D Datentypen, einfache Programmstruktur, Operatoren, Ausdrücke

- Datentypen
  - ➤ Konstanten
  - ➤ Variablen

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

- Aufbau eines C-Programms — erste Hinweise
  - ◆ Hauptprogramm
  - ◆ Bedingte Anweisung

- Ausdrücke
  - ◆ Operatoren
  - ◆ Typumwandlung in Ausdrücken
  - ◆ Vorrangregeln bei Operatoren

D.1 Datentypen

- Menge von Werten
  \+
  Menge von Operationen auf den Werten
  - ◆ **Konstanten** stellen einen Wert dar
  - ◆ **Variablen** sind 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)

D.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

D.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

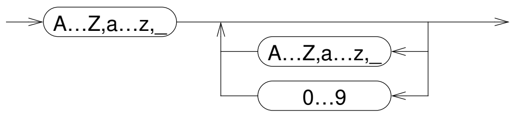
`long double`
`double`-Wert mit erweiterter Genauigkeit (je nach Implementierung) – mindestens so genau wie `double`

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

D.3 Variablen

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

- Bezeichner

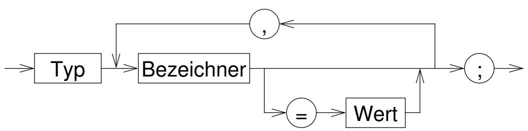


(Buchstabe oder _ ,
evtl. gefolgt von beliebig vielen Buchstaben, Ziffern oder _)

D.3 Variablen (2)

- Typ und Bezeichner werden durch eine **Variablen-Deklaration** festgelegt
  - ◆ 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



D.3 Variablen (3)

- Variablen-Definition: Beispiele

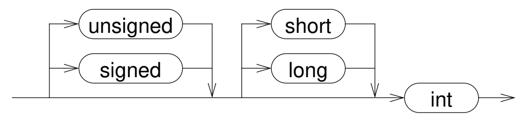
```
int a1;
float a, b, c, dis;
int anzahl_zeilen=5;
char Trennzeichen;
```

  - ◆ Position im Programm:
    - ➤ nach jeder "`{`"
    - ➤ außerhalb von Funktionen

- Wert kann bei der Definition initialisiert werden
- Wert ist durch Wertzuweisung und spezielle Operatoren veränderbar
- Lebensdauer ergibt sich aus der Programmstruktur

D.4 Ganze Zahlen

- Definition



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

`42, -117`
`035` (oktal = 29_{10})
`0x10` (hexadezimal = 16_{10})
`0x1d` (hexadezimal = 29_{10})

D.4 Ganze Zahlen (2)

- Repräsentation (meistens): (Motorola, HP, SPARC, …)

b_{31}	b_{30}	…	b_1	b_0

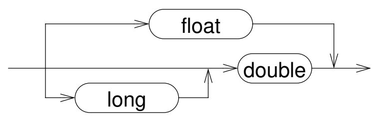
  bei Intel-Prozessoren:

b_0	b_1	…	b_{30}	b_{31}

- Wertebereich:
  - **`unsigned`**: $0 \ldots 2^{32} - 1$
  - **`signed`**: $-2^{31} \ldots 2^{31} - 1$
    b_{31} ist Vorzeichenbit

D.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`

D.5 Fließkommazahlen (2)

- Repräsentation:durch Mantisse *m* und Exponent *e*
  - ◆ Wert = $m \cdot 2^e$
- Genauigkeit
  - ◆ hängt von der Anzahl der Bits für die Mantisse ab
- Wertebereich
  - ◆ hängt von der Anzahl der Bits für den Exponent ab

D.5 Fließkommazahlen (3)

- Repräsentation abhängig vom jeweiligen Prozessor (häufig verwendetes Format: IEEE-Standard)

	Mant. (Bit)	Exp. (Bit)	kleinste darstellbare positive Zahl größte darstellbare Zahl prozentuale Genauigkeit
float	24	7	$1.175494351 \cdot 10^{-38}$ $3.402823466 \cdot 10^{+38}$ $1.192092896 \cdot 10^{-07}$
double	33	10	$2.2250738585072014 \cdot 10^{-308}$ $1.7976931348623157 \cdot 10^{+308}$ $2.2204460492503131 \cdot 10^{-16}$
long double 80 Bit (Intel-Architektur)	64	14	$3.36210314311209350626 \cdot 10^{-4932}$ $1.18973149535723176502 \cdot 10^{+4932}$ $1.08420217248550443400 \cdot 10^{-19}$
long double 128 Bit	113	14	$3.362103143112093506262677817321752 \cdot 10^{-4932}$ $1.189731495357231765085759326628007016 \cdot 10^{+4932}$ $1.92592994438723585305597794258492731 \cdot 10^{-34}$

D.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:	`'\''`		

D.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

D.7 Zeichenketten

- 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";
```


D.8 Aufbau eines C-Programms

- frei formulierbar **- Zwischenräume** *(Leerstellen, Tabulatoren, Zeilenvorschub und Kommentare*) werden i. a. ignoriert - sind aber zur eindeutigen Trennung direkt benachbarter Worte erforderlich
- **Kommentar** wird durch `/*` und `*/` geklammert,
  keine Schachtelung möglich
- Hauptprogramm

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

- Anweisungen werden generell durch `;` abgeschlossen

D.8 Aufbau eines C-Programms (2)

Bedingte Anweisung

Bedingung: ja	Bedingung: nein
Anweisung11 … Anweisung14 …	Anweisung21 … Anweisung24 …

```
if ( Bedingung ) {
     Anweisung11
     …
     Anweisung14
     …
} else {
     Anweisung21
     …
     Anweisung24
     …
}
```

- Den **else**-Teil kann man auch weglassen!

D.9 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

D.10 Operatoren

1 Zuweisungsoperator =

➥ Zuweisung eines Werts an eine Variable

- Beispiel:

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


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;
```

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 */
```


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 ) { …
```


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

5 Logische Operatoren (2)

■ Beispiel:

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

$\underbrace{\underbrace{\texttt{a > b}}_{1}\ \texttt{\&\&}\ \underbrace{\texttt{a > c}}_{0}}_{0}$ — 1 *und* 0 = 0

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

$\underbrace{\texttt{(a > c)}}_{0}\ \texttt{\&\&}\ \underbrace{\texttt{((d=a) > b)}}_{\text{wird nicht ausgewertet}}$

0 → Gesamtergebnis=*falsch*

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

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

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

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 */
```


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;
```

9 Komma-Operator

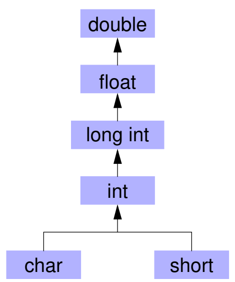
D.10 Operatoren

,

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

D.11 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)

D.12 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