Übungen zur Systemprogrammierung I

Wintersemester 2002/2003

Ü-SP1

1 Organisatorisches

- Folien der Übungen im WWW
- URL zur Übung
  - http://www4.informatik.uni-erlangen.de/Lehre/WS02/V_SP1/Uebung/
  - hier findet man Termine, Aufgaben, Folien zum Ausdrucken und evt. Zusatzinformationen
- Schein / Prüfung
  - Klausur Ende des Semesters
  - Abgabe der Aufgaben ist Zulassungsvoraussetzung zur Klausur

1.1 Übungsinhalt:

- Programmieren einfacher Übungsaufgaben zum Üben des Vorlesungsstoffs
  - Tafelübungen
    - Vorbereitung und Besprechung der Übungsaufgaben
    - Diskussion von Problemen
  - Rechnerübungen
    - selbständige Bearbeitung der Programmieraufgaben an den CIP-Workstations der Informatik
    - Übungsleiter steht für Fragen zur Verfügung

2 Struktur eines C-Programms

globale Variablendefinitionen

Funktionen

```
int main(int argc, char *argv[]) {
    Variablendefinitionen
    Anweisungen
}
```

- Beispiel

```
int main(int argc, char *argv[]) {
    printf("Hello World!");
}
```

- Übersetzen mit dem C-Compiler:
  `cc -o hello hello.c`

- Ausführen durch Aufruf von **`hello`**

3 Datentypen und Variablen

- Datentypen legen fest:
  - ◆ Repräsentation der Werte im Rechner
  - ◆ Größe des Speicherplatzes für Variablen
  - ◆ erlaubte Operationen

3.1 Standardtypen in C

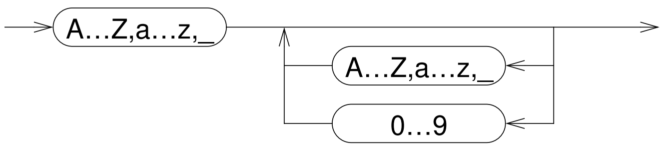
- Eine Reihe häufig benötigter Datentypen ist in C vordefiniert

`char`	Zeichen (im ASCII-Code dargestellt, 8 Bit)
`int`	ganze Zahl (16 oder 32 Bit)
`float`	Gleitkommazahl (32 Bit) etwa auf 6 Stellen genau
`double`	doppelt genaue Gleitkommazahl (64 Bit) etwa auf 12 Stellen genau
`void`	ohne Wert

3.2 Variablen

- Variablen besitzen
  - ◆ **Namen** (Bezeichner)
  - ◆ Typ
  - ◆ zugeordneten Speicherbereich für einen Wert des Typs
    Inhalt des Speichers (= **aktueller Wert** der Variablen) ist veränderbar!
  - ◆ **Lebensdauer**

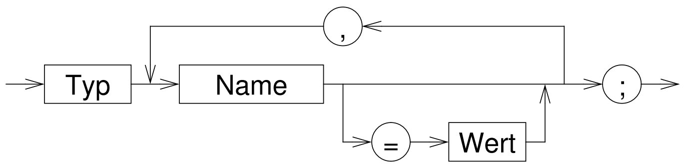
- Variablenname:



(Buchstabe oder _ ,
evtl. gefolgt von beliebig vielen Buchstaben, Ziffern oder _)

3.2 Variablen (2)

- eine **Variablen-Definition** deklariert eine Variable und reserviert den benötigten Speicherbereich



3.2 Variablen (3)

- Variablen-Definition: Beispiele

```
int a1;
float a, b, c, dis;
int anzahl_zeilen=5;
char trennzeichen;
```

- Position von Variablendefinitionen im Programm:
  - ◆ nach jeder "`{`"
  - ◆ außerhalb von Funktionen
- Wert kann bei der Definition initialisiert werden
- Wert ist durch Wertzuweisung und spezielle Operatoren veränderbar

3.3 Strukturierte Datentypen (structs)

- Zusammenfassen mehrerer Daten zu einer Einheit

```
struct person {
     char *name;
     int alter;
};
```

- Variablen-Definition

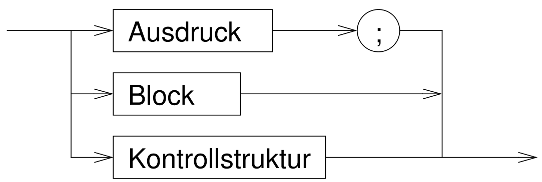
```
struct person p1;
```

- Zugriff auf Elemente der Struktur

```
p1.name = "Hans";
```


4 Anweisungen

Anweisung:



- Beispiele:
  - ◆ `a = b + c;`
  - ◆ `{ a = b + c; x = 5; }`
  - ◆ `if (x == 5) a = 3;`

