Teil 2: Das erste C-Programm

Gliederung

Sprache C

Übersetzung

Ablaufsteuerung

Datentypen

Die Sprache C

Historische Entwicklung

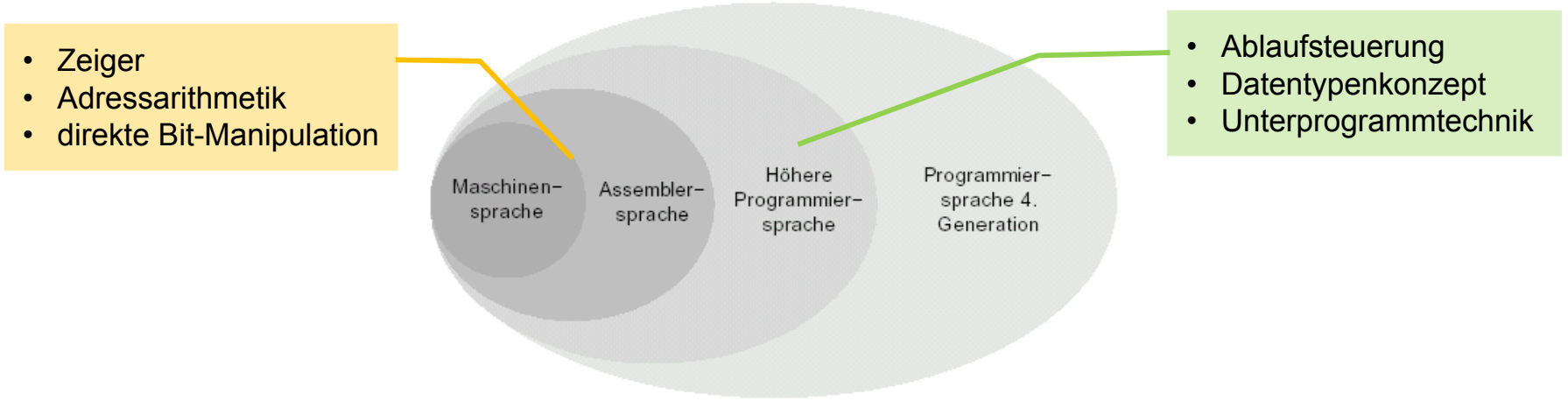
- 1970 Ken Thomson entwickelt "B" (typenlos) als Weiterentwicklung der Sprache BCPL
- 1972 Dennis M. Ritchie Weiterentwicklung von "B" zu "C", (portierbare Sprache zur Entwicklung am UNIX-OS, "Super-Assembler")
- 1978 Brian W. Kernighan und Dennis M. Ritchie "**The C programming language**"
- 1983 Arbeit an ANSI-Standard (1989 veröffentlicht) normiert neben Sprache C auch die Standard-Bibliotheken (C selbst hat z.B. keine Ein- und Ausgabe Funktionalität)

Dialekte

- **K&R-C** von den Erfindern Kernighan und Ritchie
- **ANSI-C** standardisierte Normen **C89** C95 **C99** **C11** C18
- **C++** objektorientierte Erweiterungen (Bjarne Stroustrup)
- Dialekte sind abwärtskompatibel

