2. Datentypen und Deklarationen

Programm = Datenstrukturen + Kontrollstruktur

- Programme verarbeiten Daten.
- Daten werden in C durch Datenstrukturen aus verschiedenen Datentypen beschrieben.

Es gibt (wie in allen Programmiersprachen) elementare Datentypen, z. B. zur Beschreibung von Zahlen oder einzelnen Zeichen, und es gibt komplexe Datentypen, z. B. zur Beschreibung von verketteten Listen oder von Datensätzen, die aus verschiedenen Komponenten bestehen.

Datentypen definieren zugleich zulässige Wertebereiche für die mit ihnen deklarierten Variablen und Datenstrukturen.

Deklaration von Daten

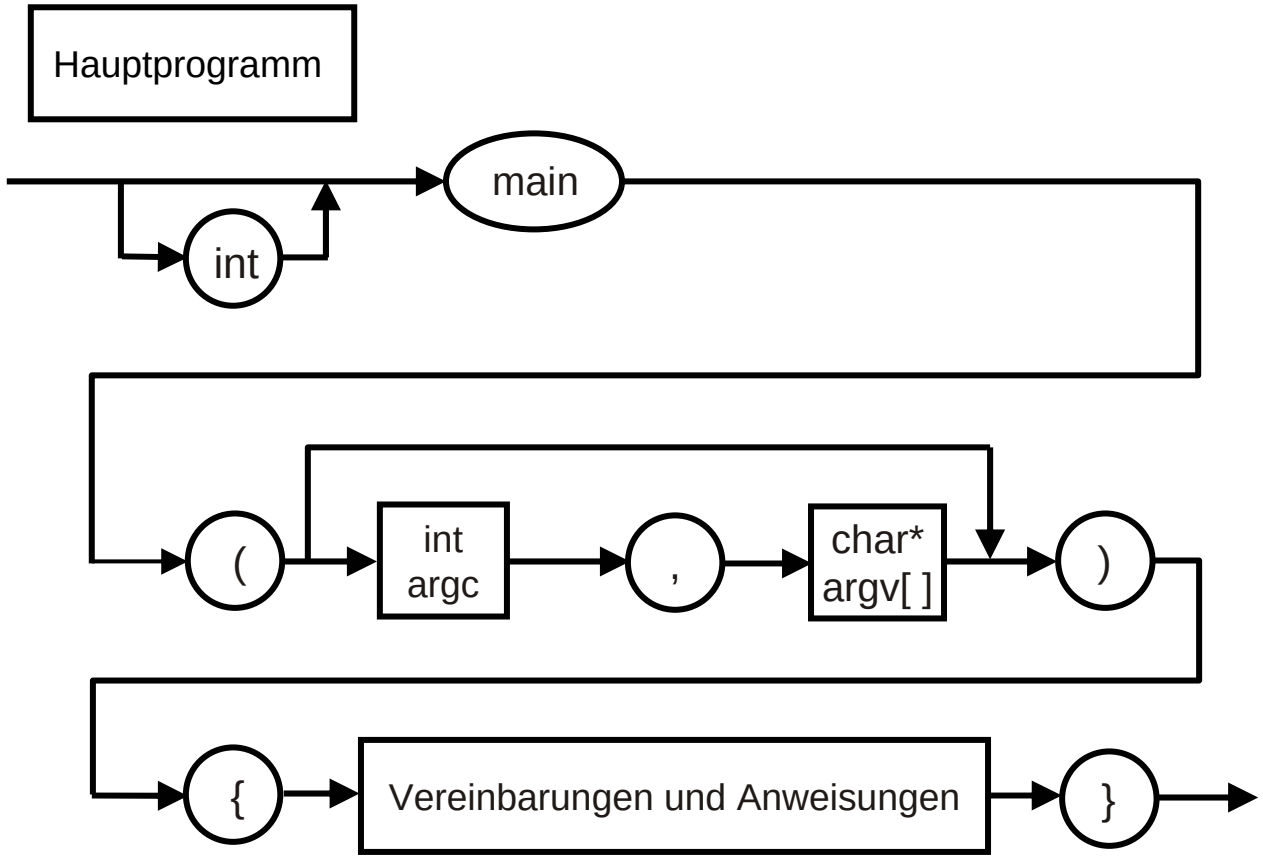
In C müssen alle Daten vor ihrer Verwendung vereinbart (deklariert) werden (anders als z. B. in Fortran oder Basic).

Ein C-Programm setzt sich aus *Vereinbarungen* und *Anweisungen* zusammen.

Die *Vereinbarungen* beschreiben die Datenstrukturen, auf denen ein Programm arbeitet.

Die *Anweisungen* definieren die Kontrollstruktur des Programms.

