B Kurzeinführung in die Programmiersprache C

- Literatur zur C-Programmierung:
  - Darnell, Margolis. *C: A Software Engineering Approach*. Springer 1991
  - Kernighan, Ritchie. *The C Programming Language*. Prentice-Hall 1988

B-1 Überblick

- Struktur eines C-Programms
- Datentypen und Variablen
- Anweisungen
- Funktionen
- C-Preprozessor
- Programmstruktur und Module
- Zeiger(-Variablen)
- sizeof-Operator
- Explizite Typumwandlung — Cast-Operator
- Speicherverwaltung
- Felder
- Strukturen
- Ein- /Ausgabe
- Fehlerbehandlung

B-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`**

B-3 Datentypen und Variablen

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

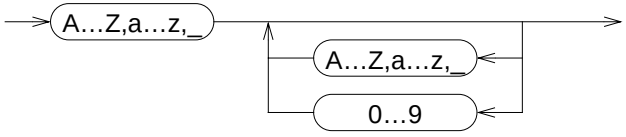
1 Standardtypen in C

- 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

2 Variablen

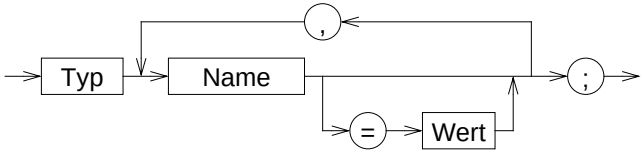
- Variablen besitzen
  - **Namen** (Bezeichner)
  - Typ
  - zugeordneten Speicherbereich für einen Wert des Typs
    Inhalt des Speichers (= **aktueller Wert** der Variablen) ist veränderbar!
  - **Lebensdauer**
- Variablenname:



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

2 Variablen (2)

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



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 Strukturierte Datentypen (structs)

- Zusammenfassen mehrerer Daten zu einer Einheit

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

- Variablen-Definition

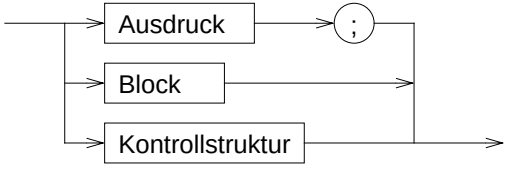
```
struct person p1;
```

- Zugriff auf Elemente der Struktur

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

B-4 Anweisungen

Anweisung:



1 Ausdrücke - Beispiele

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

2 Blöcke

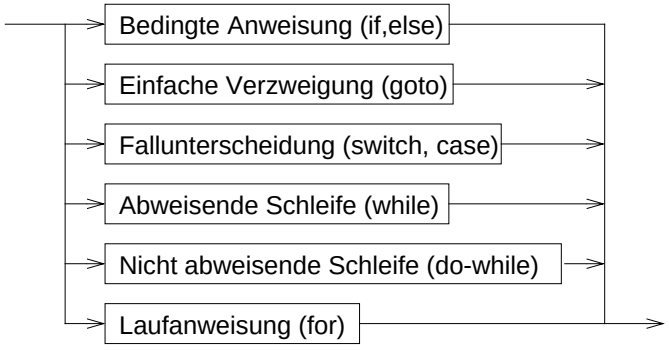
- Zusammenfassung mehrerer Anweisungen
- Lokale Variablendefinitionen → Hilfsvariablen
- Schaffung neuer Sichtbarkeitsbereiche (***Scopes***) für Variablen

```
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 */
    }
}
```


3 Kontrollstrukturen

- Kontrolle des Programmablaufs in Abhängigkeit vom Ergebnis von Ausdrücken

Kontrollstruktur:



4 Kontrollstrukturen — 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

B-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)

1 Funktionsdefinition

- Schnittstelle (Ergebnistyp, Name, Parameter)
- + Implementierung

2 Beispiel Sinusberechnung

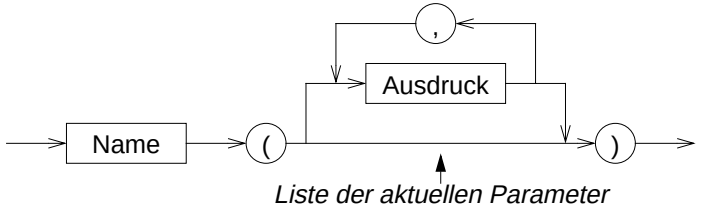
```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

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);
```


3 Funktionsaufruf



- 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

4 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) );
}
```

4 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 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);
```


6 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);
}
```


7 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

B-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

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
```


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!)

