

## 6 Formatierte Ausgabe (2)

- die Zeichenkette **format** ist aufgebaut aus:
  - **einfachem Ausgabetext**, der unverändert ausgegeben wird
  - **Formatelementen**, die Position und Konvertierung der zugeordneten **Werte** beschreiben

- Beispiele für **Formatelemente**:

Zeichenkette:    `%[-][min][.max]s`  
 Zeichen:            `%[+][-][n]c`  
 Ganze Zahl:        `%[+][-][n][1]d`  
 Gleitkommazahl:    `%[+][-][n][.n]f`

`[ ]` bedeutet *optional*

- Beispiel:

```
printf("a = %d, b = %d, a+b = %d", a, b, a+b);
```

## 7 C-Präprozessor — Kurzüberblick

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

**#define**              Definition von Makros

**#include**              Einfügen von anderen Dateien

## 8 C-Präprozessor — 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 Präprozessor im nachfolgenden Text der C-Quelle alle Vorkommen von **Makroname** durch **Ersatztext** ersetzt
- Beispiel:

```
#define EOF -1
```

## 9 C-Präprozessor — Einfügen von Dateien

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

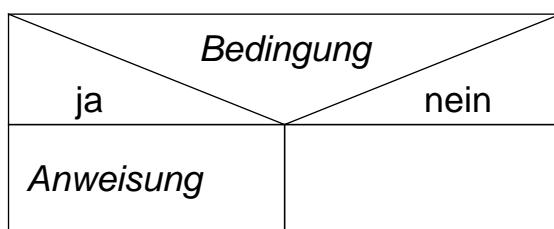
```
#include < Dateiname >
oder
#include "Dateiname "
```
- mit `#include` werden *Header*-Dateien mit Daten, die für mehrere Quelldateien benötigt werden einkopiert
  - Deklaration von Funktionen, Strukturen, externen Variablen
  - Definition von Makros
- wird **Dateiname** durch `< >` geklammert, wird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

## D.7 Kontrollstrukturen

Kontrolle des Programmablaufs in Abhängigkeit von dem Ergebnis von Ausdrücken

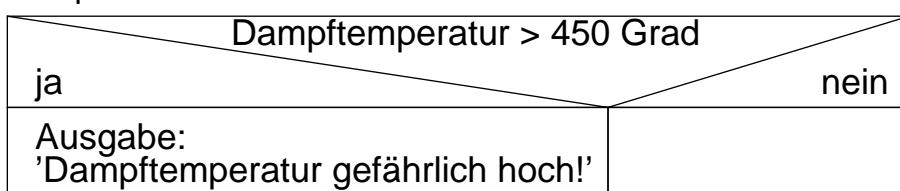
- Bedingte Anweisung
  - ◆ einfache Verzweigung
  - ◆ mehrfache Verzweigung
- Fallunterscheidung
- Schleifen
  - ◆ abweisende Schleife
  - ◆ nicht abweisende Schleife
  - ◆ Laufanweisung
  - ◆ Schleifensteuerung

### 1 Bedingte Anweisung



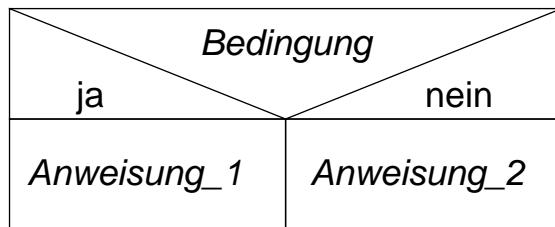
```
if ( Bedingung )
    Anweisung
```

- Beispiel:



```
if (temp >= 450.0)
    printf("Dampftemperatur gefährlich hoch!\n");
```

