10 Überblick über die 2. Übung

- Felder
- Strukturen
- Ein- /Ausgabe
- Fehlerbehandlung
- Dynamische Speicherverwaltung, Teil 2
- Portable Programme
- Literatur zur C-Programmierung:
  - P. A. Darnell, P. E. Margolis. *C: A Software Engineering Approach*. Springer Verlag, Februar 1996, ISBN: 0387946756

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

11 Felder

11.1 Eindimensionale Felder

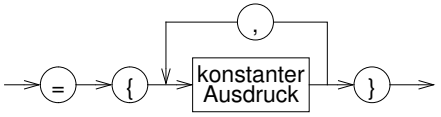
- eine Reihe von Daten desselben Typs kann zu einem **Feld** zusammengefaßt werden
- bei der Definition wird die Anzahl der Feldelemente angegeben, die Anzahl ist konstant!
- der Zugriff auf die Elemente erfolgt durch **Indizierung**, beginnend bei Null
- Definition eines Feldes

- Beispiele:

```
int x[5];
double f[20];
```


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

11.2 Initialisierung eines Feldes



- Ein Feld kann durch eine Liste von konstanten Ausdrücken, die durch Komma getrennt sind, initialisiert werden

```
int prim[4] = {2, 3, 5, 7};
char name[5] = {'O', 't', 't', 'o', '\0'};
```

- wird die explizite Felddimensionierung weggelassen, so bestimmt die Zahl der Initialisierungskonstanten die Feldgröße

```
int prim[] = {2, 3, 5, 7};
char name[] = {'O', 't', 't', 'o', '\0'};
```

- werden zu wenig Initialisierungskonstanten angegeben, so werden die restlichen Elemente mit 0 initialisiert

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

11.2 … Initialisierung eines Feldes (2)

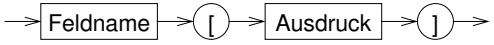
- Felder des Typs ***char*** können auch durch String-Konstanten initialisiert werden

```
char name1[5] = "Otto";
char name2[] = "Otto";
```


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

11.3 Zugriffe auf Feldelemente

- Indizierung:



wobei: 0 <= Wert(Ausdruck) < Feldgröße

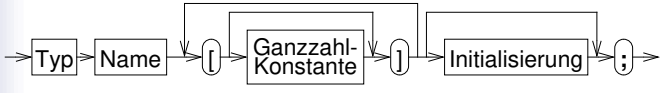
- Beispiele:

```
prim[0] == 2
prim[1] == 3
name[1] == 't'
name[4] == '\0'
```


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

11.4 Mehrdimensionale Felder

- neben eindimensionalen Felder kann man auch mehrdimensionale Felder vereinbaren
- Definition eines mehrdimensionalen Feldes



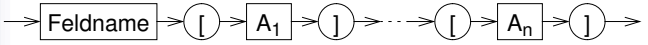
- Beispiel:

```
int matrix[4][4];
```


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

11.4.1 Zugriffe auf Feldelemente

- Indizierung:



wobei: 0 <= A_i < Größe der Dimension i des Feldes
n = Anzahl der Dimensionen des Feldes

- Beispiel:

```
int feld[5][8];
feld[2][3] = 10;
```

◆ ist äquivalent zu:

```
int feld[5][8];
int *f1;
f1 = (int*)feld;
f1[2*8 + 3] = 10;
```


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

11.4.2 Initialisierung eines mehrdimensionalen Feldes

- ein mehrdimensionales Feld kann - wie ein eindimensionales Feld - durch eine Liste von konstanten Werten, die durch Komma getrennt sind, initialisiert werden
- wird die explizite Felddimensionierung weggelassen, so bestimmt die Zahl der Initialisierungskonstanten die Größe des Feldes
- Beispiel:

```
int feld[3][4] = {
    { 1, 3, 5, 7}, /* feld[0][0-3] */
    { 2, 4, 6   } /* feld[1][0-2] */
};
```

`feld[1][3]` und `feld[2][0-3]` werden in dem Beispiel mit 0 initialisiert!