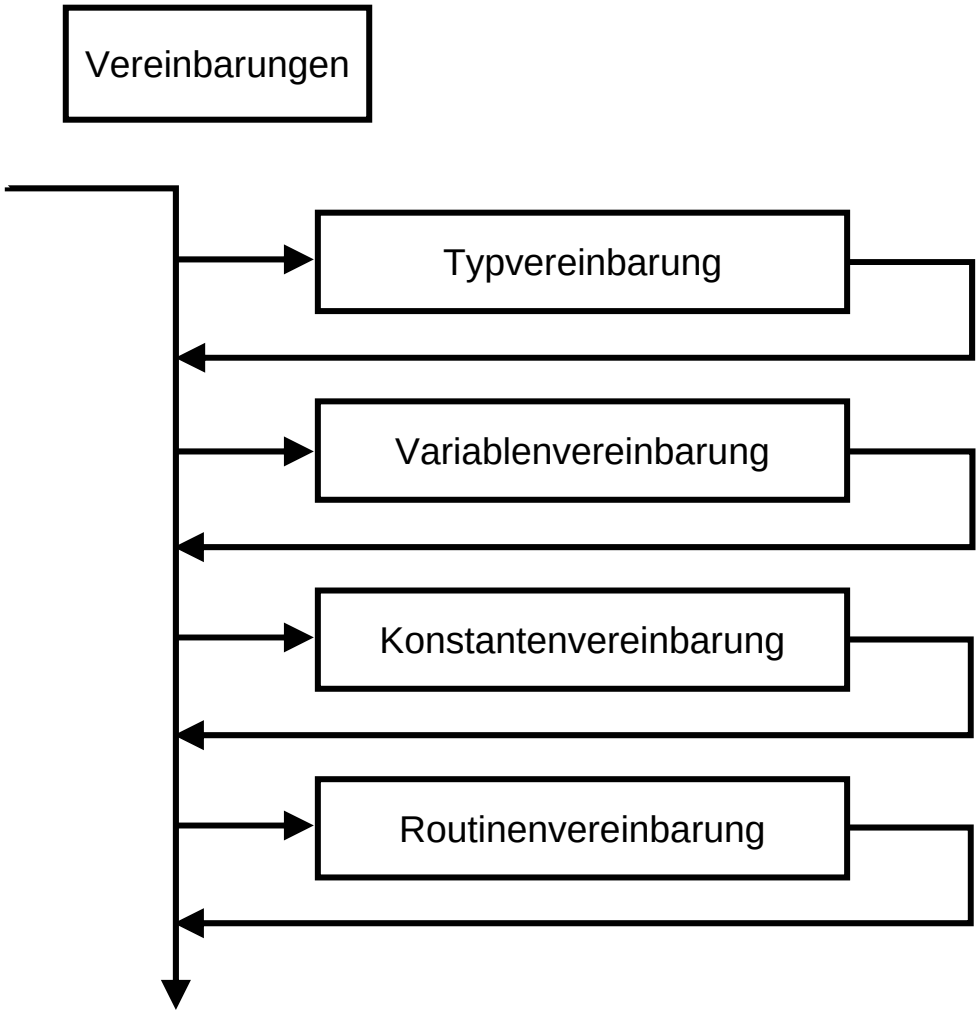
Aufbau eines C-Programms (1)



Aufbau eines C-Programms (2)

argc und argv stellen die Verbindung des Hauptprogramms zu seiner Umwelt her. Sie sind zwar im ANSI-Standard nicht beschrieben, haben sich aber als de-facto-Standard etabliert. Sie werden später erklärt.

Vereinbarungen in C-Programmen (1)



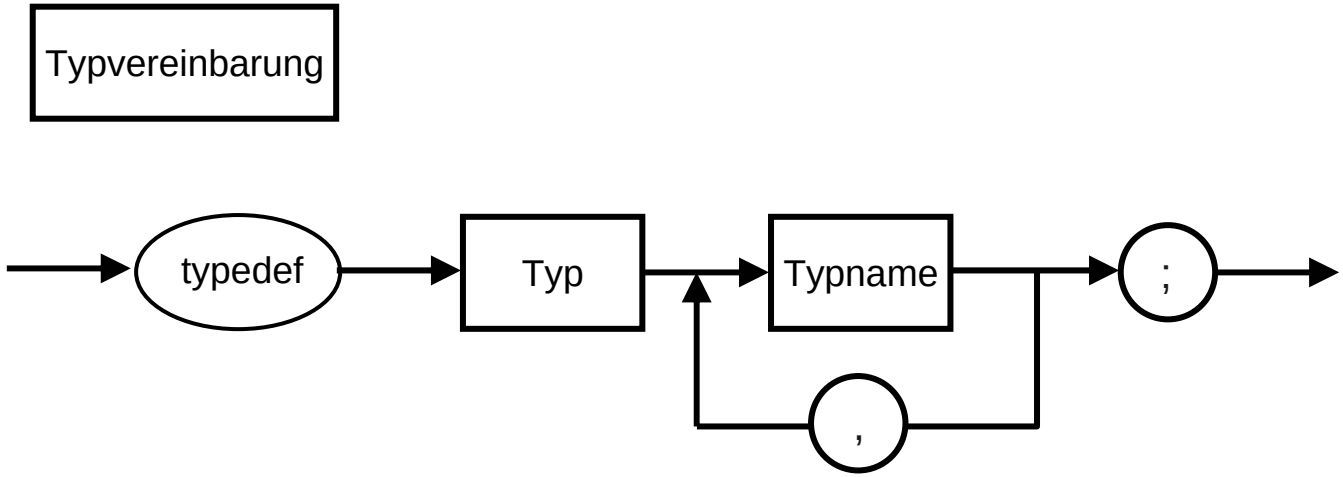
Vereinbarungen in C-Programmen (2)