B-7 Programmstruktur & Module

1 Softwaredesign

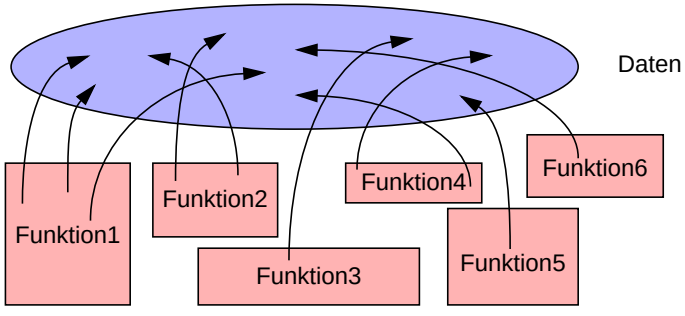
- Grundsätzliche Überlegungen über die Struktur eines Programms **vor** Beginn der Programmierung
- Verschiedene Design-Methoden
  - ◆ Top-down Entwurf / Prozedurale Programmierung
    - ➤ traditionelle Methode
    - ➤ bis Mitte der 80er Jahre fast ausschließlich verwendet
    - ➤ an Programmiersprachen 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
        - – Lieferungsposten einlesen
        - – Preis für Produkt ermitteln
        - – Mehrwertsteuer ermitteln
      - – Rechnungspositionen addieren
      - – Positionen formatiert ausdrucken

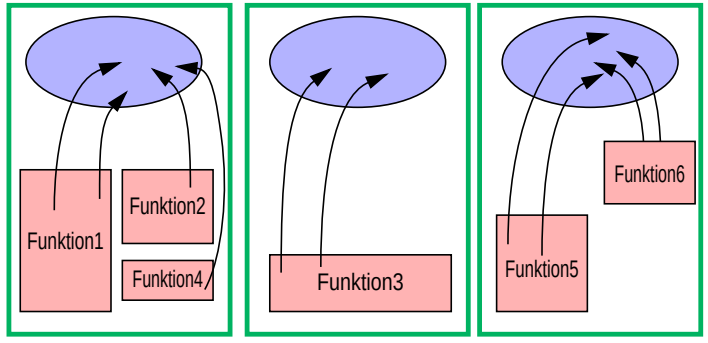
2 Top-down Entwurf (2)

- 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 main.c          (erzeugt Datei main.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 main.o f1.o f2.o f3.o f4.c f5.c
```

3 Module in C

!!! `.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 Preprozessors in C-Quelldateien einkopiert
  - ◆ der Name einer *Header*-Datei endet immer auf **`.h`**

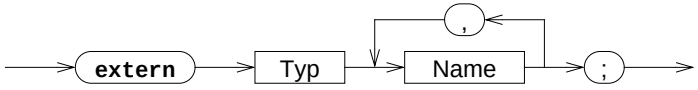
4 Gültigkeit von Namen

- 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 Varibalen 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

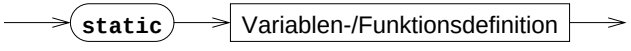
- Funktionen sind generell global
  (es sei denn, die Erreichbarkeit wird explizit auf das Modul begrenzt)
- Funktionen aus anderen Modulen müssen ebenfalls vor dem ersten Aufruf **deklariert** werden
  (= Typ, Name und Parametertypen bekanntmachen)
- Das Schlüsselwort **`extern`** ist bei einer Funktionsdeklaration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



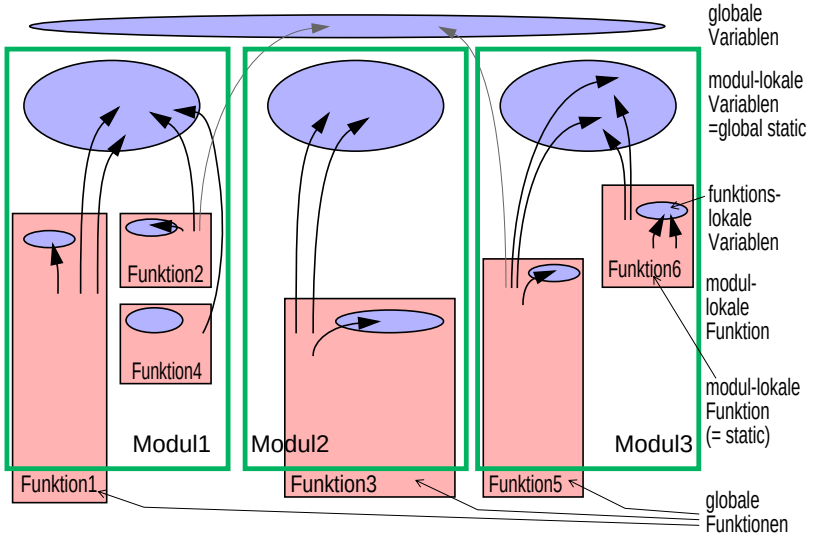
  - ➤ **`extern`**-Deklarationen in anderen Modulen sind nicht möglich
- **`Die static`**-Variablen bilden zusammen den Zustand eines Moduls, die Funktionen des Moduls operieren auf diesem Zustand
- Hilfsfunktionen innerhalb eines Moduls, die nur von den Modulfunktionen benötigt werden, sollten immer static 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)

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

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)

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 definieren

11 Getrennte Übersetzung von Programmteilen — Beispiel

- Hauptprogramm (Datei **`fplot.c`**)

