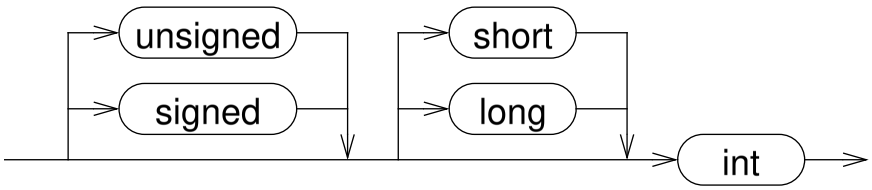
4 Ganze Zahlen

- Definition



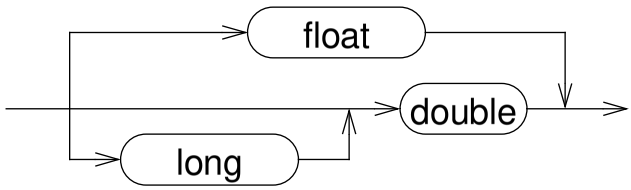
- Speicherbedarf(**`short int`**) ≤ Speicherbedarf(**`int`**) ≤ Speicherbedarf(**`long int`**)
- Speicherbedarf(**`int`**): meist 32 Bit
- Konstanten (Beispiele):

```
42, -117
035          (oktal = 29_10)
0x10         (hexadezimal = 16_10)
0x1d         (hexadezimal = 29_10)
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 Fließkommazahlen

- Definition



- Speicherbedarf(**`float`**) ≤ Speicherbedarf(**`double`**) ≤ Speicherbedarf(**`long double`**)
- Speicherbedarf(**`float`**): 32 Bit
- Konstanten (Beispiele):
  - normale Dezimalpunkt-Schreibweise

    `3.14`, **`-2.718`**, **`368.345`**, **`0.003`**

    `1.0` aber nicht einfach **`1`** (wäre eine **`int`**-Konstante!)
  - 10er-Potenz Schreibweise ($368.345 = 3.68345 \cdot 10^2$, $0.003 = 3.0 \cdot 10^{-3}$)

    `3.68345e2`, **`3.0e-3`**

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 Zeichen

- Bezeichnung: **`char`**
- Speicherbedarf: 1 Byte
- Repräsentation: ASCII-Code
  zählt damit zu den ganzen Zahlen
- Konstanten: Zeichen durch `' '` geklammert
  - Beispiele: **`'a', 'X'`**
  - Sonderzeichen werden durch **Escape-Sequenzen** beschrieben

Tabulator:	**`'\t'`**	Backslash:	**`'\\'`**
Zeilentrenner:	**`'\n'`**	Backspace:	**`'\b'`**
Apostroph:	**`'\''`**		

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 Zeichen (2)

American Standard Code for Information Interchange (ASCII)

NUL 00	**SOH** 01	**STX** 02	**ETX** 03	**EOT** 04	**ENQ** 05	**ACK** 06	**BEL** 07
BS 08	**HT** 09	**NL** 0A	**VT** 0B	**NP** 0C	**CR** 0D	**SO** 0E	**SI** 0F
DLE 10	**DC1** 11	**DC2** 12	**DC3** 13	**DC4** 14	**NAK** 15	**SYN** 16	**ETB** 17
CAN 18	**EM** 19	**SUB** 1A	**ESC** 1B	**FS** 1C	**GS** 1D	**RS** 1E	**US** 1F
SP 20	**!** 21	**"** 22	**#** 23	**$** 24	**%** 25	**&** 26	**'** 27
(28	**)** 29	***** 2A	**+** 2B	**,** 2C	**-** 2D	**.** 2E	**/** 2F
0 30	**1** 31	**2** 32	**3** 33	**4** 34	**5** 35	**6** 36	**7** 37
8 38	**9** 39	**:** 3A	**;** 3B	**<** 3C	**=** 3D	**>** 3E	**?** 3F
@ 40	**A** 41	**B** 42	**C** 43	**D** 44	**E** 45	**F** 46	**G** 47
H 48	**I** 49	**J** 4A	**K** 3B	**L** 3C	**M** 3D	**N** 3E	**O** 3F
P 50	**Q** 51	**R** 52	**S** 53	**T** 54	**U** 55	**V** 56	**W** 57
X 58	**Y** 59	**Z** 5A	**[** 5B	**** 5C	**]** 5D	**^** 5E	**_** 5F
` 60	**a** 61	**b** 62	**c** 63	**d** 64	**e** 65	**f** 66	**g** 67
h 68	**i** 69	**j** 6A	**k** 6B	**l** 6C	**m** 6D	**n** 6E	**o** 6F
p 70	**q** 71	**r** 72	**s** 73	**t** 74	**u** 75	**v** 76	**w** 77
x 78	**y** 79	**z** 7A	**{** 7B	**|** 7C	**}** 7D	**~** 7E	**DEL** 7F

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7 Zeichenketten (Strings)

- Bezeichnung: **`char *`**
- Speicherbedarf: (Länge + 1) Bytes
- Repräsentation: Folge von Einzelzeichen,
  letztes Zeichen: 0-Byte (ASCII-Wert 0)
- Werte: alle endlichen Folgen von **`char`**-Werten
- Konstanten: Zeichenkette durch `" "` geklammert
  - Beispiel: **`"Dies ist eine Zeichenkette"`**
  - Sonderzeichen wie bei char, `"` wird durch `\"` dargestellt
- Beispiel für eine Definition einer Zeichenkette:

```
char *Mitteilung = "Dies ist eine Mitteilung\n";
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

D.4 Ausdrücke

- Ausdruck = gültige Kombination von
  Operatoren, **Konstanten** und **Variablen**
- Reihenfolge der Auswertung
  - Die Vorrangregeln für Operatoren legen die Reihenfolge fest, in der Ausdrücke abgearbeitet werden
  - Geben die Vorrangregeln keine eindeutige Aussage, ist die Reihenfolge undefiniert
  - Mit Klammern `( )` können die Vorrangregeln überstimmt werden
  - Es bleibt dem Compiler freigestellt, Teilausdrücke in möglichst effizienter Folge auszuwerten

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

D.5 Operatoren

1 Zuweisungsoperator =

➥ Zuweisung eines Werts an eine Variable

■ Beispiel:

```
int a;
a = 20;
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Arithmetische Operatoren

➥ für alle `int` und `float` Werte erlaubt

`+`	Addition
`-`	Subtraktion
`*`	Mulitiplikation
`/`	Division
`%`	Rest bei Division, (modulo)
unäres `-`	negatives Vorzeichen (z. B. `-3`)
unäres `+`	positives Vorzeichen (z. B. `+3`)

■ Beispiel:

```
a = -5 + 7 * 20 - 8;
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 spezielle Zuweisungsoperatoren

➥ Verkürzte Schreibweise für Operationen auf einer Variablen

a *op*= b ≡ a = a *op* b
mit ***op*** ∈ { **+, –, *, /, %, <<, >>, &, ^, |** }

- Beispiele:

```
a = -8;
a += 24;                /* -> a: 16 */
a /= 2;                 /* -> a: 8 */
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Vergleichsoperatoren

`<`	kleiner
`<=`	kleiner gleich
`>`	größer
`>=`	größer gleich
`==`	gleich
`!=`	ungleich

- **Beachte!** Ergebnistyp `int`: wahr (true) = 1, falsch (false) = 0

- Beispiele:

```
a > 3
a <= 5
a == 0
if ( a >= 3 ) { …
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 Logische Operatoren

➥ Verknüpfung von Wahrheitswerten (wahr / falsch)

"nicht"

!	
f	w
w	f

"und"

&&	f	w
f	f	f
w	f	w

"oder"

||	f	w
f	f	w
w	w	w

◆ Wahrheitswerte (Boole'sche Werte) werden in C generell durch int-Werte dargestellt:

➤ Operanden in einem Ausdruck: Operand = 0: falsch
Operand ≠ 0: wahr

➤ Ergebnis eines Ausdrucks: falsch: 0
wahr: 1

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 Logische Operatoren (2)

