

Programmstruktur & Module

1 Softwaredesign

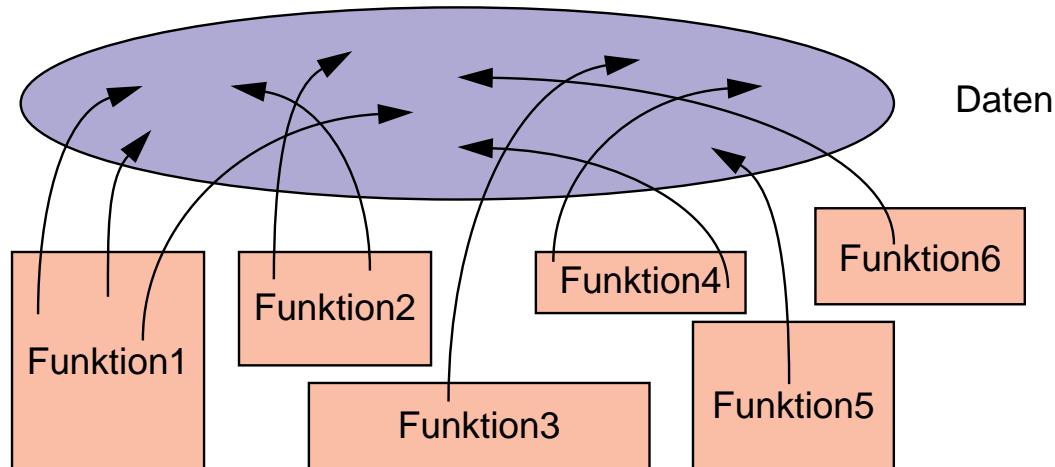
- Grundsätzliche Überlegungen über die Struktur eines Programms **vor** Beginn der Programmierung
- Verschiedene Design-Methoden
 - ◆ Top-down Entwurf / Prozedurale Programmierung
 - traditionelle Methode
 - bis Mitte der 80er Jahre fast ausschließlich verwendet
 - an Programmiersprachen wie Fortran, Cobol, Pascal oder C orientiert
 - ◆ Objekt-orientierter Entwurf
 - moderne, sehr aktuelle Methode
 - Ziel: Bewältigung sehr komplexer Probleme
 - auf Programmiersprachen wie C++, Smalltalk oder Java ausgerichtet

2 Top-down Entwurf

- Zentrale Fragestellung
 - ◆ was ist zu tun?
 - ◆ in welche Teilaufgaben lässt sich die Aufgabe untergliedern?
 - Beispiel: Rechnung für Kunden ausgeben
 - Rechnungspositionen zusammenstellen
 - Lieferungspositionen einlesen
 - Preis für Produkt ermitteln
 - Mehrwertsteuer ermitteln
 - Rechnungspositionen addieren
 - Positionen formatiert ausdrucken

2 Top-down Entwurf (2)

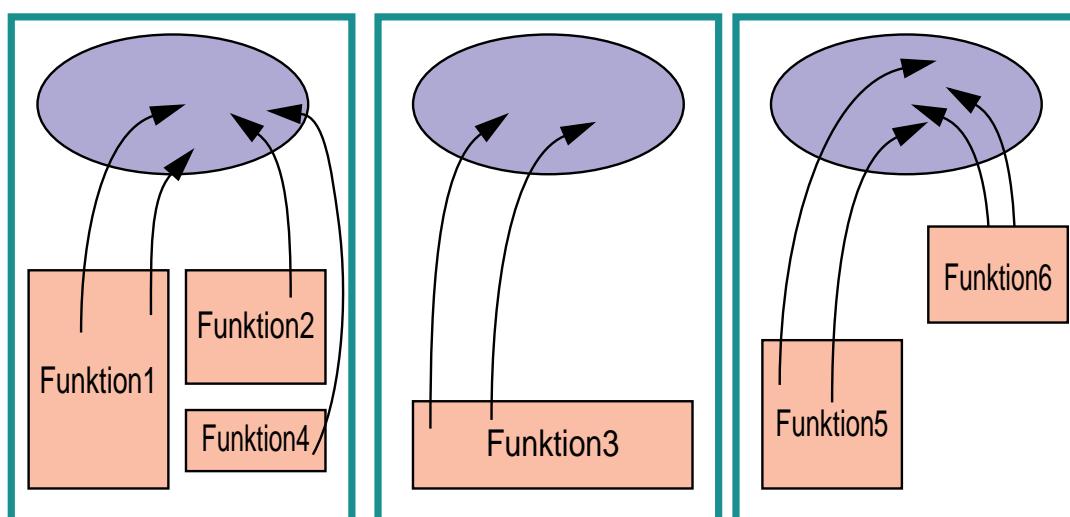
- Problem:
Gliederung betrifft nur die Aktivitäten, nicht die Struktur der Daten
- Gefahr:
Sehr viele Funktionen arbeiten "wild" auf einer Unmenge schlecht strukturierter Daten



2 Top-down Entwurf (3) — Modul-Bildung

- Lösung:
Gliederung von Datenbeständen zusammen mit Funktionen, die darauf operieren

→ **Modul**



3 Module in C

- Teile eines C-Programms können auf mehrere .c-Dateien (C-Quelldateien) verteilt werden
- Logisch zusammengehörende Daten und die darauf operierenden Funktionen sollten jeweils zusammengefasst werden
 - ➔ **Modul**
- Jede C-Quelldatei kann separat übersetzt werden (Option **-c**)
 - Zwischenergebnis der Übersetzung wird in einer .o-Datei abgelegt

```
% cc -c prog.c          (erzeugt Datei prog.o)
% cc -c f1.c            (erzeugt Datei f1.o)
% cc -c f2.c f3.c       (erzeugt f2.o und f3.o)
```

- Das Kommando **cc** kann mehrere .c-Dateien übersetzen und das Ergebnis — zusammen mit .o-Dateien — binden:

```
% cc -o prog prog.o f1.o f2.o f3.o f4.c f5.c
```

3 Module in C (2)

- !!! .c-Quelldateien auf keinen Fall mit Hilfe der #include-Anweisung in andere Quelldateien einkopieren**
- Bevor eine Funktion aus einem anderen Modul aufgerufen werden kann, muss sie **deklariert** werden
 - Parameter und Rückgabewerte müssen bekannt gemacht werden
- Makrodefinitionen und Deklarationen, die in mehreren Quelldateien eines Programms benötigt werden, werden zu **Header-Dateien** zusammengefasst
 - ◆ Header-Dateien werden mit der **#include**-Anweisung des Preprocessors in C-Quelldateien einkopiert
 - ◆ der Name einer Header-Datei endet immer auf **.h**

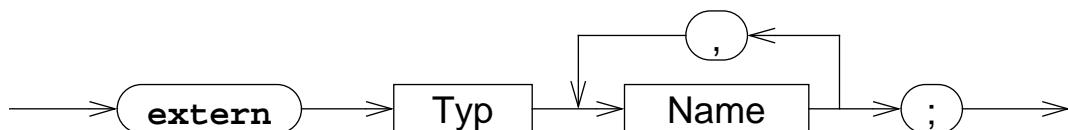
4 Gültigkeit von Namen

- Gültigkeitsregeln legen fest, welche Namen (Variablen und Funktionen) wo im Programm bekannt sind
- Mehrere Stufen
 1. Global im gesamten Programm
(über Modul- und Funktionsgrenzen hinweg)
 2. Global in einem Modul
(auch über Funktionsgrenzen hinweg)
 3. Lokal innerhalb einer Funktion
 4. Lokal innerhalb eines Blocks
- Überdeckung bei Namensgleichheit
 - eine lokale Variable innerhalb einer Funktion überdeckt gleichnamige globale Variablen
 - eine lokale Variable innerhalb eines Blocks überdeckt gleichnamige globale Variablen und gleichnamige lokale Variablen in umgebenden Blöcken

5 Globale Variablen

Gültig im gesamten Programm

- Globale Variablen werden außerhalb von Funktionen definiert
- Globale Variablen sind ab der Definition in der gesamten Datei zugreifbar
- Globale Variablen, die in anderen Modulen **definiert** wurden, müssen vor dem ersten Zugriff bekanntgemacht werden
(**extern-Deklaration** = Typ und Name bekanntmachen)



- Beispiele:

```
extern int a, b;
extern char c;
```

5 Globale Variablen (2)

■ Probleme mit globalen Variablen

- ◆ Zusammenhang zwischen Daten und darauf operierendem Programmcode geht verloren
- ◆ Funktionen können Variablen ändern, ohne dass der Aufrufer dies erwartet (Seiteneffekte)
- ◆ Programme sind schwer zu pflegen, weil bei Änderungen der Variablen erst alle Programmteile, die sie nutzen gesucht werden müssen

→ **globale Variablen möglichst vermeiden!!!**

5 Globale Funktionen

- Funktionen sind generell global
 (es sei denn, die Erreichbarkeit wird explizit auf das Modul begrenzt)
- Funktionen aus anderen Modulen müssen ebenfalls vor dem ersten Aufruf **deklariert** werden
 (= Typ, Name und Parametertypen bekanntmachen)
- Das Schlüsselwort **extern** ist bei einer Funktionsdeklaration nicht notwendig
- Beispiele:

```
double sinus(double);
float power(float, int);
```

- Globale Funktionen (und soweit vorhanden die globalen Daten) bilden die äußere Schnittstelle eines Moduls
 - "vertragliche" Zusicherung an den Benutzer des Moduls