```
#include "trig.h"
#define INTERVALL 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+=INTERVALL)
              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);
}
```

B-8 Zeiger(-Variablen)

1 Einordnung

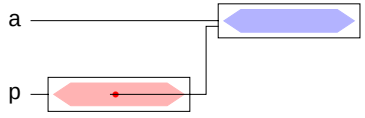
- **Konstante:**
  Bezeichnung für einen Wert

  'a' ≡ 0110 0001

- **Variable:**
  Bezeichnung eines Datenobjekts

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

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



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

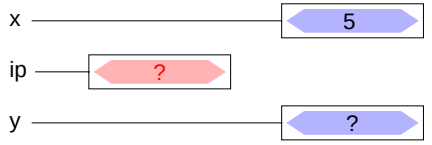
3 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

- ▲ **Beispiele**

```
int x = 5;

int *ip;

int y;
```



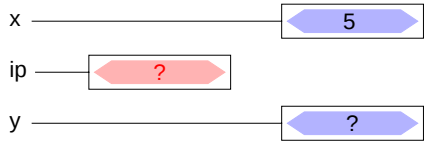
3 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

- ▲ **Beispiele**

```
int x = 5;

int *ip;

int y;

ip = &x; ❶
```



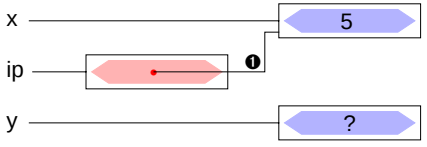
3 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

- **Beispiele**

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



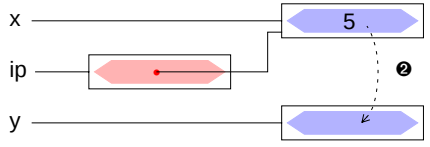
3 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

- **Beispiele**

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



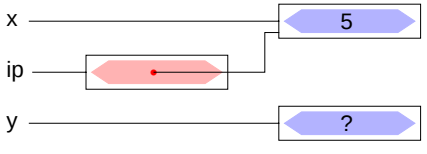
3 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

- **Beispiele**

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



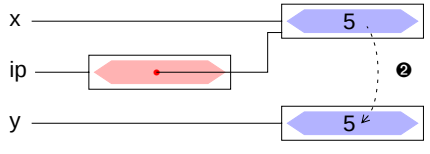
3 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

- **Beispiele**

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



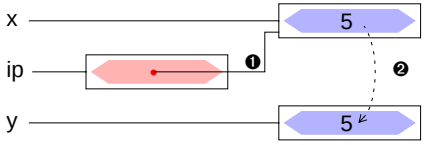
3 Definition von Zeigervariablen

- Syntax:

```
Typ *Name ;
```

- **Beispiele**

```
int x = 5;

int *ip;

int y;

ip = &x; ❶

y = *ip; ❷
```



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)

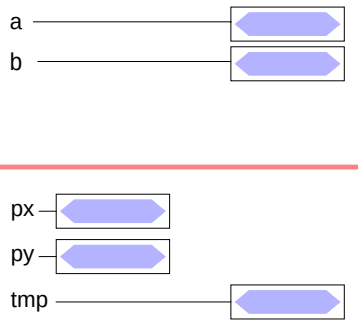
- Beispiel:

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

5 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

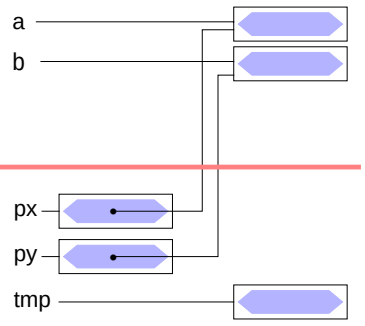
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b);
}

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

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

}
```



5 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

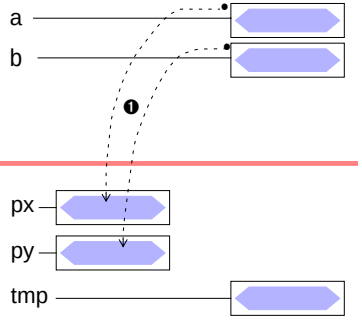
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b);
}

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

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

}
```



5 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

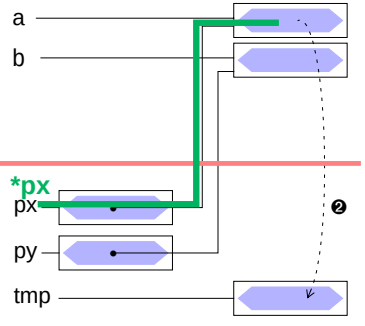
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b); ❶
}

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

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

}
```



5 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

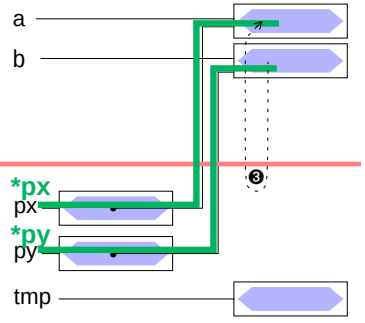
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b); ❶
}

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

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

}
```



5 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

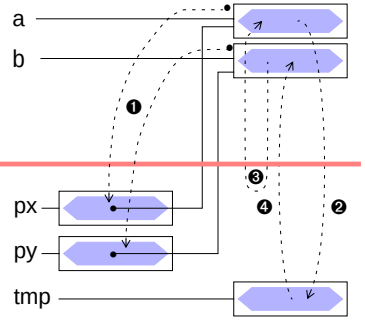
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b); ❶
}

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

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

}
```



5 … Zeiger als Funktionsargumente (2)

- Beispiel:

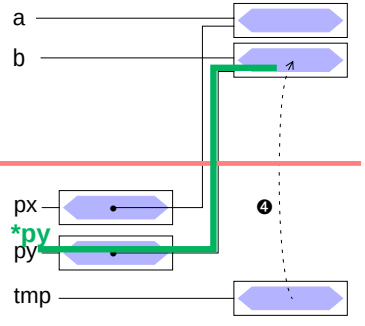
```
main(void) {
int a, b;
void swap (int *, int *);
...
swap(&a, &b); ❶
}

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

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

}
```



5 … 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

}
```



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;
```
a — 5

- Zeiger
```
int *p = &a;
```
a — 5
p — •

- Struktur
```
struct s{int a; char c;};
struct s s1 = {2, 'a'};
```
s1 — 2 | a

- Zeiger auf Struktur
```
struct s *sp = &s1;
```
s1 — 2 | a
sp — •

B-9 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 */
```


B-10 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
```

B-11 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>`**)

B-12 Felder

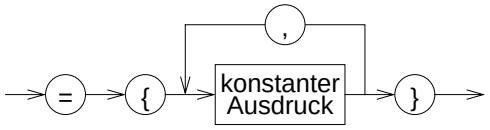
1 Eindimensionale Felder

- 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

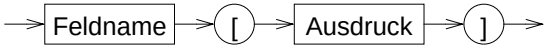
3 ... Initialisierung eines Feldes (2)