■ Beispiel:

```
a = 5; b = 3; c = 7;
a > b && a > c
```

1 *und* 0 → 0

■ Die Bewertung solcher Ausdrücke wird abgebrochen, sobald das Ergebnis feststeht!

```
(a > c) && ((d=a) > b)
```

(a > c) → 0 → Gesamtergebnis=*falsch*

((d=a) > b) wird nicht ausgewertet → (d=a) wird nicht ausgeführt

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 Bitweise logische Operatoren

- Operation auf jedem Bit einzeln (Bit 1 = wahr, Bit 0 = falsch)

"nicht"	~
"und"	&
"oder"	|

Antivalenz "exklusives oder"

^	f	w
f	f	w
w	w	f

- Beispiele:

x	1	0	0	1	1	1	0	0
~x	0	1	1	0	0	0	1	1
7	0	0	0	0	0	1	1	1
x | 7	1	0	0	1	1	1	1	1
x & 7	0	0	0	0	0	1	0	0
x ^ 7	1	0	0	1	1	0	1	1

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7 Logische Shiftoperatoren

- Bits werden im Wort verschoben

<<	Links-Shift
>>	Rechts-Shift

- Beispiel:

x	1	0	0	1	1	1	0	0
x << 2	0	1	1	1	0	0	0	0

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7 Inkrement / Dekrement Operatoren

`++`	inkrement
`--`	dekrement

- **linksseitiger Operator:** `++x` bzw. `--x`
  - ➤ es wird der Inhalt von `x` inkrementiert bzw. dekrementiert
  - ➤ das Resultat wird als Ergebnis geliefert
- **rechtsseitiger Operator:** `x++` bzw. `x--`
  - ➤ es wird der Inhalt von `x` als Ergebnis geliefert
  - ➤ anschließend wird `x` inkrementiert bzw. dekrementiert.
- Beispiele:

```
a = 10;
b = a++;        /* -> b: 10 und a: 11 */
c = ++a;        /* -> c: 12 und a: 12 */
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

8 Bedingte Bewertung

A ? B : C

↪ der Operator dient zur Formulierung von Bedingungen in Ausdrücken

- zuerst wird Ausdruck **A** bewertet
- ist **A ungleich 0**, so hat der gesamte Ausdruck als Wert den Wert des Ausdrucks **B**,
- sonst den Wert des Ausdrucks **C**
- Beispiel:

```
c = a>b ? a : b;                /* z = max(a,b) */
besser:
c = (a>b) ? a : b;
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

9 Komma-Operator

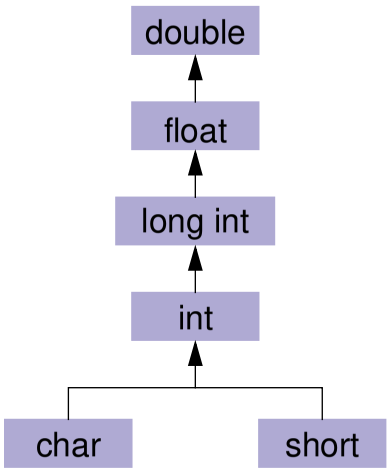
,

- der Komma-Operator erlaubt die Aneinanderreihung mehrerer Ausdrücke
- ein so gebildeter Ausdruck hat als Wert den Wert des letzten Teil-Ausdrucks

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

10 Typumwandlung in Ausdrücken

- Enthält ein Ausdruck Operanden unterschiedlichen Typs, erfolgt eine automatische Umwandlung in den Typ des in der **Hierarchie der Typen** am höchsten stehenden Operanden. (*Arithmetische Umwandlungen)*



Hierarchie der Typen (Auszug)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

11 Vorrangregeln bei Operatoren

Operatorklasse	Operatoren	Assoziativität
unär	**! ~ ++ -- + –**	von rechts nach links
multiplikativ	*** / %**	von links nach rechts
additiv	**+ -**	von links nach rechts
shift	**<< >>**	von links nach rechts
relational	**< <= > >=**	von links nach rechts
Gleichheit	**== !=**	von links nach rechts
bitweise	**&**	von links nach rechts
bitweise	**^**	von links nach rechts
bitweise	**|**	von links nach rechts
logisch	**&&**	von links nach rechts
logisch	**||**	von links nach rechts
Bedingte Bewertung	**?:**	von rechts nach links
Zuweisung	**= op=**	von rechts nach links
Reihung	**,**	von links nach rechts