6 Einschränkung der Gültigkeit auf ein Modul

- Zugriff auf eine globale Variable oder Funktion kann auf das Modul (= die Datei) beschränkt werden, in der sie definiert wurde
 - Schlüsselwort **static** vor die Definition setzen
- ```

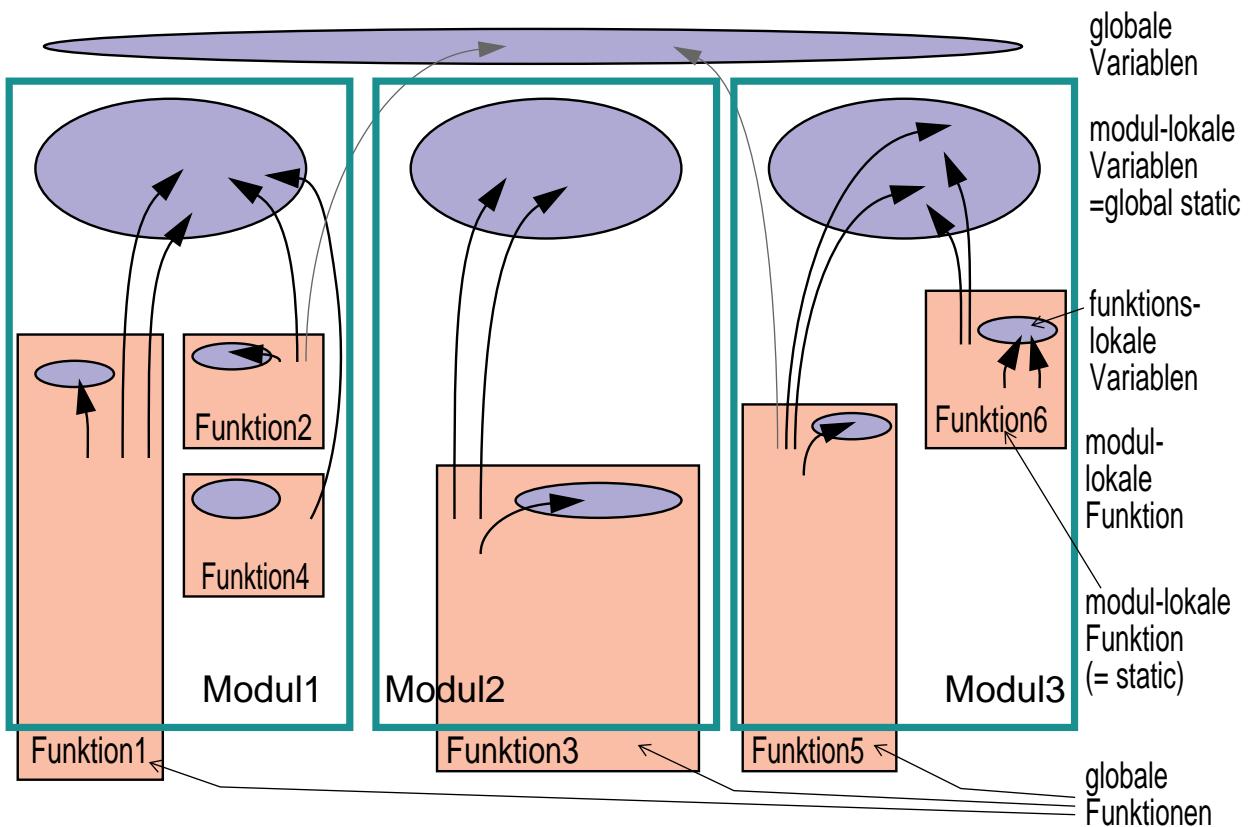
graph LR
 A["Schlüsselwort static vor die Definition setzen"] --> B["static"]
 B --> C["Variablen-/Funktionsdefinition"]
 C --> D

```
- **extern**-Deklarationen in anderen Modulen sind nicht möglich
  - Die **static**-Variablen bilden zusammen den Zustand eines Moduls, die Funktionen des Moduls operieren auf diesem Zustand
  - Hilfsfunktionen innerhalb eines Moduls, die nur von den Modulfunktionen benötigt werden, sollten immer static definiert werden
    - sie werden dadurch nicht Bestandteil der Modulschnittstelle (= des "Vertrags" mit den Modulbenutzern)
  - !!! das Schlüsselwort **static** gibt es auch bei lokalen Variablen (mit anderer Bedeutung!)

## 7 Lokale Variablen

- Variablen, die innerhalb einer Funktion oder eines Blocks definiert werden, sind lokale Variablen
- bei Namensgleichheit zu globalen Variablen oder lokalen Variablen eines umgebenden Blocks gilt die jeweils letzte Definition
- lokale Variablen sind außerhalb des Blocks, in dem sie definiert wurden, nicht zugreifbar und haben dort keinen Einfluss auf die Zugreifbarkeit von Variablen

## 8 Gültigkeitsbereiche — Übersicht



## 9 Lebensdauer von Variablen

- Die Lebensdauer einer Variablen bestimmt, wie lange der Speicherplatz für die Variable aufgehoben wird
- Zwei Arten
  - ◆ Speicherplatz bleibt für die gesamte Programmausführungszeit reserviert
    - statische (**static**) Variablen
  - ◆ Speicherplatz wird bei Betreten eines Blocks reserviert und danach wieder freigegeben
    - dynamische (**automatic**) Variablen

## 9 Lebensdauer von Variablen (2)

### auto-Variablen

- Alle lokalen Variablen sind automatic-Variablen
  - der Speicher wird bei Betreten des Blocks / der Funktion reserviert und bei Verlassen wieder freigegeben
    - ➔ der Wert einer lokalen Variablen ist beim nächsten Betreten des Blocks nicht mehr sicher verfügbar!
- Lokale auto-Variablen können durch beliebige Ausdrücke initialisiert werden
  - die Initialisierung wird bei jedem Eintritt in den Block wiederholt
  - !!! wird eine auto-Variable nicht initialisiert, ist ihr Wert vor der ersten Zuweisung undefiniert (= irgendwas)**

## 9 Lebensdauer von Variablen (3)

### static-Variablen

- Der Speicher für alle globalen Variablen ist generell von Programmstart bis Programmende reserviert
- Lokale Variablen erhalten bei Definition mit dem Schlüsselwort **static** eine **Lebensdauer über die gesamte Programmausführung** hinweg
  - der Inhalt bleibt bei Verlassen des Blocks erhalten und ist bei einem erneuten Eintreten in den Block noch verfügbar

**!!!** Das Schlüsselwort **static** hat bei globalen Variablen eine völlig andere Bedeutung (Einschränkung des Zugriffs auf das Modul)
- Static-Variablen können durch beliebige konstante Ausdrücke initialisiert werden
  - die Initialisierung wird nur einmal beim Programmstart vorgenommen (auch bei lokalen Variablen!)
  - erfolgt keine explizite Initialisierung, wird automatisch mit 0 vorbelegt

## 10 Werteaustausch zwischen Funktionen

| Mechanismus       | Aufrufer → Funktion | Funktion → Aufrufer   |
|-------------------|---------------------|-----------------------|
| Parameter         | ja                  | mit Hilfe von Zeigern |
| Funktionswert     | nein                | ja                    |
| globale Variablen | ja                  | ja                    |

### ■ Verwendung globaler Variablen?

- ◆ Variablen, die von vielen Funktionen verwendet werden und/oder oft als Parameter übergeben werden müssten
  - Menge der Funktionen muss überschaubar bleiben  
→ Zugriff auf Modul begrenzen (globale static-Variablen)
  - **sonst sehr schlechter Programmierstil**
- ◆ Variablen, die keiner Funktion als Variable oder Parameter fest zugeordnet werden können
  - Modul suchen, dem die Variable zugeordnet werden kann!!!
- ◆ Variablen, deren Lebensdauer nicht beschränkt sein darf, die aber nicht in `main()` deklariert werden sollen
  - in zugehöriger Funktion lokal-static defininieren

## 11 Getrennte Übersetzung von Programmteilen — Beispiel

### ■ Hauptprogramm (Datei `fplot.c`)

```
#include "trig.h"
#define INTERVAL 0.01

/*
 * Funktionswerte ausgeben
 */
int main(void)
{
 char c;
 double i;

 printf("Funktion (Sin, Cos, Tan, cOt)? ");
 scanf("%x", &c);

 switch (c) {
 ...
 case 'T':
 for (i=-PI/2; i < PI/2; i+=INTERVAL)
 printf("%lf %lf\n", i, tan(i));
 break;;
 ...
 }
}
```

## 11 Getrennte Übersetzung — Beispiel (2)

### ■ Header-Datei (Datei `trig.h`)

```
#include <stdio.h>
#define PI 3.1415926535897932
double tan(double), cot(double);
double cos(double), sin(double);
```

## 11 Getrennte Übersetzung — Beispiel (3)

### ■ Trigonometrische Funktionen (Datei `trigfunc.c`)

```
#include "trig.h"

double tan(double x) {
 return(sin(x)/cos(x));
}

double cot(double x) {
 return(cos(x)/sin(x));
}

double cos(double x) {
 return(sin(PI/2-x));
}
```

...