4.1 Blöcke

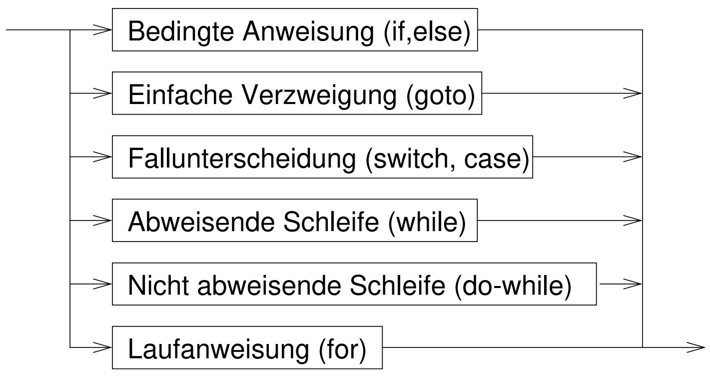
- Zusammenfassung mehrerer Anweisungen
- Lokale Variablendefinitionen ➞ Hilfsvariablen
- Schaffung neuer Sichtbarkeitsbereiche (***Scopes***) für Variablen

```
main()
{
    int x, y, z;
    x = 1;
    {
        int a, b, c;
        a = x+1;
        {
            int a, x;
            x = 2;
            a = 3;
        }
        /* a: 2, x: 1 */
    }
}
```


4.2 Kontrollstrukturen

- Kontrolle des Programmablaufs in Abhängigkeit vom Ergebnis von Ausdrücken

Kontrollstruktur:



4.2.1 Schleifensteuerung

- `break`
  - ◆ bricht die umgebende Schleife bzw. **`switch`**-Anweisung ab

```
char c;

do {
    if ( (c = getchar()) == EOF ) break;
    putchar(c);
}
while ( c != '\n' );
```

- `continue`
  - ◆ bricht den aktuellen **Schleifendurchlauf** ab
  - ◆ setzt das Programm mit der Ausführung des Schleifenkopfes fort

5 Funktionen

- **Funktion** =
  Programmstück (Block), das mit einem **Namen** versehen ist und dem zum Ablauf **Parameter** übergeben werden können
- Funktionen sind die elementaren Bausteine für Programme
  - ➥ verringern die Komplexität durch Zerteilen umfangreicher, schwer überblickbarer Aufgaben in kleine Komponenten
  - ➥ erlauben die Wiederverwendung von Programmkomponenten
  - ➥ verbergen Implementierungsdetails vor anderen Programmteilen (**Black-Box**-Prinzip)

5.1 Beispiel Sinusberechnung

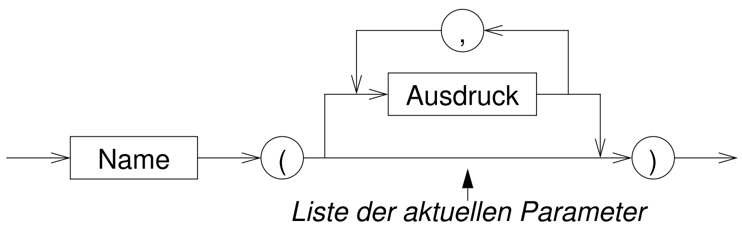
```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

double sinus (double x)
{
     double summe;
     double x_quadrat;
     double rest;
     int k;

     k = 0;
     summe = 0.0;
     rest = x;
     x_quadrat = x*x;

     while ( fabs(rest) > 1e-9 ) {
          summe += rest;
          k += 2;
          rest *= -x_quadrat/(k*(k+1));
     }
     return(summe);
}
```

```
int main(int argc, char *argv[])
{
     double wert;

     printf("Berechnung des Sinus von ");
     scanf("%lf", &wert);
     printf("sin(%lf) = %lf\n",
                 wert, sinus(wert));
}
```

- beliebige Verwendung von **`sinus`** in Ausdrücken:

```
y = exp(tau*t) * sinus(f*t);
```


5.2 Funktionsaufruf (2)



- Die Ausdrücke in der Parameterliste werden ausgewertet, **bevor** in die Funktion gesprungen wird
  ➥ **aktuelle Parameter**
- Anzahl und Typen der Ausdrücke in der Liste der aktuellen Parameter müssen mit denen der formalen Parameter in der Funktionsdefinition übereinstimmen
- Die Auswertungsreihenfolge der Parameterausdrücke ist **nicht** festgelegt

5.3 Funktionen — Regeln

- Funktionen werden global definiert
- **`main()`** ist eine normale Funktion, die aber automatisch als erste beim Programmstart aufgerufen wird
- rekursive Funktionsaufrufe sind zulässig
  - ➥ eine Funktion darf sich selbst aufrufen (z. B. zur Fakultätsberechnung)

```
int fakultaet(int n)
{
     if ( n == 1 )
          return(1);
     else
          return( n * fakultaet(n-1) );
}
```