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

D.6 Einfacher Programmaufbau

- Struktur eines C-Hauptprogramms
- Anweisungen und Blöcke
- Einfache Ein-/Ausgabe
- C-Präprozessor

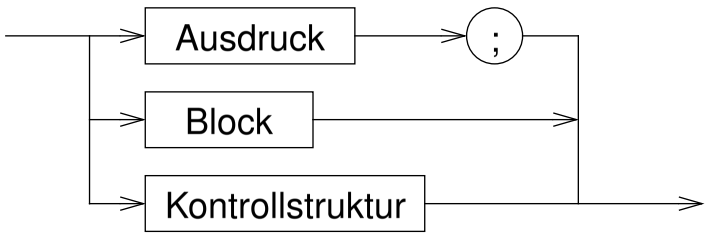
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Struktur eines C-Hauptprogramms

```
main()
{
    Variablendefinitionen
    Anweisungen
}
```

2 Anweisungen

Anweisung:



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Blöcke

- Zusammenfassung mehrerer Anweisungen
- Lokale Variablendefinitionen → Hilfsvariablen
- Schaffung neuer Sichtbarkeitsbereiche (***Scopes***) für Variablen
  - bei Namensgleichheit ist immer die Variable des innersten Blocks sichtbar

```
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 */
    }
}
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Einfache Ein-/Ausgabe

- Jeder Prozess (jedes laufende Programm) bekommt unter Linux von der Shell als Voreinstellung drei Ein-/Ausgabekanäle:

  stdin als Standardeingabe

  stdout als Standardausgabe

  stderr Fehlerausgabe

- Die Kanäle **stdin**, **stdout** und **stderr** sind in UNIX auf der Kommandozeile umlenkbar:

```
% prog < EingabeDatei > AusgabeDatei
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Einfache Ein-/Ausgabe (2)

- Für die Sprache C existieren folgende primitive Ein-/Ausgabefunktionen für die Kanäle **stdin** und **stdout**:

  getchar zeichenweise Eingabe

  putchar zeichenweise Ausgabe

  scanf formatierte Eingabe

  printf formatierte Ausgabe

- folgende Funktionen ermöglichen Ein-/Ausgabe auf beliebige Kanäle (z. B. auch **stderr**)

  getc, **putc**, **fscanf**, **fprintf**

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 Einzelzeichen E/A

- ***getchar( ), getc( )*** ein Zeichen lesen
  - Beispiel:

```
int c;
c = getchar();
```

```
int c;
c = getc(stdin);
```

- ***putchar( ), putc( )*** ein Zeichen schreiben
  - Beispiel:

```
char c = 'a';
putchar(c);
```

```
char c = 'a';
putc(c, stdout);
```