## 11 Getrennte Übersetzung — Beispiel (4)

### ■ Trigonometrische Funktionen — Fortsetzung (Datei `trigfunc.c`)

...

```
double sin (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);
}
```

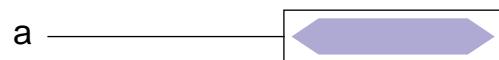
## Zeiger(-Variablen)

### 1 Einordnung

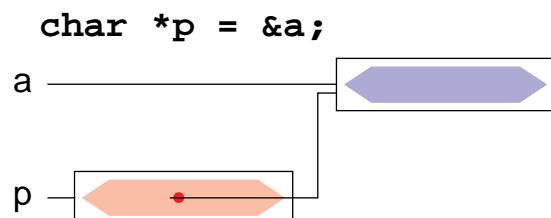
■ **Konstante:**  
Bezeichnung für einen Wert

'a' ≡ 

■ **Variable:**  
Bezeichnung eines Datenobjekts



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



## 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

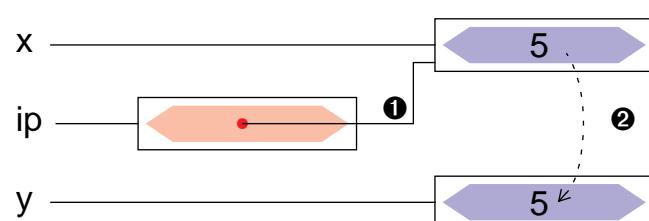
## 3 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

Typ \*Name ;

### ▲ Beispiele

```
int x = 5;
int *ip;
int y;
ip = &x; ①
y = *ip; ②
```



## 4 Adressoperatoren

### ▲ Adressoperator &

- ✉  **$\&x$**  der unäre Adress-Operator liefert eine Referenz auf den Inhalt der Variablen (des Objekts) **x**

### ▲ Verweisoperator \*

- ✉  **$*x$**  der unäre Verweisoperator **\*** ermöglicht den Zugriff auf den Inhalt der Variablen (des Objekts), auf die der Zeiger **x** verweist

## 5 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*

## 5 Zeiger als Funktionsargumente (2)

### ■ Beispiel:

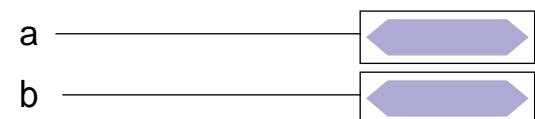
```
main(void) {
 int a, b;
 void swap (int *, int *);
 ...
 swap(&a, &b);
}
```



## 5 Zeiger als Funktionsargumente (2)

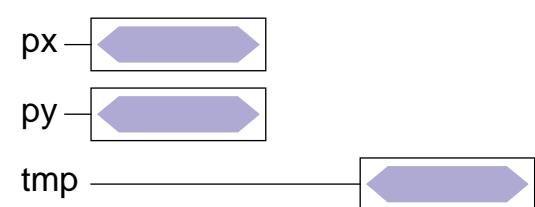
### ■ Beispiel:

```
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;
}
```



## 5 Zeiger als Funktionsargumente (2)

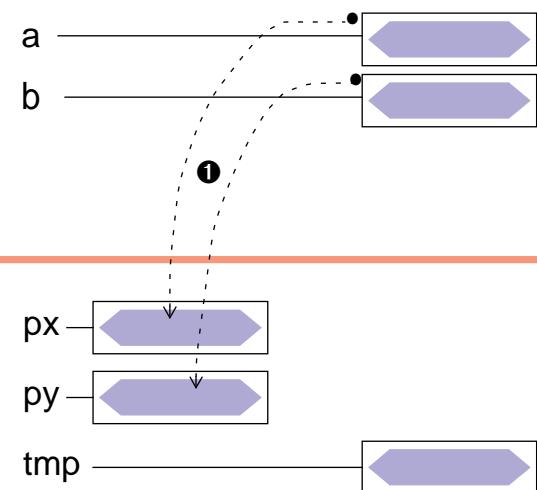
### ■ Beispiel:

```
main(void) {
 int a, b;
 void swap (int *, int *);
 ...
 swap(&a, &b); ①
}
```

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

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

}
```



## 5 Zeiger als Funktionsargumente (2)

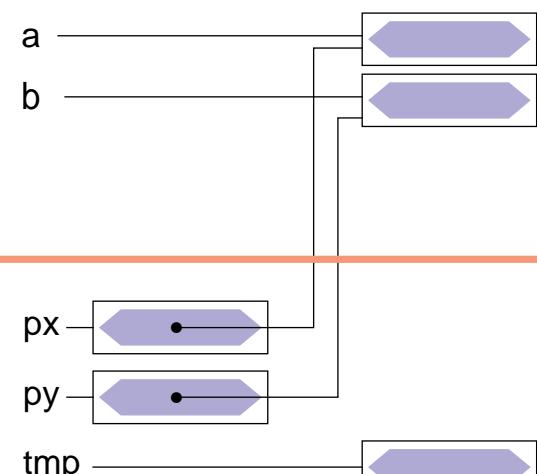
### ■ Beispiel:

```
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;

}
```



## 5 Zeiger als Funktionsargumente (2)

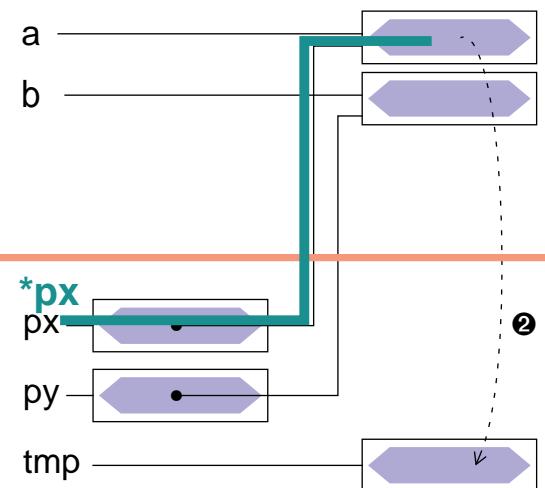
### ■ Beispiel:

```
main(void) {
 int a, b;
 void swap (int *, int *);
 ...
 swap(&a, &b); ①
}
```

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

 tmp = *px; ②
 *px = *py;
 *py = tmp;

}
```



## 5 Zeiger als Funktionsargumente (2)

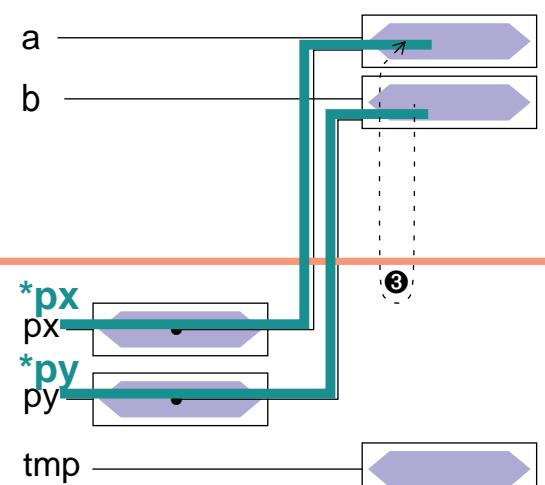
### ■ Beispiel:

```
main(void) {
 int a, b;
 void swap (int *, int *);
 ...
 swap(&a, &b); ①
}
```

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

 tmp = *px;
 *px = *py; ③
 *py = tmp;

}
```



## 5 Zeiger als Funktionsargumente (2)

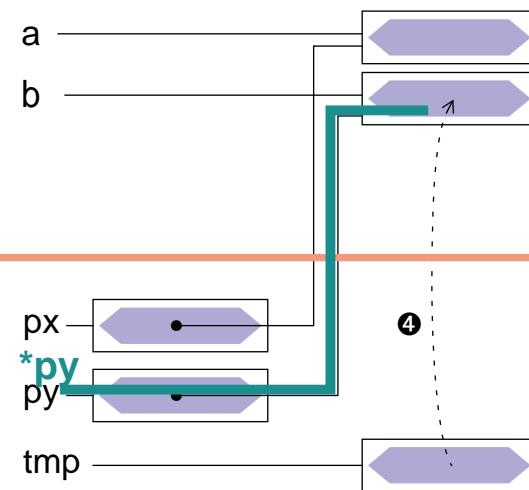
### ■ Beispiel:

```
main(void) {
 int a, b;
 void swap (int *, int *);
 ...
 swap(&a, &b); ①
}
```

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

 tmp = *px; ②
 *px = *py; ③
 *py = tmp; ④

}
```



## 5 Zeiger als Funktionsargumente (2)

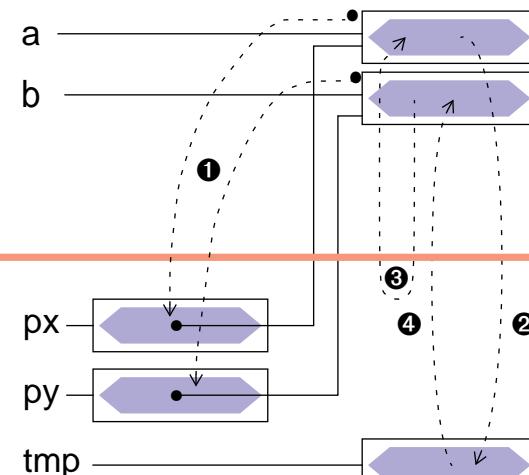
### ■ Beispiel:

```
main(void) {
 int a, b;
 void swap (int *, int *);
 ...
 swap(&a, &b); ①
}
```