Eigenschaften der Sprache C

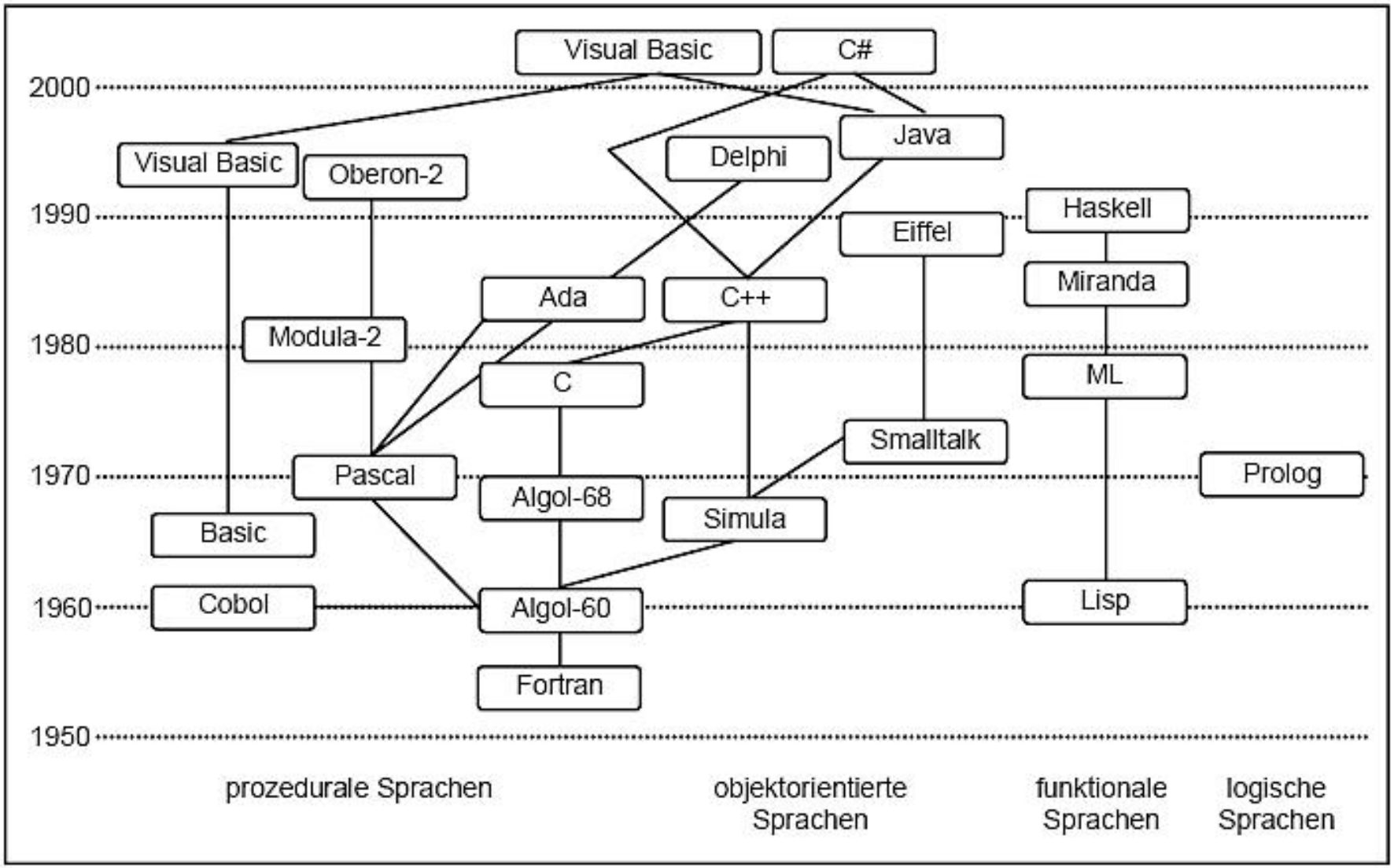
- Synthese zwischen **maschinennaher** und **höherer** Sprache:



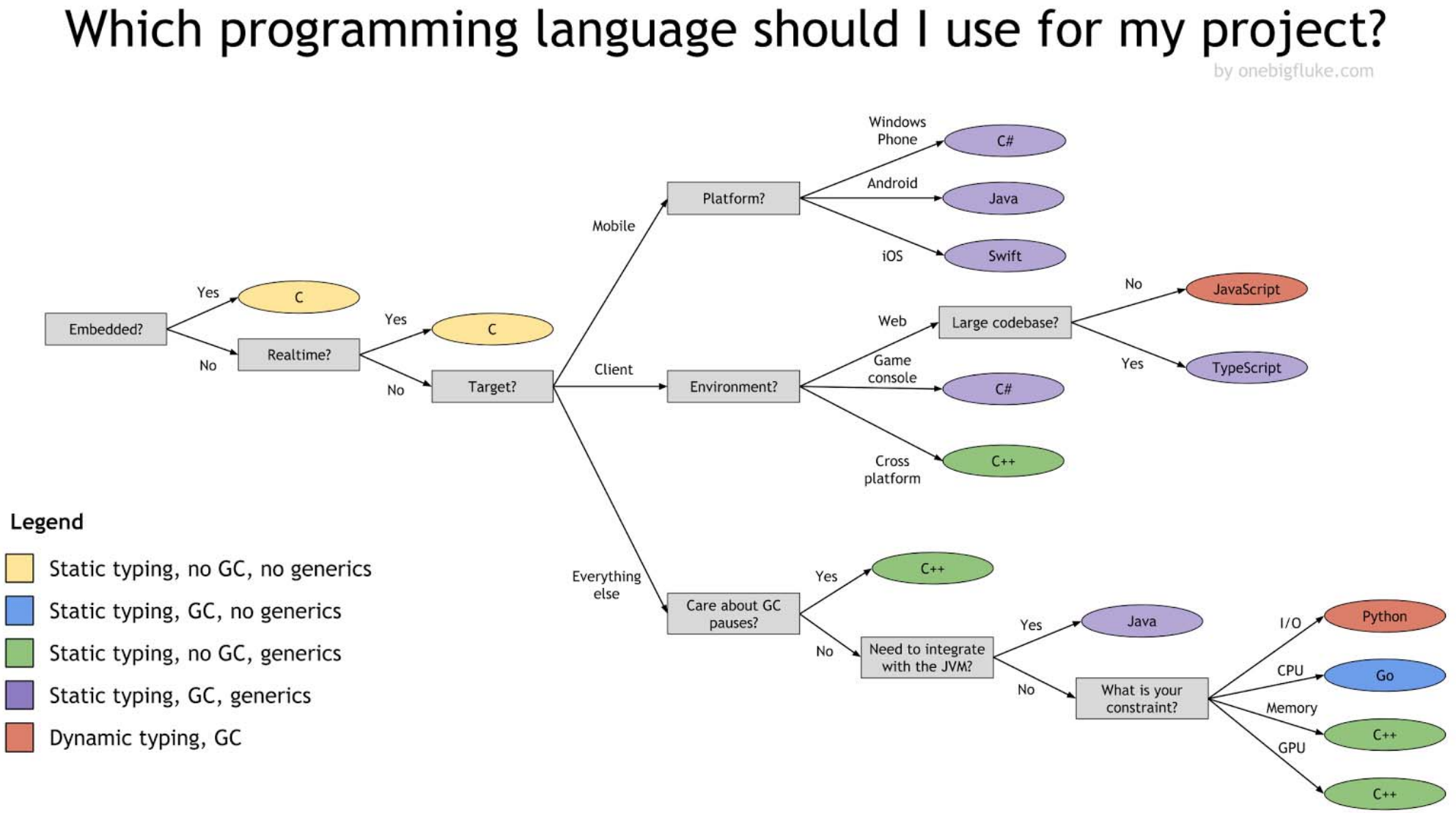
- **kleiner Sprachumfang**, leicht erlernbar
- kompakte Quellprogramme -> Gefahr der schlechten Lesbarkeit
- kompakter und **schneller Objekt-Code**
- getrennte Kompilierbarkeit von Programmeinheiten
  → Programme aus verschiedenen Quellmodulen (Bibliothek-Nutzung)

