Einführung in die Programmierung

MIT DER PROGRAMMIERSPRACHE C

PROF. DR. THOMAS GABEL

Überblick über die Vorlesung

1. Algorithmen, Programme und Software
2. Einstieg in die Programmierung mit C
3. **Strukturiertes Programmieren in C**
4. Effizientes Programmieren in C
5. Fortgeschrittene Aspekte der Programmierung in C

3. Strukturiertes Programmieren in C

1. **Kontrollstrukturen**
2. Einfache Anweisungen
3. Anweisungsblöcke
4. Verzweigungsanweisungen
5. Funktionsaufrufe
6. Schleifenanweisungen
7. Sprunganweisungen
8. Parameterübergabemechanismen

Kontrollstrukturen

Die Reihenfolge der Ausführung von Aktionen wird unter Verwendung von **Kontrollstrukturen** festgelegt.

Es lässt sich mathematisch beweisen, dass alle Algorithmen unter Verwendung von lediglich drei Kontrollstrukturen formulierbar sind:

Anweisungen

Anweisungen sind dazu da, um Kontrollstrukturen umzusetzen.

Anweisungen sind programmiersprachliche Beschreibungsmittel.

- Einfache Anweisungen beschreiben Aktionen.
- Zusammengesetzte Anweisungen beschreiben, wie mehrere Anweisungen in Folge auszuführen sind.
- Zusammengesetzte Anweisungen bilden Teile von Algorithmen.

Bereits kennengelernte Anweisungen:

- Zuweisung
- Sequenzen von Anweisungen / Blöcke

Kontrollstukturen: Überblick

Überblick über die Arten von Anweisungen

- zur Realisierung von Kontrollstrukturen in C

Einfache Anweisungen
- Wertzuweisung
- Funktionsaufruf

Anweisungs-blöcke

Schleifen-anweisungen
- while-Schleife
- do-Schleife
- for-Anweisung

Verzweigungs-anweisungen
- bedingte Anweisung
- Fallunterscheidung
- Auswahlentscheidung

Sprung-anweisungen
- Abbruchanweisung
- Rückgabeanweisungen

3. Strukturiertes Programmieren in C

1. Kontrollstrukturen
2. **Einfache Anweisungen**
3. Anweisungsblöcke
4. Verzweigungsanweisungen
5. Funktionsaufrufe
6. Schleifenanweisungen
7. Sprunganweisungen
8. Parameterübergabemechanismen

Kontrollstukturen: Überblick

Überblick über die Arten von Anweisungen

- zur Realisierung von Kontrollstrukturen in C

Einfache Anweisungen
- Wertzuweisung
- Funktionsaufruf

Anweisungsblöcke

Schleifenanweisungen
- while-Schleife
- do-Schleife
- for-Anweisung

Verzweigungsanweisungen
- bedingte Anweisung
- Fallunterscheidung
- Auswahlentscheidung

Sprunganweisungen
- Abbruchanweisung
- Rückgabeanweisungen

Einfache Anweisung: Wertzuweisung (Wdh.)

Die **Wertzuweisung** ist eine elementare Aktion, bei der einer Variable ein konstanter oder zu berechnender Wert zugewiesen wird.

Pseudocode

```
berechne sum als Summe x+y
```

Flussdiagramm

```
setze sum auf x+y
```

C

```
sum = x+y;
```

- Ziel der Wertzuweisung wird durch den Namen auf der linken Seite des Zuweisungsoperators „=“ gegeben.
- Zuzuweisender Wert ergibt sich aus der Auswertung des Ausdrucks auf der rechten Seite. Abschluss mit Semikolon.
- Bei Zuweisung geht der alte Wert des Ziels verloren.

3. Strukturiertes Programmieren in C

1. Kontrollstrukturen
2. Einfache Anweisungen
3. **Anweisungsblöcke**
4. Verzweigungsanweisungen
5. Funktionsaufrufe
6. Schleifenanweisungen
7. Sprunganweisungen
8. Parameterübergabemechanismen

Anweisungen: Überblick

Überblick über die Arten von Anweisungen

- zur Realisierung von Kontrollstrukturen in C

Einfache Anweisungen
- Wertzuweisung
- Funktionsaufruf

Anweisungsblöcke
- Sequenz

Schleifenanweisungen
- while-Schleife
- do-Schleife
- for-Anweisung

Verzweigungsanweisungen
- bedingte Anweisung
- Fallunterscheidung
- Auswahlentscheidung

Sprunganweisungen
- Abbruchanweisung
- Rückgabeanweisungen

Anweisungsblock (Aktionssequenz) (Wdh.)

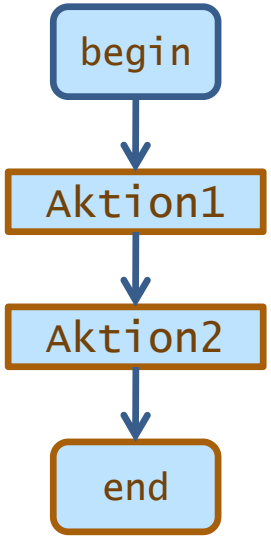
Mehrere Anweisungen können zu einem **Anweisungsblock** zusammengesetzt werden.

Damit wird eine sequentielle Reihenfolge festgelegt, die besagt, dass eine Anweisung erst dann ausgeführt werden kann, wenn alle vorherigen Anweisungen beendet sind.

Pseudocode

```
Aktion1
Aktion2
```

Flussdiagramm



C

```
{
  Anweisung1;
  Anweisung2;
}
```

- Anweisungsblöcke werden mit geschweiften Klammern geklammert.
- Einzelne Anweisungen werden mit Semikolon abgeschlossen.

Anweisungsblöcke in C (Wdh.)

Statt von einem Anweisungsblock spricht man in Programmiersprachen auch von einer zusammengesetzter Anweisung, einer Aktionssequenz oder **Block**.

Die Reihenfolge der Anweisungen im Programmtext legt die Reihenfolge ihrer Ausführung fest.

Die Zeichen „{“ und „}“ dienen als Klammerung.

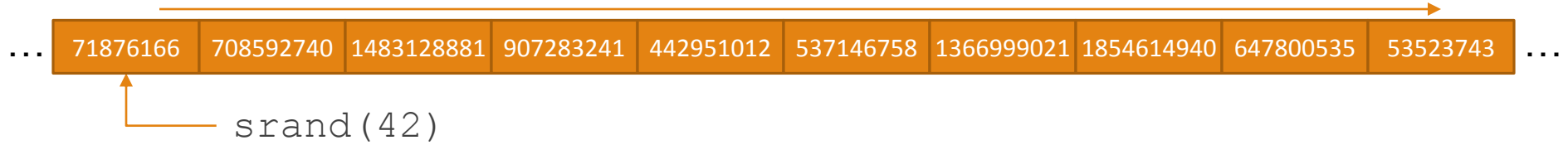
Beispiel:

```
…
i = 4 + 2*j;  // Anweisung mit Semikolon abgeschlossen
…
{             // Beginn des Blockes
  int x;
  int y;
  int sum;
  scanf( "%d", &x );
  scanf( "%d", &y );
  sum = x + y;
  printf( "%d", sum );
}             // Blockende, kein Semikolon!
```

Zwischenschub: Zufallsgenerator in C

Mit der in `stdlib.h` enthaltenen Funktion **`rand()`** lassen sich Zufallszahlen erzeugen.

- Aufruf von `rand()` liefert eine zufällige natürliche Zahl zwischen 0 und `RAND_MAX`
- RAND_MAX ist eine „sehr große“ Zahl; rechnerarchitekturabhängig; mind. 32767
- Die erzeugte Zahl ist pseudozufällig.
- Pseudozufällig heißt: Aufeinanderfolgende Aufrufe von rand() liefern die gleiche Folge von Zufallszahlen aus einer (sehr langen) Zahlensequenz.



Startpunkt innerhalb jener Zahlensequenz kann mit `srand()` gesetzt werden.