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

 tmp = *px; ②
 *px = *py; ③
 *py = tmp; ④

}
```



## 6 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

## 6 Zeiger auf Strukturen (2)

- 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 Zusammenfassung

### ■ Variable

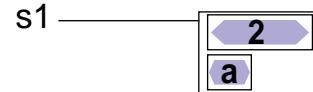
```
int a;
```

### ■ Zeiger

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

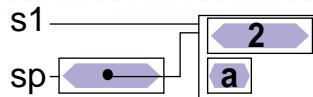
### ■ Struktur

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



### ■ Zeiger auf Struktur

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



## 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:

|                       |                                                             |
|-----------------------|-------------------------------------------------------------|
| <b>sizeof x</b>       | liefert die Größe des Objekts x in Bytes                    |
| <b>sizeof ( Typ )</b> | liefert die Größe eines Objekts vom Typ <i>Typ</i> in Bytes |

### ■ Das Ergebnis ist vom Typ **size\_t** (entspricht meist **int**) (`#include <stddef.h>!`)

### ■ Beispiel:

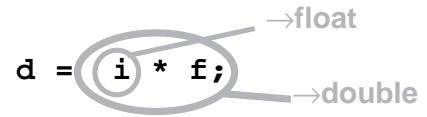
```
int a; size_t b;
b = sizeof a; /* ⇒ b = 2 oder b = 4 */
b = sizeof(double); /* ⇒ b = 8 */
```

## 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;
```



- In manchen Fällen wird eine explizite Typumwandlung benötigt (vor allem zur Umwandlung von Zeigern)

◆ Syntax:

(Typ) Variable

Beispiele:

```
(int) a (int *) a
(float) b (char *) a
```

## 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>`)

# Felder

## 1 Eindimensionale Felder

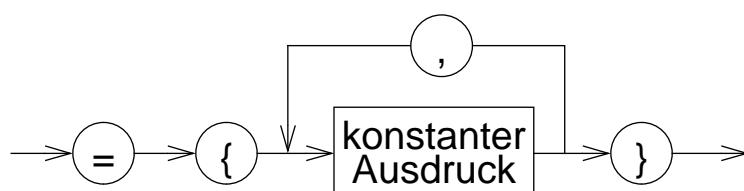
- eine Reihe von Daten desselben Typs kann zu einem **Feld** zusammengefasst werden
- bei der Definition wird die Anzahl der Feldelemente angegeben, die Anzahl ist konstant!
- der Zugriff auf die Elemente erfolgt durch **Indizierung**, beginnend bei Null
- Definition eines Feldes



- Beispiele:

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

## 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

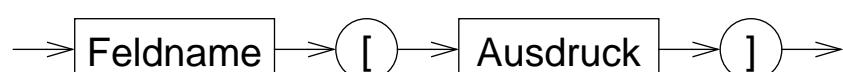
## 3 Initialisierung eines Feldes (2)

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

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

## 4 Zugriffe auf Feldelemente

- Indizierung:



wobei:  $0 \leq \text{Wert}(\text{Ausdruck}) < \text{Feldgröße}$

- Beispiele:

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

## 5 Mehrdimensionale Felder

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



- Beispiel:

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

## 6 Zugriffe auf Feldelemente bei mehrdim. Feldern

- Indizierung:



wobei:  $0 \leq A_i <$  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;
```

## 7 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!
```

## 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:

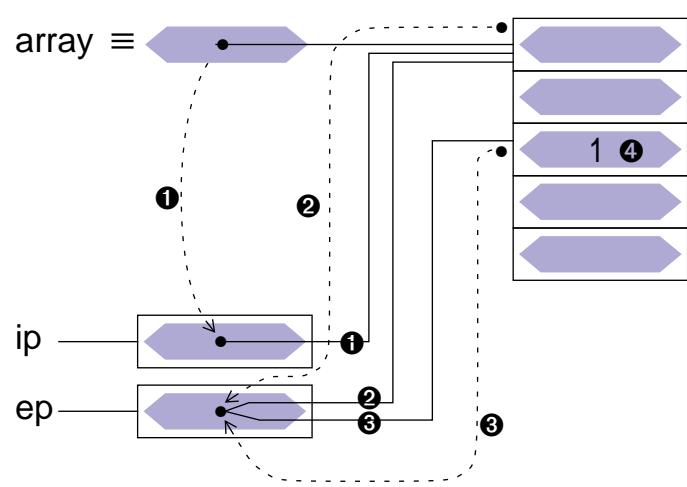
```
int array[5];

int *ip = array; ①

int *ep;
ep = &array[0]; ②

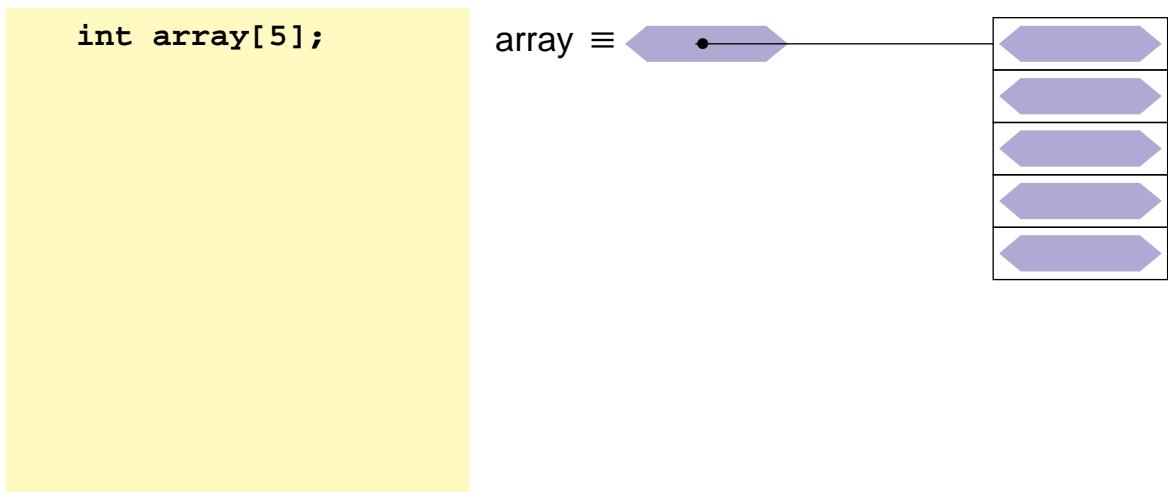
ep = &array[2]; ③

*ep = 1; ④
```



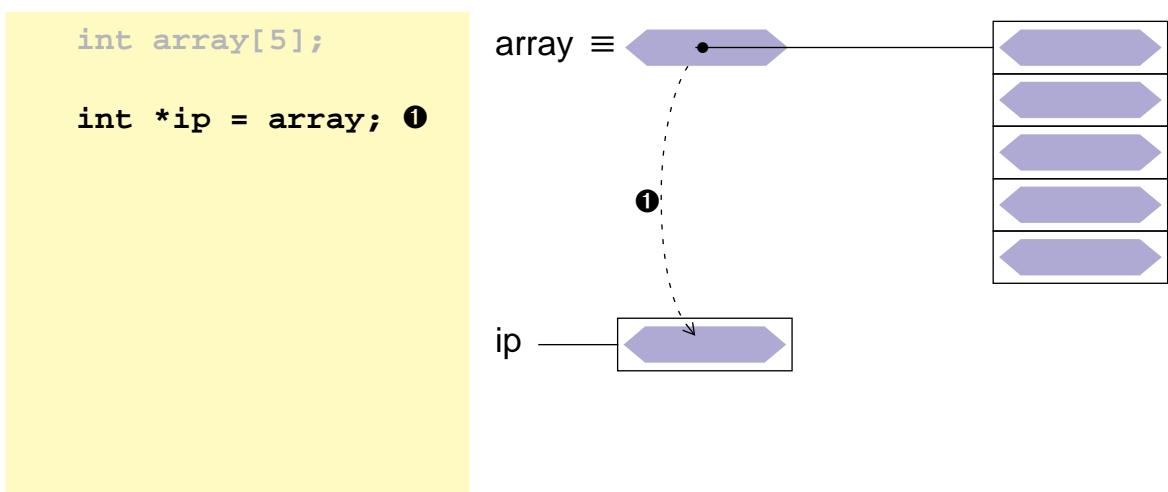
# Zeiger und Felder

- 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:



# 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:

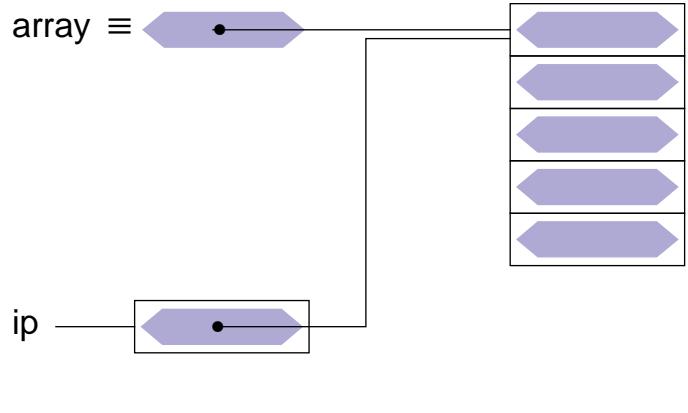


# Zeiger und Felder

- 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; ①
```



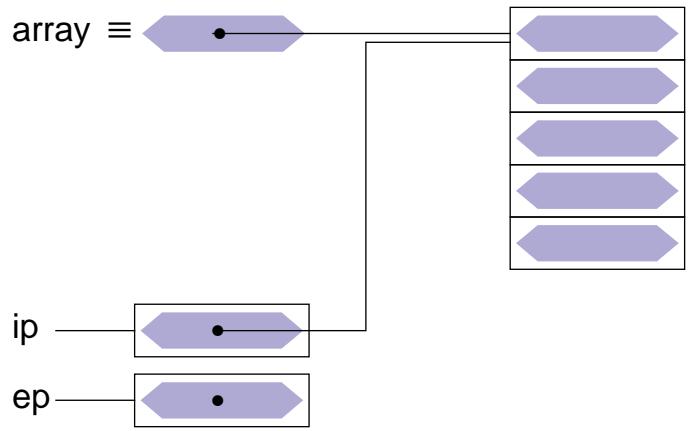
# Zeiger und Felder

- 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;
```