Warum C?

- mächtig und flexibel
- bedient Bedarf nach Leistung, Maschinennähe, Ressourcenknappheit
- Grundkonzepte und Syntax sind Basis vieler Sprachen
- Portabilität
- hoher Verbreitungsgrad → viele Bibliotheken
- Aktuelle Popularität: https://www.tiobe.com/tiobe-index/



Entwicklung und Verwandtschaft verschiedener Programmiersprachen

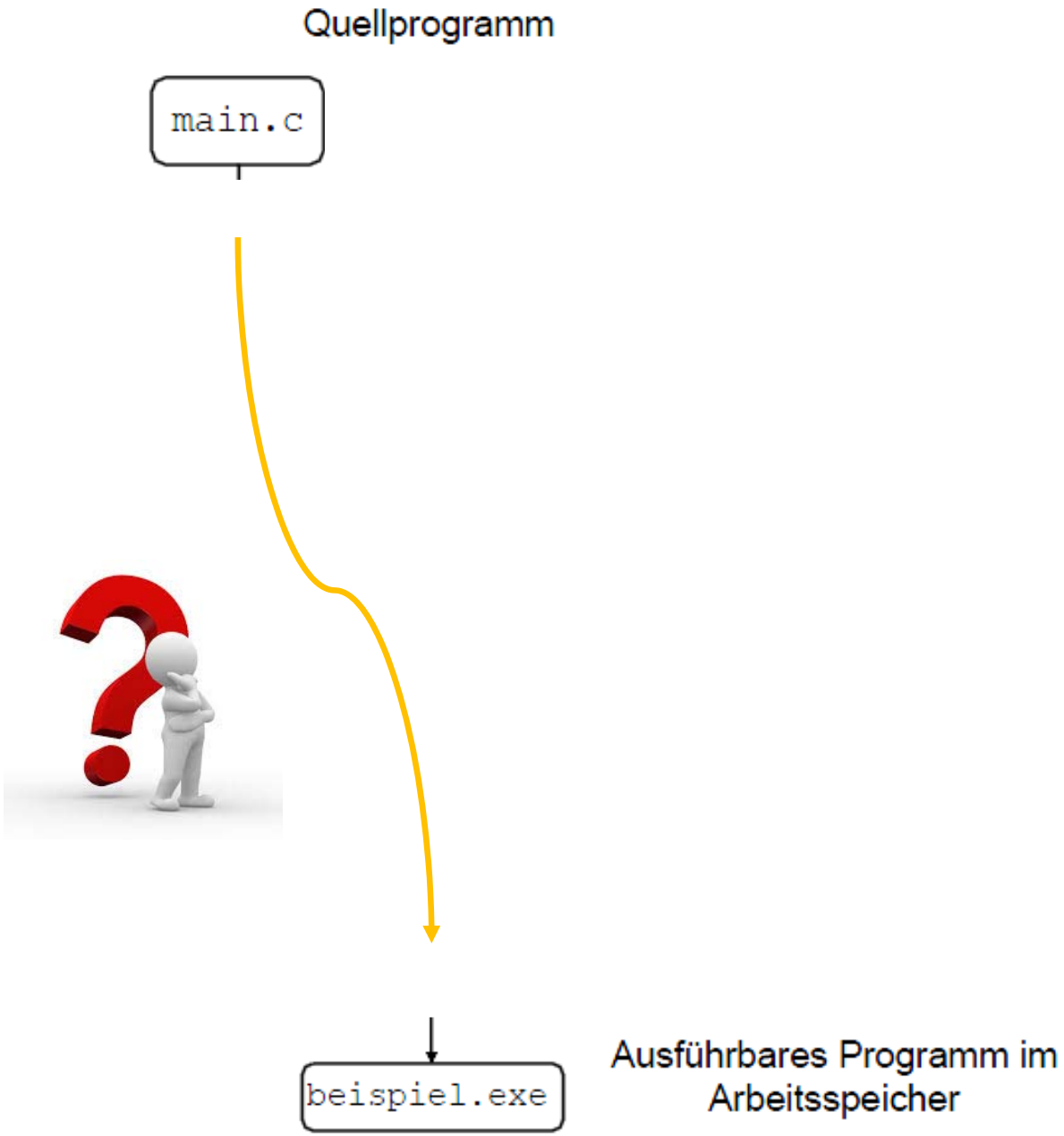


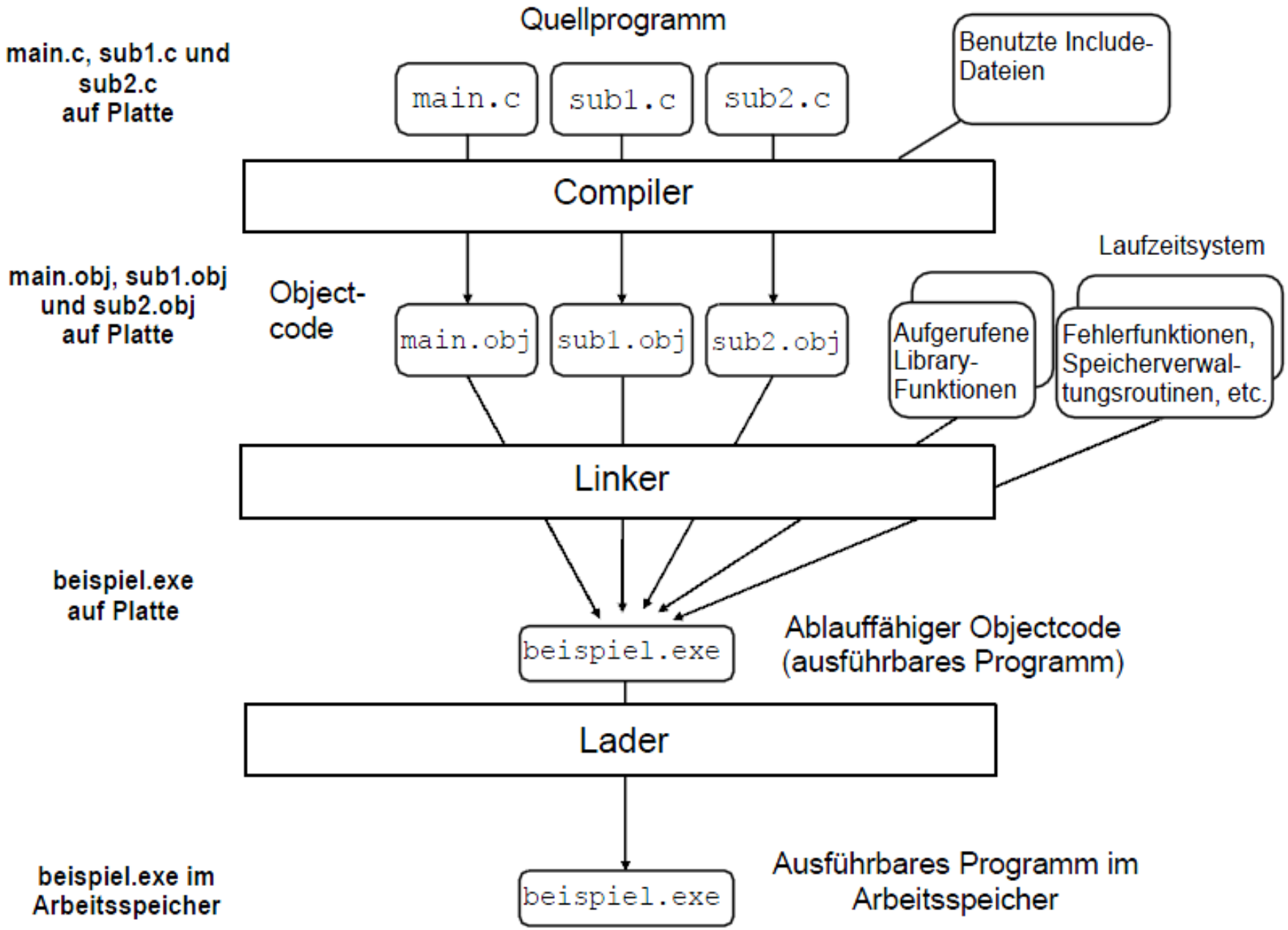
Siehe auch: "Mother Tongues" https://ccrma.stanford.edu/courses/250a-fall-2005/docs/ComputerLanguagesChart.png