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

11.5 Eindimensionale Felder als Funktionsparameter

- ganze Felder können in C **nicht *by-value*** übergeben werden
- wird einer Funktion der Feldname als Parameter übergeben, kann sie in gleicher Weise wie der Aufrufer auf die Feldelemente zugreifen (und diese verändern!)
- bei der Deklaration des formalen Parameters wird die Feldgröße weggelassen
  - ➤ die Feldgröße ist automatisch durch den aktuellen Parameter gegeben
  - ➤ ggf. ist die Feldgröße über einen weiteren `int`-Parameter der Funktion explizit mitzuteilen
  - ➤ die Länge von Zeichenketten in `char`-Feldern kann normalerweise durch Suche nach dem `\0`-Zeichen bestimmt werden
- wird ein Feldparameter als `const` deklariert, können die Feldelemente innerhalb der Funktion nicht verändert werden

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

11.5.1 Beispiele

- Bestimmung der Länge einer Zeichenkette (*String*)

```
int strlen(const char string[])
{
    int i=0;
    while (string[i] != '\0') ++i;
    return(i);
}
```


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

11.5.1 Beispiele (2)

- Konkateniere Strings

```
void strcat(char to[], const char from[])
{
    int i=0, j=0;
    while (to[i] != '\0') i++;
    while ( (to[i++] = from[j++]) != '\0' )
        ;
}
```

- Funktionsaufruf mit Feld-Parametern
  - ➤ als aktueller Parameter beim Funktionsaufruf wird einfach der Feldname angegeben

```
char s1[50] = "text1";
char s2[] = "text2";
strcat(s1, s2);/* → s1= "text1text2" */
strcat(s1, "text3");/* → s1= "text1text2text3" */
```


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

11.6 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

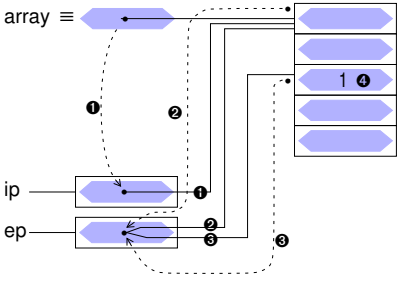
```
int array[5];

int *ip = array; ❶

int *ep;
ep = &array[0]; ❷

ep = &array[2]; ❸

*ep = 1; ❹
```

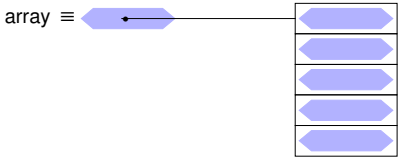


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

11.6 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];
```



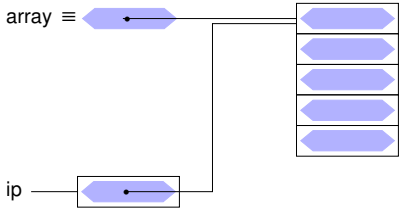
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

11.6 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];

int *ip = array; ❶
```



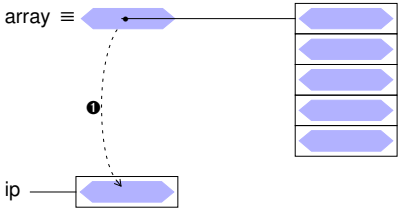
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

11.6 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];

int *ip = array; ❶
```



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

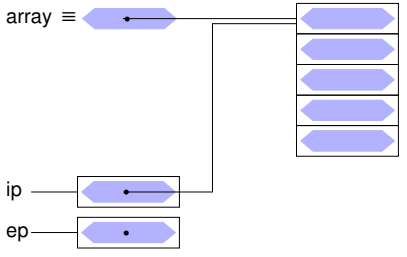
11.6 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
```



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

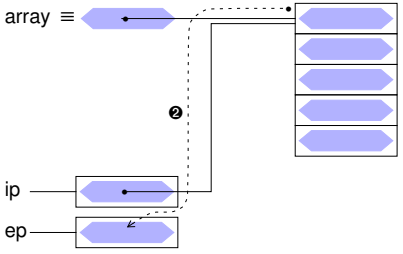
11.6 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
ep = &array[0]; ❷
```



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

11.6 Zeiger und Felder

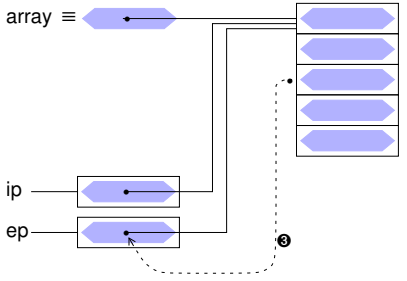
- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
ep = &array[0];

ep = &array[2]; ❸
```