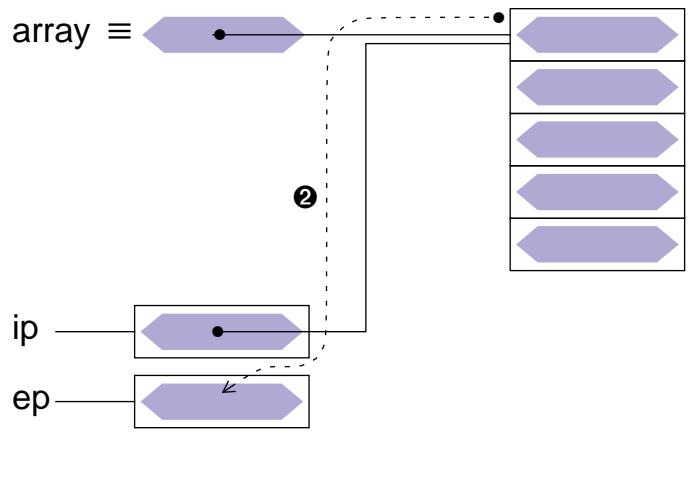
# Zeiger und Felder

- 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]; ②
```



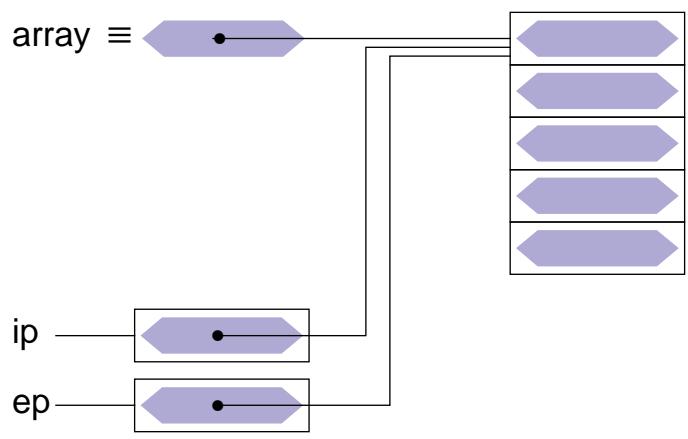
# Zeiger und Felder

- 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]; ②
```



# Zeiger und Felder

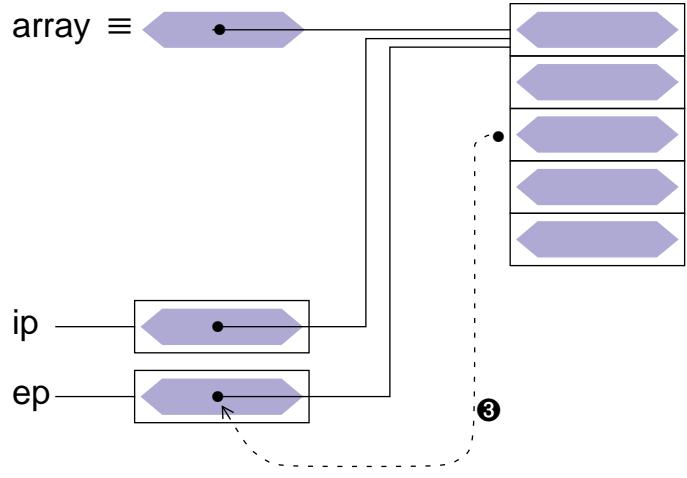
- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];

int *ip = array;

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

ep = &array[2]; ③
```



# Zeiger und Felder

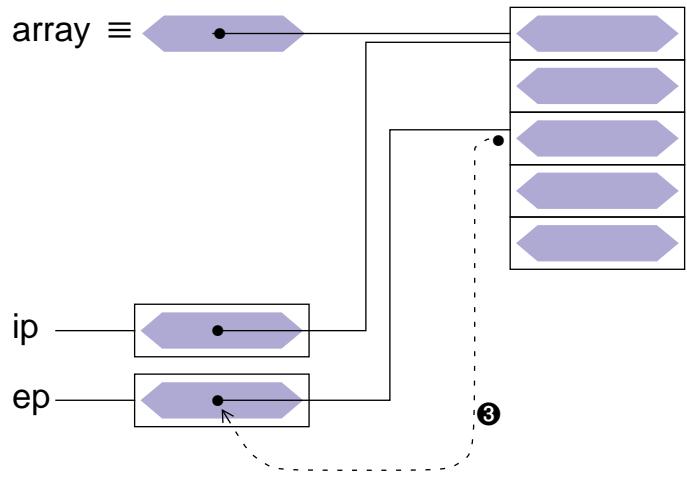
- ein Feldname ist ein konstanter Zeiger auf das erste Element des Feldes
- im Gegensatz zu einer Zeigervariablen kann sein Wert nicht verändert werden
- es gilt:

```
int array[5];

int *ip = array;

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

ep = &array[2]; ③
```



# 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];

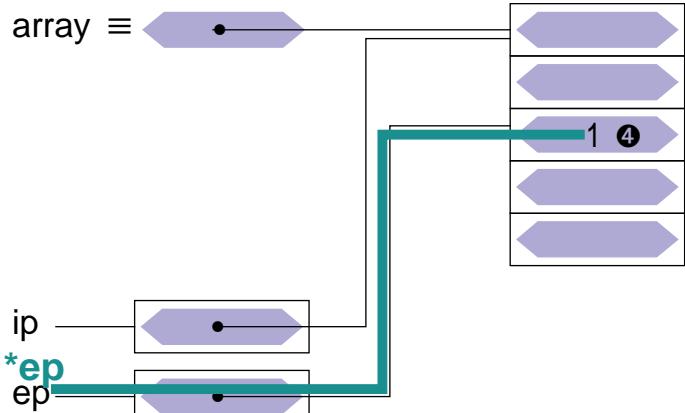
int *ip = array;

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

ep = &array[2];

*ep = 1; ④

```



# 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];

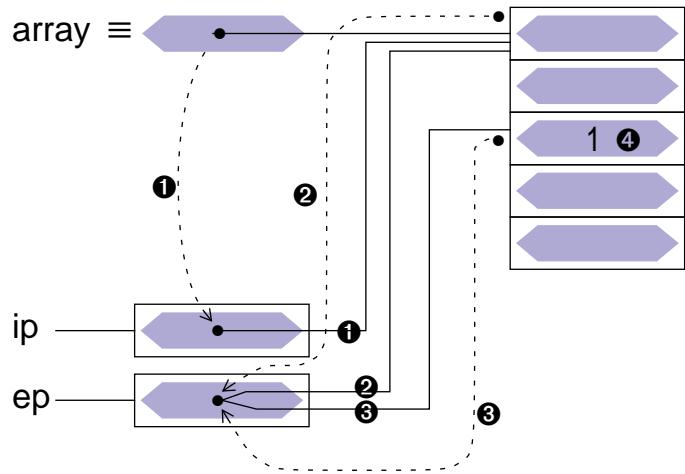
int *ip = array; ①

int *ep;
ep = &array[0]; ②

ep = &array[2]; ③

*ep = 1; ④

```

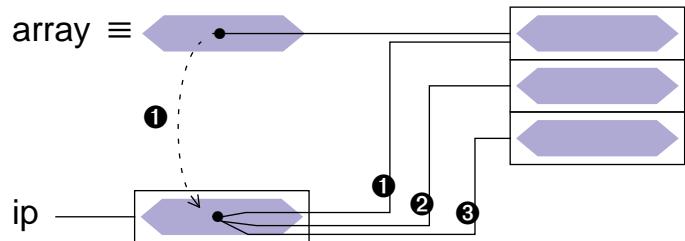


## 1 Arithmetik mit Adressen

- **++ -Operator:** Inkrement = nächstes Objekt

```
int array[3];
int *ip = array; ①

ip++; ②
ip++; ③
```



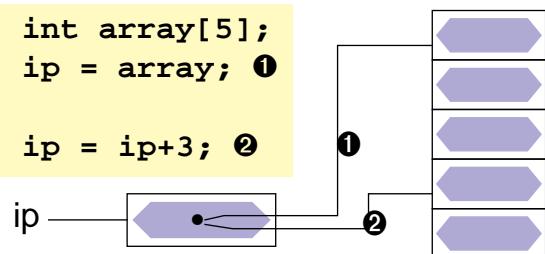
- **-- -Operator:** Dekrement = vorheriges Objekt

- **+, -**  
Addition und Subtraktion von Zeigern und ganzzahligen Werten.

Dabei wird immer die Größe des Objekttyps berücksichtigt!