- 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 <= Wert(Ausdruck) < Feldgröße

- Beispiele:

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


5 Mehrdimensionale Felder

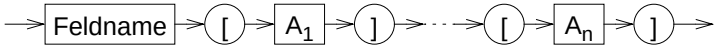
- neben eindimensionalen Felder kann man auch mehrdimensionale Felder vereinbaren
- Definition eines mehrdimensionalen Feldes

- Beispiel:

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


6 Zugriffe auf Feldelemente bei mehrdim. Feldern

- Indizierung:



wobei: 0 <= 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!

B-13 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

1 Beispiele

- Bestimmung der Länge einer Zeichenkette (*String*)

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


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' )
        ;
}
```

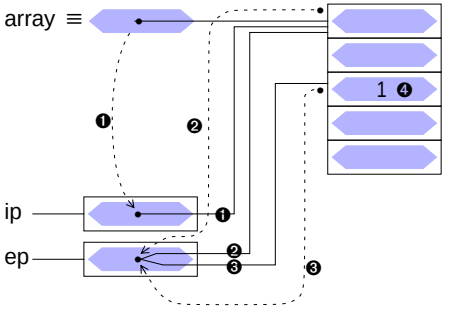
- Funktionsaufruf mit Feld-Parametern
  - ➤ als aktueller Parameter beim Funktionsaufruf wird einfach der Feldname angegeben

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


B-14 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:

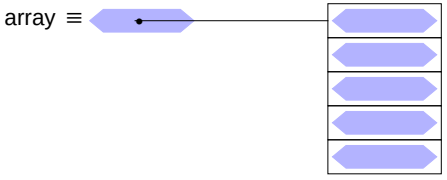
```
int array[5];

int *ip = array; ❶

int *ep;
ep = &array[0]; ❷

ep = &array[2]; ❸

*ep = 1; ❹
```



B-14 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:

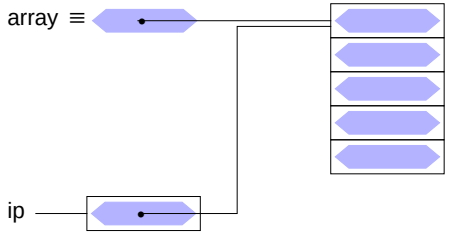
```
int array[5];
```



B-14 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:

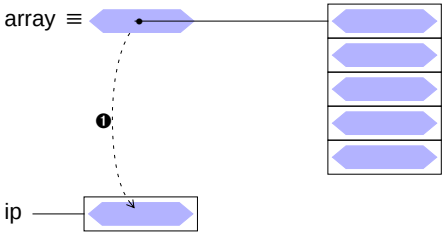
```
int array[5];

int *ip = array; ❶
```



B-14 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:

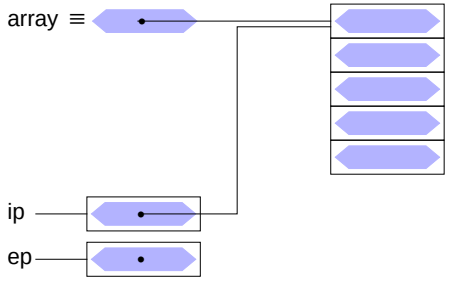
```
int array[5];

int *ip = array; ❶
```



B-14 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:

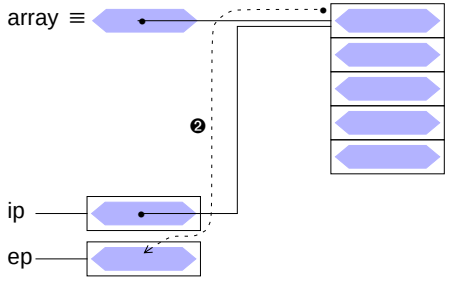
```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
```



B-14 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:

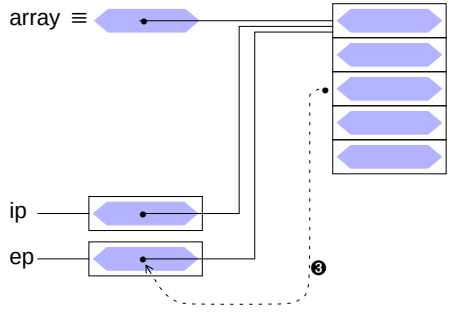
```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
ep = &array[0]; ❷
```



B-14 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:

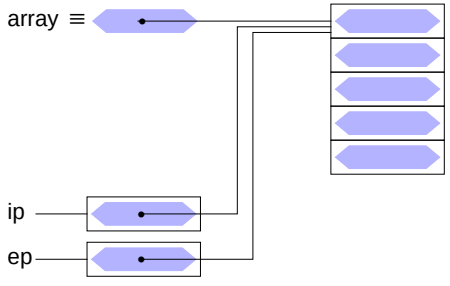
```
int array[5];

