D Einführung in die Programmiersprache C

D.1 C vs. Java

- Java: objektorientierte Sprache
  - ➤ zentrale Frage: aus welchen Dingen besteht das Problem
  - ➤ Gliederung der Problemlösung in Klassen und Objekte
  - ➤ Hierarchiebildung: Vererbung auf Klassen, Teil-Ganze-Beziehungen
  - ➤ Ablauf: Interaktion zwischen Objekten
- C: imperative / prozedurale Sprache
  - ➤ zentrale Frage: welche Aktivitäten sind zur Lösung des Problems auszuführen
  - ➤ Gliederung der Problemlösung in Funktionen
  - ➤ Hierarchiebildung: Untergliederung einer Fuktion in Teilfunktionen
  - ➤ Ablauf: Ausführung von Funktionen

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

D.1 C vs. Java

1 C hat nicht

- Klassen und Vererbung
- Objekte
- umfangreiche Klassenbibliotheken

2 C hat

- Zeiger und Zeigerarithmetik
- Präprozessor
- Funktionsbibliotheken

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

D.2 Sprachüberblick

1 Erstes Beispiel

- Die Datei **`hello.c`** enthält die folgenden Zeilen:

```
/* say "hello, world" */
main()
{
    printf("hello, world\n");
}
```

- Die Datei wird mit dem Kommando **`cc`** übersetzt:

```
% cc hello.c
```
(C-Compiler)

oder

```
% gcc hello.c
```
(GNU-C-Compiler)

dadurch entsteht eine Datei **`a.out`**, die das ausführbare Programm enthält.

➤ ausführbares Programm liegt in Form von Maschinencode des Zielprozessors vor (kein Byte- oder Zwischencode)!

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

1 Erstes Beispiel (2)

- Mit der Option **`-o`** kann der Name der Ausgabedatei auch geändert werden – z. B.

```
% cc -o hello hello.c
```

- Das Programm wird durch Aufruf der Ausgabedatei ausgeführt:

```
% ./hello
hello, world
%
```

- Kommandos werden so in einem Fenster mit UNIX/Linux-Kommandointerpreter (Shell) eingegeben

➤ es gibt auch integrierte Entwicklungsumgebungen (z. B. Eclipse)

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

2 Aufbau eines C-Programms

- frei formulierbar **- *Zwischenräume*** *(Leerstellen, Tabulatoren, Newline und Kommentare*) werden i. a. ignoriert - sind aber zur eindeutigen Trennung direkt benachbarter Worte erforderlich
- ***Kommentar*** wird durch `/*` und `*/` geklammert
  keine Schachtelung möglich
- ***Identifier*** (Variablennamen, Marken, Funktionsnamen, ...) sind aus Buchstaben, gefolgt von Ziffern oder Buchstaben aufgebaut
  - "_" gilt hierbei auch als Buchstabe
  - Schlüsselwörter wie `if`, `else`, `while`, usw. können nicht als *Identifier* verwendet werden
  - ***Identifier*** müssen vor ihrer ersten Verwendung ***deklariert*** werden
- Anweisungen werden generell durch `;` abgeschlossen

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

3 Allgemeine Form eines C-Programms:

```
/* globale Variablen */
     ...

/* Hauptprogramm */
main(...)
{
     /* lokale Variablen */
          ...
     /* Anweisungen */
          ...
}

/* Unterprogramm 1 */
function1(...)
{
     /* lokale Variablen */
          ...
     /* Anweisungen */
          ...
}

/* Unterprogramm n */
functionN(...)
{
     /* lokale Variablen */
          ...
     /* Anweisungen */
          ...
}
```


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

4 wie ein C-Programm nicht aussehen sollte:

```
#define o define
#o ___o write
#o ooo (unsigned)
#o o_o_ 1
#o _o_ char
#o _oo goto
#o _oo_ read
#o o_o for
#o o_ main
#o o__ if
#o oo_ 0
#o _o(_,__,___)(void)___o(_,__,ooo(___))
#o __o(o_o_<<((o_o_<<(o_o_<<o_o_))+(o_o_<<o_o_)))
+(o_o_<<(o_o_<<(o_o_<<o_o_)))
o_(){_o_ _=oo_,__,___,____[__o];_oo _______;______:___=__o-o_
_______:
_o(o_o_,____,__=(_-o_o_<___?_-
o_o_:___));o_o(;__;_o(o_o_,"\b",o_o_),__--);
_o(o_o_," ",o_o_);o__(--___)_oo
_______;_o(o_o_,"\n",o_o_);______:o__(_=_oo_(
oo_,____,__o))_oo _____;}
```

sieht eher wie Morse-Code aus, ist aber ein **gültiges** C-Programm.