```
int array[5];
ip = array; ①

ip = ip+3; ②
```



**!!! Achtung:** Assoziativität der Operatoren beachten !!

## 2 Zeigerarithmetik und Felder

- Ein Feldname ist eine Konstante, für die Adresse des Feldanfangs
  - ➔ Feldname ist ein ganz normaler Zeiger
    - Operatoren für Zeiger anwendbar ( \*, [ ] )
  - ➔ aber keine Variable ➔ keine Modifikationen erlaubt
    - keine Zuweisung, kein ++, --, +=, ...
- es gilt:

```
int array[5]; /* → array ist Konstante für den Wert &array[0] */
int *ip = array; /* ≡ int *ip = &array[0] */
int *ep;

/* Folgende Zuweisungen sind äquivalent */
array[i] = 1;
ip[i] = 1;
(ip+i) = 1; / Vorrang! */
*(array+i) = 1;

ep = &array[i]; *ep = 1;
ep = array+i; *ep = 1;
```

## 2 Zeigerarithmetik und Felder

```

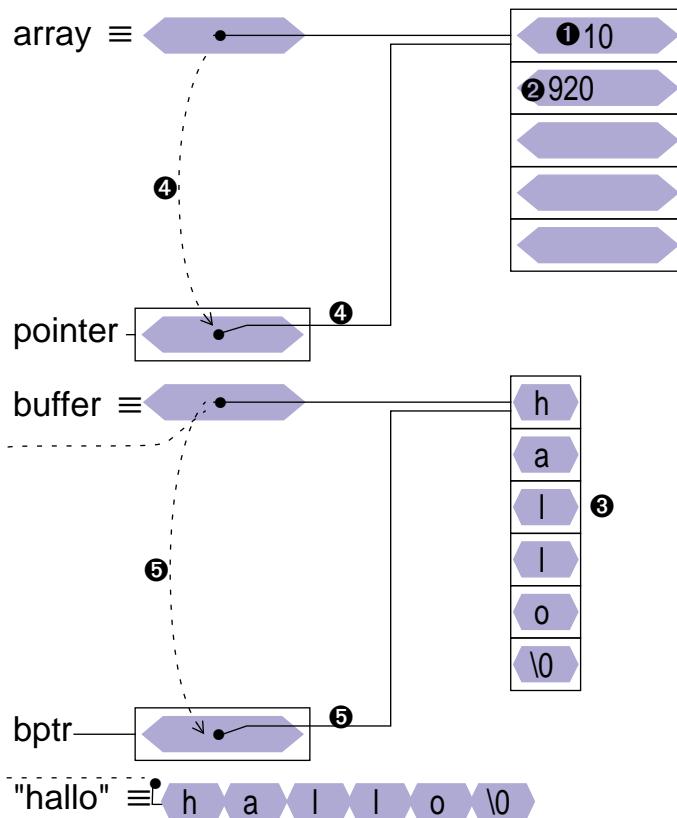
int array[5];
int *pointer;
char buffer[6];
char *bptr;

① array[0] = 10;
② array[1] = 920;
③ strcpy(buffer,"hallo");
④ pointer = array;
⑤ bptr = buffer;

```

Formale Parameter  
der Funktion strcpy

ziel → ③  
quelle → ③



## 2 Zeigerarithmetik und Felder

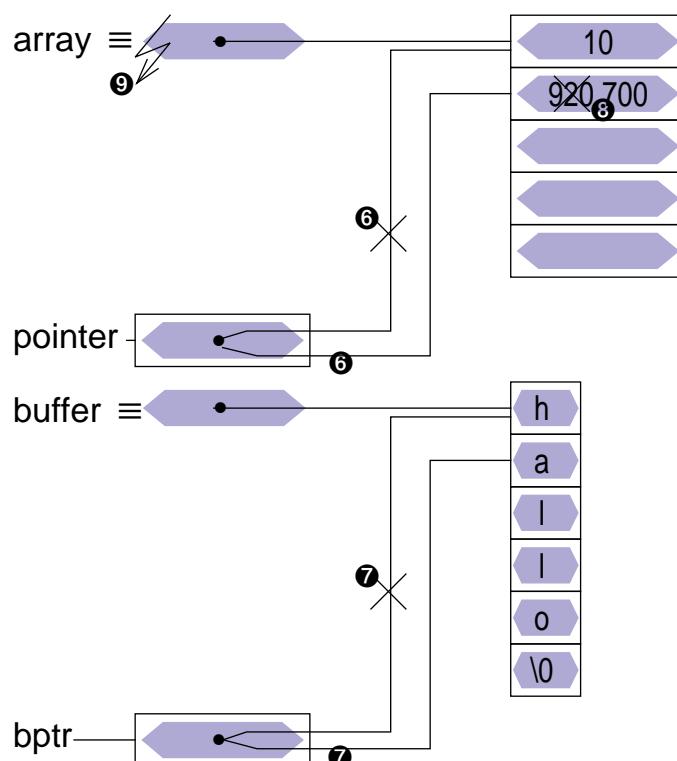
```

int array[5];
int *pointer;
char buffer[6];
char *bptr;

① array[0] = 10;
② array[1] = 920;
③ strcpy(buffer,"hallo");
④ pointer = array;
⑤ bptr = buffer;

⑥ pointer++;
⑦ bptr++;
⑧ *pointer = 700;
⑨ array++; ↴

```



## Eindimensionale Felder als Funktionsparameter

- ganze Felder können in C **nicht by-value** übergeben werden
- wird einer Funktion ein Feldname als Parameter übergeben, wird damit der Zeiger auf das erste Element "by value" übergeben
  - die Funktion kann über den formalen Parameter (=Kopie des Zeigers) 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
  - die Funktion kennt die Feldgröße damit nicht
  - 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

## Eindimensionale Felder als Funktionsparameter (2)

- wird ein Feldparameter als **const** deklariert, können die Feldelemente innerhalb der Funktion nicht verändert werden
- Funktionsaufruf und Deklaration der formalen Parameter am Beispiel eines **int**-Feldes:

```

int a, b;
int feld[20];
func(a, feld, b);

...
int func(int p1, int p2[], int p3);
oder:
int func(int p1, int *p2, int p3);

```

- die Parameter-Deklarationen **int p2[]** und **int \*p2** sind vollkommen äquivalent!

## Eindimensionale Felder als Funktionsparameter (3)

### ■ Beispiel 1: Bestimmung der Länge einer Zeichenkette (*String*)

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

## Eindimensionale Felder als Funktionsparameter (4)

### ■ Beispiel 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

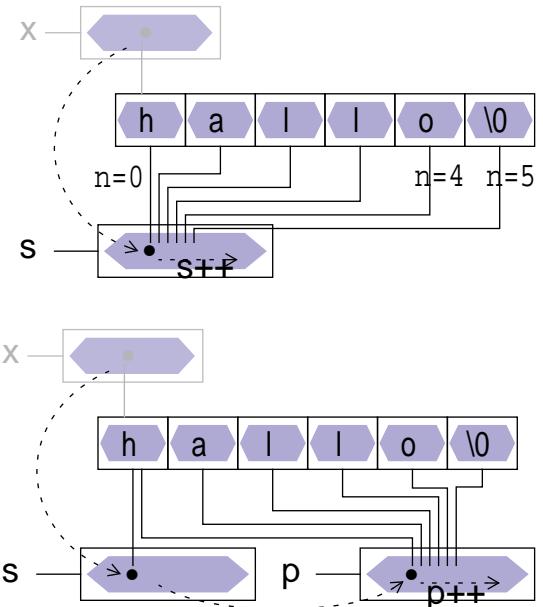
```
char s1[50] = "text1";
char s2[] = "text2";
strcat(s1, s2); /* → s1= "text1text2" */
strcat(s1, "text3"); /* → s1= "text1text2text3" */
```

## Zeiger, Felder und Zeichenketten

- Zeichenketten sind Felder von Einzelzeichen (**char**), die in der internen Darstellung durch ein '\0'-Zeichen abgeschlossen sind
- Beispiel: Länge eines Strings ermitteln — Aufruf **strlen(x);**

```
/* 1. Version */
int strlen(const char *s)
{
 int n;
 for (n=0; *s != '\0'; s++)
 n++;
 return(n);
}
```

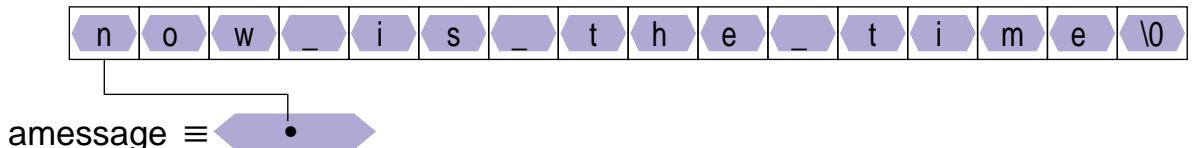
```
/* 2. Version */
int strlen(const char *s)
{
 char *p = s;
 while (*p != '\0')
 p++;
 return(p-s);
}
```



## Zeiger, Felder und Zeichenketten (2)

- wird eine Zeichenkette zur Initialisierung eines char-Feldes verwendet, ist der Feldname ein konstanter Zeiger auf den Anfang der Zeichenkette

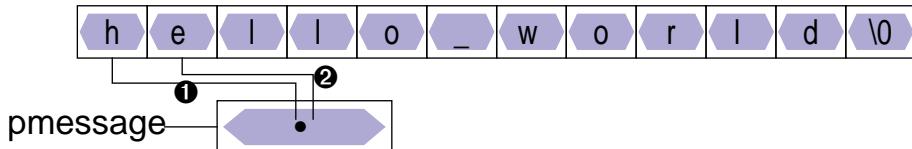
```
char amessage[] = "now is the time";
```



## Zeiger, Felder und Zeichenketten (3)

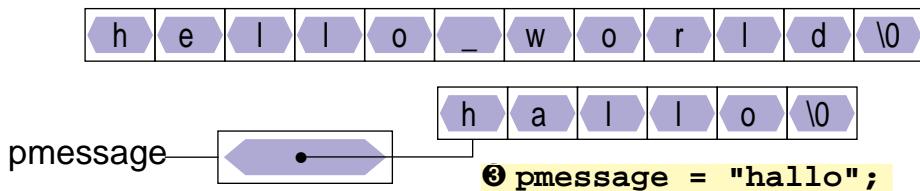
- wird eine Zeichenkette zur Initialisierung eines `char`-Zeigers verwendet, ist der Zeiger eine Variable, die mit der Anfangsadresse der Zeichenkette initialisiert wird