int *ip = array;

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

ep = &array[2]; ❸
```



B-14 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:

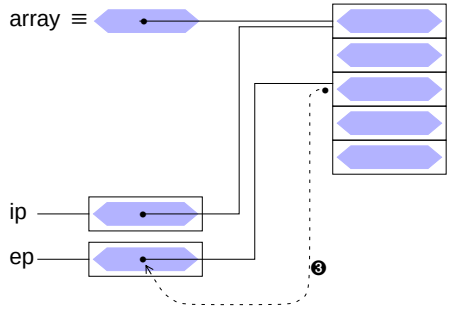
```
int array[5];

int *ip = array;

int *ep;
ep = &array[0]; ❷
```



B-14 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:

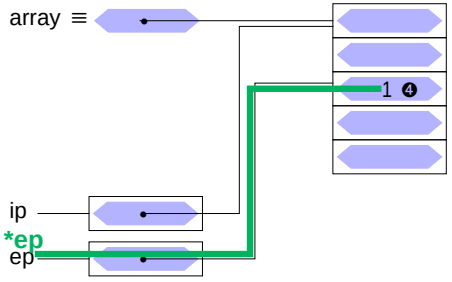
```
int array[5];

int *ip = array;

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

ep = &array[2]; ❸
```



B-14 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:

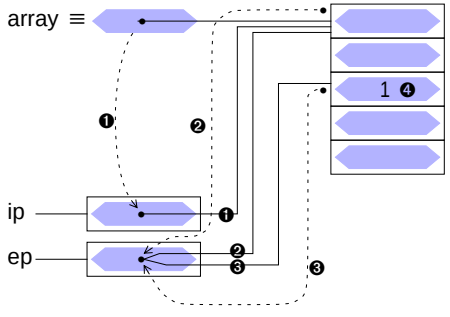
```
int array[5];

int *ip = array;

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

ep = &array[2];

*ep = 1; ❹
```



B-14 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:

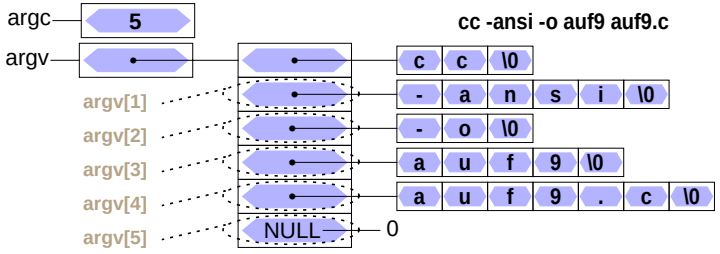
```
int array[5];

int *ip = array; ❶

int *ep;
ep = &array[0]; ❷

ep = &array[2]; ❸

*ep = 1; ❹
```



B-15 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' );
    }
    ...
```



B-16 Strukturen

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

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

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 normale Datentypen — Felder gebildet werden
- Beispiel

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

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


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;
```

a — 5

- Zeiger

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

a — 5
p — •

- Feld

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

a ≡ •

- Feld von Zeigern

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

p ≡ •

- Struktur

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

s1 — 2 | a

- Zeiger auf Struktur

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

s1 — 2 | a
sp — •

- Feld von Strukturen

sa ≡ •

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


B-17 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");
```


B-18 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

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 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`**

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

3 Zeichenweise Lesen und Schreiben (2)

- 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);
}
```


3 Zeilenweise Lesen und Schreiben (3)

- 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)

%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**"

6 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);
```