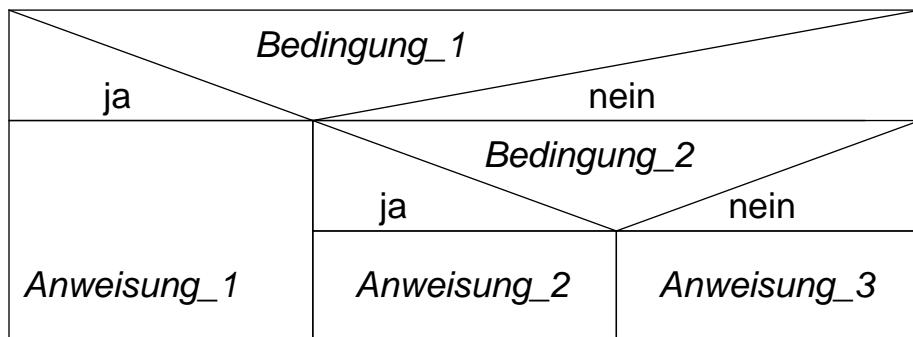
# 1 Bedingte Anweisung einfache Verzweigung



```

if ( Bedingung )
    Anweisung_1
else
    Anweisung_2
  
```

# 1 Bedingte Anweisung mehrfache Verzweigung

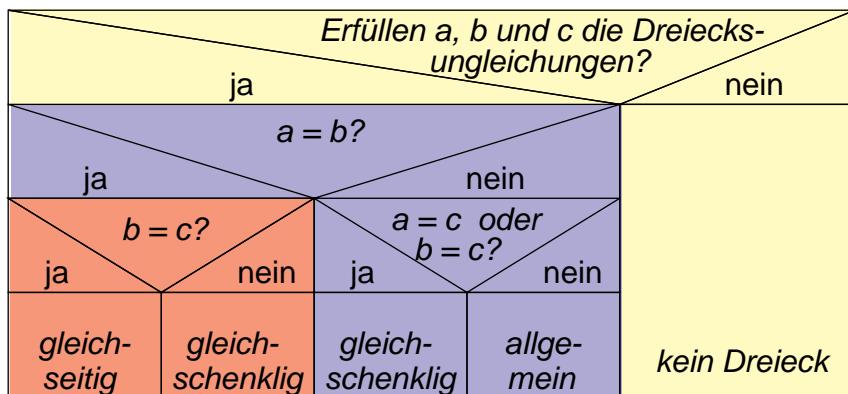


```

if ( Bedingung )
    Anweisung_1
else if ( Bedingung_2 )
    Anweisung_2
else
    Anweisung_3
  
```

# 1 Bedingte Anweisung mehrfache Verzweigung (2)

- Beispiel: Eigenschaften von Dreiecken — Struktogramm



# 1 Bedingte Anweisung mehrfache Verzweigung (3)

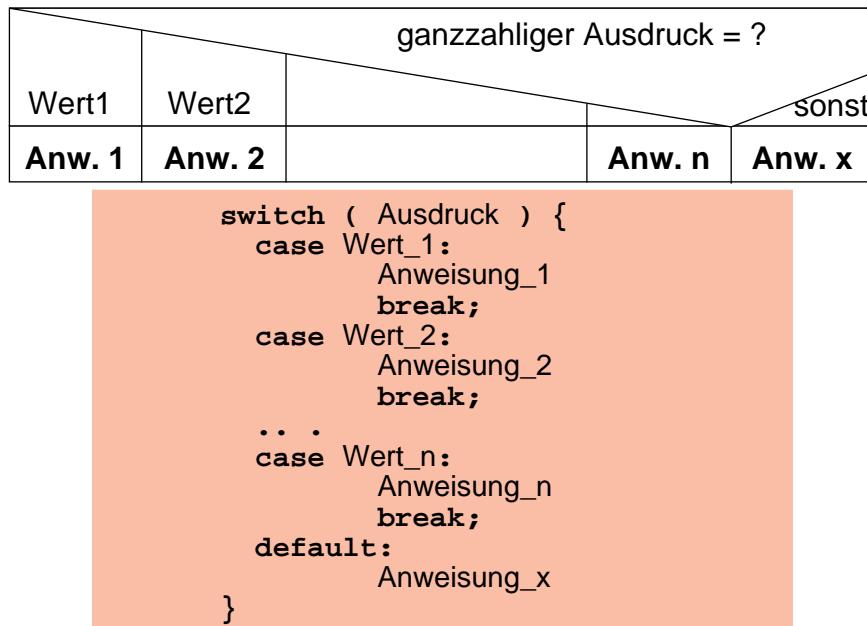
- Beispiel: Eigenschaften von Dreiecken — Programm

```
printf("Die Seitenlaengen %f, %f und %f bilden ", a, b, c);

if ( a < b+c && b < a+c && c < a+b )
    if ( a == b )
        if ( b == c )
            printf("ein gleichseitiges");
        else
            printf("ein gleichschenkliges");
    else
        if ( a==c || b == c )
            printf("ein gleichschenkliges");
        else
            printf("ein allgemeines");
else
    printf("kein");
printf(" Dreieck");
```