- sogenanntes „seeding“
- Vorteil/Nutzen: Wiederholtes Laufenlassen eines Programms mit gleichem Seeding erzeugt innerhalb des Programms die gleiche Folge von Zufallszahlen.
- Frage: Wie bekomme ich „echte“ Zufallszahlen?
- Antworte: Durch `srand( time(NULL) );`, d.h. Seeding mit Systemzeit.
  - erfordert `#include <time.h>`

Beispiel: Anweisungsblöcke / Zufallszahlen

Aufgabe: Schreiben Sie ein Programm, das
a) eine Zufallszahl sowie RAND_MAX aufgibt
b) den Nutzer einen Wertebereich [von,bis] eingeben lässt und dann eine Zufallszahl in diesem Intervall ermittelt und ausgibt!

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

int main(void)
{
  srand(time(NULL)); // use current time as seed for random generator
  int random_value = rand();
  printf("Zufallszahl aus [0,%d]: %d\n", RAND_MAX, random_value);

  int lower, upper;
  printf("Bitte untere Grenze angeben: ");
  scanf("%d", &lower);
  printf("Bitte obere Grenze angeben: ");
  scanf("%d", &upper);
  random_value = (rand() % (upper-lower+1)) + lower;
  printf("Zufallszahl zwischen %d und %d: %d\n",
         lower, upper, random_value );
}
```

3. Strukturiertes Programmieren in C

1. Kontrollstrukturen
2. Einfache Anweisungen
3. Anweisungsblöcke
4. **Verzweigungsanweisungen**
5. Funktionsaufrufe
6. Schleifenanweisungen
7. Sprunganweisungen
8. Parameterübergabemechanismen

Anweisungen: Überblick

Überblick über die Arten von Anweisungen

- zur Realisierung von Kontrollstrukturen in C

Einfache Anweisungen
- Wertzuweisung
- Funktionsaufruf

Anweisungs-blöcke

Schleifen-anweisungen
- while-Schleife
- do-Schleife
- for-Anweisung

Verzweigungs-anweisungen
- bedingte Anweisu
- Fallunterschei
- Auswahl ng

Alternative

Sprung-anweisungen
- Abbruchanweisung
- Rückgabeanweisungen

Verzweigungsanweisungen (1)

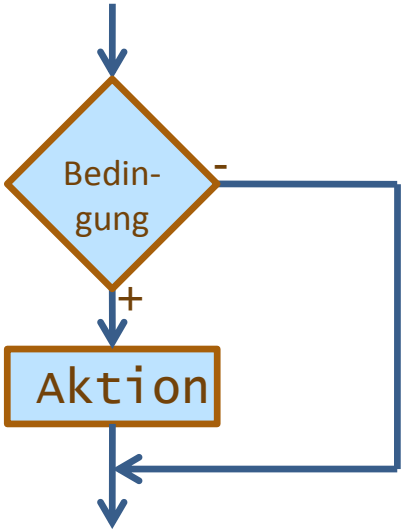
- **bedingte Anweisung**
- Fallunterscheidung
- Auswahlanweisung

Idee: **Bedingte Anweisungen** werden in Abhängigkeit vom Erfülltsein bzw. Nichterfülltsein einer Bedingung ausgeführt.

Pseudocode

```
falls Bedingung erfüllt,
so führe Aktion aus
```

Flussdiagramm



C

- Schlüsselwort `if`
- Bedingung dient der Entscheidung
- Klammerung des Bedingungsteils ist verpflichtend
- Werte den Ausdruck aus; ergibt dessen Auswertung „wahr“, so führe die Anweisung aus. Ansonsten ist die Ausführung sofort beendet.

Anweisung bezeichnet hier einfache Anweisungen wie auch Anweisungsblöcke.

```
if (<boolescherAusdruck>) <Anweisung>
```

Verzweigungsanweisungen (2)

Bemerkungen zu logischen Bedingungen in C

- Es existiert kein logischer Datentyp in C!
  - In anderen Sprachen (Java, C++) existiert ein solcher (boolean, bool).
- Daher gilt als „falsch“ (false): jeder Ausdruck, dessen Wert null (`== 0`) ist
- Daher gilt als „wahr“ (true): jeder Ausdruck, dessen Wert ungleich null (`!= 0`) ist
- Um komplexere logische Bedingungen zu konstruieren, kann und sollte man die kennengelernten logischen Operatoren benutzen.

Beispiele:

```
if ( v ) ... ;
if ( !w ) ... ;
if ( a > 2 ) ... ;
if ( b <= 3 && c > 42 ) ... ;
if ( d != 0 && ( e < -3 || f == 'X' ) ) ... ;
```

Besonderheiten:

- unbedingt auf Prioritäten achten → am besten Klammern setzen
- Ausdrücke mit && oder || werden nur solange von links nach rechts ausgewertet, bis das Ergebnis feststeht

Verzweigungsanweisungen (3)

Bemerkungen zum Anweisungsteil der bedingten Anweisung

- im Anweisungsteil kann entweder eine einfache Anweisung oder ein Anweisungsblock enthalten sein

<Anweisung> bezeichnet hier einfache Anweisungen wie auch Anweisungsblöcke.

```
if (<boolescherAusdruck>) <Anweisung>
```

Beispiele:

- einzelne Anweisung, einzelne Anweisung im Block, Block mit mehreren Anweisungen

```
if ( a <= 2 )
  printf("Gut");
```

```
if ( a <= 2 )
{
  printf("Gut");
}
```

```
char n;
if ( a <= 2 )
{
  printf("Gut");
  n = 'G';
}
```

Verzweigungsanweisungen (4)

- bedingte Anweisung
- **Fallunterscheidung**
- Auswahlanweisung

Bei der bedingten Anweisung wird lediglich eine Anweisung angegeben, die bei Erfülltsein ausgeführt wird.

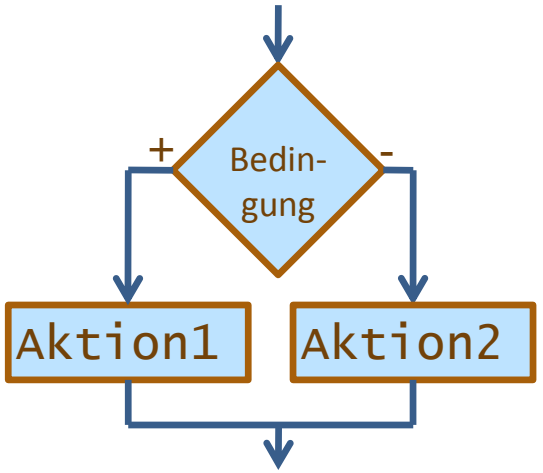
Bei der **Fallunterscheidung** wird eine weitere Anweisung formuliert, die bei Nichterfülltsein ausgeführt wird.

```
falls Bedingung
erfüllt,
so führe Aktion1 aus,
anderenfalls führe
Aktion2 aus
```

C

- Schlüsselwörter: `if` und `else`
- Klammerung des Bedingunsteils ist verpflichtend

```
if (<boolescherAusdruck>)
  <Anweisung1>
else
  <Anweisung2>
```



Anweisung bezeichnet hier (wie auch im Folgenden) sowohl einfache Anweisungen als auch Anweisungsblöcke.

Verzweigungsanweisungen (5)

- bedingte Anweisung
- **Fallunterscheidung**
- Auswahlanweisung

Beispiele

- ohne Blockklammern

```
int x;
int y;
int quo;
scanf("%d", &x);
scanf("%d", &y);
if (y>0)
  quo = x/y;
else
  printf("Divisor soll größer als null sein.\n");
```

- mit Blockklammerung