- Beispiel:

```
#include <stdio.h>

/*
 * kopiere Eingabe auf Ausgabe
 */
main()
{
    int c;
    while ( (c = getchar()) != EOF )
    {
        putchar(c);
    }
}
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 Formatierte Ausgabe

- Aufruf: **`printf`** **`(`** *format*, *arg***`)`**
- ***printf*** konvertiert, formatiert und gibt die **Werte *(arg)*** unter der Kontrolle des Formatstrings ***format*** aus
  - die Anzahl der Werte (*arg*) ist abhängig vom Formatstring
- sowohl für ***format***, wie für ***arg*** sind Ausdrücke zulässig
- ***format*** ist vom Typ **Zeichenkette *(string)***
- ***arg*** muss dem durch das zugehörige **Formatelement** beschriebenen Typ entsprechen

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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][l]d`
Gleitkommazahl:	`%[+][-][n][.n]f`

`[ ]` *bedeutet optional*

- Beispiel:

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


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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!)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

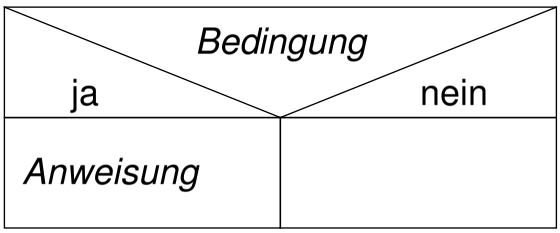
D.7 Kontrollstrukturen

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

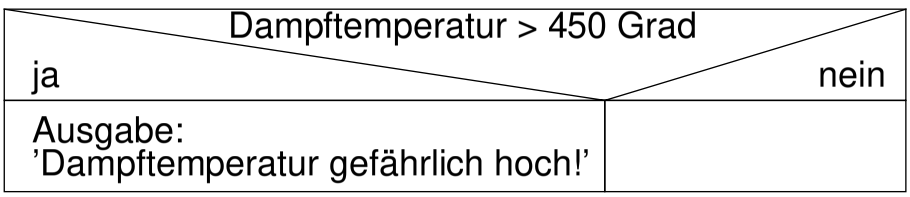
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Bedingte Anweisung




```
if ( Bedingung )
    Anweisung
```

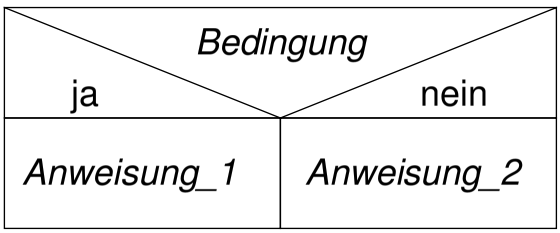
- Beispiel:




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


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

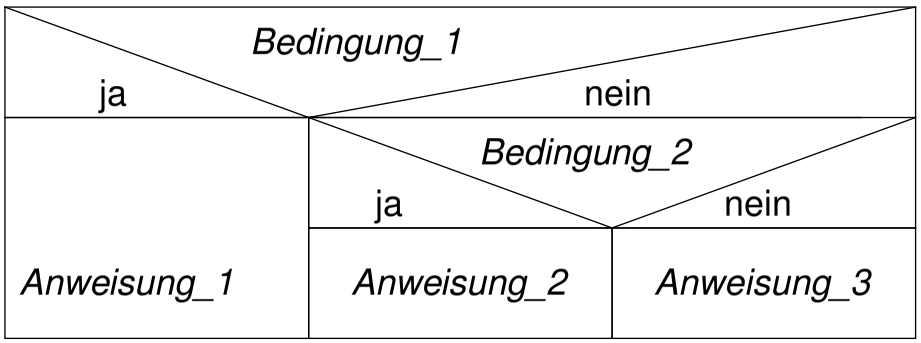
1 Bedingte Anweisung einfache Verzweigung




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


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Bedingte Anweisung mehrfache Verzweigung

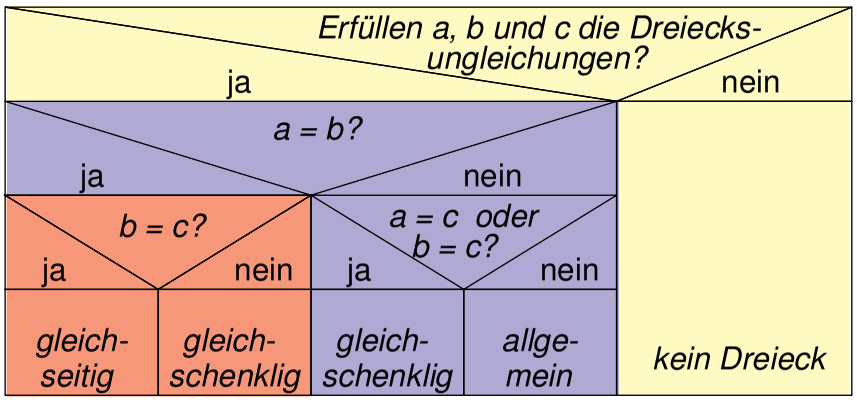