Hello World

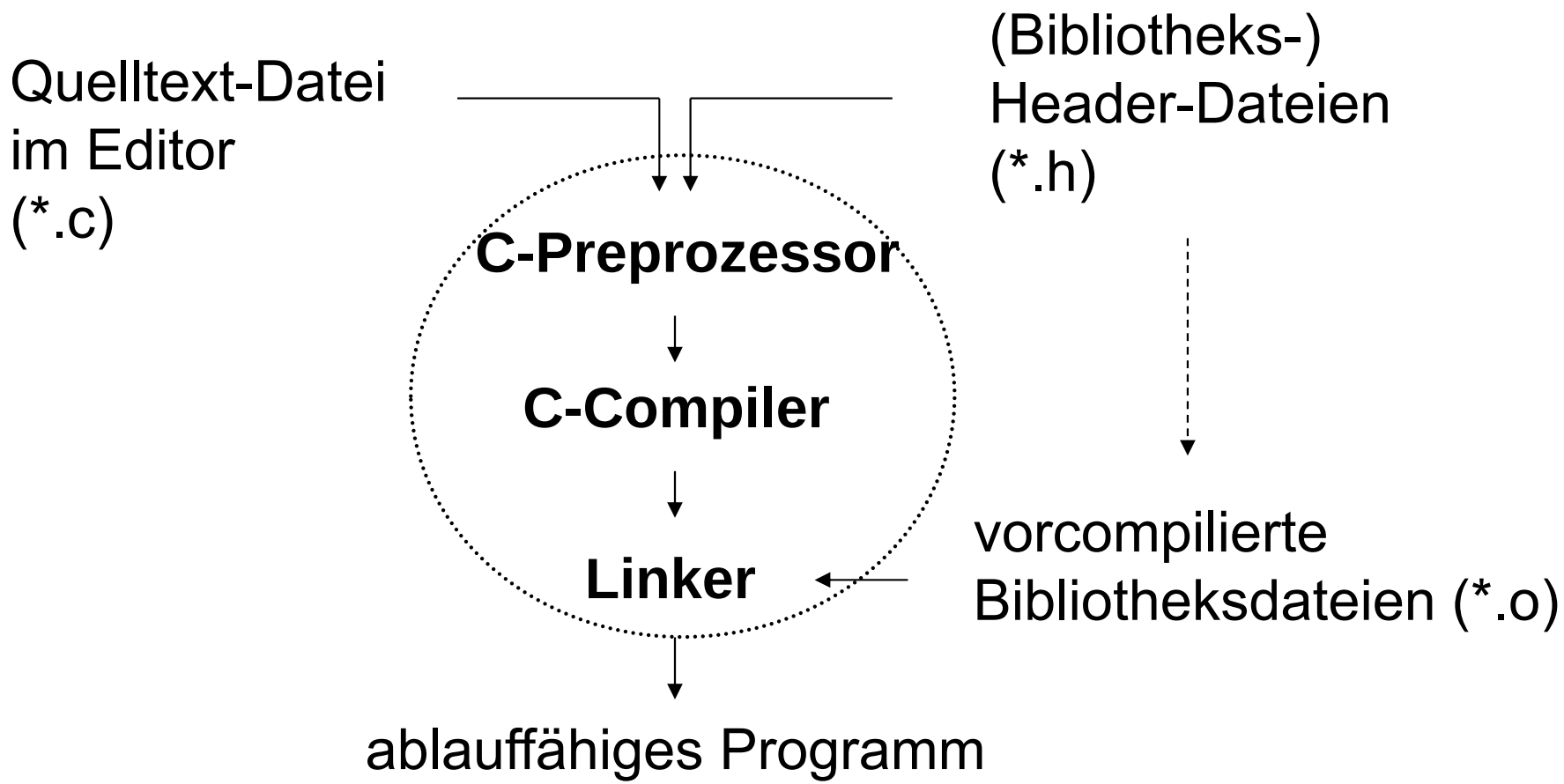
```
/* Datei: hallo.c
   Ein simples "Hello World" Programm */

#include <stdio.h>

int main()
{
   printf("Hallo Welt!\n");
   return 0;
}
```