```
if (y>0)
{
  quo = x/y;
}
else
  printf("Divisor soll größer als null sein.\n");
```

Verzweigungsanweisungen (6)

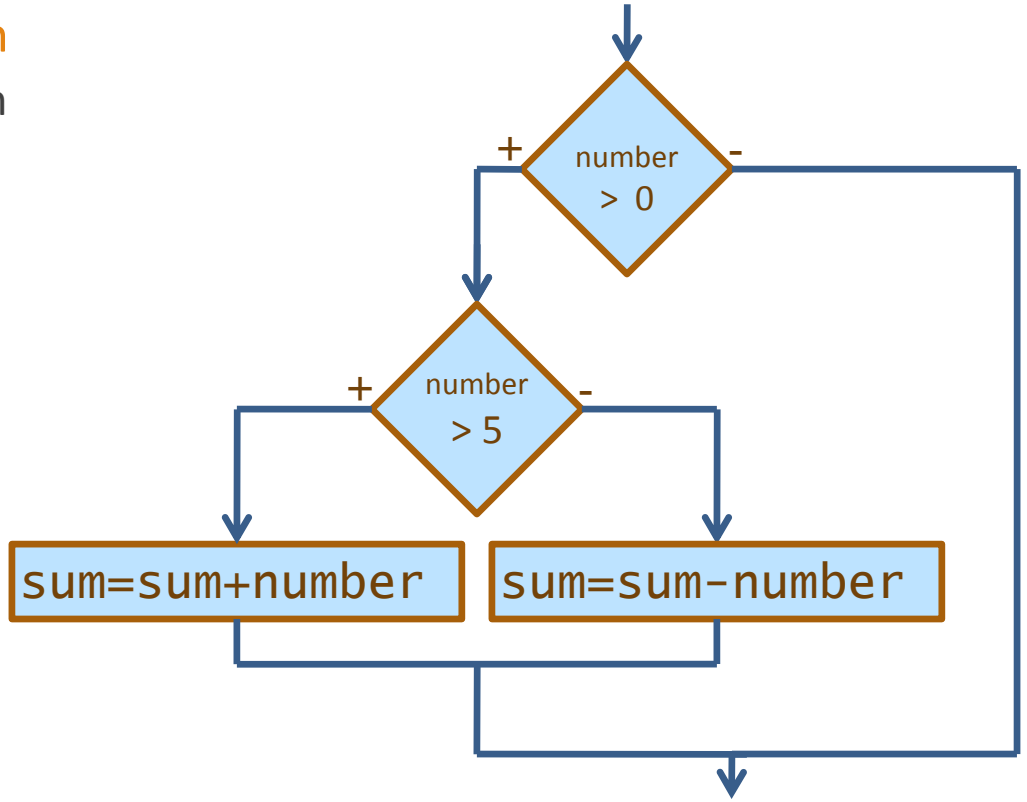
Geschachtelte bedingte Anweisungen

- beliebige Schachtelungen sind möglich

Beispiel:

- im Quellkode

```
...
if (number > 0)
{
  if (number > 5)
    sum = sum + number;
  else
    sum = sum - number;
}
```



Verzweigungsanweisungen (7)

- bedingte Anweisung
- **Fallunterscheidung**
- Auswahlanweisung

Geschachtelte bedingte Anweisungen

- im Beispiel ist dank Klammerung klar, welche Zeilen wie zusammengehören

```
if (number > 0)
{
  if (number > 5)
    sum = sum + number;
  else
    sum = sum - number;
}
```

Frage: Wie ist das folgende Beispiel zu verstehen?

```
if (number > 0)
if (number > 5)
sum = sum + number;
else
sum = sum - number;
```

?

```
if (number > 0)
  if (number > 5)
    sum = sum + number;
  else
    sum = sum - number;
```

```
if (number > 0)
  if (number > 5)
    sum = sum + number;
else
  sum = sum - number;
```

Regel: Ein `else` wird immer mit dem letzten freien `if` verbunden, für das es noch keinen `else`-Teil gibt!

- Empfehlung: Zur Sicherheit lieber explizite Klammern `{…}` setzen.

Verzweigungsanweisungen (8)

Mehrfachauswahl mittels Fallunterscheidung

- Eine kaskadierte **`if-else`**-Anweisung kann benutzt werden, um eine Art der Mehrfachauswahl zu implementieren.

Beispiel:

- Pseudo-Code-artig

```
if (ausdruck1)
  anweisung1;
else if (ausdruck2)
  anweisung2;
else if (ausdruck3)
  anweisung3;
…
else if (ausdruck_m)
  anweisung_m;
else
  anweisung_n;
```

Frage: Geht das auch eleganter?

mit Klammerung (nur bis 4)

```
if (ausdruck1)
{
  anweisung1;
}
else
{
  if (ausdruck2)
  {
    anweisung2;
  }
  else
  {
    if (ausdruck3)
    {
      anweisung3;
    }
    else
    {
      anweisung4;
    }
  } //end of else2
} //end of else1
```

Sonderfall: Der Fragezeichen-Operator

C besitzt einen trinären Operator (der also drei Argumente erwartet)

- der **Fragezeichen-Operator** (engl. Question Mark): `?  :`

Dieser arbeitet wie eine `if`-Anweisung, die zusätzlich einen Wert zurückgibt!

```
int i = 10;
int j;
j = (i == 10) ? 20 : 5; /* note 3 args */
/* "(i == 10) ? 20 : 5" means:
 * "If i equals 10 then 20 else 5." */
```

Benutzung:

- gelegentlich
- sehr platzsparend

Verzweigungsanweisungen (9)

- bedingte Anweisung
- Fallunterscheidung
- **Auswahlanweisung**

Auswahlanweisungen erlauben es, in Abhängigkeit von dem Wert eines Ausdrucks direkt in einen von endlich vielen Fällen zu verzweigen.

- C-Umsetzung: **`switch`**-Anweisung

Pseudo-Code-artige Notation:

```
switch (<ausdruck>)
{
  case <ganzzahlkonstante1>:
    <anweisungsfolge1>
  case <ganzzahlkonstante2>:
    <anweisungsfolge2>
  …
  case <ganzzahlkonstanteN>:
    <anweisungsfolgeN>
  default:
    <anweisungsfolgeN+1>
}
```

Bemerkungen:

- Wert des Ausdrucks `<ausdruck>` muss ganzzahlig sein
- Ganzzahlkonstanten müssen paarweise verschieden sein
- der **`default`**-Fall ist optional
  - wird ausgeführt, wenn der Ausdruck mit keiner der Ganzzahlkonstanten übereinstimmt
- leere Anweisungsfolgen sind möglich
- **`break`**-Anweisung innerhalb oder am Ende einer Anweisungsfolge bewirkt das sofortige Verlassen der **`switch`**-Anweisung

Verzweigungsanweisungen (10)

- bedingte Anweisung
- Fallunterscheidung
- **Auswahlanweisung**

Auswahlanweisungen erlauben es, in Abhängigkeit von dem Wert eines Ausdrucks direkt in einen von endlich vielen Fällen zu verzweigen.

- C-Umsetzung: **`switch`**-Anweisung

Beispiel →

Bemerkungen:

- `break` erzwingt Verzweigung zum Ende der Auswahlanweisung
- Jede Anweisungsfolge kann als Block mit geschweiften Klammern implementiert sein.
- Achtung: Fehlt eine **`break`**-Anweisung, so wird automatisch in den folgenden Fall hineingelaufen!

```
int mark;
scanf("%d", &mark );
switch (mark)
{
  case 1:
    printf("Sehr gut");
    break;
  case 2: printf("Gut"); break;
  case 3: printf("Befriedigend"); break;
  case 4:
  {
    printf("Ausreichend");
    break;
  }
  case 5: printf("Genügend"); break;
  case 6: printf("Ungenügend"); break;
  default: printf("Keine Zensur");
}
```

Beispiele zu `if` (1)

Notwendig: Überprüfung von Variablen und entsprechende Verzweigung

```
int a = 10;
if (a < 20)
{
    printf("less than 20\n");
}
else
{
    printf("not less than 20\n");
}
```

Test: 0 bedeutet “false”, alles andere ist “true”:

```
if (1) /* true, likewise 2, 3, ... */
{
    printf("less than 20\n");
} else
{
    printf("not less than 20\n");
}
```

Beispiele zu `if` (2)

Frage: Wo ist der Fehler?