5.3 Funktionen — Regeln (2)

- Funktionen müssen **deklariert** sein, bevor sie aufgerufen werden
  - = Rückgabetyp und Parametertypen müssen bekannt sein
  - ◆ durch eine Funktionsdefinition ist die Funktion automatisch auch deklariert
- wurde eine verwendete Funktion vor ihrer Verwendung nicht deklariert, wird automatisch angenommen
  - ➤ Funktionswert vom Typ **`int`**
  - ➤ 1 Parameter vom Typ **`int`**
  - ➥ **schlechter Programmierstil → fehleranfällig**

5.3 Funktionsdeklaration

- soll eine Funktion vor ihrer Definition verwendet werden, kann sie durch eine **Deklaration** bekannt gemacht werden (Prototyp)
  - ◆ Syntax:

```
Typ Name ( Liste formaler Parameter );
```

  - ➤ Parameternamen können weggelassen werden, die Parametertypen müssen aber angegeben werden!
  - ◆ Beispiel:

```
double sinus(double);
```


5.3 Funktionsdeklarationen — Beispiel

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

double sinus(double);
/* oder: double sinus(double x); */

main()
{
    double wert;

    printf("Berechnung des Sinus von ");
    scanf("%lf", &wert);
    printf("sin(%lf) = %lf\n",
           wert, sinus(wert));
}
```

```
double sinus (double x)
{
    double summe;
    double x_quadrat;
    double rest;
    int k;

    k = 0;
    summe = 0.0;
    rest = x;
    x_quadrat = x*x;

    while ( fabs(rest) > 1e-9 ) {
        summe += rest;
        k += 2;
        rest *= -x_quadrat/(k*(k+1));
    }
    return(summe);
}
```


5.4 Parameterübergabe an Funktionen

- allgemein in Programmiersprachen vor allem zwei Varianten:
  - ➤ call by value (wird in C verwendet)
  - ➤ call by reference (wird in C nicht verwendet)
- call-by-value: Es wird eine Kopie des aktuellen Parameters an die Funktion übergeben
  - ➥ die Funktion kann den Übergabeparameter durch Zugriff auf den formalen Parameter lesen
  - ➥ die Funktion kann den Wert des formalen Parameters (also die Kopie!) ändern, ohne daß dies Auswirkungen auf den Wert des aktuellen Parameters beim Aufrufer hat
  - ➥ die Funktion kann über einen Parameter dem Aufrufer keine Ergebnisse mitteilen

6 C-Preprozessor

- bevor eine C-Quelle dem C-Compiler übergeben wird, wird sie durch einen Makro-Preprozessor bearbeitet
- Anweisungen an den Preprozessor werden durch ein **#**-Zeichen am Anfang der Zeile gekennzeichnet
- die Syntax von Preprozessoranweisungen ist unabhängig vom Rest der Sprache
- Preprozessoranweisungen werden nicht durch `;` abgeschlossen!
- wichtigste Funktionen:

`#define`	Definition von Makros
`#include`	Einfügen von anderen Dateien

6.1 Makrodefinitionen

- Makros ermöglichen einfache textuelle Ersetzungen (parametrierbare Makros werden später behandelt)
- ein Makro wird durch die **`#define`**–Anweisung definiert
- Syntax:

  `#define` ***Makroname Ersatztext***

- eine Makrodefinition bewirkt, daß der Preprozessor im nachfolgenden Text der C-Quelle alle Vorkommen von ***Makroname*** durch ***Ersatztext*** ersetzt
- Beispiel:

```
#define EOF -1
```


6.2 Einfügen von Dateien

- **`#include`** fügt den Inhalt einer anderen Datei in eine C-Quelldatei ein
- Syntax:

  `#include` **< Dateiname >**
  oder
  `#include` **"Dateiname "**

- mit **`#include`** werden *Header*-Dateien mit Daten, die für mehrere Quelldateien benötigt werden, einkopiert
  - ➤ Deklaration von Funktionen, Strukturen, externen Variablen
  - ➤ Definition von Makros
- wird **Dateiname** durch **< >** geklammert, wird eine **Standard-Header-Datei** einkopiert
- wird **Dateiname** durch **" "** geklammert, wird eine Header-Datei des Benutzers einkopiert (vereinfacht dargestellt!)

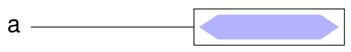
7 Zeiger(-Variablen)

7.1 Einordnung

- **Konstante:**
  Bezeichnung für einen Wert

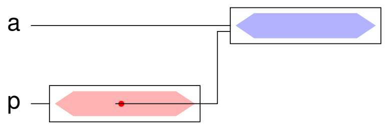
  'a' ≡ 0110 0001

- **Variable:**
  Bezeichnung eines Datenobjekts



- **Zeiger-Variable (Pointer):**
  Bezeichnung einer Referenz auf ein Datenobjekt