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

D.3 Datentypen

- Datentypen
  - ➤ Konstanten
  - ➤ Variablen

→

- ◆ Ganze Zahlen
- ◆ Fließkommazahlen
- ◆ Zeichen
- ◆ Zeichenketten

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

1 Was ist ein Datentyp?

- Menge von Werten
  +
  Menge von Operationen auf den Werten
  - **Konstanten** Darstellung für einen konkreten Wert (`2`, `3.14`, `'a'`)
  - **Variablen** Namen für Speicherplätze, die einen Wert aufnehmen können

  ➥ Konstanten und Variablen besitzen einen Typ

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

- Festlegung des Datentyps
  - implizit durch Verwendung und Schreibweise (Zahlen, Zeichen)
  - explizit durch **Deklaration** (Variablen)

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

2 Standardtypen in C

- Eine Reihe häufig benötigter Datentypen ist in C vordefiniert

`char`	Zeichen (im ASCII-Code dargestellt, 8 Bit)
`int`	ganze Zahl (16 oder 32 Bit)
`float`	Gleitkommazahl (32 Bit) etwa auf 6 Stellen genau
`double`	doppelt genaue Gleitkommazahl (64 Bit) etwa auf 12 Stellen genau
`void`	ohne Wert

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

2 Standardtypen in C (2)

- Die Bedeutung der Basistypen kann durch vorangestellte ***Typ-Modifier*** verändert werden

`short`, **`long`**
: legt für den Datentyp **`int`** die Darstellungsbreite (i. a. 16 oder 32 Bit) fest.
Das Schlüsselwort **`int`** kann auch weggelassen werden

`long double`
: **`double`**-Wert mit erweiterter Genauigkeit (je nach Implementierung) – mindestens so genau wie **`double`**

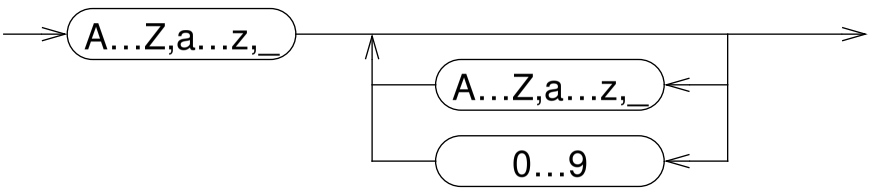
`signed`, **`unsigned`**
: legt für die Datentypen **`char`**, **`short`**, **`long`** und **`int`** fest, ob das erste Bit als Vorzeichenbit interpretiert wird oder nicht

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

3 Variablen

- Variablen haben:
  - **Namen** (Bezeichner)
  - Typ
  - zugeordneten Speicherbereich für einen Wert des Typs
    Inhalt des Speichers (= **aktueller Wert** der Variablen) ist veränderbar!
  - **Lebensdauer**
    wann wird der Speicherplatz angelegt und wann freigegeben

- Bezeichner

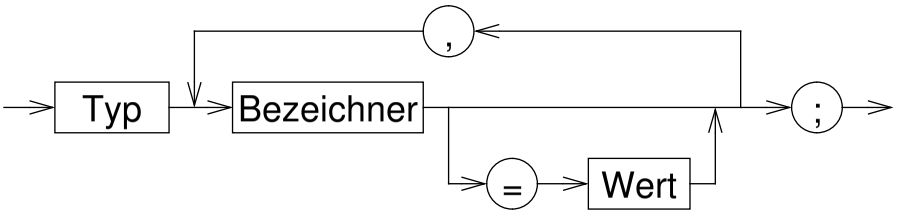


(Buchstabe oder _ ,
evtl. gefolgt von beliebig vielen Buchstaben, Ziffern oder _)

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

3 Variablen (2)

- Typ und Bezeichner werden durch eine **Variablen-Deklaration** festgelegt (= dem Compiler bekannt gemacht)
  - ◆ reine Deklarationen werden erst in einem späteren Kapitel benötigt
  - ◆ vorerst beschränken wir uns auf Deklarationen in **Variablen-Definitionen**
- eine **Variablen-Definition** deklariert eine Variable und reserviert den benötigten Speicherbereich