```
int a = 0;
if (a = 10)
{
    printf("a equals 10\n");
}
else
{
    printf("a doesn't equal 10\n");
}
```

Hier sollte wohl Folgendes stehen:

```
int a = 0;
if (a == 10) /* not always true */
{
    printf("a equals 10\n");
}
else [snip]
```

Beispiele zu `if` (3)

Bekannt: Die **`else`**-Klausel ist optional.

`else-if` für mehrere Fälle:

```
int a = 0;
if (a == 10) {
    printf("a equals 10\n");
} else if (a < 10) {
    printf("a is less than 10\n");
} else {
    printf("a is greater than 10\n");
}
```

Besser: **`switch`**-Anweisung für dieses Muster:

```
void do_stuff(int i)
{
    switch (i)
    {
        case 0:
            printf("zero\n");
            break;
        case 1:
            printf("one\n");
            break;
        default:
            printf("…\n");
            break;
    }
}
```

Beispiele zu `if` (4)

Häufiger Fehler:

```
switch (i)
{
    case 0:  /* Start here if i == 0 */
        printf("zero\n");
        /* oops, forgot the break */
    case 1:  /* "fall through" from case 0 */
        printf("one\n");
}
```

Kein `break` beim `case 0:` gesetzt: So etwas ist nur sehr selten erwünscht …

3. Strukturiertes Programmieren in C

1. Kontrollstrukturen
2. Einfache Anweisungen
3. Anweisungsblöcke
4. Verzweigungsanweisungen
5. **Funktionsaufrufe**
6. Schleifenanweisungen
7. Sprunganweisungen
8. Parameterübergabemechanismen

Anweisungen: Überblick

Überblick über die Arten von Anweisungen

- zur Realisierung von Kontrollstrukturen in C

Einfache Anweisungen
- Wertzuweisung
- Funktionsaufruf

Anweisungs-blöcke

Schleifen-anweisungen
- while-Schleife
- do-Schleife
- for-Anweisung

Verzweigungs-anweisungen
- bedingte Anweisung
- Fallunterscheidung
- Auswahlentscheidung

Sprung-anweisungen
- Abbruchanweisung
- Rückgabeanweisungen

Einfache Anweisung: Funktionsaufruf (1)

Funktionen (Prozeduren) sind Folgen von Anweisungen, die benutzt werden, um Teilaufgaben wiederverwendbar zu formulieren. ➔ „Unterprogramme“

Funktionen (Prozeduren) erlauben es, von konkreten Anweisungen bzw. Anweisungssequenzen zu abstrahieren.

- Funktionen legen die **Parameter** einer zusammengesetzten Anweisung fest und geben ihr einen **Namen**.

Dies ermöglicht

- **Wiederverwendung** von Quellkode (Vermeidung von dupliziertem Quellkode)
  - denn eine Funktion kann von beliebigen Stellen im Programm aus aufgerufen werden
- Schnittstellenbildung und Information Hiding

Syntax einer Funktionsdefinition:

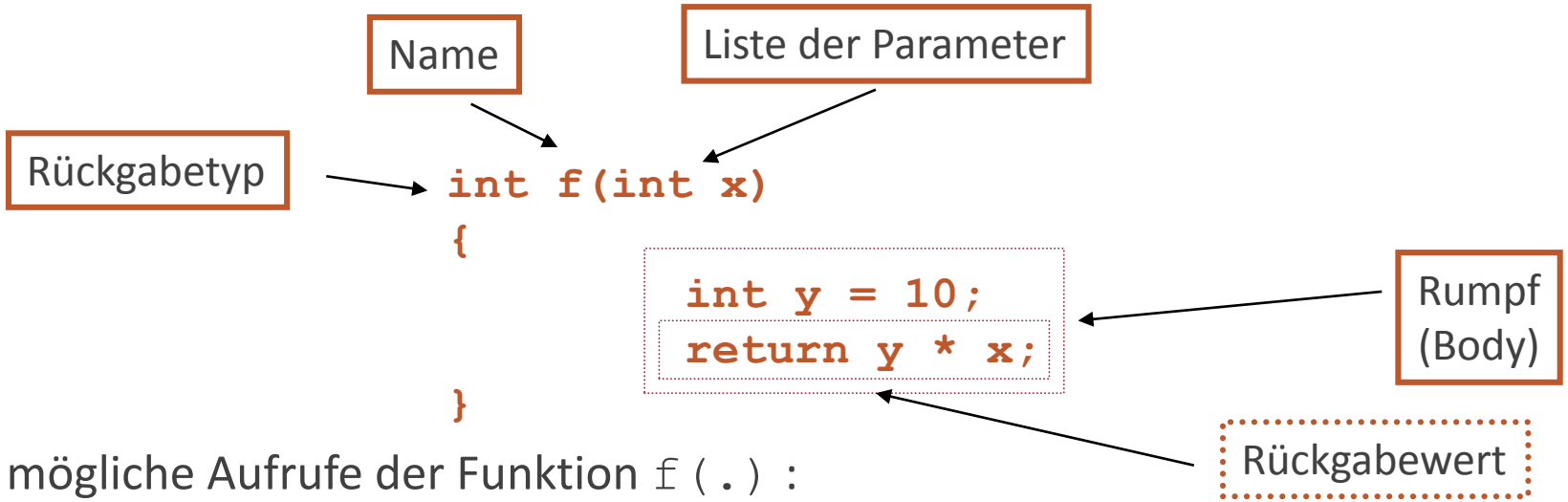
```
[Speicherkl.]Rückgabetyp NAME([Parameterliste u.-definition])
Block
```

Syntax eines Funktionsaufrufes:

```
NAME( [Parameterliste] );
```

Einfache Anweisung: Funktionsaufruf (2)

Funktionen nehmen Parameter entgegen und geben Werte zurück



mögliche Aufrufe der Funktion `f(.)`:

```
/* in another function... */
int res;
int i = 10;
res = f(10);
res = f(5 + 5);
res = f(i);
res = f(i*5 + i/2);
```

Beispiel für eine Funktion, die zwei Parameter erwartet:

```
int g( int a, int b)
{
   ...
}
```

Einfache Anweisung: Funktionsaufruf (3)

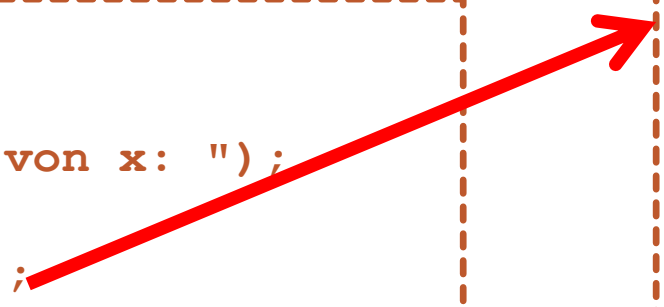
Bemerkungen:

- Funktionen (können) definieren
  - Aufrufparameter: mehrere
  - Rückgabewerte: einer
- Aufrufparameterliste:
  - kommasepariert
  - je Parameter eine Typangabe

Beispiel: Absolutbetrag

```
int x;
int a;
printf("Eingabe von x: ");
scanf("%d", &x);
int result;
if (x<0)
  result = -x;
else
  result = x;
a = result;
printf("Absolutwert: %d", a);
```

```
int x;
int a;
printf("Eingabe von x: ");
scanf("%d", &x);
a = AbsWert( x );
printf("Absolutwert: %d", a);
```



```
int AbsWert( int v )
{
  if (v<0)
    return -v;
  else
    return v;
}
```

Einfache Anweisung: Funktionsaufruf (4)

Die **Definition einer Funktion** legt die Aufgaben der Funktion durch eine Anweisungsfolge fest.

- Beispiel: vorige Folie → Bildung des Absolutwertes einer Ganzzahl

Durch die Definition einer Funktion wird diese nicht ausgeführt, sondern sie wird dem Compiler bekanntgemacht.

Beim **Funktionsaufruf** (im Beispiel: `AbsWert(x);`) erfolgt ein Sprung an die Definitionsstelle.

- Sodann werden sämtliche Anweisungen der Funktion abgearbeitet.
- Danach wird das Programm mit dem Befehl fortgesetzt, der dem Aufruf der Funktion folgt.
  - im Beispiel: `printf(…)`
- Funktionen ermöglichen den rekursiven Aufruf von Funktionen.

Funktionen (1)

Die **`return`**-Anweisung

- dient der sofortigen Beendigung einer Funktion
- dient der Rückgabe eines Wertes an den aufrufenden Programmteil
  - sofern es sich um eine Funktion mit Rückgabetyp ungleich `void` handelt
- kann damit zur Ergebnisrückgabe genutzt werden, d.h. Ergebnisse von Berechnungen innerhalb der Funktion werden dem aufrufenden Programmteil mitgeteilt

Syntax: **`return <ausdruck>;`**

- Der Datentyp des Rückgabewertes (Typ von <ausdruck>) muss mit dem Rückgabetyp der Funktion kompatibel sein.

Beispiel:

```
int AbsWert( int v )
{
   int abs;
   if (v<0)
      abs = -v;
   else
      abs = v;
   return abs;
}
```

Funktionen (2)

Nicht alle Funktionen geben Werte zurück

```
void print_number(int i)
{
        printf("number is: %d\n", i);
}
```

Rückgabewert ist **`void`** (d.h. nichts wird zurückzugeben)

```
void print_number(int i)
{
    printf("number is: %d\n", i);
    return; /* unnecessary */
}
```

`return`-Anweisung ist nicht nötig (außer mitten in der Funktion)

Aufruf der obigen Funktion:

```
/* In another function... */
int i = 10;
print_number(20);
print_number(i);
```

Funktionen (3)

Nicht alle Funktionen benötigen Parameter!

- Die parameterlose Funktion ist die einfachste Form eines Unterprogramms in C.
- stark begrenzter Einsatzbereich

```
int five(void)
{
    return 5;
}
```

Aufruf von Funktionen ohne Parameter:

```
int value;
value = five();
```

Nach Ausführung: **`value`** hat den Wert 5.

Man beachte die Klammern ( ) beim Funktionsaufruf!

Funktionen (4)

In C werden dem Nutzer bzw. Entwickler viele nützliche „**Standardfunktionen**“ bereitgestellt.

- Eine Funktion `AbsWert(int x)` muss man sich nicht selbst implementieren.

Wichtige Standardfunktionen und wo sie deklariert sind (→ `#include` erforderlich):

- `stdio.h` → Ein- und Ausgabe (printf, scanf etc.)
- `string.h` → Arbeit mit Zeichenketten und Speicherbereichen: kopieren, vergleichen, durchsuchen etc.
- `math.h` → Sinus, Cosinus, Potenzfunktionen, Wurzel, Logarithmus, etc.
- `stdlib.h` → diverse Hilfsfunktionen (z.B. Umwandlung einer Zeichenkette in eine Zahl, Zufallszahlengenerator)
- `malloc.h` → Hilfsfunktionen zur Speicherverwaltung (malloc, free, etc.)

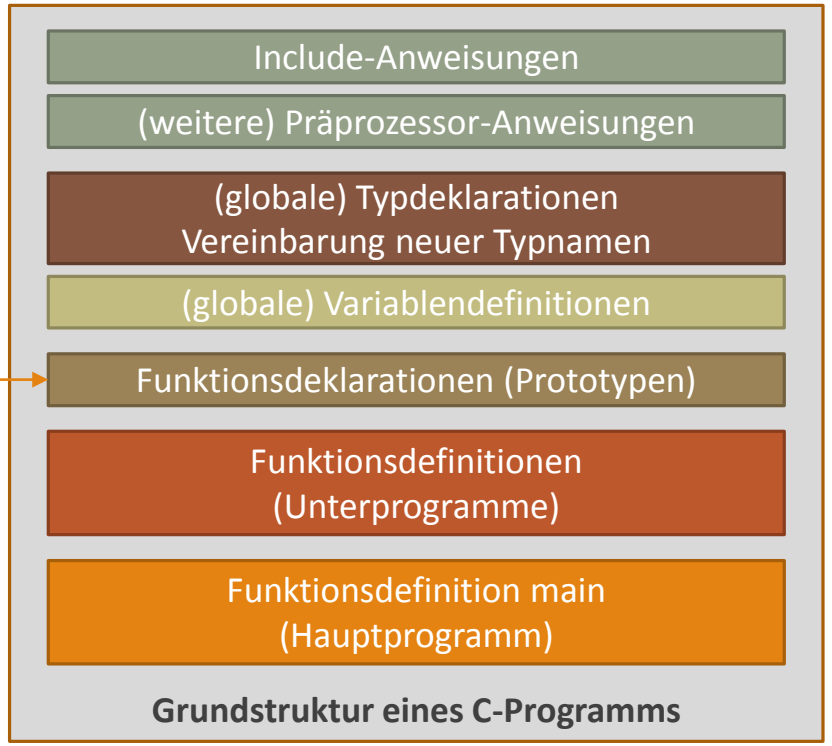
Speicherort dieser Include-Dateien:

- typischerweise unter `/usr/include`
- kann von System zu System variieren

Funktionen (5)

Funktionsdeklarationen (Prototypen)

- Zu jeder (später) definierten Funktion existiert die „erste Zeile;“ noch einmal in diesem Prototypenblock.
- Also: Auflistung alle Funktionen im Stil
  `Rückgabetyp Name(Parameterliste);`



Warum ist dies erforderlich?

- Bei zwei Funktionen A und B kann es sein, dass unter gewissen Bedingungen aus A die Funktion B aufgerufen wird.
- Außerdem kann aus der Funktion B die Funktion A aufgerufen werden.
- Beim Analysieren des Quelltexts (von oben nach unten) wird der Compiler,
  - wenn er bei A angelangt ist, die Kenntnis von B voraussetzen
  - wenn er bei B angelangt ist, die Kenntnis von A voraussetzen.
- Mit einer Vorab-Deklaration aller implementierten Funktionen im Funktionsdeklarationsblock kann dieses Dilemma aufgelöst werden.

Erinnerung: Vom Quellkode zum Programm (1)

Kompilieren und Linken

- Das Kompilieren und Linken eines Programms erfolgt grundsätzlich mit dem Befehl

```
gcc [-parameter […]] dateiname […]
```

- Bsp.: Der Parameter `-o name` (output) bewirkt, dass das ausführbare Programm einen definierten Namen bekommt.
- Frage: Was ist, wenn ich meinen Quellkode über mehrere c-Dateien verteile? Wenn ich beispielsweise einige Funktionen in eine separate c-Datei „auslagere“?
  → Für jede c-Datei wird eine o-Datei (Object File) erzeugt!
  → Mehrere o-Dateien können zu einem ausführbaren Programm verschmolzen werden!

Beispiele:

- übersetze und linke `hello.c` mit Debugger-Informationen (g) und Mathe-Bibliothek (lm)