```
char *pmassage = "hello world";
```



```
pmassage++; ②
printf("%s", pmessage); /* gibt "ello world" aus */
```

- wird dieser Zeiger überschrieben, ist die Zeichenkette nicht mehr adressierbar!

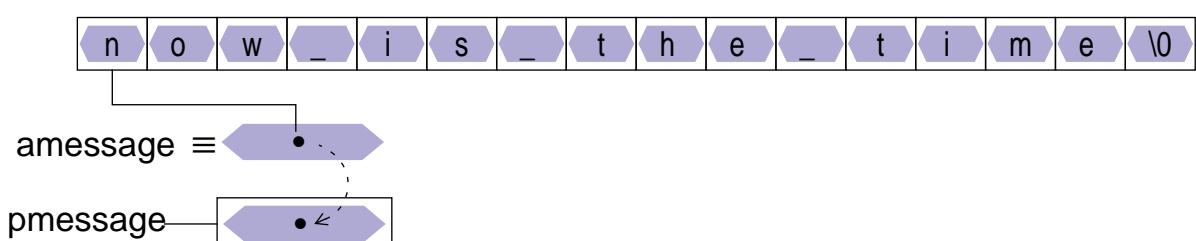


## Zeiger, Felder und Zeichenketten (4)

- die Zuweisung eines `char`-Zeigers oder einer Zeichenkette an einen `char`-Zeiger bewirkt kein Kopieren von Zeichenketten!

```
pmassage = amessage;
```

weist dem Zeiger `pmassage` lediglich die Adresse der Zeichenkette `"now is the time"` zu



- wird eine Zeichenkette als aktueller Parameter an eine Funktion übergeben, erhält diese eine Kopie des Zeigers

## Zeiger, Felder und Zeichenketten (5)

### ■ Zeichenketten kopieren

```
/* 1. Version */
void strcpy(char to[], const char from[])
{
 int i=0;
 while ((to[i] = from[i]) != '\0')
 i++;
}

/* 2. Version */
void strcpy(char *to, const char *from)
{
 while ((*to = *from) != '\0')
 to++, from++;
}

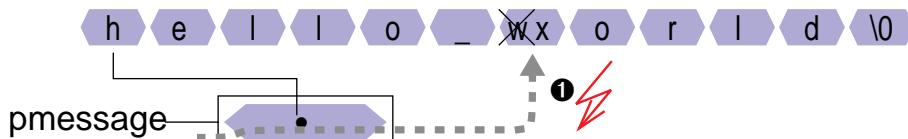
/* 3. Version */
void strcpy(char *to, const char *from)
{
 while (*to++ = *from++)
 ;
}
```

## Zeiger, Felder und Zeichenketten (6)

- in ANSI-C können Zeichenketten in nicht-modifizierbaren Speicherbereichen angelegt werden (je nach Compiler)
  - ➔ Schreiben in Zeichenketten  
 (Zuweisungen über dereferenzierte Zeiger)  
 kann zu Programmabstürzen führen!
  - Beispiel:

```
strcpy("zu ueberschreiben", "reinschreiben");
```

```
char *pmassage = "hello world";
```



```
pmassage[6] = 'x'; ① ⚡
```

aber!

```
char amessage[] = "hello world"; ok!
amessage[6] = 'x';
```

## Felder von Zeigern

- Auch von Zeigern können Felder gebildet werden

- Deklaration

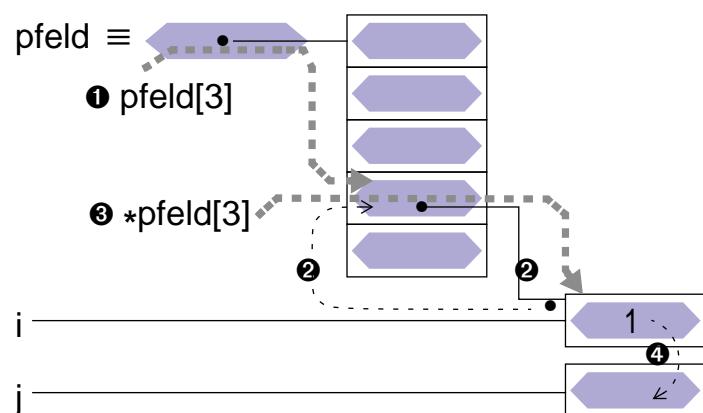
```
int *pfeld[5];
int i = 1
int j;
```

- Zugriffe auf einen Zeiger des Feldes

```
pfeld[3] = &i; ②
```

- Zugriffe auf das Objekt, auf das ein Zeiger des Feldes verweist

```
j = *pfeld[3]; ④
```

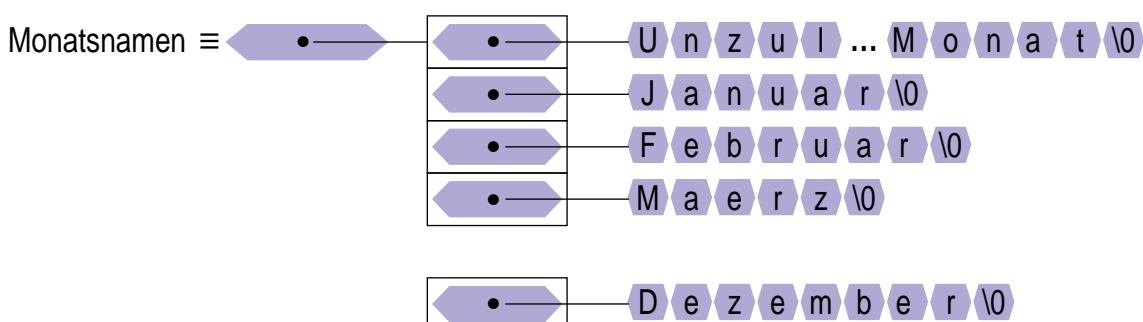


## Felder von Zeigern (2)

- Beispiel: Definition und Initialisierung eines Zeigerfeldes:

```
char *month_name(int n)
{
 static char *Monatsnamen[] = {
 "Unzulaessiger Monat",
 "Januar",
 ...
 "Dezember"
 };