Die im Syntaxdiagramm angegebene Reihenfolge der Vereinbarungen ist nicht zwingend vorgeschrieben. Es ist jedoch sinnvoll, sich an diese Reihenfolge zu halten.

In C gibt es zwei Arten von Vereinbarungen:

- Vereinbarungen, die Speicherplatz reservieren (**Definitionen**), z. B. Variablenvereinbarungen, Routinendefinitionen
- Vereinbarungen, die einen Datentyp oder eine Routine generisch beschreiben (**Deklarationen**), z. B. Typenvereinbarungen, Prototypen von Routinen

Typvereinbarung

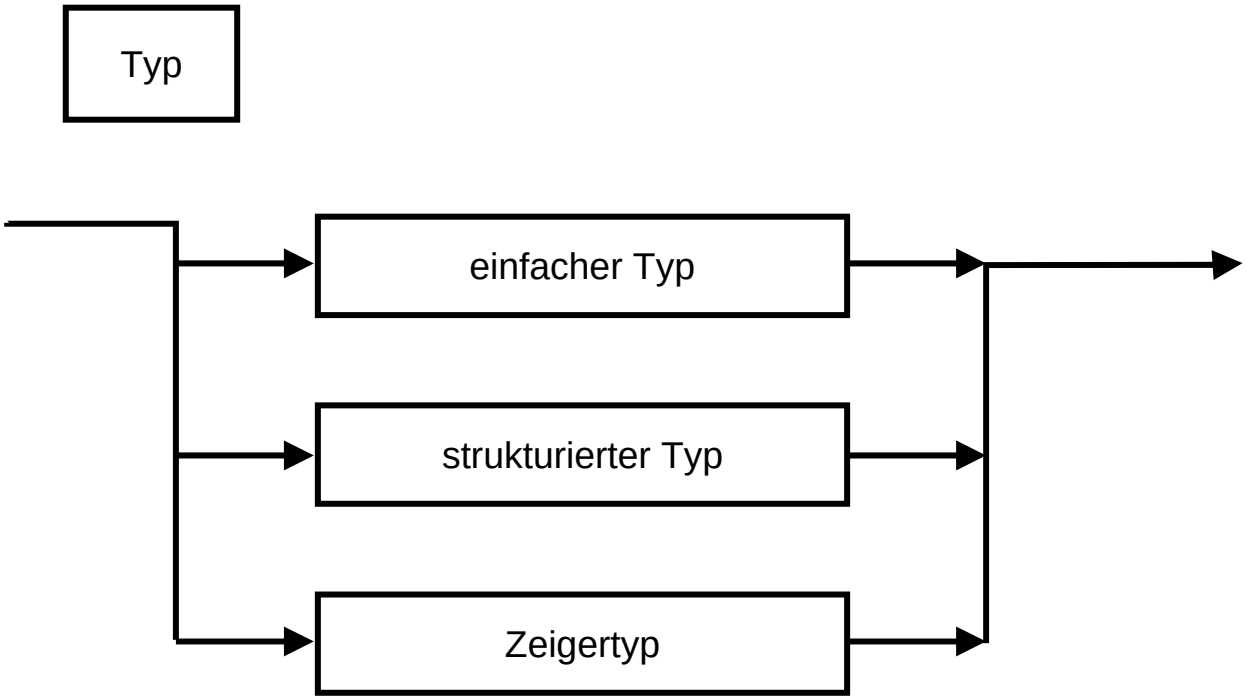


`typedef` dient zur Definition **eigener** Datentypen als Ableitung aus bestehenden Datentypen.