## 2 Fallunterscheidung

- Mehrfachverzweigung = Kaskade von if-Anweisungen
- verschiedene Fälle in Abhängigkeit von einem ganzzahligen Ausdruck



## 2 Fallunterscheidung — Beispiel

```

#include <stdio.h>

int main()
{
    int zeichen;
    int i;
    int ziffern, leer, sonstige;

    ziffern = leer = sonstige = 0;

    while ((zeichen = getchar()) != EOF)
        switch (zeichen) {
            case '0':
            case '1':
            case '2':
            case '3':
            case '4':
            case '5':
            case '6':
            case '7':
            case '8':
            case '9':           ziffern++;
                               break;
            case ' ':
            case '\n':
            case '\t':          leer++;
                               break;
            default:            sonstige++;
                               break;
        }

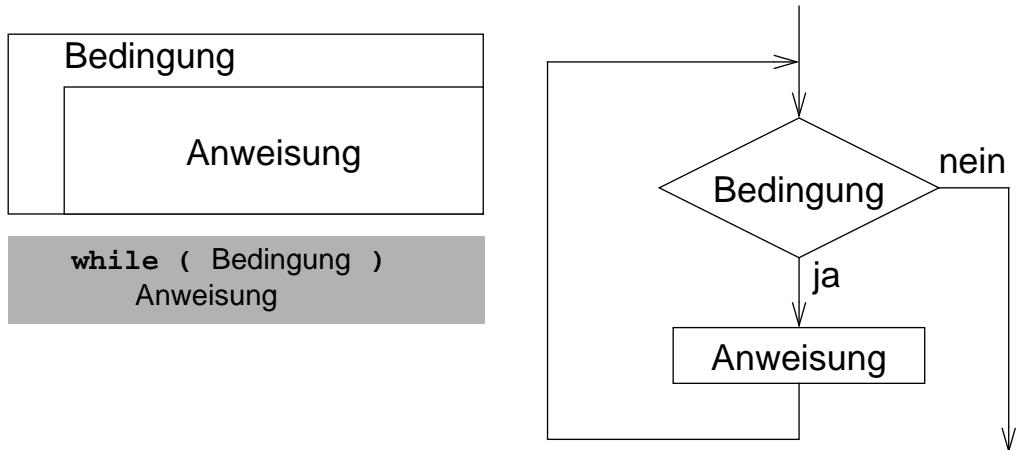
    printf("Zahl der Ziffern = %d\n", ziffern);
    printf("Zahl der Leerzeichen = %d\n", leer);
    printf("Zahl sonstiger Zeichen = %d\n", sonstige);
}

```

## 3 Schleifen

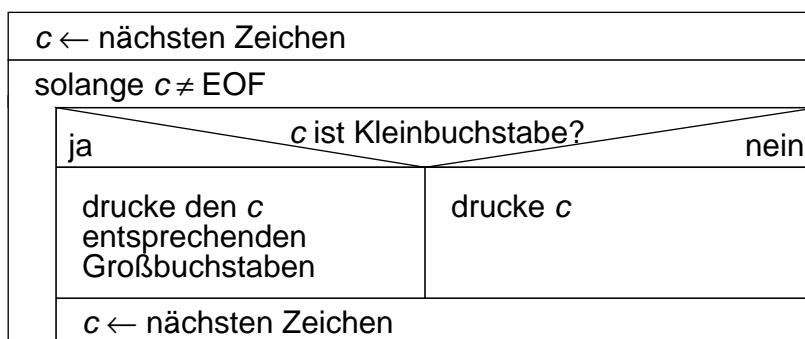
- Wiederholte Ausführung von Anweisungen in Abhängigkeit von dem Ergebnis eines Ausdrucks