```
if ( Bedingung )
    Anweisung_1
else if ( Bedingung_2 )
    Anweisung_2
else
    Anweisung_3
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Bedingte Anweisung mehrfache Verzweigung (2)

- Beispiel: Eigenschaften von Dreiecken — Struktogramm



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Bedingte Anweisung mehrfache Verzweigung (3)

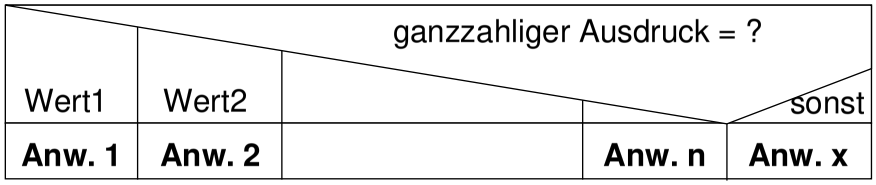
- Beispiel: Eigenschaften von Dreiecken — Programm

```
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");
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Fallunterscheidung

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




```
switch ( Ausdruck ) {
  case Wert_1:
         Anweisung_1
         break;
  case Wert_2:
         Anweisung_2
         break;
  . . .
  case Wert_n:
         Anweisung_n
         break;
  default:
         Anweisung_x
}
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Fallunterscheidung — Beispiel

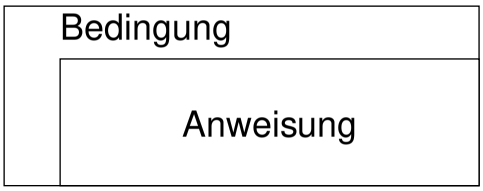
```
#include <stdio.h>

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++;
    }

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


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

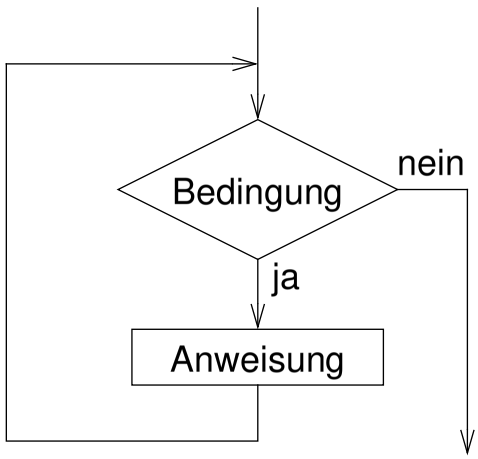
3 Schleifen

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

4 abweisende Schleife



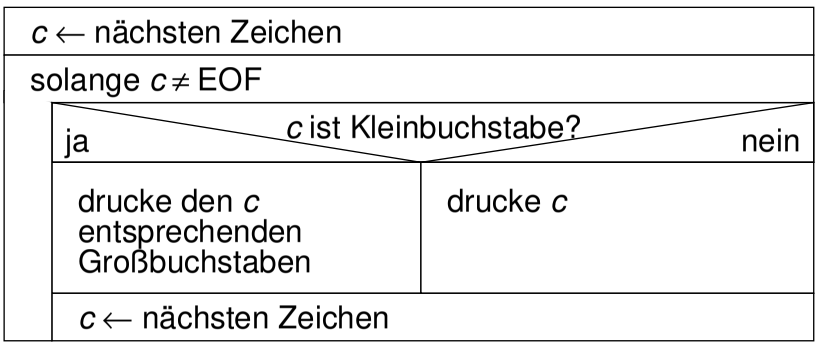

```
while ( Bedingung )
    Anweisung
```



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 abweisende Schleife (2)

- Beispiel: Umwandlung von Klein- in Großbuchstaben



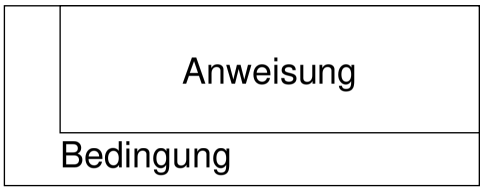