Beispiel:

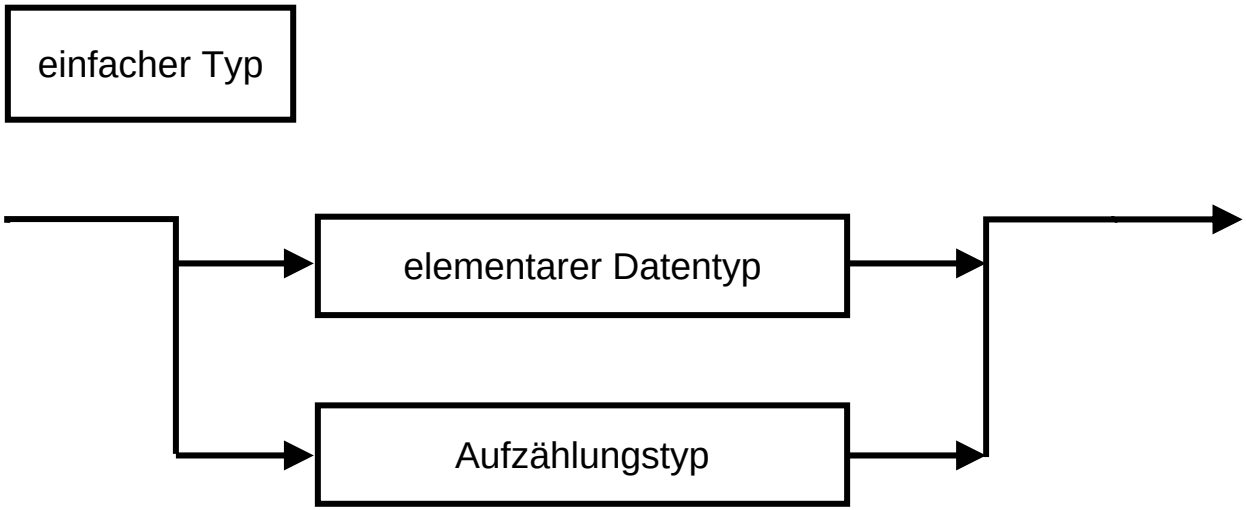
```
typedef int alter;
alter lebensalter, firmenbestandszeit;
```

Vordefinierte Datentypen in C

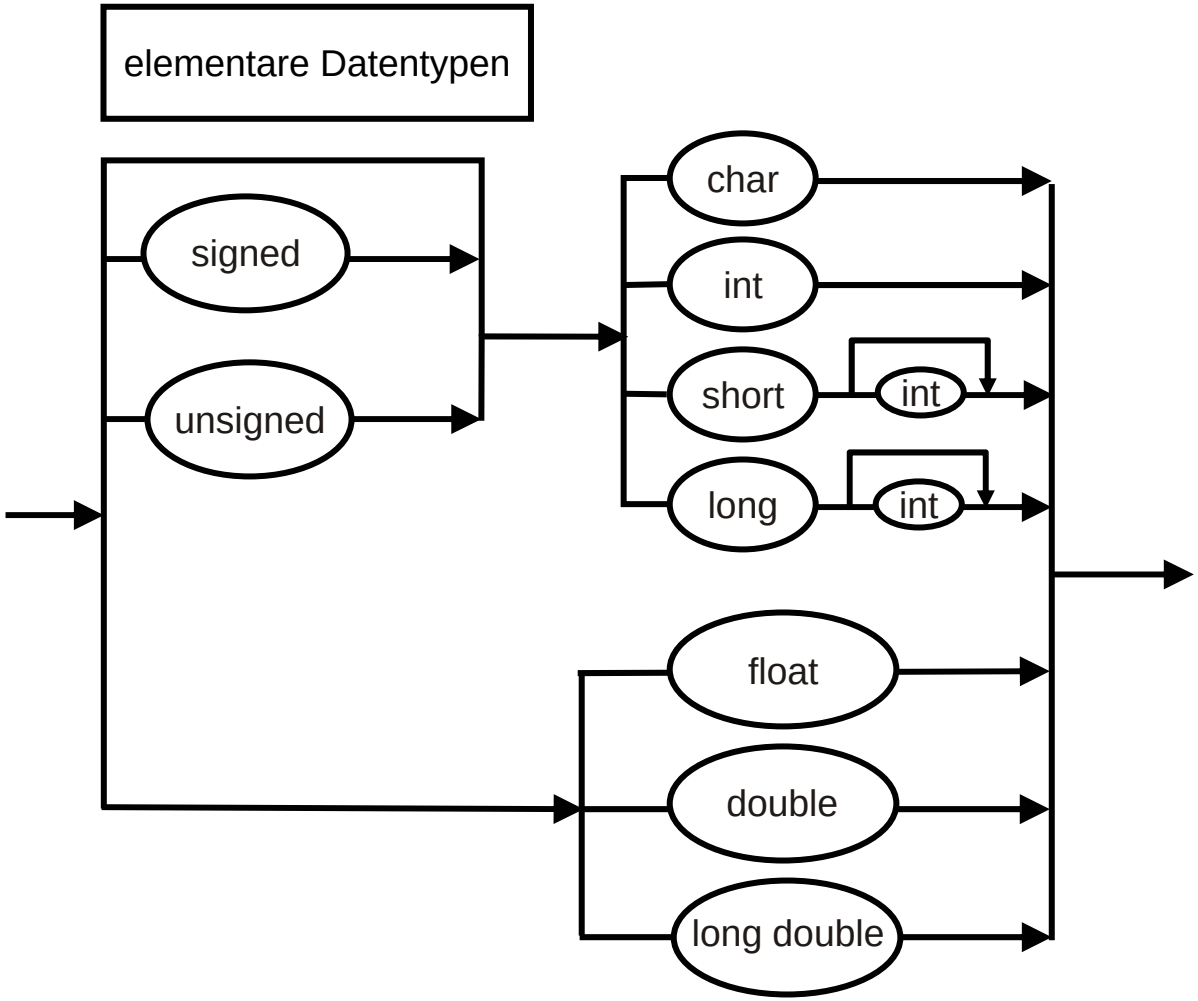


Hinweis: strukturierte Typen und Zeigertypen werden später erklärt.