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

3 Variablen (3)

- Variablen-Definition: Beispiele

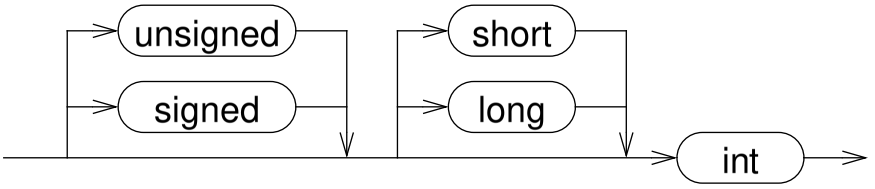
```
int a1;
float a, b, c, dis;
int anzahl_zeilen=5;
char Trennzeichen;
```

  - ◆ Position im Programm:
    - ➤ nach jeder "{"
    - ➤ außerhalb von Funktionen
    - ➤ neuere C-Standards und der GNU-C-Compiler erlauben Definitionen an beliebiger Stelle im Programmcode: Variable ab der Stelle gültig
- Wert kann bei der Definition initialisiert werden
- Wert ist durch Wertzuweisung und spezielle Operatoren veränderbar
- Lebensdauer ergibt sich aus der Programmstruktur

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

4 Ganze Zahlen

- Definition



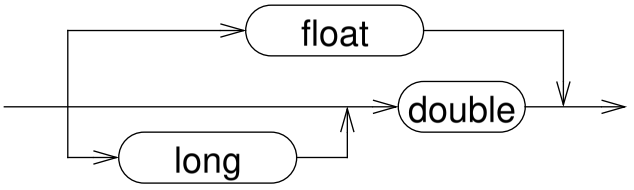
- Speicherbedarf(**`short int`**) ≤ Speicherbedarf(**`int`**) ≤ Speicherbedarf(**`long int`**)
- Speicherbedarf(**`int`**): meist 32 Bit
- Konstanten (Beispiele):

```
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

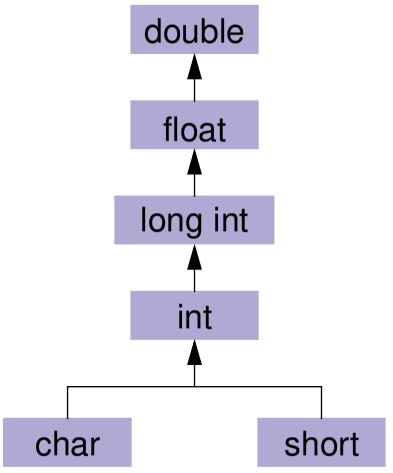
,

- 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

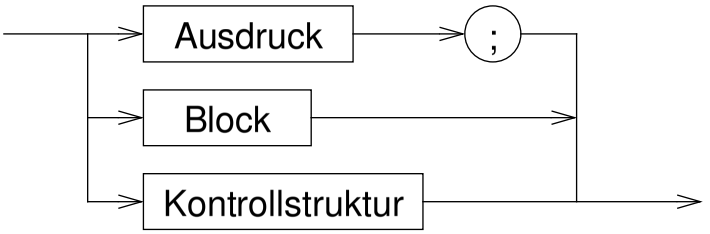
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

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 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.

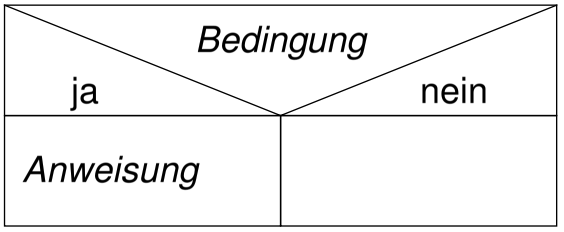
D.7 Kontrollstrukturen

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

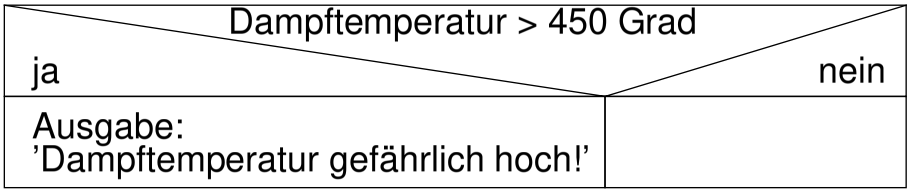
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Bedingte Anweisung




```
if ( Bedingung )
    Anweisung
```

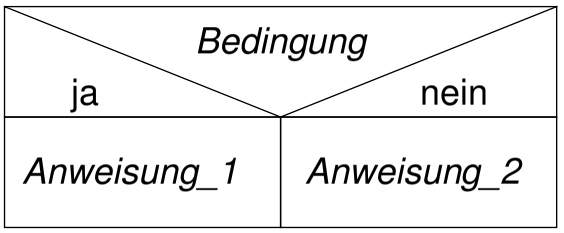
- Beispiel:




```
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.