```
int c;
c = getchar();
while ( c != EOF ) {
    if ( c >= 'a' && c <= 'z' )
        putchar(c+'A'-'a');
    else
        putchar(c);
    c = getchar();
}
```

➤ abgekürzte Schreibweise

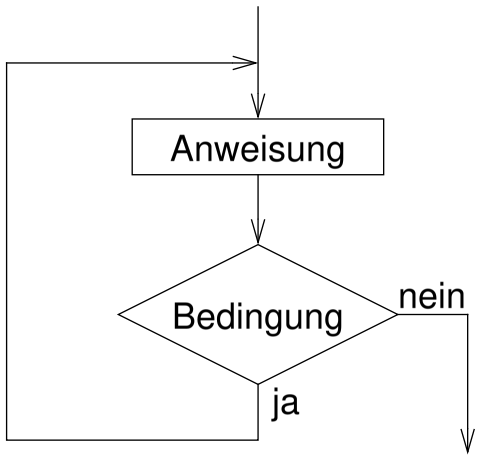
```
int c;
while ( (c = getchar()) != EOF )
    if ( c >= 'a' && c <= 'z' )
        putchar(c+'A'-'a');
    else
        putchar(c);
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 nicht-abweisende Schleife

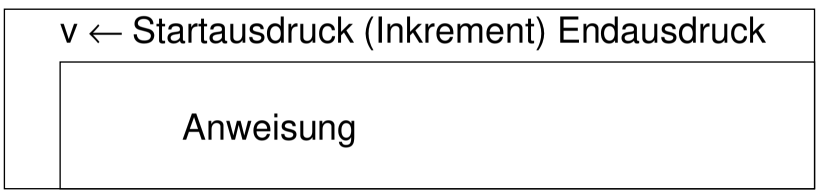



```
do
    Anweisung
while ( Bedingung )
```



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 Laufanweisung




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

allgemein:

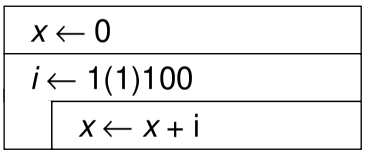
```
for (Ausdruck_1; Ausdruck_2; Ausdruck_3)
    Anweisung
```

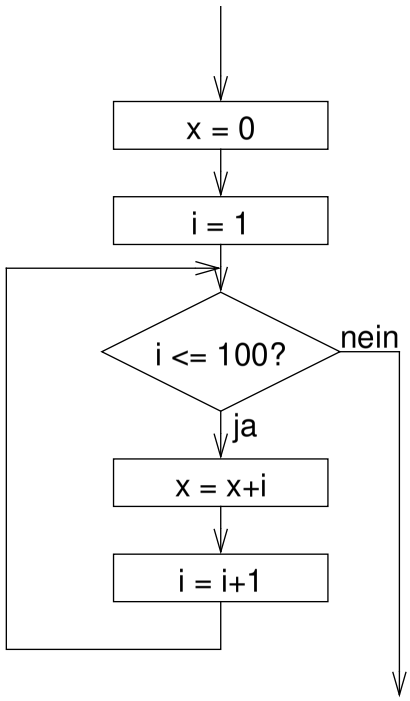
```
Ausdruck_1;
while (Ausdruck_2) {
    Anweisung
    Ausdruck_3;
}
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 Laufanweisung (2)

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






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


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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:

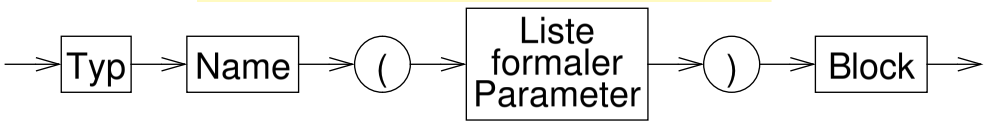
```
y = exp(tau*t) * sinus(f*t);
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Funktionsdefinition