## 4 abweisende Schleife



## 4 abweisende Schleife (2)

- Beispiel: Umwandlung von Klein- in Großbuchstaben

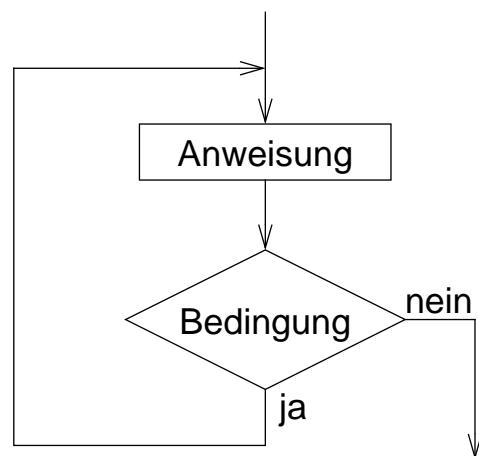
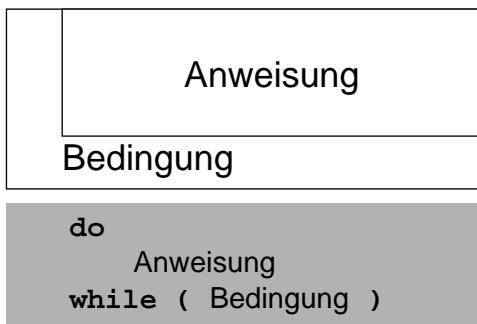


```
int c;
c = getchar();
while ( c != EOF ) {
    if ( c >= 'a' && c <= 'z' )
        putchar(c+'A'-'a');
    else
        putchar(c);
    c = getchar();
}
```

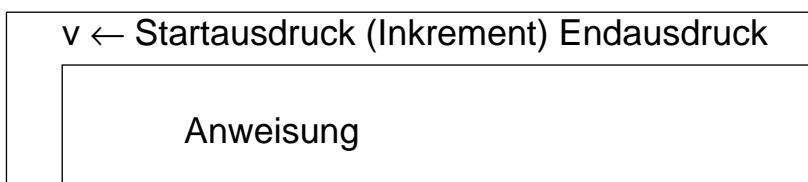
► abgekürzte Schreibweise

```
int c;
while ( (c = getchar()) != EOF )
    if ( c >= 'a' && c <= 'z' )
        putchar(c+'A'-'a');
    else
        putchar(c);
```

## 5 nicht-abweisende Schleife



## 6 Laufanweisung



```

for (v = Startausdruck; v <= Endausdruck; v += Inkrement)
    Anweisung
  
```

**allgemein:**

```

for (Ausdruck_1; Ausdruck_2; Ausdruck_3)
    Anweisung
  
```

```

Ausdruck_1;
while (Ausdruck_2) {
    Anweisung
    Ausdruck_3;
}
  
```

## 6 Laufanweisung (2)

- Beispiel: Berechne  $x = \sum_{i=1}^{100} i$

```

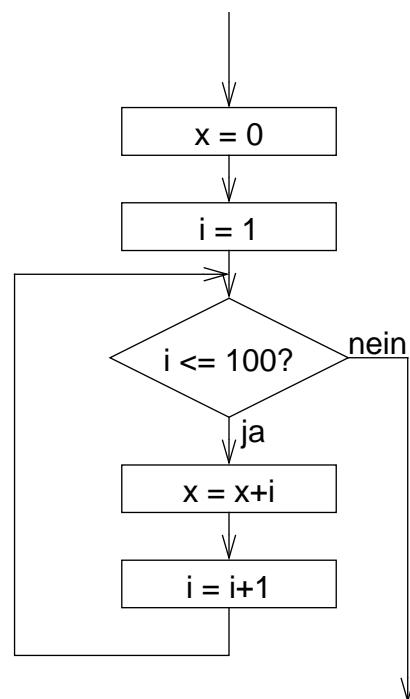
x ← 0
i ← 1(1)100
x ← x + i

```

```

x = 0;
for ( i=1; i<=100; i++)
    x += i;