 return ((n<0 || n>12) ?
 Monatsnamen[0] : Monatsnamen[n]);
}
```



# Argumente aus der Kommandozeile

- beim Aufruf eines Kommandos können normalerweise Argumente übergeben werden
- der Zugriff auf diese Argumente wird der Funktion **main( )** durch zwei Aufrufparameter ermöglicht:

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

oder

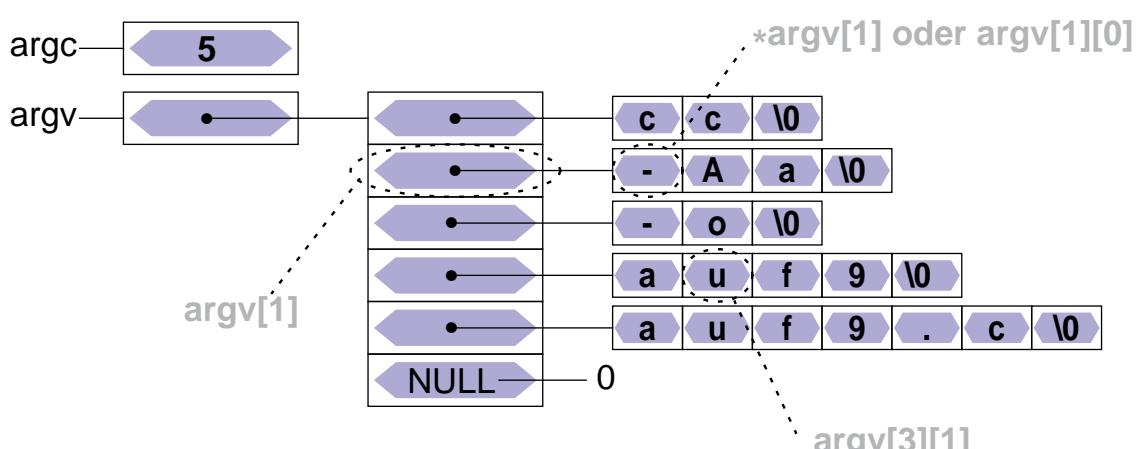
```
int
main (int argc, char **argv)
{
 ...
}
```

- der Parameter **argc** enthält die Anzahl der Argumente, mit denen das Programm aufgerufen wurde
- der Parameter **argv** ist ein Feld von Zeiger auf die einzelnen Argumente (Zeichenketten)
- der Kommandoname wird als erstes Argument übergeben (**argv[0]**)

## 1 Datenaufbau

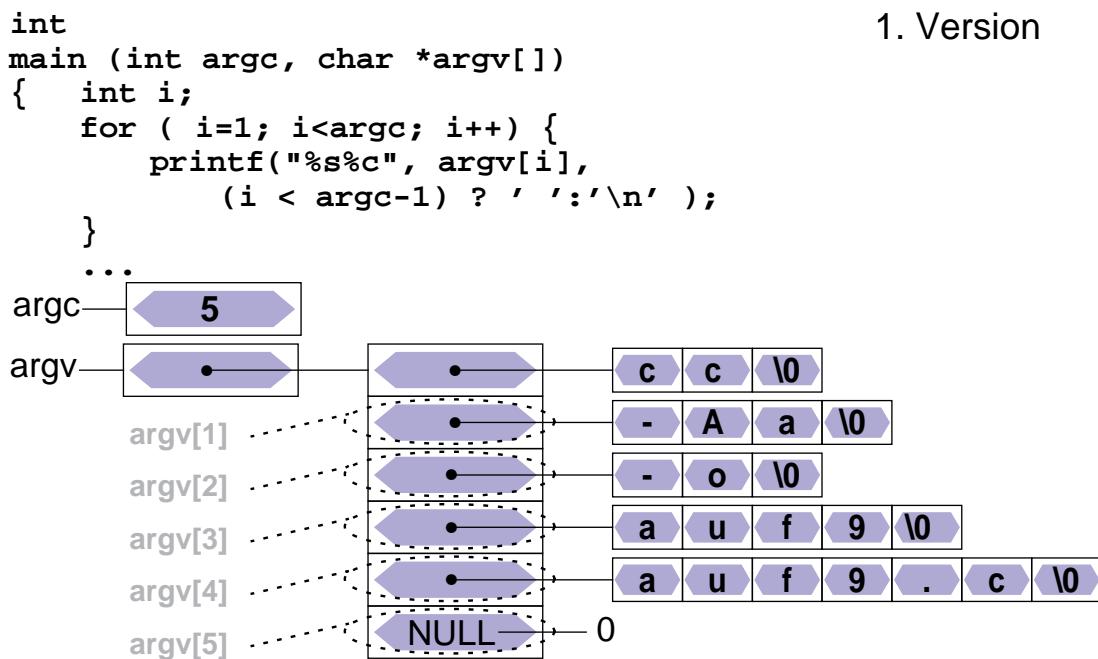
Kommando: **cc -Aa -o auf9 auf9.c**

Datei cc.c:  
 ...  
**main(int argc, char \*argv[])** {  
 ...



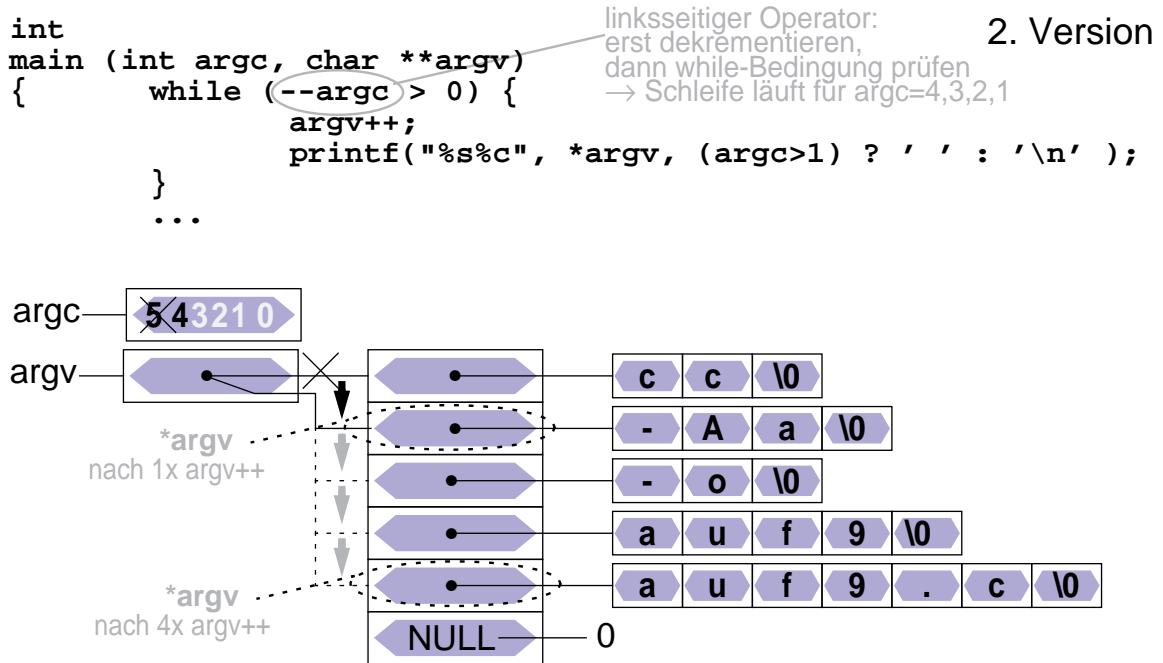
## 2 Zugriff — Beispiel: Ausgeben aller Argumente (1)

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



## 2 Zugriff — Beispiel: Ausgeben aller Argumente (2)

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

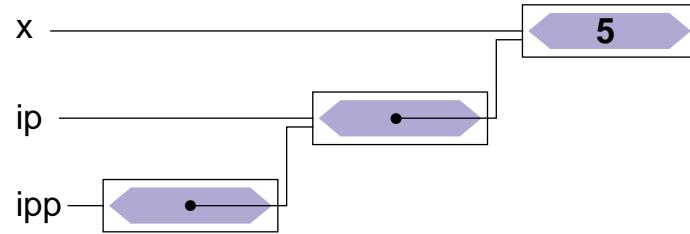


# Zeiger auf Zeiger

- ein Zeiger kann auf eine Variable verweisen, die ihrerseits ein Zeiger ist

```
int x = 5;
int *ip = &x;

int **ipp = &ip;
/* → **ipp = 5 */
```



- wird vor allem bei der Parameterübergabe an Funktionen benötigt, wenn ein Zeiger "call by reference" übergeben werden muss (z. B. swap-Funktion für Zeiger)

# Strukturen

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

## 1 Initialisieren von Strukturen

- Strukturen 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 Position**

→ potentielle Fehlerquelle bei Änderungen der Strukturtyp-Deklaration

## 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);
}
```

## 3 Felder von Strukturen

- Von Strukturen können — wie von normalen 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';
 }
}
```

## 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);
```

## 5 Zusammenfassung

### ■ Variable

```
int a;
```

The diagram shows the declaration `int a;` in a yellow box. Below it, a variable `a` is shown with a pointer arrow pointing to a value `5` in a separate box.

### ■ Zeiger

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

The diagram shows the declaration `int *p = &a;` in a yellow box. Below it, a pointer `p` is shown with a pointer arrow pointing to a variable `a`, which is represented by a box with a dot inside.

### ■ Feld

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

The diagram shows the declaration `int a[3];` in a yellow box. Below it, an array `a` is shown with a pointer arrow pointing to a block containing three horizontal boxes, each representing an element of the array.

### ■ Feld von Zeigern

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

The diagram shows the declaration `int *p[3];` in a yellow box. Below it, an array `p` is shown with a pointer arrow pointing to a block containing three horizontal boxes, each representing a pointer to an array of three elements.

### ■ Struktur

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

The diagram shows the structure definition `struct s{int a; char c;};` and an instantiation `struct s s1 = {2, 'a'};` in a yellow box. Below it, a structure `s1` is shown with a pointer arrow pointing to a block containing two boxes: `2` and `'a'`.

### ■ Zeiger auf Struktur

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

The diagram shows the declaration `struct s *sp = &s1;` in a yellow box. Below it, a pointer `sp` is shown with a pointer arrow pointing to a structure `s1`, which is represented by a block with a dot inside.

### ■ Feld von Strukturen

```
sa ≡ • →
struct s sa[3];
```

The diagram shows the declaration `struct s sa[3];` in a yellow box. Below it, an array `sa` is shown with a pointer arrow pointing to a block containing three horizontal boxes, each representing a structure `s` with two fields.

## 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");
```

# 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

## 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

## 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!

## 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

## 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 geöffnet 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**

## 3 Zeichenweise Lesen und Schreiben

### ■ Lesen eines einzelnen Zeichens

◆ von der Standardeingabe

```
int getchar()
```

- 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

◆ von einem Dateikanal

```
int getc(FILE *fp)
```

### ■ 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

## 3 Zeichenweise Lesen und Schreiben (2)

### ■ Beispiel: copy-Programm, Aufruf: `copy Quelldatei Zielfdatei`

```
#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);
}
```

## 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

## 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)

## 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

## 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

## 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

## 5 Formatierte Eingabe (3)

|                                      |               |
|--------------------------------------|---------------|
| <b>%d</b>                            | int           |
| <b>%hd</b>                           | short         |
| <b>%ld</b>                           | long int      |
| <b>%lld</b>                          | long long int |
| <b>%f</b>                            | float         |
| <b>%lf</b>                           | double        |
| <b>%Lf</b>                           | long double   |
| analog auch <b>%e</b> oder <b>%g</b> |               |

|           |                                             |
|-----------|---------------------------------------------|
| <b>%c</b> | char                                        |
| <b>%s</b> | 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"

## 6 Fehlerbehandlung

- Fast jeder Systemcall/Bibliotheksauftrag kann fehlschlagen
  - ◆ Fehlerbehandlung unumgänglich!
- Vorgehensweise:
  - ◆ Rückgabewerte von Systemcalls/Bibliotheksaufträgen 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);
```