```
char *p = &a;
```



7.2 Überblick

- Eine Zeigervariable ***(pointer)*** enthält als Wert die Adresse einer anderen Variablen
  - ➥ *der Zeiger verweist auf die Variable*
- Über diese Adresse kann man **indirekt** auf die Variable zugreifen
- Daraus resultiert die große Bedeutung von Zeigern in C
  - ➥ Funktionen können ihre Argumente verändern ***(call-by-reference)***
  - ➥ dynamische Speicherverwaltung
  - ➥ effizientere Programme
- Aber auch Nachteile!
  - ➥ Programmstruktur wird unübersichtlicher (welche Funktion kann auf welche Variable zugreifen?)
  - ➥ häufigste Fehlerquelle bei C-Programmen

1 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

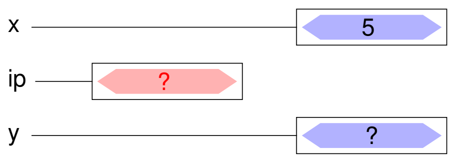

1 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

7.2.2 Beispiele

```
int x = 5;

int *ip;

int y;
```



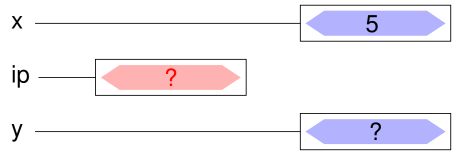
1 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

7.2.2 Beispiele

```
int x = 5;

int *ip;

int y;

ip = &x; ❶
```



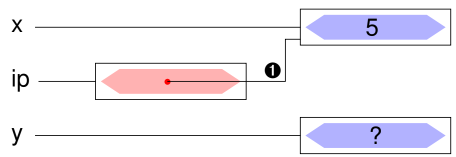
1 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

7.2.2 Beispiele

```
int x = 5;

int *ip;

int y;

ip = &x; ❶
```



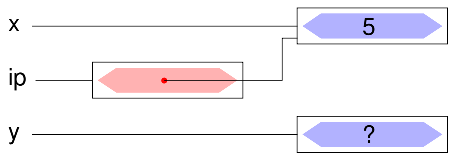
1 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

7.2.2 Beispiele

```
int x = 5;
int *ip;
int y;
ip = &x; ❶
y = *ip; ❷
```



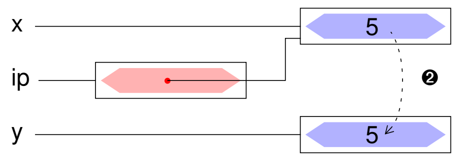
1 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

7.2.2 Beispiele

```
int x = 5;
int *ip;
int y;
ip = &x; ❶
y = *ip; ❷
```



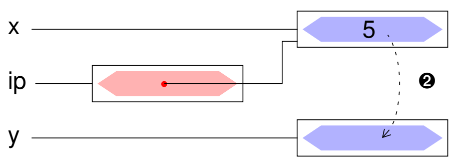
1 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

7.2.2 Beispiele

```
int x = 5;
int *ip;
int y;
ip = &x; ❶
y = *ip; ❷
```



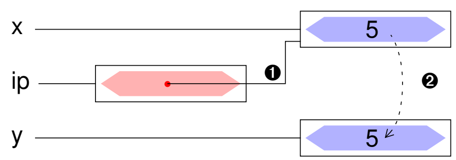
1 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

7.2.2 Beispiele

```
int x = 5;
int *ip;
int y;
ip = &x; ❶
y = *ip; ❷
```



7.3 Adreßoperatoren

7.3.1 Adreßoperator `&`

`&x` der unäre Adreß-Operator liefert die Adresse der Variablen (des Objekts) **`x`**

7.3.2 Verweisoperator `*`

`*x` der unäre Verweisoperator **`*`** ermöglicht den Zugriff auf den Inhalt der Variablen (des Objekts), auf die der Zeiger **`x`** verweist

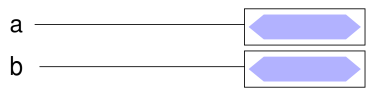
7.4 Zeiger als Funktionsargumente

- Parameter werden in C *by-value* übergeben
- die aufgerufene Funktion kann den aktuellen Parameter beim Aufrufer nicht verändern
- auch Zeiger werden *by-value* übergeben, d. h. die Funktion erhält lediglich eine Kopie des Adreßverweises
- über diesen Verweis kann die Funktion jedoch mit Hilfe des **`*`**-Operators auf die zugehörige Variable zugreifen und sie verändern
  - ➥ *call-by-reference*

7.4 ... Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

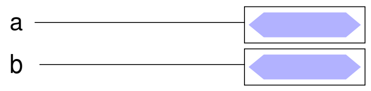
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b);
}
```