```



## 7 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

## D.8 Funktionen

### 1 Überblick

#### ■ Funktion =

Programmstück (Block), das mit einem **Namen** versehen ist und dem zum Ablauf **Parameter** übergeben werden können

#### ■ Funktionen sind die elementaren Bausteine für Programme

- ➔ gliedern umfangreiche, schwer überblickbare Aufgaben in kleine Komponenten
- ➔ erlauben die Wiederverwendung von Programmkomponenten
- ➔ verbergen Implementierungsdetails vor anderen Programmteilen (**Black-Box-Prinzip**)

### 1 Überblick (2)

- ➔ Funktionen dienen der Abstraktion

#### ■ Name und Parameter abstrahieren

- vom tatsächlichen Programmstück
- von der Darstellung und Verwendung von Daten

#### ■ Verwendung

- ◆ mehrmals benötigte Programmstücke können durch Angabe des Funktionsnamens aufgerufen werden
- ◆ Schrittweise Abstraktion (**Top-Down- und Bottom-Up-Entwurf**)

## 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()
{
    double wert;

    printf("Berechnung des Sinus von ");
    scanf("%lf", &wert);
    printf("sin(%lf) = %lf\n",
           wert, sinus(wert));
    return(0);
}
```

- beliebige Verwendung von `sinus` in Ausdrücken:

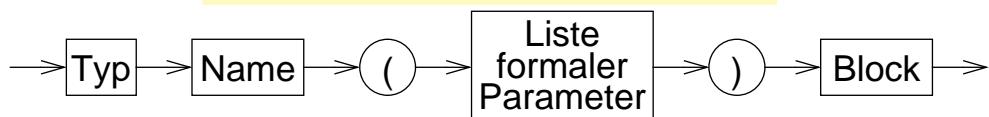
```
y = exp(tau*t) * sinus(f*t);
```

## 3 Funktionsdefinition

- Schnittstelle (Typ, Name, Parameter) und die Implementierung

- Beispiel:

```
int addition ( int a, int b ) {
    int ergebnis;
    ergebnis = a + b;
    return ergebnis;
}
```



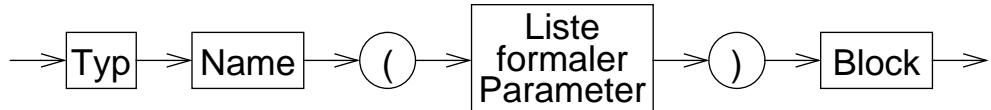
- Typ

- ◆ Typ des Werts, der am Ende der Funktion als Wert zurückgegeben wird
- ◆ beliebiger Typ
- ◆ `void` = kein Rückgabewert

- Name

- ◆ beliebiger Bezeichner, kein Schlüsselwort

## 3 Funktionsdefinition (2)



### ■ Liste formaler Parameter

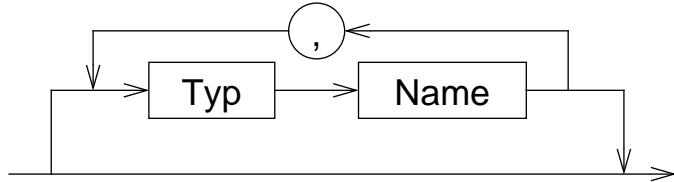
◆ **Typ:** beliebiger Typ

◆ **Name:**

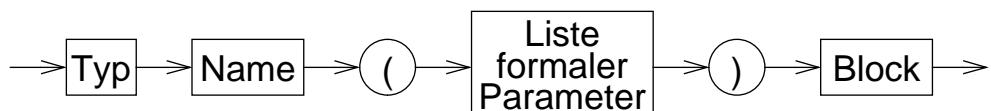
beliebiger Bezeichner

◆ die formalen Parameter stehen innerhalb der Funktion für die Werte, die beim Aufruf an die Funktion übergeben wurden (= **aktuelle Parameter**)

◆ die formalen Parameter verhalten sich wie Variablen, die im **Funktionsrumpf** definiert sind und mit den aktuellen Parametern vorbelegt werden



## 3 Funktionsdefinition (3)



### ■ Block

◆ beliebiger Block

◆ zusätzliche Anweisung

`return ( Ausdruck );`

oder

`return;`

bei **void**-Funktionen

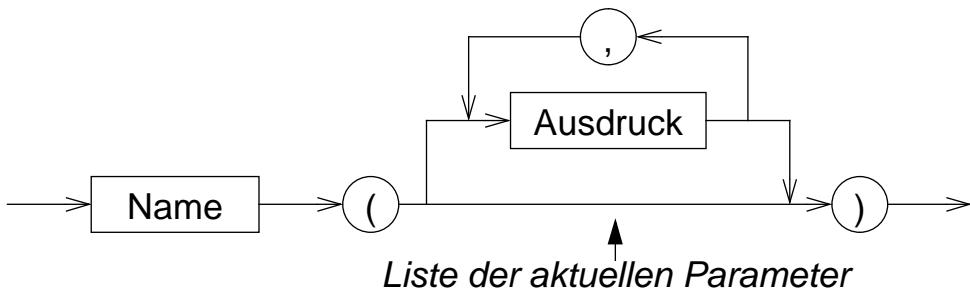
- Rückkehr aus der Funktion: das Programm wird nach dem Funktionsaufruf fortgesetzt
- der Typ des Ausdrucks muss mit dem Typ der Funktion übereinstimmen
- die Klammern können auch weggelassen werden

## 4 Funktionsaufruf

- Aufruf einer Funktion aus dem Ablauf einer anderen Funktion

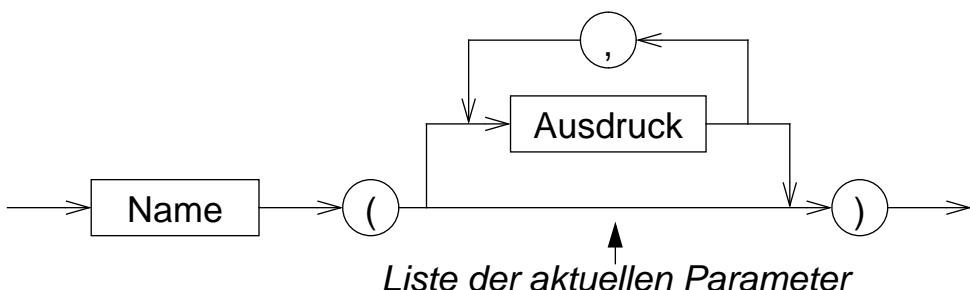
◆ Beispiel:

```
int main ( ) {
    int summe;
    summe = addition(3,4);
    ...
}
```



- Jeder Funktionsaufruf ist ein Ausdruck
- **void**-Funktionen können keine Teilausdrücke sein
  - ◆ wie Prozeduren in anderen Sprachen (z. B. Pascal)

## 4 Funktionsaufruf (2)



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

## 5 Beispiel

```
float power (float b, int e)
{
    float prod = 1.0;
    int i;

    for (i=1; i <= e; i++)
        prod *= b;
    return(prod);
}
```

```
float x, y;
y = power(2+x,4)+3;
```

≡

```
float x, y, power;
{
    float b = 2+x;
    int e = 4;
    float prod = 1.0;
    int i;

    for (i=1; i <= e; i++)
        prod *= b;
    power = prod;
}
y=power+3;
```

## 6 Regeln

- Funktionen werden global definiert
  - keine lokalen Funktionen/Prozeduren wie z. B. in Pascal
- **main()** ist eine normale Funktion, die aber automatisch als erste beim Programmstart aufgerufen wird
  - Ergebnis vom Typ int - wird an die Shell zurückgeliefert (in Kommandoprozeduren z. B. abfragbar)
- rekursive Funktionsaufrufe sind zulässig
  - eine Funktion darf sich selbst aufrufen (z. B. zur Fakultätsberechnung)

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

## 6 Regeln (2)

- Funktionen müssen **deklariert** sein, bevor sie aufgerufen werden
  - = Rückgabetyp und Parametertypen müssen dem Compiler 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**

## 6 Regeln (2)

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

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

- Parameternamen können weggelassen werden, die Parametertypen müssen aber angegeben werden!

- ◆ Beispiel:

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

## 7 Funktionsdeklarationen — Beispiel

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

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

int main()
{
    double wert;

    printf("Berechnung des Sinus von ");
    scanf("%lf", &wert);
    printf("sin(%lf) = %lf\n",
           wert, sinus(wert));
    return(0);
}

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);
}
```