Einfache Datentypen



Elementare Datentypen



Beschreibung der elementaren Datentypen (1)

1.) integer

unsigned int = natürliche Zahlen inklusive 0, als Binärzahlen abgespeichert.
(signed) int = Ganzzahlen, in der Regel in Zweierkomplementdarstellung abgespeichert.

Wertebereiche:

N = Anzahl der Bits

Wertebereich *unsigned*: 0 bis $2^N - 1$

Wertebereich *signed*: -2^{N-1} bis $2^{N-1} - 1$

Beschreibung der elementaren Datentypen (2)

Erläuterung der Integer-Darstellung am Beispiel einer 3-Bit-Zahl

Bits	unsigned	signed
000	0	0
001	1	1
010	2	2
011	3	3
100	4	-4
101	5	-3
110	6	-2
111	7	-1

Beschreibung der elementaren Datentypen (3)

2.) char / short / long int

Kodieren verschiedene Längen von ganzen Zahlen. Auch `char`!

Es gilt: len(`char`) ≤ len(`short`) ≤ len(`int`) ≤ len(`long`)

In der Regel belegt `char` 8 Bits (1 Byte), `short` 16 Bits (2 Bytes) und `int` 32 Bits (4 Bytes). Dies ist jedoch abhängig von der Hardware-Architektur des Zielrechners und vom Compiler.

Beschreibung der elementaren Datentypen (4)

Beispiele für ganze Zahlen als Konstante in C

`456`	`int`
`2000000`	`long`
`456ul`	`unsigned long`
`023`	`int` in oktaler Schreibweise (beginnt mit einer Ziffer null)
`'a'`	`char`
`0xAB41`	`int` in hexadezimaler Schreibweise (Hexadezimalzahl)
`0xffffu`	`unsigned int` in hexadezimaler Schreibweise

Beschreibung der elementaren Datentypen (5)

Zeichen (`char`)

Für den Datentyp `char` gilt, dass der Wertebereich aus diskreten Einzelwerten besteht, die einer Ordnungsrelation unterliegen. Zeichen werden in einem Byte gespeichert und auf ganze Zahlen abgebildet. Im ASCII-Code entspricht beispielsweise '0' der Zahl 48, 'A' der Zahl 65 und 'a' der Zahl 97.

Zeichenkonstanten wie 'a', 'b', '0', '1' werden vom Compiler in Ganzzahlwerte (`int`) umgewandelt!

Für Steuerzeichen gibt es in C eine Ersatzdarstellung.

Beispiele: `\n` steht für Zeilenvorschub

`\g` steht für Glocke

`\t` steht für Tabulator.

Der backslash (\) wird dabei als Escape-Zeichen benutzt, welches zum Verlassen der normalen Interpretationsebene dient.

Beschreibung der elementaren Datentypen (6)

Merke:

Die Ordnung der Zeichen ist in C implementierungsabhängig!!

Der Standard fordert lediglich, dass die Ziffern 0 - 9 aufsteigend und lückenlos angeordnet sind sowie dass die Großbuchstaben und die Kleinbuchstaben in alphabetischer Reihenfolge angeordnet sind. Eine Ordnung zwischen der Menge der Großbuchstaben und der Menge der Kleinbuchstaben ist beispielsweise nicht vorgeschrieben!

Beschreibung der elementaren Datentypen (7)

3.) float/double

Diese werden zur Darstellung von reellen Zahlen (Gleitkommazahlen) verwendet.

Der im Prinzip kontinuierliche Zahlenbereich der reellen Zahlen kann im Computer nicht vollständig dargestellt werden, da hierzu unendlich viele Codewörter benötigt würden. Man kann nur rationale Zahlen mit einer begrenzten Anzahl von Stellen darstellen. Dazu werden reelle Zahlen ins Dualsystem übertragen und in Gleitpunktdarstellung mit Vorzeichen, Mantisse und Exponent gespeichert.

Beschreibung der elementaren Datentypen (8)

Beispiel

5.75 $= 4 + 0 + 1 + 0.5 + 0.25$

$= 1*2^2 + 0*2^1 + 1*2^0 + 1*2^{-1} + 1*2^{-2}$

$= 101.11$

$= 0.10111 * 2^3$

Wir codieren:

Vorzeichen: + Mantisse: 10111 Exponent: 3

C kennt die Typen float, double und long double für Gleitkommazahlen.