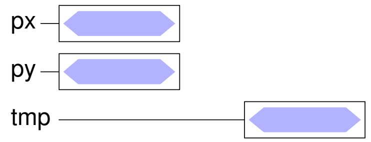
7.4 ... Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b);
}
```



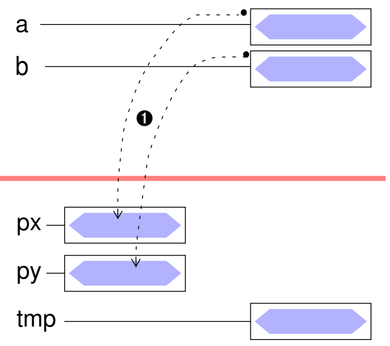

```
void swap (int *px, int *py)
{
    int tmp;

    tmp = *px;
    *px = *py;
    *py = tmp;

}
```



7.4 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

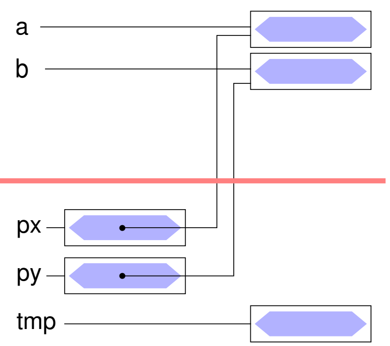
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b); ❶
}

void swap (int *px, int *py)
{
    int tmp;

    tmp = *px;
    *px = *py;
    *py = tmp;

}
```



7.4 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

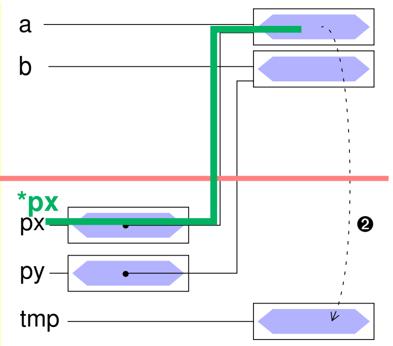
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b);
}

void swap (int *px, int *py)
{
    int tmp;

    tmp = *px;
    *px = *py;
    *py = tmp;

}
```



7.4 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

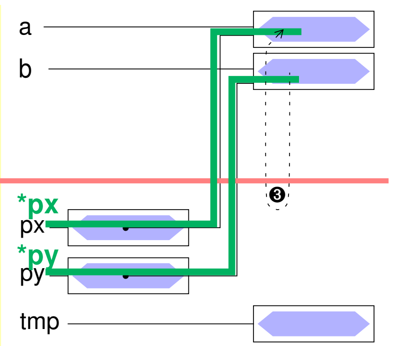
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b); ❶
}

void swap (int *px, int *py)
{
    int tmp;

    tmp = *px; ❷
    *px = *py;
    *py = tmp;

}
```



7.4 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

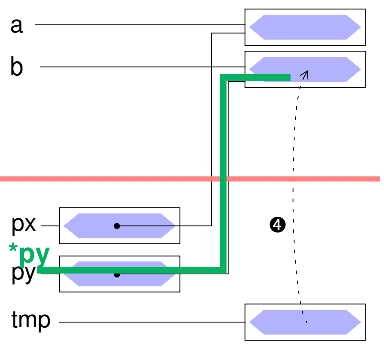
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b); ❶
}

void swap (int *px, int *py)
{
    int tmp;

    tmp = *px;
    *px = *py; ❸
    *py = tmp;

}
```



7.4 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

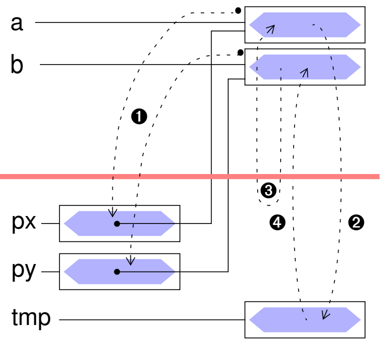
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b); ❶
}

void swap (int *px, int *py)
{
    int tmp;

    tmp = *px; ❷
    *px = *py; ❸
    *py = tmp; ❹

}
```



7.4 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b); ❶
}

void swap (int *px, int *py)
{
    int tmp;

    tmp = *px; ❷
    *px = *py; ❸
    *py = tmp; ❹

}
```



7.5 Zeiger auf Strukturen

- Konzept analog zu "Zeiger auf Variablen"
  - ➤ Adresse einer Struktur mit &-Operator zu bestimmen
  - ➤ Zeigerarithmetik berücksichtigt Strukturgröße
- Beispiele