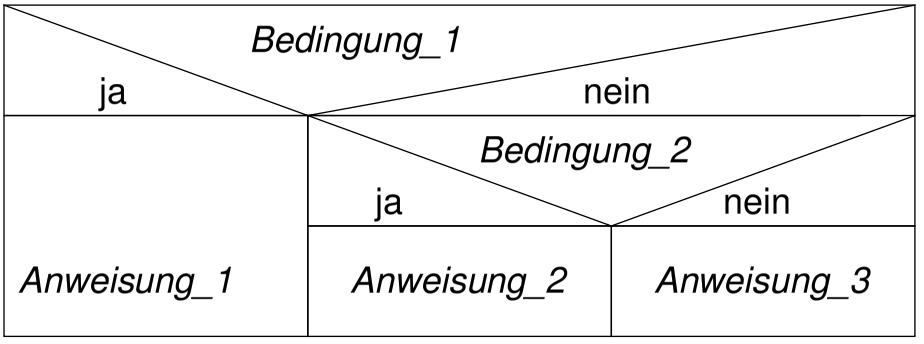
1 Bedingte Anweisung einfache Verzweigung




```
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

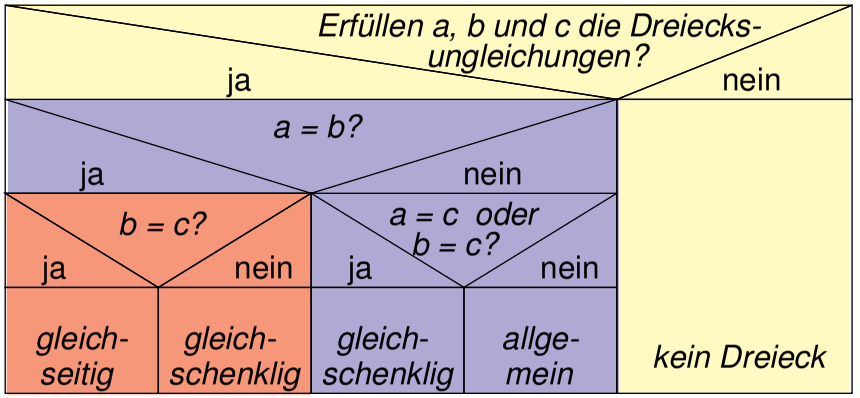



```
if ( Bedingung )
    Anweisung_1
else if ( Bedingung_2 )
    Anweisung_2
else
    Anweisung_3
```


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

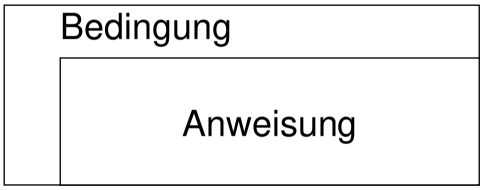
```
#include <stdio.h>

main()
{
  char 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.