Folgende Grenzwerte müssen von einem Compiler mindestens eingehalten werden:

Typ	kleinste Zahl	größte Zahl	Genauigkeit
float	10^{-37}	10^{37}	10^{-5}
double	10^{-37}	10^{37}	10^{-9}

Beschreibung der elementaren Datentypen (9)

4.) Wahrheitswerte

Jede ganze Zahl x kann in C einen Wahrheitswert darstellen! Dabei gilt:

x = 0 wird als **false** interpretiert.

x ≠ 0 wird als **true** interpretiert.

Falls ein Wahrheitswert in einer Variablen gespeichert werden soll, so gilt:

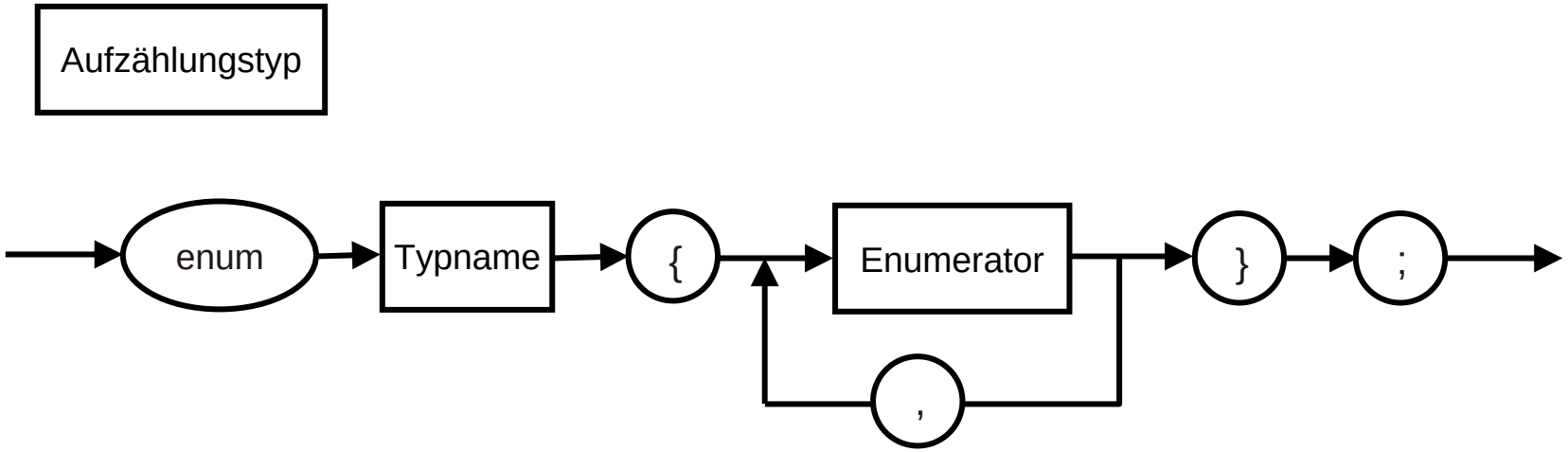
false setzt x auf 0

true setzt x auf 1

Aufzählungstyp (enumeration type) (1)

Eine **Aufzählung** ist eine Folge von Zeichenkonstanten, denen vom Compiler je ein Integer-Wert zugeordnet wird.

Syntaxdiagramm:



Aufzählungstyp (enumeration type) (2)

Beispiel: `enum Wahrheitswert {falsch, wahr};`

`Wahrheitswert` stellt nun einen Typ dar, der die Werte falsch und wahr annehmen kann. Die Elemente der Liste werden impliziert nummeriert, beginnend mit 0. Im Beispiel hat also das Element `falsch` den Wert 0, `wahr` den Wert 1.

Durch die Reihenfolge der Aufzählung wird eine **Ordnung definiert**, also `falsch` < `wahr`.

Man kann die Zuordnung von Integerwerten zu den Enumeratoren (Elementen der Aufzählungsliste) auch selbst steuern.

Aufzählungstyp (enumeration type) (3)

Beispiele

```
enum fruit {apple = 7, pear, orange = 3, lemon, peach}
```

Nun gilt: apple = 7, pear = 8, orange = 3, lemon = 4, peach = 5.

```
enum controls {TAB = '\t', NEWLINE = '\n', RETURN = '\r'}
```

Merke

Aufzählungen werden syntaktisch wie Konstanten behandelt.

Mehrfache Verwendung desselben Integerwertes ist möglich, aber die Enumeratoren müssen eindeutig sein.