## 8 Parameterübergabe an Funktionen

- allgemein in Programmiersprachen vor allem zwei Varianten:
  - call by value
  - call by reference
- **call by value**
- Normalfall in C
- 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

## 8 Parameterübergabe an Funktionen (2)

### call by reference

- In C nur indirekt mit Hilfe von Zeigern realisierbar
- Der Übergabeparameter ist eine Variable und die aufgerufene Funktion erhält die Speicheradresse dieser Variablen
  - die Funktion kann den Übergabeparameter durch Zugriff auf den formalen Parameter lesen
  - wenn die Funktion den Wert des formalen Parameters verändert, ändert sie den Inhalt der Speicherzelle des aktuellen Parameters
  - auch der Wert der Variablen (aktueller Parameter) beim Aufrufer der Funktion ändert sich dadurch

## D.9 Programmstruktur & Module

D.9 Programmstruktur &amp; 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

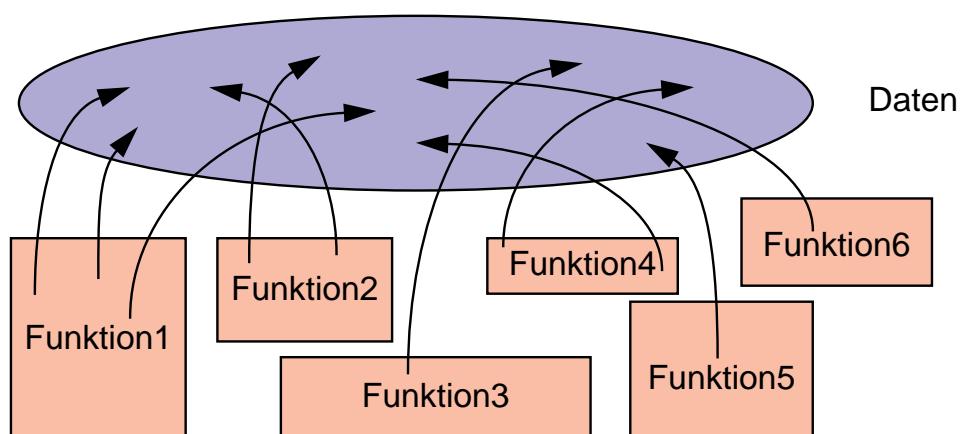
- Zentrale Fragestellung
  - ◆ was ist zu tun?
  - ◆ in welche Teilaufgaben lässt sich die Aufgabe untergliedern?
- Beispiel:      Rechnung für Kunden ausgeben
  - Rechnungspositionen zusammenstellen
    - Lieferungspositionen einlesen
    - Preis für Produkt ermitteln
    - Mehrwertsteuer ermitteln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



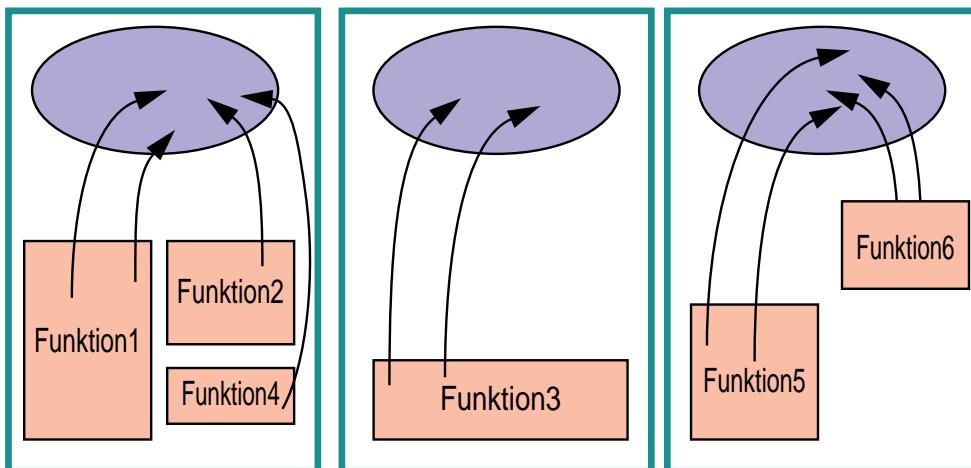
## 2 Top-down Entwurf (3)

