachname);

printf("Byte-Differenz: %d", (char*)gp2 - (char*)gp1);
```

19.3 Felder von Strukturen

- Von Strukturen können — wie von normale Datentypen — Felder gebildet werden
- Beispiel


```
struct student gruppe8[35];
int i;
for (i=0; i<35; i++) {
    printf("Nachname %d. Stud.: ", i);
    scanf("%s", gruppe8[i].nachname);
    ...
    gruppe8[i].gruppe = 8;

    if (gruppe8[i].matrnr < 1500000) {
        gruppe8[i].best = 'y';
    } else {
        gruppe8[i].best = 'n';
    }
}
```

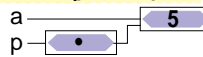
19.5 Zusammenfassung

- Variable

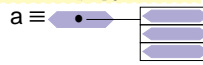

```
int a;
```


- Zeiger

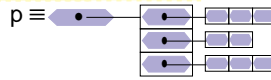

```
int *p = &a;
```


- Feld

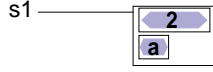

```
int a[3];
```


- Feld von Zeigern

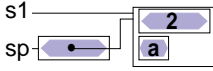

```
int *p[3];
```


- Struktur

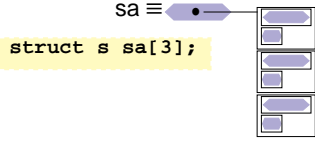

```
struct s{int a; char c;};
struct s s1 = {2, 'a'};
```


- Zeiger auf Struktur


```
struct s *sp = &s1;
```


- Feld von Strukturen


```
struct s sa[3];
```



Zeiger auf Funktionen

■ Datentyp: Zeiger auf Funktion

◆ Variablendef.: `<Rückgabebetyp> (*<Variablenname>)(<Parameter>);`

```
int (*fptr)(int, char*);

int test1(int a, char *s) { printf("1: %d %s\n", a, s); }
int test2(int a, char *s) { printf("2: %d %s\n", a, s); }

fptr = test1;

fptr(42, "hallo");

fptr = test2;

fptr(42, "hallo");
```

21.1 Standard Ein-/Ausgabe

■ Jedes C-Programm erhält beim Start automatisch 3 E-/A-Kanäle:

◆ `stdin` Standardeingabe

- normalerweise mit der Tastatur verbunden
- Dateiende (`EOF`) wird durch Eingabe von `CTRL-D` am Zeilenanfang signalisiert
- bei Programmaufruf in der Shell auf Datei umlenkbar
`prog <eingabedatei`
 (bei Erreichen des Dateiendes wird `EOF` signalisiert)

◆ `stdout` Standardausgabe

- normalerweise mit dem Bildschirm (bzw. dem Fenster, in dem das Programm gestartet wurde) verbunden
- bei Programmaufruf in der Shell auf Datei umlenkbar
`prog >ausgabedatei`

◆ `stderr` Ausgabekanal für Fehlermeldungen

- normalerweise ebenfalls mit Bildschirm verbunden

Ein-/Ausgabe

■ 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

21.1 Standard Ein-/Ausgabe (2)

■ Pipes

◆ die Standardausgabe eines Programms kann mit der Standardeingabe eines anderen Programms verbunden werden

- Aufruf
`prog1 | prog2`

! Die Umlenkung von Standard-E/A-Kanäle ist für die aufgerufenen Programme völlig unsichtbar

■ automatische Pufferung

◆ Eingabe von der Tastatur wird normalerweise vom Betriebssystem zeilenweise zwischengespeichert und erst bei einem `NEWLINE`-Zeichen (`'\n'`) an das Programm übergeben!

21.2 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`:

```
#include <stdio.h>
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

21.3 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

21.2 Öffnen und Schließen von Dateien (2)

- Beispiel:

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
    FILE *eingabe;

    if (argv[1] == NULL) {
        fprintf(stderr, "keine Eingabedatei angegeben\n");
        exit(1); /* Programm abbrechen */
    }

    if ((eingabe = fopen(argv[1], "r")) == NULL) {
        perror(argv[1]); /* Fehlermeldung ausgeben */
        exit(1); /* Programm abbrechen */
    }

    ... /* Programm kann jetzt von eingabe lesen */
}
```

- Schließen eines E/A-Kanals

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

- schließt E/A-Kanal `fp`

21.3 Zeichenweise Lesen und Schreiben (2)

- Beispiel: copy-Programm, Aufruf: `copy Quelldatei Zieldatei`

```
#include <stdio.h>
// Teil 1: Aufrufargumente auswerten

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

    if (argc < 3) { /* Fehlermeldung, Abbruch */ }

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

    if ((ziel = fopen(argv[2], "w")) == NULL) {
        /* Fehlermeldung, Abbruch */
    }

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

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

21.3 Zeilenweise Lesen und Schreiben

■ Lesen einer Zeile von der Standardeingabe

```
char *fgets(char *s, int n, FILE *fp)
```

- ▶ liest Zeichen von Dateikanal `fp` in das Feld `s` bis entweder `n-1` Zeichen gelesen wurden oder `'\n'` oder `EOF` gelesen wurde
- ▶ `s` wird mit `'\0'` abgeschlossen (`'\n'` wird nicht entfernt)
- ▶ gibt bei `EOF` oder Fehler `NULL` zurück, sonst `s`
- ▶ für `fp` kann `stdin` eingesetzt werden, um von der Standardeingabe zu lesen

■ Schreiben einer Zeile

```
int fputs(char *s, FILE *fp)
```

- ▶ schreibt die Zeichen im Feld `s` auf Dateikanal `fp`
- ▶ für `fp` kann auch `stdout` oder `stderr` eingesetzt werden
- ▶ als Ergebnis wird die Anzahl der geschriebenen Zeichen geliefert

21.4 Formatierte Ausgabe (2)

■ 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` Parameter wird als Fließkommazahl (z. B. 271.456789) ausgegeben
- `%e` `float` 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

21.4 Formatierte Ausgabe

■ 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 -> Pufferüberlauf möglich!)
- ▶ `snprintf` arbeitet analog, schreibt aber maximal nur `n` Zeichen (`n` sollte natürlich nicht größer als die Feldgröße sein)

21.5 Formatierte Eingabe

■ 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

21.5 Formatierte Eingabe (2)

- *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

21.6 Fehlerbehandlung

- Fast jeder Systemcall/Bibliotheksaufwurf kann fehlschlagen
 - ◆ Fehlerbehandlung unumgänglich!
- Vorgehensweise:
 - ◆ Rückgabewerte von Systemcalls/Bibliotheksaufrufen abfragen
 - ◆ Im Fehlerfall (meist durch Rückgabewert -1 angezeigt): Fehlercode steht in der globalen Variable `errno`
- Fehlermeldung kann mit der Funktion `perror` auf die Fehlerausgabe ausgegeben werden:

```
#include <errno.h>
void perror(const char *s);
```

21.5 Formatierte Eingabe (3)

<code>%d</code>	int
<code>%hd</code>	short
<code>%ld</code>	long int
<code>%lld</code>	long long int
<code>%f</code>	float
<code>%lf</code>	double
<code>%Lf</code>	long double
	analog auch <code>%e</code> oder <code>%g</code>
<code>%c</code>	char
<code>%s</code>	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"
```