Übersetzung

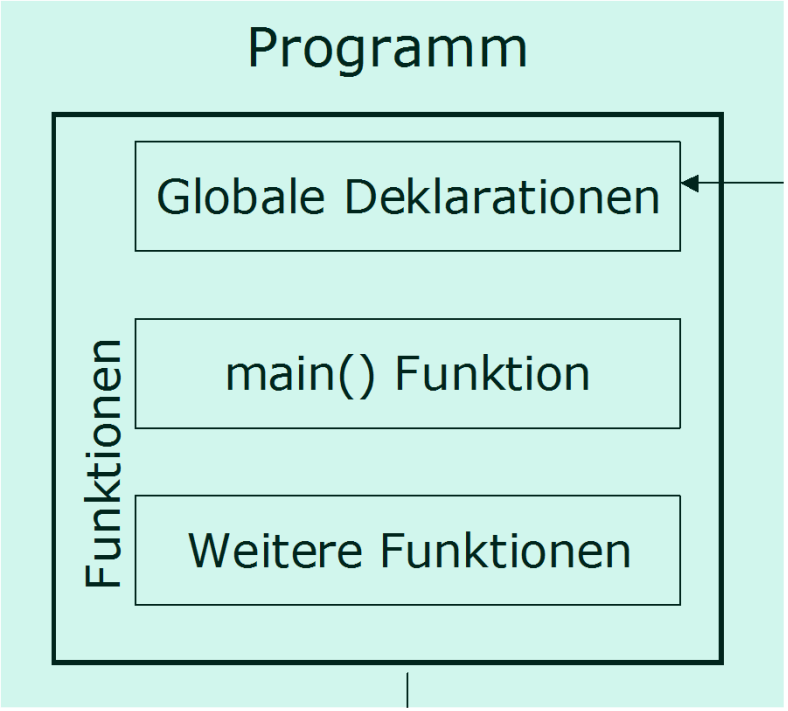

Quellprogramm
main.c
beispiel.exe
Ausführbares Programm im Arbeitsspeicher


Quellprogramm
main.c, sub1.c und sub2.c auf Platte
main.c
sub1.c
sub2.c
Benutzte Include-Dateien
Compiler
Laufzeitsystem
main.obj, sub1.obj und sub2.obj auf Platte
Object-code
main.obj
sub1.obj
sub2.obj
Aufgerufene Library-Funktionen
Fehlerfunktionen, Speicherverwal-tungsroutinen, etc.
Linker
beispiel.exe auf Platte
beispiel.exe
Ablauffähiger Objectcode (ausführbares Programm)
Lader
beispiel.exe im Arbeitsspeicher
beispiel.exe
Ausführbares Programm im Arbeitsspeicher

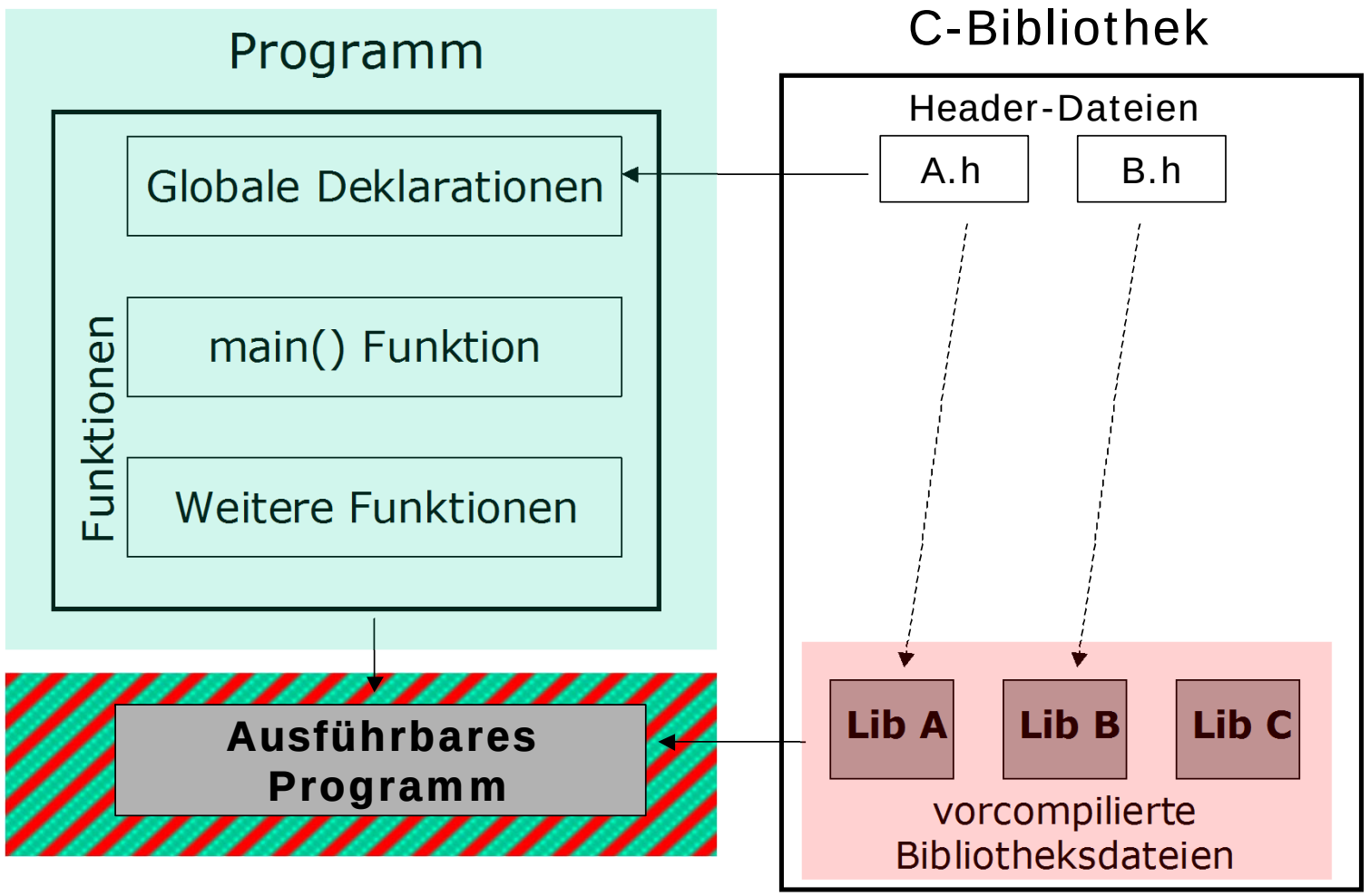
Präprozessor - Compiler - Linker



Nutzung von Bibliotheken (und Header-Dateien)