### 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

<pre>% cc -c main.c % cc -c f1.c % cc -c f2.c f3.c</pre>	<p>(erzeugt Datei main.o)        (erzeugt Datei f1.o)        (erzeugt f2.o und f3.o)</p>
--	--

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

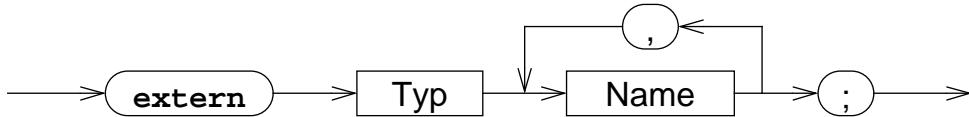
## 4 Gültigkeit von Namen

- 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

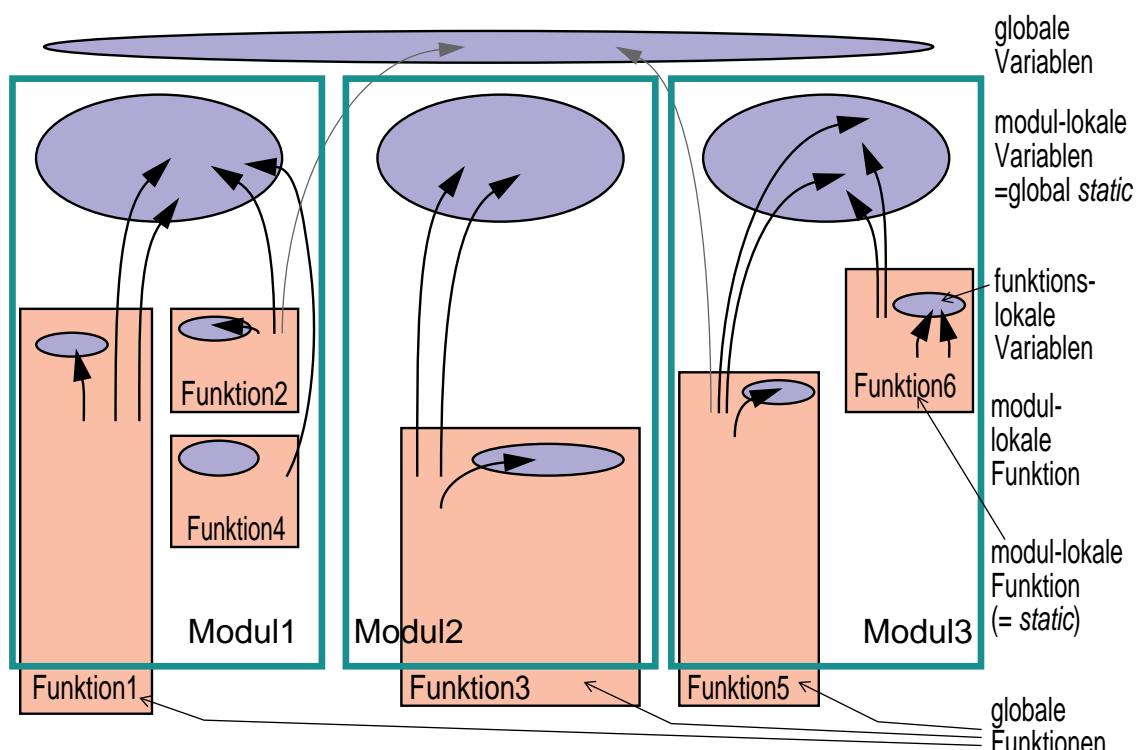
## 6 Einschränkung der Gültigkeit auf ein Modul

- 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
 
  - **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! - zur Unterscheidung ist das hier beschriebene **static** immer kursiv geschrieben)

## 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 (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

## 10 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;
    ...
}
}
```

## 10 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);
```

### ■ 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));
}
```

## 10 Getrennte Übersetzung — Beispiel (3)

### ■ 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);
}
```