```
struct student stud1;
struct student *pstud;
pstud = &stud1;            /* ⇒ pstud → stud1 */
```

- Besondere Bedeutung zum Aufbau verketteter Strukturen

7.5 Zeiger auf Strukturen

- Zugriff auf Strukturkomponenten über einen Zeiger
- Bekannte Vorgehensweise
  - ➤ `*`-Operator liefert die Struktur
  - ➤ `.`-Operator zum Zugriff auf Komponente
  - ➤ Operatorenvorrang beachten

➥
```
(*pstud).best = 'n';
```
unleserlich!

- Syntaktische Verschönerung

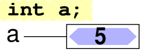
➥ `->`-Operator

```
pstud->best = 'n';
```

7.6 Zusammenfassung

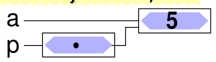
- Variable

```
int a;
```



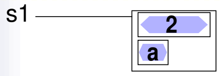
- Zeiger

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



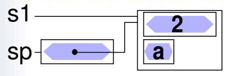
- Struktur

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



- Zeiger auf Struktur

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



7.7 sizeof-Operator

- In manchen Fällen ist es notwendig, die Größe (in Byte) einer Variablen oder Struktur zu ermitteln
  - ➤ z. B. zum Anfordern von Speicher für ein Feld (→ malloc)
- Syntax:

sizeof x	liefert die Größe des Objekts x in Bytes
sizeof (*Typ*)	liefert die Größe eines Objekts vom Typ *Typ* in Bytes

- Das Ergebnis ist vom Typ **size_t** (entspricht meist **int**) (**#include <stddef.h>**!)
- Beispiel:

```
int a; size_t b;
b = sizeof a;           /* ⇒ b = 2 oder b = 4 */
b = sizeof(double)      /* ⇒ b = 8 */
```


7.8 Explizite Typumwandlung — Cast-Operator

- C enthält Regeln für eine automatische Konvertierung unterschiedlicher Typen in einem Ausdruck

Beispiel:

```
int i = 5;
float f = 0.2;
double d;
```

```
d = i * f;
```

→float
→double

- In manchen Fällen wird eine explizite Typumwandlung benötigt (vor allem zur Umwandlung von Zeigern)
  - ◆ Syntax: **(Typ) Variable**
  - Beispiele:

```
(int) a
(float) b
```

```
(int *) a
(char *) a
```


8 Speicherverwaltung

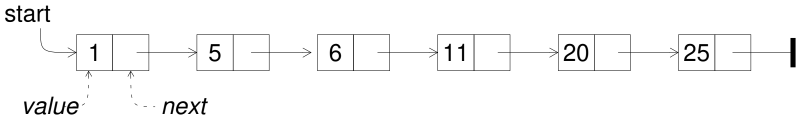
- **void *malloc(size_t size)**: Reservieren eines Speicherbereiches
- **void free(void *ptr)**: Freigeben eines reservierten Bereiches

```
struct person *p1 = (struct person *) malloc(sizeof(struct person));
if (p1 == NULL) {
        perror("malloc person p1");
        ...
}

...
free(p1);
```

- malloc-Prototyp ist in stdlib.h definiert (**#include <stdlib.h>**)

9 1. Aufgabe

9.1 Warteschlange als verkette Liste



- Strukturdefinition:

```
struct listelement {
   int value;
   struct listelement *next;
};
```

- **Funktionen:**
  - **`void append_element(int)`**: Anfügen eines Elements ans Listenende
  - **`int remove_element()`**: Entnehmen eines Elements vom Listenanfang

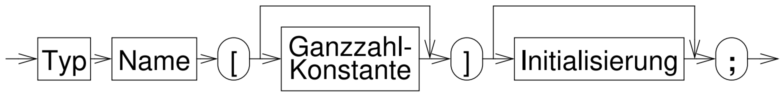
10 Überblick über die 2. Übung

- 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

11 Felder

11.1 Eindimensionale Felder

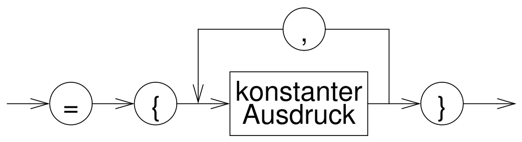
- eine Reihe von Daten desselben Typs kann zu einem **Feld** zusammengefaßt werden
- bei der Definition wird die Anzahl der Feldelemente angegeben, die Anzahl ist konstant!
- der Zugriff auf die Elemente erfolgt durch **Indizierung**, beginnend bei Null
- Definition eines Feldes



- Beispiele:

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


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

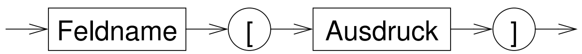
11.2 ... Initialisierung eines Feldes (2)

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

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


11.3 Zugriffe auf Feldelemente

- Indizierung:



wobei: 0 <= Wert(Ausdruck) < Feldgröße

- Beispiele:

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


11.4 Mehrdimensionale Felder

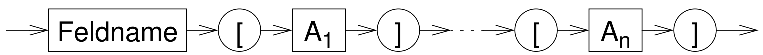
- neben eindimensionalen Felder kann man auch mehrdimensionale Felder vereinbaren
- Definition eines mehrdimensionalen Feldes

- Beispiel:

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


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;
```

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!