Nutzung von Bibliotheken (und Header-Dateien)



Dateinamenskonventionen

Die Dateinamen haben üblicherweise folgende Erweiterungen:

.c für den Quellencode (.cpp für C++ Quellcode)

.h für Include-Dateien

Linux:

.o für den Objektcode

a.out bzw. keine Endung für das lauffähige Programm

MS-Windows:

.obj für den Objektcode

.exe für das lauffähige Programm

Programmiersysteme: Compiler und Interpreter

Compiler (Übersetzer) - Beispiele: Pascal, C, C++

- Übersetzung vor Ausführung in einem Durchlauf
- hohe Ausführungsgeschwindigkeit
- erschwerte Fehlersuche

Interpreter (Interpretierer) - BASIC, Perl, Python, LISP und Prolog

- Programmtext wird schrittweise zur Laufzeit übersetzt
- einfach zu realisieren, aber niedrigere Ausführungsgeschwindigkeit
- leichte Fehlersuche

Compreter - Java, .NET Sprachen

- Kombination beider Strategien
- Übersetzung vor Ausführung in Bytecode
- Interpretation des Bytecodes zur Laufzeit durch virtuelle Maschine

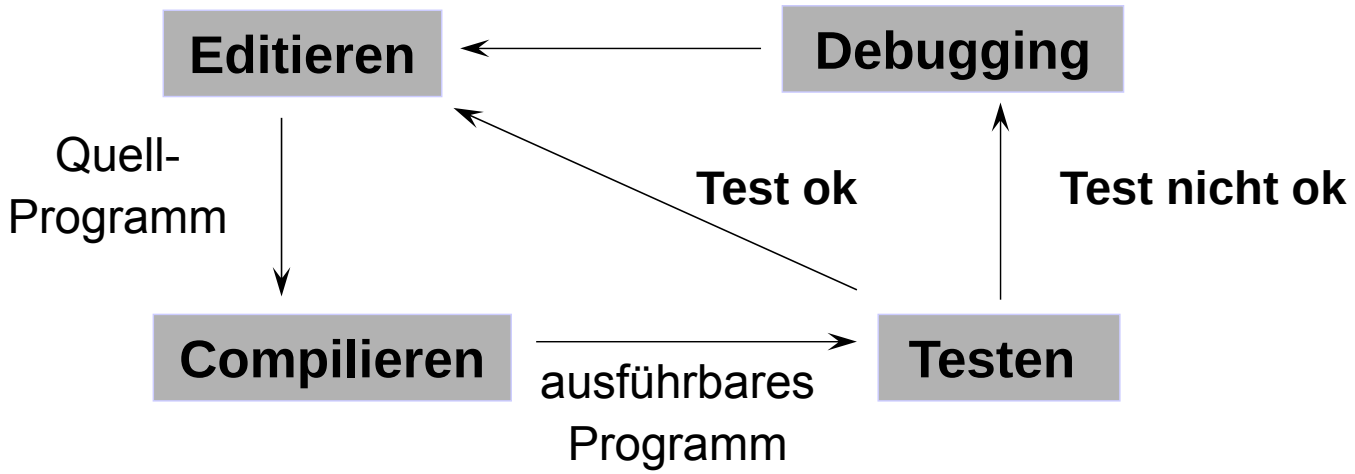
Compiler: C → Assembler/Maschinencode

Die Darstellung des Hochsprachen-zusammen mit dem Assembler- bzw. Maschinencode und den Ladeadressen

```
1:      #include <stdlib.h>
2:      #include <stdio.h>
3:
4:      int  main( void )
5:      {
00401010     55                    push ebp
00401011     8B EC                 mov  ebp,esp
00401013     83 EC 08              sub  esp,8
6:          int  v1, v2;
7:
8:          v1 = 1 + 2;
00401016     C7 45 FC 03 00 00 00  mov  dword ptr [v1],3
9:          v2 = v1 + 3;
0040101D     8B 45 FC              mov  eax,dword ptr [v1]
00401020     83 C0 03              add  eax,3
00401023     89 45 F8              mov  dword ptr [v2],eax
```