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

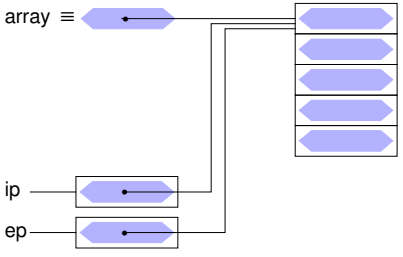
11.6 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
ep = &array[0]; ❷
```



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

11.6 Zeiger und Felder

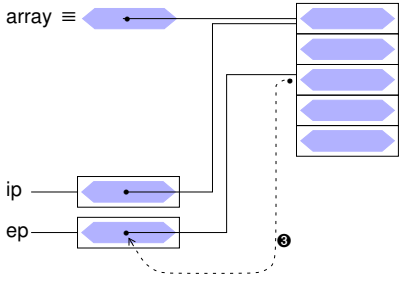
- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
ep = &array[0];

ep = &array[2]; ❸
```



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

11.6 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

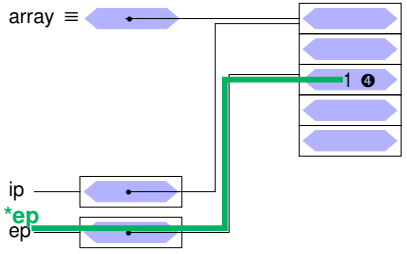
```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
ep = &array[0];

ep = &array[2];

*ep = 1; ❹
```

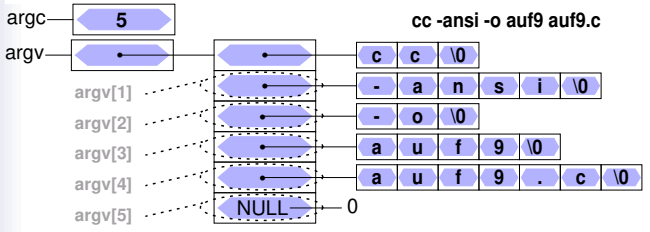


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

11.7 Kommandozeilenparameter

- das folgende Programmstück gibt alle Argumente der Kommandozeile aus (außer dem Kommandonamen)

```
int main (int argc, char *argv[]) {
    int i;
    for ( i=1; i<argc; i++) {
        printf("%s%c", argv[i],
            (i < argc-1) ? ' ':'\n' );
    }
    ...
```



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

11.6 Zeiger und Felder

- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

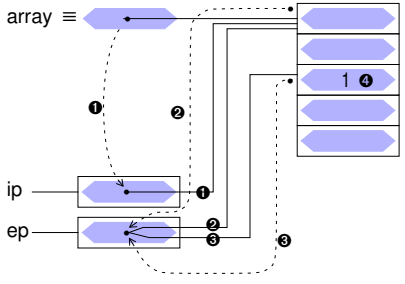
```
int array[5];

int *ip = array; ❶

int *ep;
ep = &array[0]; ❷

ep = &array[2]; ❸

*ep = 1; ❹
```



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

12 Strukturen

- Initialisierung
- Strukturen als Funktionsparameter
- Felder von Strukturen
- Zeiger auf Strukturen

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

12.1 Initialisieren von Strukturen

- Srukturen können — wie Variablen und Felder — bei der Definition initialisiert werden
- Beispiele

```
struct student stud1 = {
    "Meier", "Hans", "24.01.1970", 1533180, 5, 'n'
};

struct komplex c1 = {1.2, 0.8}, c2 = {0.5, 0.33};
```

!!! **Vorsicht**
bei Zugriffen auf eine Struktur werden die Komponenten durch die Komponentennamen identifiziert,
bei der Initialisierung jedoch nur durch die Postion

➥ potentielle Fehlerquelle bei Änderungen der Strukturtyp-Deklaration

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

12.2 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);
}
```


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

12.3 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';
    }
}
```


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

12.4 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);
```


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

12.5 Zusammenfassung

- Variable

```
int a;
```

a — 5

- Zeiger

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

a — 5
p — •

- Feld

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

a ≡ •

- Feld von Zeigern

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

p ≡ •

- Struktur

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

s1 — 2 | a

- Zeiger auf Struktur

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

s1 — 2 | a
sp — •

- Feld von Strukturen

sa ≡ •

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


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

13 Zeiger auf Funktionen

- Datentyp: Zeiger auf Funktion
  - Variablendef.: *<Rückgabetyp>* **(*** *<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");
```


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

14 Ein-/Ausgabe

- 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

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

14.1 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

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

14.1 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!