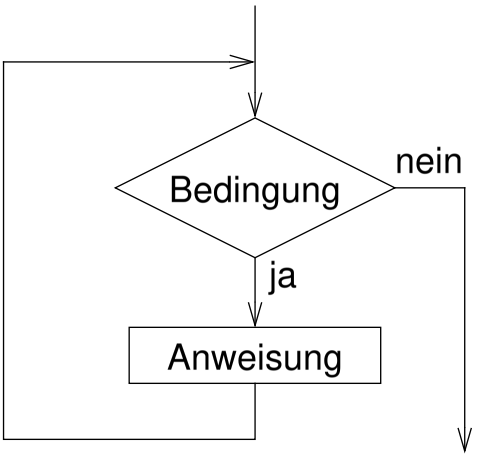
3 Schleifen

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

4 abweisende Schleife



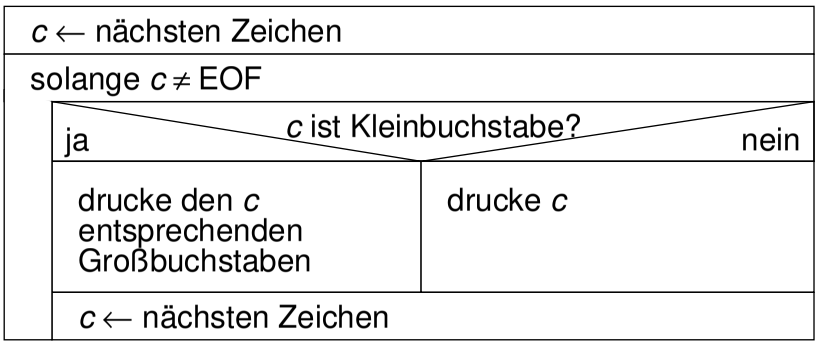

```
while ( Bedingung )
    Anweisung
```



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



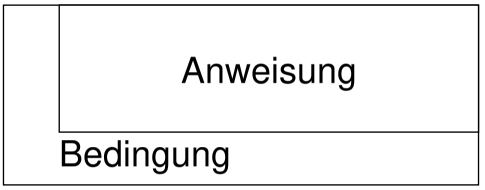

```
char c;
c = getchar();
while ( c != EOF ) {
    if ( c >= 'a' && c <= 'z' )
        putchar(c+'A'-'a');
    else
        putchar(c);
    c = getchar();
}
```

➤ abgekürzte Schreibweise

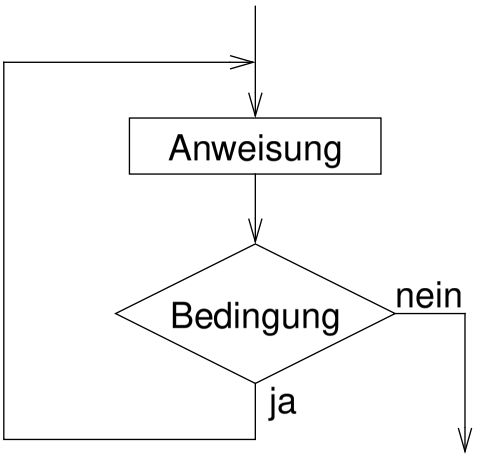
```
while ( (c = getchar()) != EOF )
    if ( c >= 'a' && c <= 'z' )
        putchar(c+'A'-'a');
    else
        putchar(c);
```


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

5 nicht-abweisende Schleife

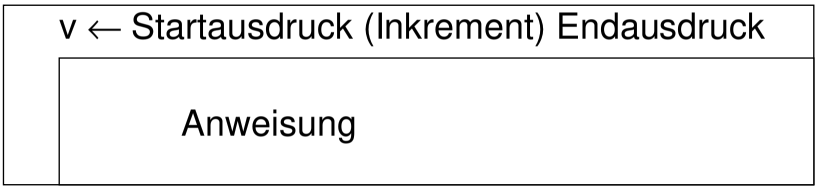



```
do
    Anweisung
while ( Bedingung )
```



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:

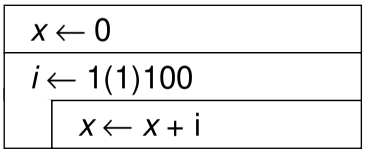
```
for (Ausdruck_1; Ausdruck_2; Ausdruck_3)
    Anweisung
```

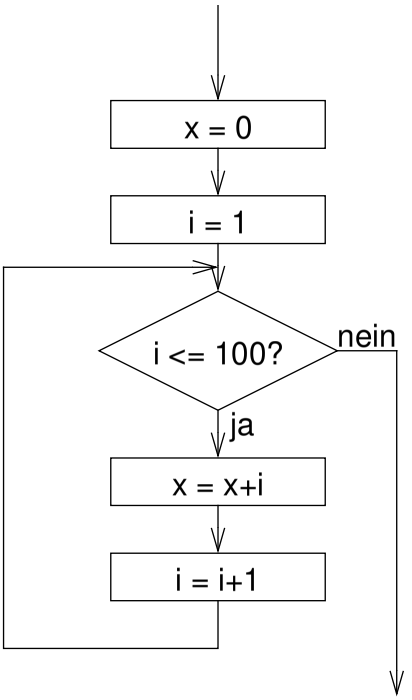
```
Ausdruck_1;
while (Ausdruck_2) {
    Anweisung
    Ausdruck_3;
}
```


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.