Konstantenvereinbarung

In C gibt es zwei Möglichkeiten, Konstanten zu vereinbaren:

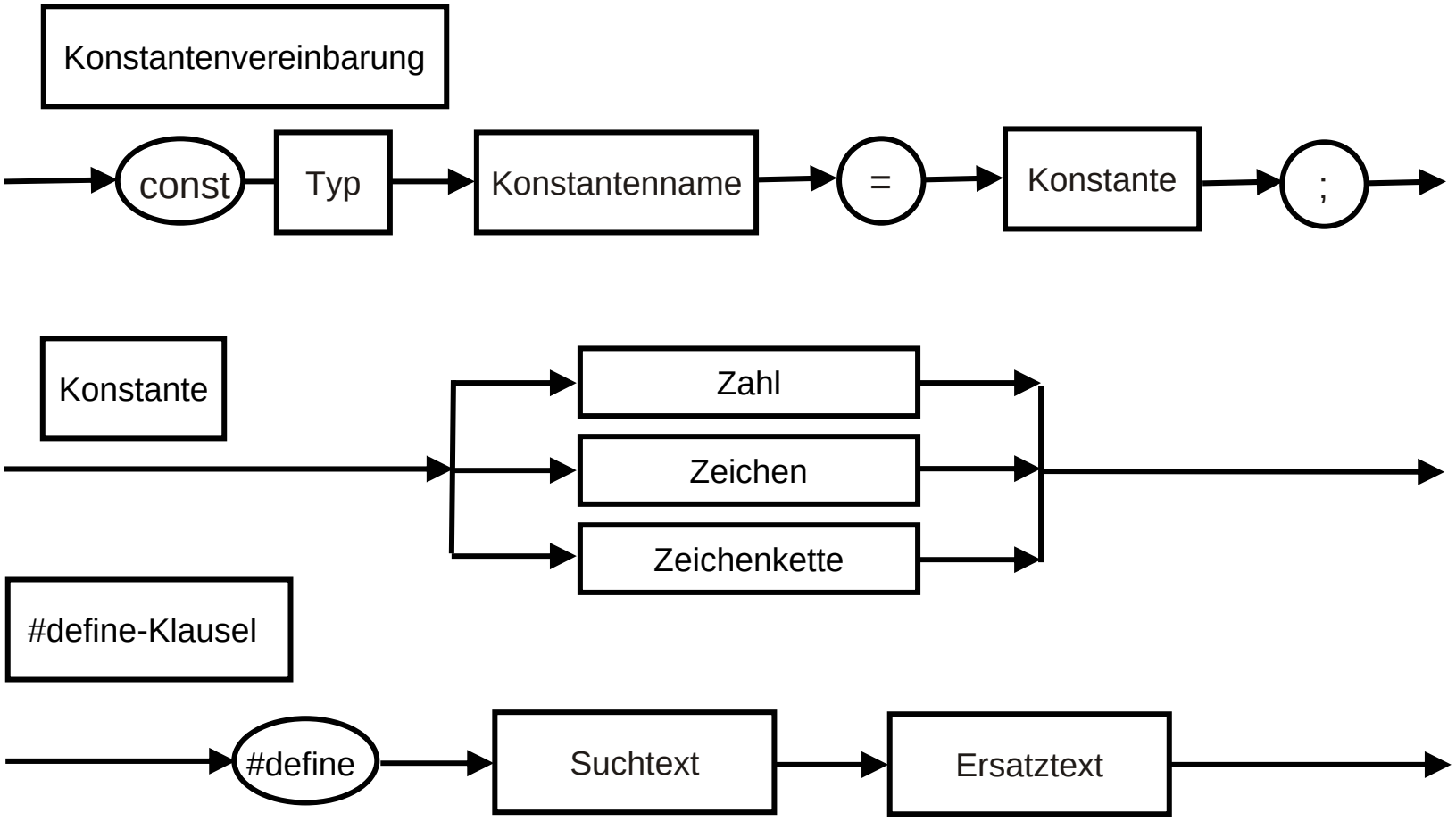
- **const-Vereinbarung**
  Die const-Vereinbarung definiert eine Variable, die nur gelesen und nicht zugewiesen werden darf. Die Verwendung zur Definition der Länge einer anderen Datenstruktur (z. B. Vektorlänge) ist deshalb nicht erlaubt.

- **#define-Klausel**
  `#define suchtext ersatztext`

  Die #define-Klausel definiert so genannte Compiler-Konstanten. Beim Übersetzen wird vor dem eigentlichen Übersetzungsschritt im gesamten Programmcode der `suchtext` durch den `ersatztext` ersetzt. Wenn man also `suchtext` als Konstantenname und `ersatztext` als Konstante ansieht, hat man eine Compiler-Konstante.

  In der #define-Klausel können als Konstanten auch Ausdrücke eingesetzt werden. Diese werden dann zur Compile-Zeit berechnet.