```
gcc -g -lm hello.c -o hello
```

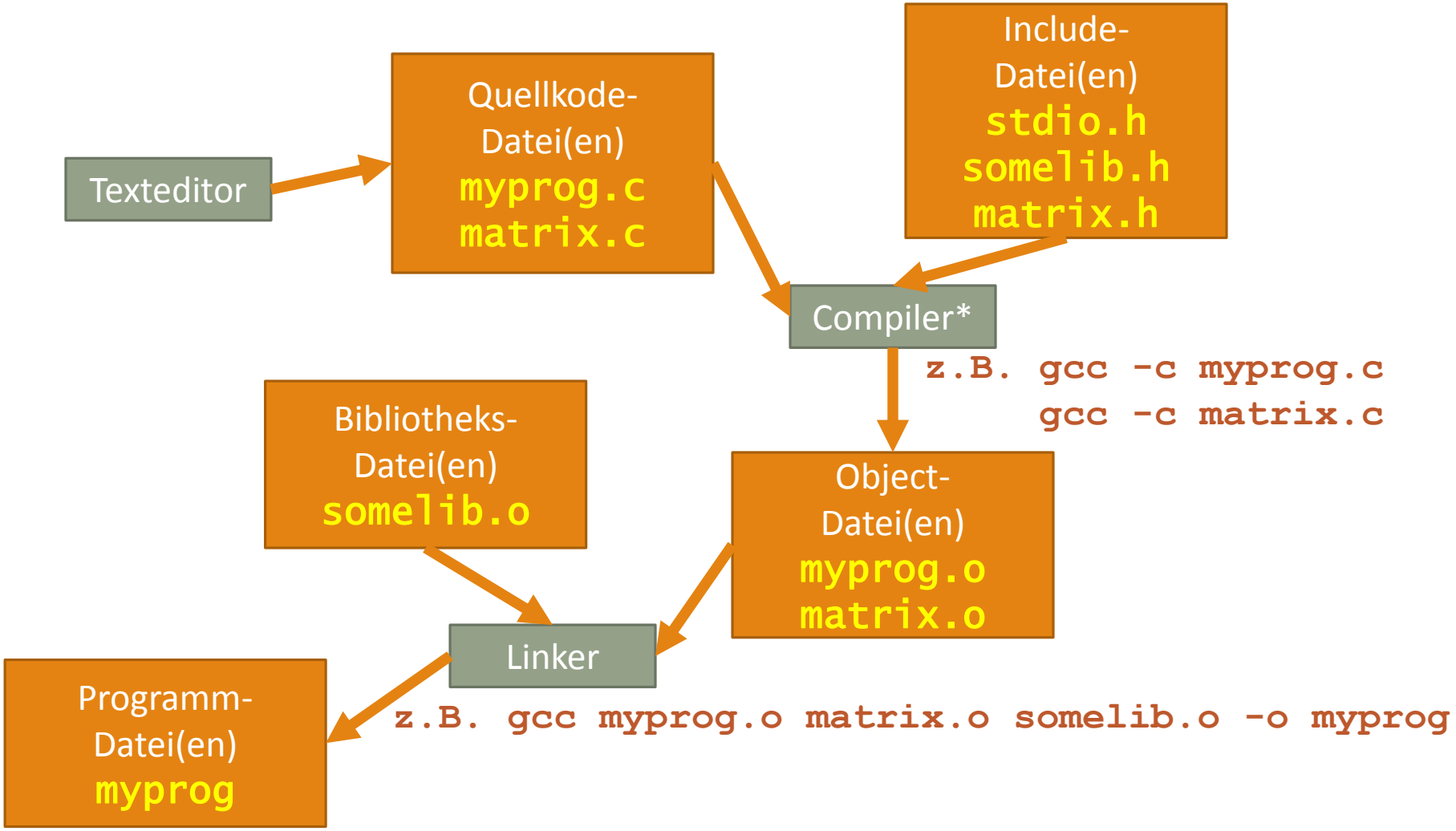
- übersetze die Datei matrix.c ohne zu linken, d.h. ohne eine ausführbare Datei zu erstellen
  - Object-Datei matrix.o entsteht

```
gcc -c matrix.c
```

- linke zwei Object-Dateien zu einem ausführbaren Programm

```
gcc matrix.o myprog.o -o meinProgramm
```

Vom Quellkode zum Programm (2)



* inkl. Präprozessor-Anwendung

Lokale und globale Variablen (1)

Definition: Eine **globale Variable** wird außerhalb von Funktionsdefinitionen definiert. Sie existiert während der gesamten Ausführungszeit des Programms.

Definition: Eine **lokale Variable** wird innerhalb einer Funktion definiert und existiert daher auch nur, während die Funktion ausgeführt wird.

- Sie kann „wiedergeboren“ werden, wenn die Funktion mehrere Male aufgerufen wird.

Die Aussagen für lokale und globale Variablen gelten analog für lokale und globale Konstanten!

Beispiel:

```
#include <stdio.h>
int someVariable; //globale Var.
void someFunction( void )
{
  int otherVar1; //lokale Var.
  printf("Hello world!\n");
}
int main( void )
{
  int otherVar2; //lokale Var.
  someVariable = 42;
  someFunction();
}
```

Lokale und globale Variablen (2)

Fazit: Variablendeklarationen können **lokal** oder **global** sein

- lokal: innerhalb einer Funktion
- global: außerhalb von Funktionen
- global: von jeder Funktion aus zugreifbar

```
int x;              /* Global variable */
int y = 10;         /* Initialized global variable */

int foo(int z)
{
  int w;            /* local variable */
  x = 42;           /* assign to a global variable */
  w = 10;           /* assign to a local variable */
  return (x + y + z + w);
}
```

Bemerkung: Globale Variablen sollten weitestgehend vermieden werden!

- können von jeder Funktion geändert werden ➔ Fehlersuche schwierig
- sind niemals unbedingt notwendig ➔ aber praktisch (und daher verführerisch)

Lebensdauer, Gültigkeitsbereich und Sichtbarkeitsbereich von Variablen

Lebensdauer (Wann existiert eine Variable?)

- globale Variable: gesamte Laufzeit des Programms
- lokale Variable: Ausführungszeit der zugehörigen Funktion
  - lokale Variable existiert stets neu / wieder, wenn die zugehörige Funktion mehrfach aufgerufen wird

Gültigkeitsbereich (In welchen Programmzeilen ist der Name einer Variable bekannt?)

- globale Variable: in allen folgenden Funktionen bekannt
- lokale Variable: nur in ihrer Funktion bekannt

Sichtbarkeitsbereich (In welchen Programmzeilen kann ich auf eine Variable zugreifen?)

- Eine Variable ist sichtbar, wenn sie gültig ist und von keiner lokalen Variablen mit gleichem Namen überdeckt wird.
- Achtung: Solche Überdeckungen sind durchaus erlaubt!

3. Strukturiertes Programmieren in C

1. Kontrollstrukturen
2. Einfache Anweisungen
3. Anweisungsblöcke
4. Verzweigungsanweisungen
5. Funktionsaufrufe
6. **Schleifenanweisungen**
7. Sprunganweisungen
8. Parameterübergabemechanismen

Anweisungen: Überblick

Überblick über die Arten von Anweisungen

- zur Realisierung von Kontrollstrukturen in C

Einfache Anweisungen
- Wertzuweisung
- Funktionsaufruf

Anweisungsblöcke

Schleifenanweisungen
- while-Schleife
- do-Schleife
- for-Anweisung

Wiederholung

Verzweigungsanweisungen
- bedingte Anweisung
- Fallunterscheidung
- Auswahlentscheidung

Sprunganweisungen
- Abbruchanweisung
- Rückgabeanweisungen

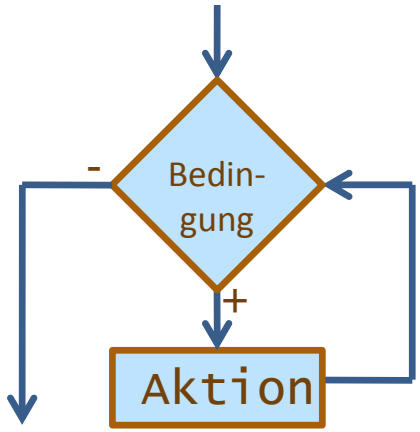
Schleifenanweisungen (1)

- **while-Schleife**
- do-Schleife
- for-Schleife

Die **abweisende Schleife** (while-Schleife) enthält eine Anweisung, die solange ausgeführt wird, wie die Schleifenbedingung erfüllt ist.

- Beachte: Die Bedingung wird **vor** jeder Ausführung der Anweisung ausgewertet, daher die Bezeichnung „abweisende“ Schleife.
- Sonderfall: Bedingung ist immer erfüllt
  → Endlosschleife
  → Ausbruch nur mit Sprunganweisung möglich
- Schlüsselwort in C: **`while`**

```
solange wie
Bedingung erfüllt,
führe Aktion aus
```




```
while (<boolescherAusdruck>)
  <Anweisung>
```

Schleifenanweisungen (2)

- **while-Schleife**
- do-Schleife
- for-Schleife

Beispiel: 10x Hallo Welt!