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

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

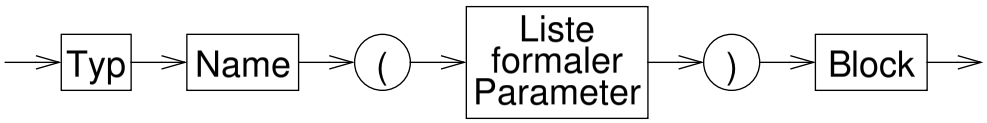


- **Typ**
  - Typ des Werts, der am Ende der Funktion als Wert zurückgegeben wird
  - beliebiger Typ
  - **`void`** = kein Rückgabewert

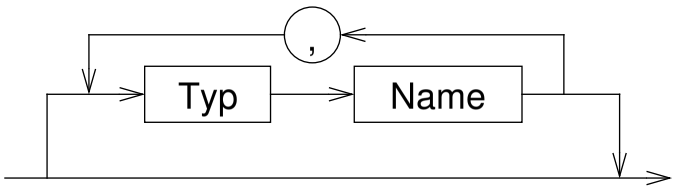
- **Name**
  - beliebiger Bezeichner, kein Schlüsselwort

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Funktionsdefinition (2)



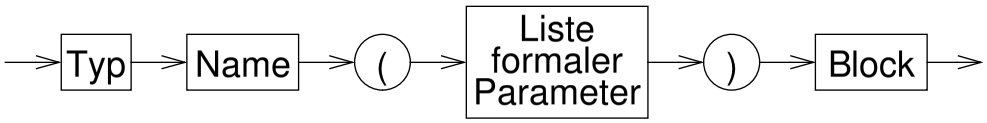
Liste formaler Parameter



- **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

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Funktionsdefinition (3)



Block

- beliebiger Block
- zusätzliche Anweisung

```
return ( Ausdruck );
```

oder

```
return;
```

bei `void`-Funktionen

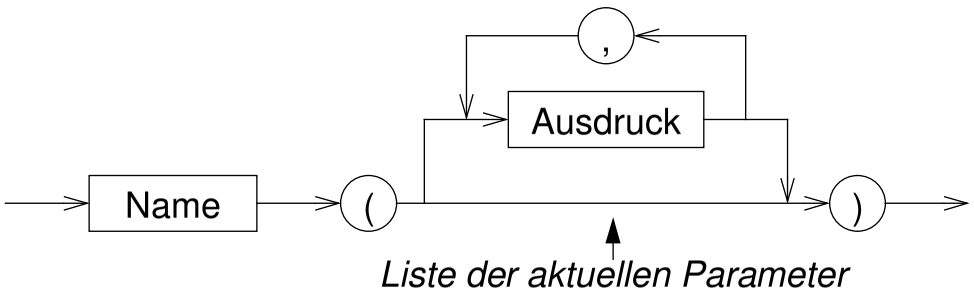
- ➤ Rückkehr aus der Funktion: das Programm wird nach dem Funktionsaufruf fortgesetzt
- ➤ der Typ des Ausdrucks muss mit dem Typ der Funktion übereinstimmen
- ➤ die Klammern können auch weggelassen werden

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Funktionsaufruf

- Aufruf einer Funktion aus dem Ablauf einer anderen Funktion
  - Beispiel:

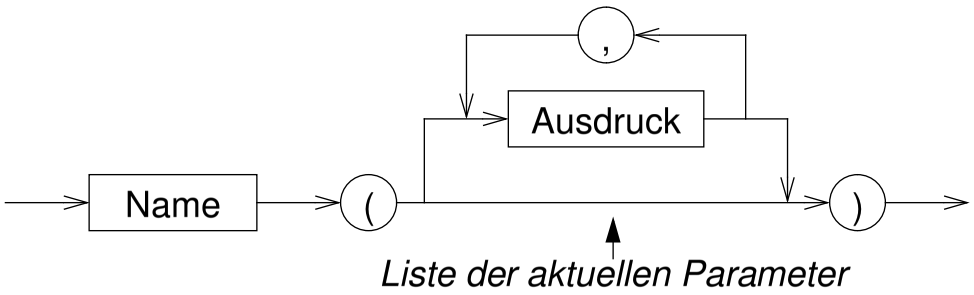
```
int main ( ) {
        int summe;
        summe = addition(3,4);
        ...
```



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

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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;
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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) );
}
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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**

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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);
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.