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

14.2 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

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

14.2 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) {
                /* eingabe konnte nicht geoeffnet werden */
                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**

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

14.3 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

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

14.3 Zeichenweise Lesen und Schreiben

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

Teil 1: Aufrufargumente auswerten

```
#include <stdio.h>

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);
}
```


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

14.4 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

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

14.5 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)

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

14.5 Formatierte Ausgabe

- 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

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

14.6 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

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

14.6 Formatierte Eingabe

%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**"

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

14.6 Formatierte Eingabe

- *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

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

15 Fehlerbehandlung

- Fast jeder Systemcall/Bibliotheksaufruf 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);
```


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

16 Dynamische Speicherverwaltung

- Erzeugen von Feldern der Länge n:
  - mittels: `void *malloc(size_t size)`

```
struct person *personen;
personen = (struct person *)malloc(sizeof(struct person)*n);
if(personen == NULL) ...
```

  - mittels: `void *calloc(size_t nelem, size_t elsize)`

```
struct person *personen;
personen = (struct person *)calloc(n, sizeof(struct person));
if(person == NULL) ...
```

  - `calloc` initialisiert den Speicher mit `0`
  - `malloc` initialisiert den Speicher nicht
  - explizite Initialisierung mit `void *memset(void *s, int c, size_t n)`

```
memset(personen, 0, sizeof(struct person)*n);
```


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

17 Portable Programme

- 1. Verwenden der standardisierten Programmiersprache ANSI-C
  - gcc-Aufrufoptionen

```
-ansi -pedantic
```

- 2. Verwenden einer standardisierten Betriebssystemschnittstelle, z.B. POSIX
  - gcc-Aufrufoption

```
-D_POSIX_SOURCE
```

  - oder `#define` im Programmtext

```
#define _POSIX_SOURCE
```

- Programm sollte sich mit folgenden gcc-Aufruf compilieren lassen

```
gcc -ansi -pedantic-errors -D_POSIX_SOURCE -Wall -Werror
```


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

16 Dynamische Speicherverwaltung

- Verlängern von Felder, die durch malloc bzw. realloc erzeugt wurden:

```
void *realloc(void *ptr, size_t size)
```

```
neu = (struct person *)realloc(personen,
                               (n+10) * sizeof(struct person));
if(neu == NULL) ...
```


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

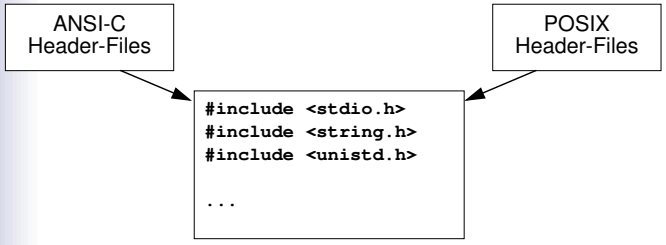
17.1 POSIX

- Standardisierung der Betriebssystemschnittstelle:
  Portable **O**perating **S**ystem **I**nterface (IEEE Standard 10003.1)
- POSIX.1 wird von verschiedenen Betriebssystemen implementiert:
  - SUN Solaris 2.6
  - SGI Irix 6.2/6.4
  - DIGITAL Unix 4.0
  - Linux (größtenteils POSIX, zertifizierte Version von Fa. Unifix)
  - Windows NT (Posix Subsystem)
  - ...

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

17.2 Header-Files: ANSI und POSIX

- In den Standards ANSI-C und POSIX.1 sind Header-Files definiert, mit
  - Funktionsprototypen
  - typedefs
  - Makros und Defines
  - Wenn in der Aufgabenstellung nicht anders angegeben, sollen ausschließlich diese Header-Files verwendet werden.



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

17.2.1 ANSI-C Header-Files

- **`assert.h`**: assert()-Makro
- **`ctype.h`**: Makros und Funktionen für Characters (z.B. tolower(), isalpha())
- **`errno.h`**: Fehlerauswertung (z.B. errno-Variable)
- **`float.h`**: Makros für Fließkommazahlen
- **`limits.h`**: Enthält Definitionen für Systemschranken
- **`locale.h`**: Funktion setlocale()
- **`math.h`**: Mathematische Funktionen für double
- **`setjmp.h`**: Funktionen setjmp(), longjmp()
- **`signal.h`**: Signalbehandlung
- **`stdarg.h`**: Funktionen und Makros für variable Argumentlisten
- **`stddef.h`**: Def. von ptrdiff_t, NULL, size_t, wchar_t, offsetpf, errno
- **`stdio.h`**: I/O Funktionen (z.B. printf(), scanf(), fgets())
- **`stdlib.h`**: Hilfsfunktionen (z.B. malloc(), getenv(), rand())
- **`string.h`**: Stringmanipulation (z.B. strcpy())
- **`time.h`**: Zeitmanipulation (z.B. time(), ctime(), strftime())

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

17.2.2 POSIX Header-Files

- **`dirent.h`**: opendir(), readdir(), rewinddir(), closedir()
- **`fcntl.h`**: open(), creat(), fcntl()
- **`grp.h`**: getgrgid(), getgrnam()
- **`pwd.h`**: getpwuid(), getpwnam()
- **`setjmp.h`**: sigsetjmp(), siglongjmp()
- **`signal.h`**: kill(), sigemptyset(), sigfillset(), sigaddset(), sigdelset(), sigismember(), sigaction, sigprocmask(), sigpending(), sigsuspend()
- **`stdio.h`**: ctermid(), fileno(), fdopen()
- **`sys/stat.h`**: umask(), mkdir(), mkfifo(), stat(), fstat(), chmod()
- **`sys/times.h`**:times()
- **`sys/types.h`**:enthält betriebssystemabhängige Typdefinitionen
- **`sys/utsname.h`**:uname()
- **`sys/wait.h`**:wait(), waitpid()
- **`termios.h`**: cfgetospeed(), cfsetospeed(), cfgetispeed(), cfsetispeed(), tcgetattr(), tcsetattr(), tcsendbreak(), tcdrain(), tcflush(), tcflow()
- **`time.h`**: time(), tzset()
- **`utime.h`**: utime()
- **`unistd.h`**: alle POSIX-Funktionen, die nicht in den obigen Header-Files definiert sind (z.B. fork(), read())

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

17.2.3 POSIX Datentypen

- Betriebssystemabhängige Typen aus **`<sys/types.h>`**:
  - **`dev_t`**: Gerätenummer
  - **`gid_t`**: Gruppen-ID
  - **`ino_t`**: Seriennummer von Dateien (Inodenummer)
  - **`mode_t`**: Dateiattribute (Typ, Zugriffsrechte)
  - **`nlink_t`**: Hardlink-Zähler
  - **`off_t`**: Dateigrößen
  - **`pid_t`**: Prozeß-ID
  - **`size_t`**: entspricht dem ANSI-C size_t
  - **`ssize_t`**: Anzahl von Bytes oder -1
  - **`uid_t`**: User-ID

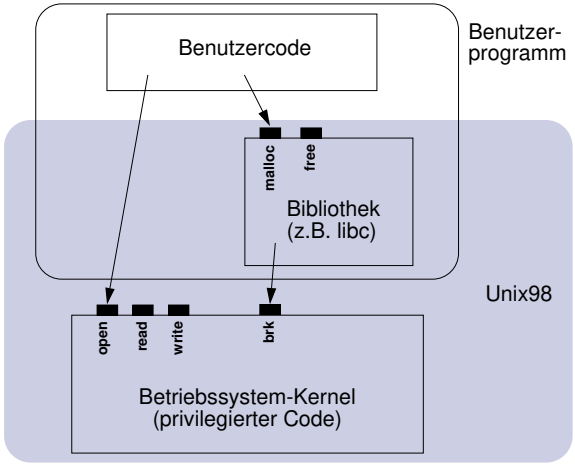
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

17.3 XOPEN / Unix98

- Die Open Group
  - Eigentümer des Markenzeichens "UNIX"
  - Erstellen Spezifikationen (Systemaufruf-Schnittstellen, Programme, ...)
- Hersteller können für ihr Betriebssystem ein "Branding" erwerben
- The Single UNIX® Specification (UNIX 95)
  - enthält STREAMS, Sockets, XTI, POSIX.1, BSD und SVID Schnittstellen
  - Solaris 2.5 and 2.5.1, HP-UX 10.10, IBM AIX 4.2, Digital Unix 4
- The Single UNIX® Specification, Version 2 (Unix98)
  - http://www.opengroup.org/onlinepubs/007908799/
  - http://www4/Lehre/WS00/V_SP1/Uebung/xopen/susv2/
  - Unix98-Erweiterungen mit: `#define _XOPEN_SOURCE 500`

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

18 Systemaufrufe vs. Bibliotheksaufrufe



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