```
int number = 10;
while ( number > 0 )
{
  printf("Hallo Welt!");
  number--;
}
```

Beispiel: Berechnung der Fakultät

```
int number;
scanf( "%d", &number );

int factorial = 1;
while ( number > 0 )
{
  factorial = factorial * number;
  number--;
}
printf("Fakultät ist %d", factorial);
```

Schleifenanweisungen (3)

- **while-Schleife**
- do-Schleife
- for-Schleife

Nützlich, wenn Anzahl der Iterationen nicht im Voraus bekannt ist.

- Aber: Gefahr. So können auch Endlosschleifen entstehen!
- Beispiel:

```
int a;
while (1)                       /*  or: for (;;)  */
{
    scanf("%d ", &a);
    printf("a = %d\n", a);
    if (a >= 0)
    {
        break;                  /* get out of loop */
    }
}
```

Schleifenanweisungen (4)

- while-Schleife
- do-Schleife
- for-Schleife

Neben der abweisenden Schleifenanweisung sind die nicht-abweisende Schleife (do-Schleife) sowie die Zählschleife (for-Schleife) gebräuchlich.

Frage: Warum noch weitere Schleifenanweisungen?

Antwort:

- Die do- und for-Schleife sind häufig verwendete Kontrollstrukturen, so dass die Einführung eines eigenen programmiersprachlichen Konstrukts zur Verbesserung der Lesbarkeit begründbar ist.
- Formal käme man ohne diese weiteren Schleifentypen aus.
- Jede for-/do-Schleife kann in eine while-Schleife mit gleicher Funktionalität umformuliert werden.

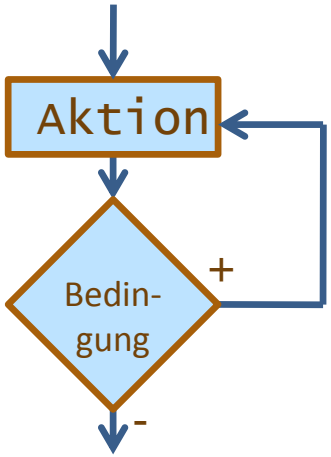
Schleifenanweisungen (5)

- while-Schleife
- **do-Schleife**
- for-Schleife

Die **nicht-abweisende Schleife** (do-Schleife) enthält eine Anweisung, die 1x ausgeführt und dann solange wiederholt wird, wie die Schleifenbedingung erfüllt ist.

- Beachte: Die Bedingung wird **nach** jeder Ausführung der Anweisung ausgewertet, daher die Bezeichnung „nicht-abweisende“ Schleife.
- Sonderfall: Bedingung ist immer erfüllt
  → Endlosschleife
  → Ausbruch mit Sprunganweisung möglich
- Schlüsselwörter in C: **`do`** und **`while`**

```
führe Aktion aus,
solange wie
Bedingung erfüllt
```




```
do
  <Anweisung>
while (<boolescherAusdruck>);
```

Zählschleife (1)

- while-Schleife
- do-Schleife
- **for-Schleife**

Die **Zählschleife** (for-Schleife) besteht aus

- einem Zähler,
- einer Zählerbedingung,
- einem Zählermodifikator und
- einer Anweisung (bzw. Anweisungsblock), die solange wiederholt wird, wie die Zählerbedingung erfüllt ist.

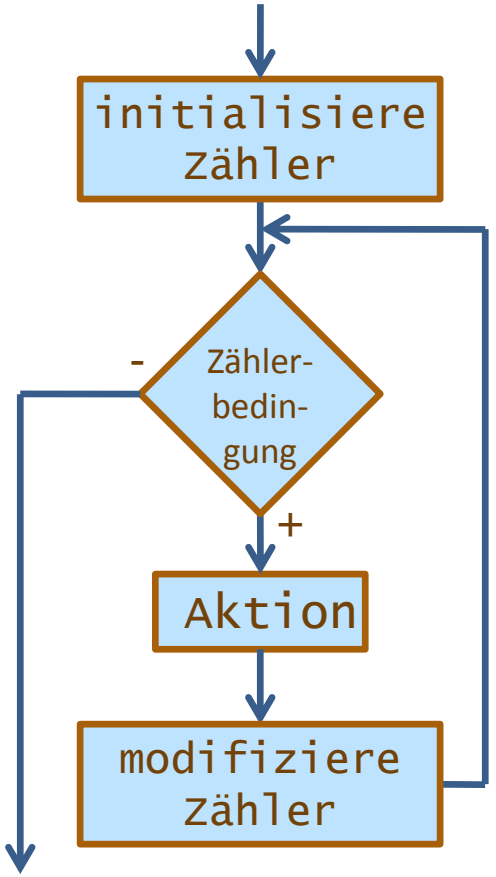
Nach jeder Ausführung der Anweisung verändert der Zählermodifikator den aktuellen Stand des Zählers.

- Zählerbedingung wird **vor** jeder Ausführung der Anweisung ausgewertet.
  ➔ Zählschleife ist **Spezialfall** der abweisenden Schleife.
- Sonderfall: Zählerbedingung immer erfüllt → Endlosschleife

Zählschleife (2)

- while-Schleife
- do-Schleife
- **for-Schleife**

```
initialisiere Zählvariable
solange wie Zählerbedingung
erfüllt,
  führe Aktion aus
  und modifiziere Zähler
```



dürfen beliebige Ausdrücke sein

```
for ( <cInit>; <cCond>; <cModi>)
  <Anweisung>
```

- cInit: Zähler initialisieren
- cCond: Zählerbedingung
- cModi: Zählermodifikation
- Beispiel in C:

```
int c;
for ( c=0; c<10; c++ )
  printf("Zählerstand: %d\n", c);
```

Zählschleife (3)

- while-Schleife
- do-Schleife
- **for-Schleife**

Verallgemeinerung der Zählschleife:

```
for ( <ausdr1>; <ausdr2>; <ausdr3>)
  <Anweisung>
```

- Leere Ausdrücke sind erlaubt!
- Anweisung wird ausgeführt, solange `ausdr2` wahr ist ➔ Abbruchkriterium
- `ausdr1` wird initial 1x ausgeführt ➔ Initialisierungsausdruck
- `ausdr3` wird nach jedem Schleifendurchlauf ausgeführt
- Realisierung als Zählschleife ist die übliche (aber nicht einzige) Ausprägung einer for-Schleife

Beispiel: Zinseszinsberechnung

Anforderungsspezifikation:

- Ein Bankkunde legt einen festen Geldbetrag für einen vorgegebenen Zeitraum fest. Zinsen werden dem Guthaben jährlich jeweils am Ende des Jahres gutgeschrieben und dann mitverzinst (Zinseszins). Die Laufzeit der Geldanlage ist frei wählbar, soll aber eine ganzzahlige Anzahl Jahre umfassen.
- Wie groß ist das Guthaben nach Ablauf eines jeden Jahres innerhalb der Laufzeit?

Zählschleife (4)

- while-Schleife
- do-Schleife
- **for-Schleife**

Beispiel: Zinseszinsberechnung

```
double startkapital;
printf("Bitte Startkapital eingeben: ");
scanf("%lf", &startkapital);
double zinssatz; //z.B. 2.5%
printf("Bitte Zinssatz eingeben: ");
scanf("%lf", &zinssatz);
int laufzeit;
printf("Bitte Laufzeit eingeben: ");
scanf("%d", &laufzeit);
int jahr;
double kapital = startkapital;
for ( jahr=1; jahr<=laufzeit; jahr++ )
{
  double zinsen = kapital * (zinssatz/100.0);
  kapital = kapital + zinsen;
  printf("Kapital am Ende vom %d-ten Jahr: %lf\n",
         jahr, kapital);
}
```

3. Strukturiertes Programmieren in C

1. Kontrollstrukturen
2. Einfache Anweisungen
3. Anweisungsblöcke
4. Verzweigungsanweisungen
5. Funktionsaufrufe
6. Schleifenanweisungen
7. **Sprunganweisungen**
8. Parameterübergabemechanismen

Anweisungen: Überblick

Überblick über die Arten von Anweisungen

- zur Realisierung von Kontrollstrukturen in C

Einfache Anweisungen
- Wertzuweisung
- Funktionsaufruf

Anweisungs-blöcke

Schleifen-anweisungen
- while-Schleife
- do-Schleife
- for-Anweisung

Verzweigungs-anweisungen
- bedingte Anweisung
- Fallunterscheidung
- Auswahlentscheidung

Sprung-anweisungen
- Abbruchanweisung
- Rückgabeanweisungen

Bemerkungen zu Sprunganweisungen (1)

Sprunganweisungen ändern den Programmablauf, indem ohne weitere Bedingung zu einer anderen Stelle im Programm gesprungen wird.

- Algorithmen kommen im Allgemeinen ohne Sprünge aus.

Beliebige Sprünge im Programmablauf („kreuz und quer“) mit Hilfe einer Art **goto**-Anweisung

- resultieren leicht in unübersichtlichen Programmen
  - „Spaghetti-Code“
- werden von modernen Programmiersprachen nicht unterstützt.
  - Sind in C erlaubt, sollten aber unbedingt vermieden werden.
  - Beispiel: `goto <marke>;`

Kontrollierte Sprunganweisungen

- sind auch in C vorhanden
- sind mit der strukturierten Programmierung verträglich
- **`break`**- und **`continue`**-Anweisung zur leichteren Schleifenkontrolle

Bemerkungen zu Sprunganweisungen (2)

Befehle für kontrollierte Sprünge

- **`break;`** ➔ verlässt sofort die Schleife
  ➔ genauer: die innerste umgebende Schleife einer for-, do- oder while-Anweisung wird verlassen.
- **`continue;`** ➔ der aktuelle Schleifendurchlauf wird beendet und die Schleife mit der nächsten Iteration fortgesetzt
  ➔ bei for- und while-Schleifen wird die nächste Iteration (standardmäßig) mit der Überprüfung der Abbruchbedingung begonnen

Beispiel:

```
int i, j, k = 10;
…
for ( i = 10; i > 0; i-- )
{
  if ( i%2 != 0 ) // bei ungeraden Zahlen i wird sofort
    continue;     // mit der nächsten Iteration fortgesetzt
  j = i*i;
  printf("Square of %d is %d.\n", i, j );
}
```

Bemerkungen zu Sprunganweisungen (3)

Beispiel:

```
int i, j, k = 10;
…
j = 1;
i = 1;

do
{
  if ( i > k )
    break;   // Schleifenbeendigung sobald i größer als k ist.
  j *= i;
  i++;
} while (1); // Ohne break;-Anweisung wäre dies eine
             // Endlosschleife!
printf("j is finally: %d\n", j);
```

Bemerkungen zur Syntax

Der Rumpf von `for`, `while`, `do/while`, `if`, `if/else` kann eine einfache Anweisung sein oder ein ganzer Block von Programmcode.

- Besser ist es, immer einen Block von Programmcode anzugeben, um späteres Einfügen von Programmcode zu erleichtern:

```
int i;
for (i = 0; i < 100; i++)
{
    if (i % 2 == 0) continue;
    else printf("i = %d\n", i);
}
```

➔

```
int i;
for (i = 0; i < 100; i++)
{
    if (i % 2 == 0)
    {
       continue;
    }
    else
    {
       printf("i = %d\n", i)
    }
}
```

Rechts: Programmcode ist einfacher zu lesen und einfacher zu warten!

3. Strukturiertes Programmieren in C

1. Kontrollstrukturen
2. Einfache Anweisungen
3. Anweisungsblöcke
4. Verzweigungsanweisungen
5. Funktionsaufrufe
6. Schleifenanweisungen
7. Sprunganweisungen
8. **Parameterübergabemechanismen**

Parameter

Parameter sind Werte, die vom aufrufenden Programm an die Funktion übergeben werden.

- Die Funktion führt ihre Anweisungsfolge mit diesen Parametern durch.
- Die Parameter werden innerhalb der Funktion wie normale Variablen behandelt.

Vorteil:

- Flexibilität: Für jeden Funktionsaufruf lassen sich verschiedene Parameter benutzen bzw. übergeben.

Regeln:

- Es ist nicht erlaubt, dass Funktionsparameter und lokale Variablen einer Funktion denselben Namen haben.
- Die Typen beim Aufruf einer Funktion (aktuell übergebene Parameter) müssen mit den Datentypen in der formalen Parameterliste der Funktion übereinstimmen.

```
int f( int a )
{
  int a; // ERROR!
  …
}
…
int q = f( 3.14 ); // Type mismatch!
```

Funktionen mit Parametern

Die Parameter sind im Funktionskopf durch Angabe des Datentyps und des Namens eindeutig festgelegt.

- Mehrere Parameter werden durch Kommas separiert aufgelistet.
- Die Anzahl und die Datentypen der Parameter von Funktionsaufruf und Funktionsdefinition müssen exakt übereinstimmen.

Man unterscheidet zwischen

- den **formalen Parametern** einer Funktion, welche in der Funktionsdefinition auftreten,
- und den **aktuellen Parametern** einer Funktion. Dies sind die tatsächlichen Parameter, die beim Funktionsaufruf verwendet und übergeben werden.
- Es ist erlaubt, dass formale und aktuelle Parameter den gleichen Namen tragen.
- Beispiel:

```
void f( int a )
{
   …
}
…
int a = 42;
f( a ); // Fine!
```

Übergabemechanismen (1)

In C gilt eine **Kopiersemantik** für die aktuellen Parameter eines Funktionsaufrufes.

- Das bedeutet, die Werte der Parameter werden kopiert („in die Funktion hineinkopiert“).
- Die Funktion arbeitet sozusagen auf „lokalen Kopien“ der ursprünglichen Parameter.
- Diesen Parameterübergabemechanismus bezeichnet man auch als **„Call by Value“**.

Konkreter Ablauf beim Funktionsaufruf gemäß Call by Value:

1. Wenn eine Funktion aufgerufen wird, werden Speicherplätze entsprechend der Definition der formalen Parameter reserviert.
2. Die aktuellen Parameter werden in diese Speicherplätze hineinkopiert, d.h. alles, was von nun an in der Funktion passiert, hat keine Auswirkung auf die Variablen im Programm (an der aufrufenden Stelle).
3. Die Kopien der aktuellen Parameter werden zu lokalen Variablen.
4. Danach erst wird die erste Anweisung der Funktion ausgeführt.

Übergabemechanismen (2)

Frage: Was ist, wenn eine Funktion irgendwelche Werte (Ergebnisse) an das Programm (an die aufrufende Stelle) zurückgeben soll?

Antwort: 3 Möglichkeiten

1. Nutzung globaler Variablen
   - Ergebnis wird in eine/mehrere globale Variable(n) geschrieben, die dann an aufrufender Stelle benutzt werden
2. Nutzung von Rückgabewerten
   - Mit dem Rückgabewert wird der berechnete Wert an das Programm zurückgegeben.
   - Es kann nur ein Wert zurückgegeben werden.
3. Nutzung des Übergabemechanismus Call by Reference

Definition: Unter dem Übergabemechanismus **Call by Reference** versteht man, dass der Funktion die Adresse (Hauptspeicheradresse) der Daten (Variablen) übergeben wird. Ergebnisse können so in diese Adressen (in diese Speicherzellen) innerhalb der Funktion hineingeschrieben werden.

- Call by Reference wird in C mittels Zeigern (Pointern) realisiert. → spätere Vorlesung

Rekursion (rekursive Funktionsaufrufe)

Rekursive Funktionsaufrufe: Funktionen können sich selbst aufrufen.

```
int factorial(int n) // Recursive variant
{
    if (n == 0)
    {
        return 1;  /* Base case. */
    }
    else
    {
        /* Recursive step: */
        return n * factorial(n - 1);
    }
}
...
int number;
scanf("%d", &number);
int fac = factorial(number);
printf("Fakultät ist %d", fac);
```

```
// Erinnerung: Iterative
// Berechnung der Fakultät
int number;
scanf( "%d", &number );
int fac = 1;
while ( number > 0 )
{
  fac = fac * number;
  number--;
}
printf("Fakultät ist %d", fac);
```

Anwendung:

factorial(5)
--> 5 * factorial(4)
--> 5 * 4 * factorial(3)
--> 5 * 4 * 3 * factorial(2)
--> 5 * 4 * 3 * 2 * factorial(1)
--> 5 * 4 * 3 * 2 * 1 * factorial(0)
--> 5 * 4 * 3 * 2 * 1 * 1
--> 120