Syntax in C


Konstantenvereinbarung
const
Typ
Konstantenname
=
Konstante
;
Konstante
Zahl
Zeichen
Zeichenkette
#define-Klausel
#define
Suchtext
Ersatztext

Beispiele für Konstantenvereinbarungen

1) Zahlen

```
const float  pi = 3.14159;
const int    ganze_Zahl = 79;
const int    hexa_Zahl = 0x13;
```

2) Zeichen

```
const char anfang = ‘a‘;
```

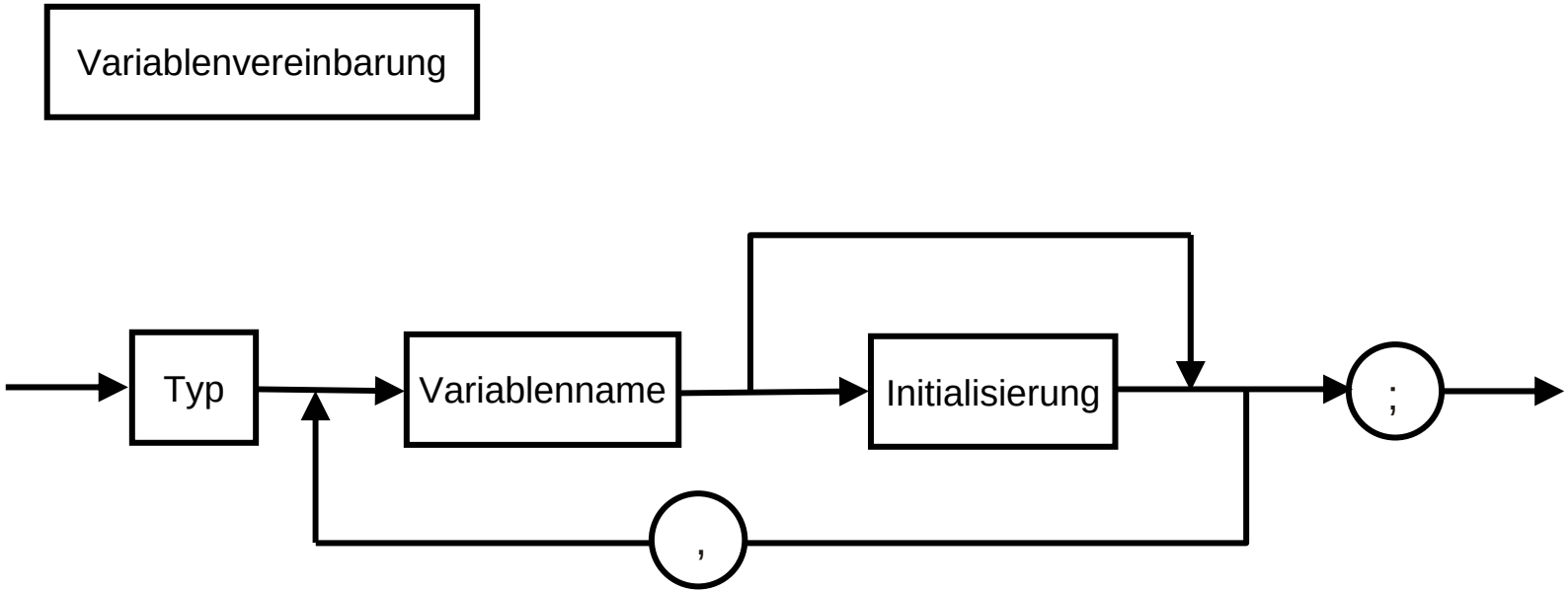
3) Zeichenkette

```
const char* alphabet = "abc";
```

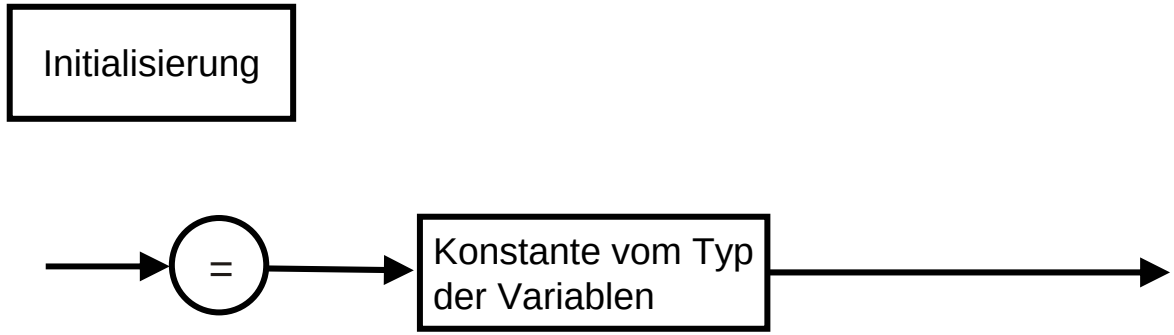
4) **#define-Konstanten**

```
#define WAHR 1
#define FALSCH 0
```

Variablenvereinbarung (1)



Variablenvereinbarung (2)



Beispiele

```
int    anz_kinder;
float  groesse;
char   initial_vorname, initial_nachname;
int    a = 5;
```