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

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);
}
```


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' )
          ;
}
```

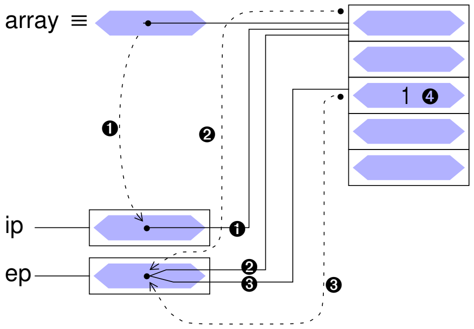
- Funktionsaufruf mit Feld-Parametern
  - ➤ als aktueller Parameter beim Funktionsaufruf wird einfach der Feldname angegeben

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

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:

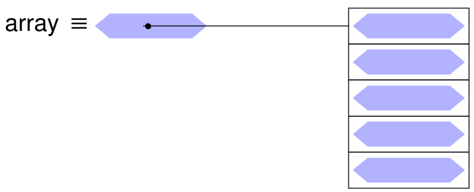
```
int array[5];

int *ip = array; ❶

int *ep;
ep = &array[0]; ❷

ep = &array[2]; ❸

*ep = 1; ❹
```



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:

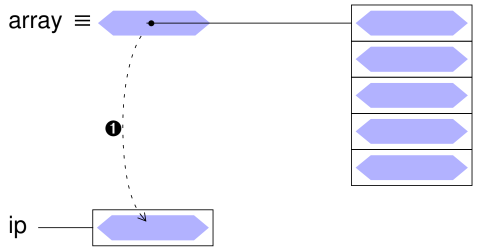
```
int array[5];
```



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:

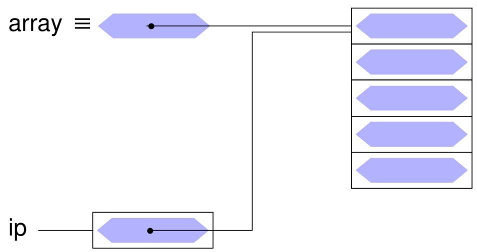
```
int array[5];

int *ip = array; ❶
```



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:

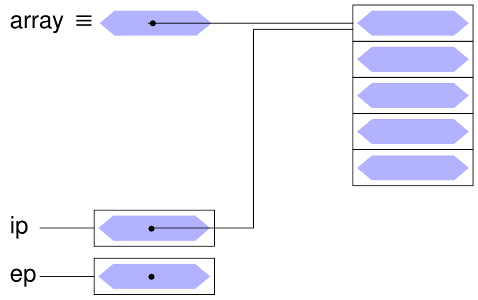
```
int array[5];

int *ip = array; ❶
```



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:

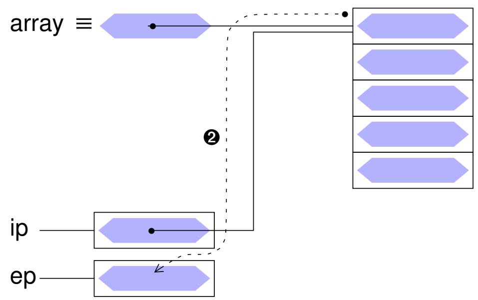
```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
```



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:

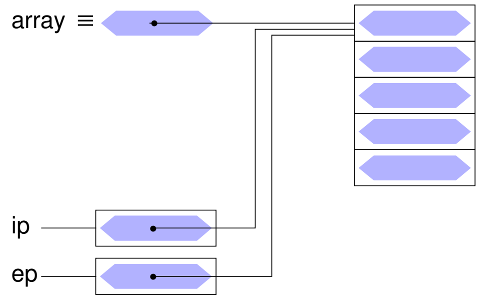
```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
ep = &array[0]; ❷
```



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:

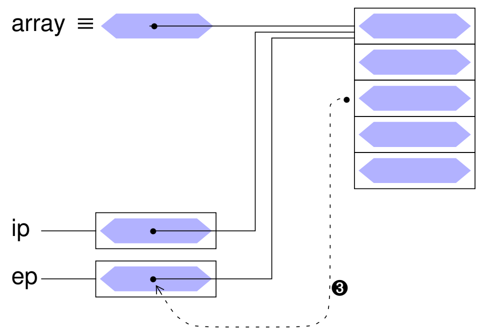
```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
ep = &array[0]; ❷
```



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:

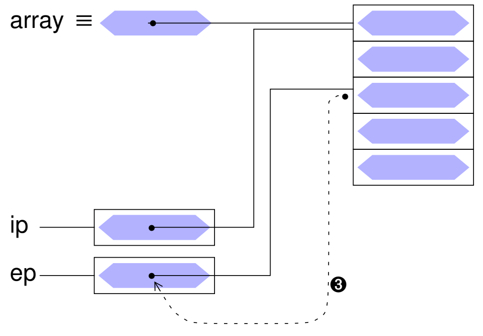
```
int array[5];

int *ip = array;

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

ep = &array[2]; ❸
```



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:

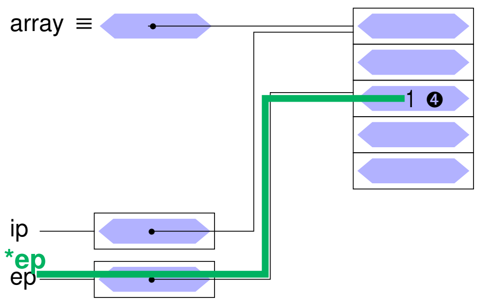
```
int array[5];

int *ip = array;

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

ep = &array[2]; ❸
```



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:

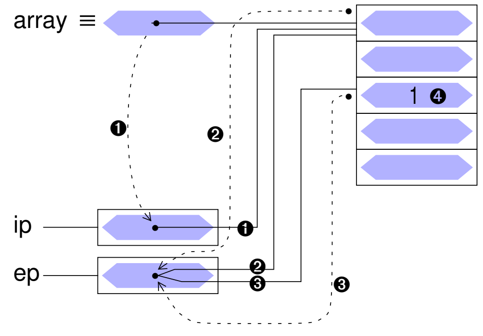
```
int array[5];

int *ip = array;

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

ep = &array[2];

*ep = 1; ❹
```



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:

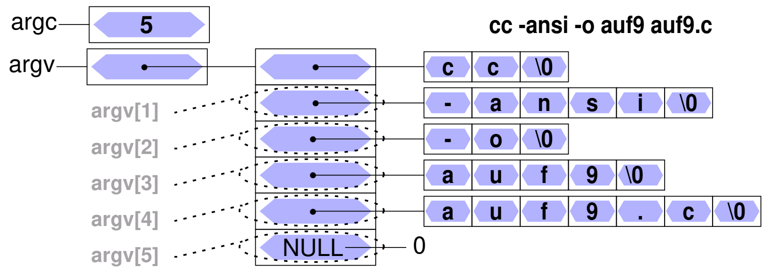
```
int array[5];

int *ip = array; ❶

int *ep;
ep = &array[0]; ❷

ep = &array[2]; ❸

*ep = 1; ❹
```



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' );
    }
    ...
```



12 Strukturen

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

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

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);
}
```


12.3 Felder von Strukturen

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

```
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';
    }
}
```

12.4 Zeiger auf Felder von Strukturen

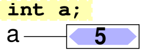
- Ergebnis der Addition/Subtraktion abhängig von Zeigertyp!
- Beispiel

```
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);
```


12.5 Zusammenfassung

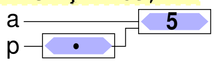
- Variable

```
int a;
```



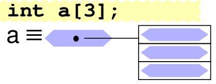
- Zeiger

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



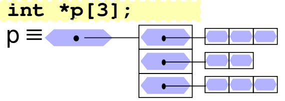
- Feld

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



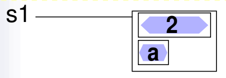
- Feld von Zeigern

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



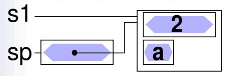
- Struktur

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



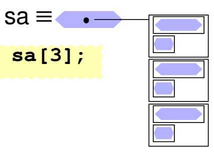
- Zeiger auf Struktur

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



- Feld von Strukturen

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



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");
```


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

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

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!

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

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`**

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

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);
}
```


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

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)

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

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

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

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**"

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);
```


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);
```


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) ...
```


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

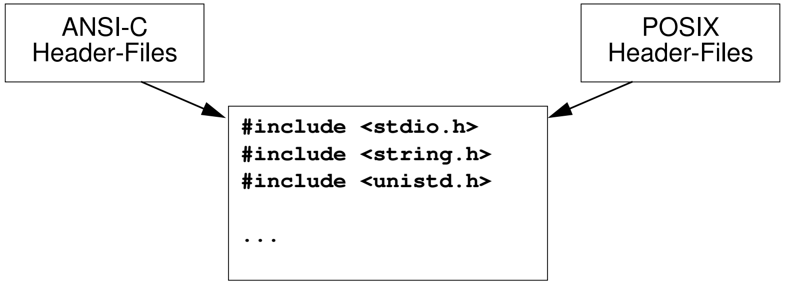
```
gcc -ansi -pedantic-errors -D_POSIX_SOURCE -Wall -Werror
```

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)
  - ...

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.



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())

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())

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

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`**

18 Systemaufrufe vs. Bibliotheksaufrufe