Programmierumgebung

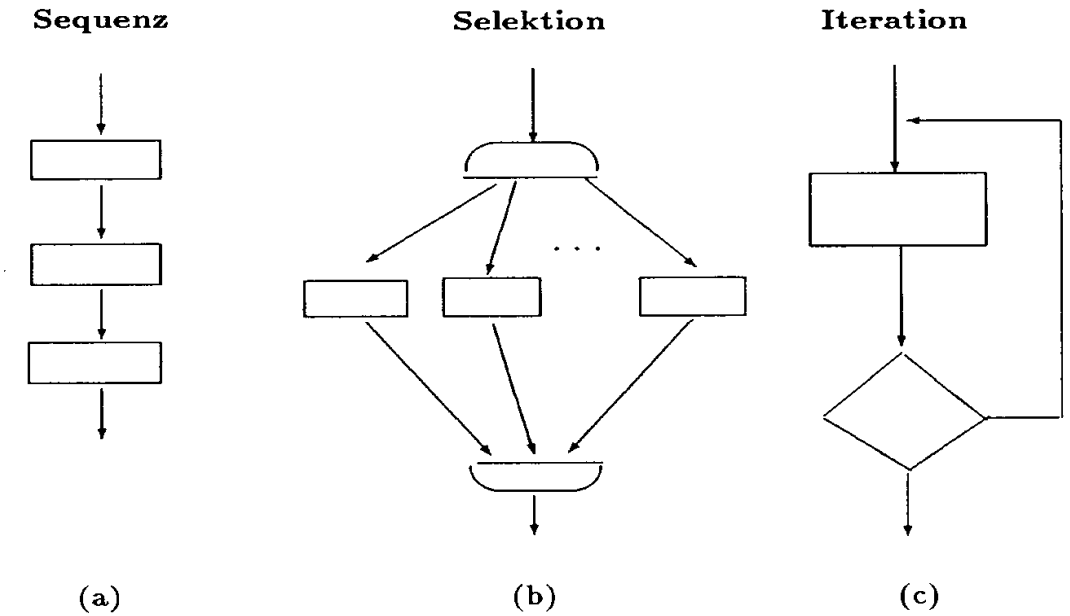
- aufeinander abgestimmte Werkzeuge zur Programmentwicklung
  - Editor — Erstellen und ändern eines Programmtextes
  - Compiler — Übersetzen eines Programmtextes in ein äquivalentes Maschinenprogramm
  - Debugger — Fehlersuche und -beseitigung



Ablaufsteuerung

Struktogramm

- Alternative zu Programmablaufplan (PAP)
- 1973 von Nassi und Shneiderman (→ Nassi-Shneiderman-Diagramm)
- DIN 66261
- basiert auf Prinzip der Strukturierten Programmierung:



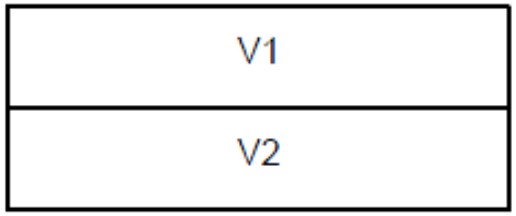
Verarbeitungsschritt

- Grundsymbol Rechteck ≙ 1 Verarbeitungsschritt

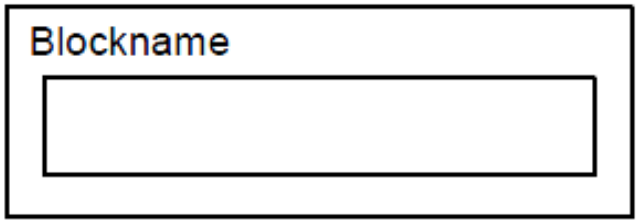
- entspricht einer Anweisung (oder Gruppe von Anweisungen)

Sequenz

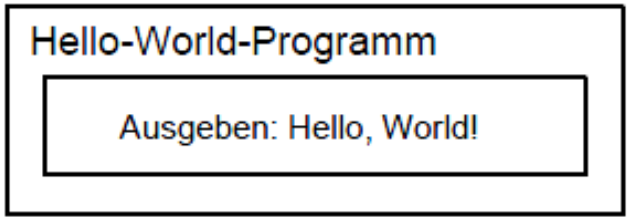
- 2 Verarbeitungsschritte V1 und V2:



- Block: Hauptprogramm, Unterprogramm oder zusammenhängende Verarbeitungsschritte

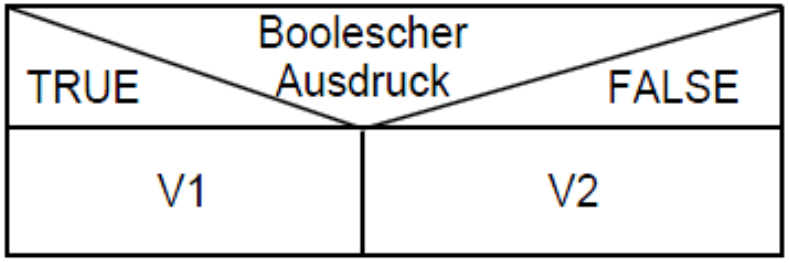


- Beispiel:



Selektion: `if, else, switch`

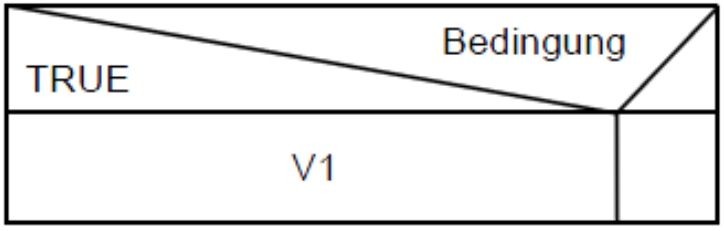
- einfache Alternative



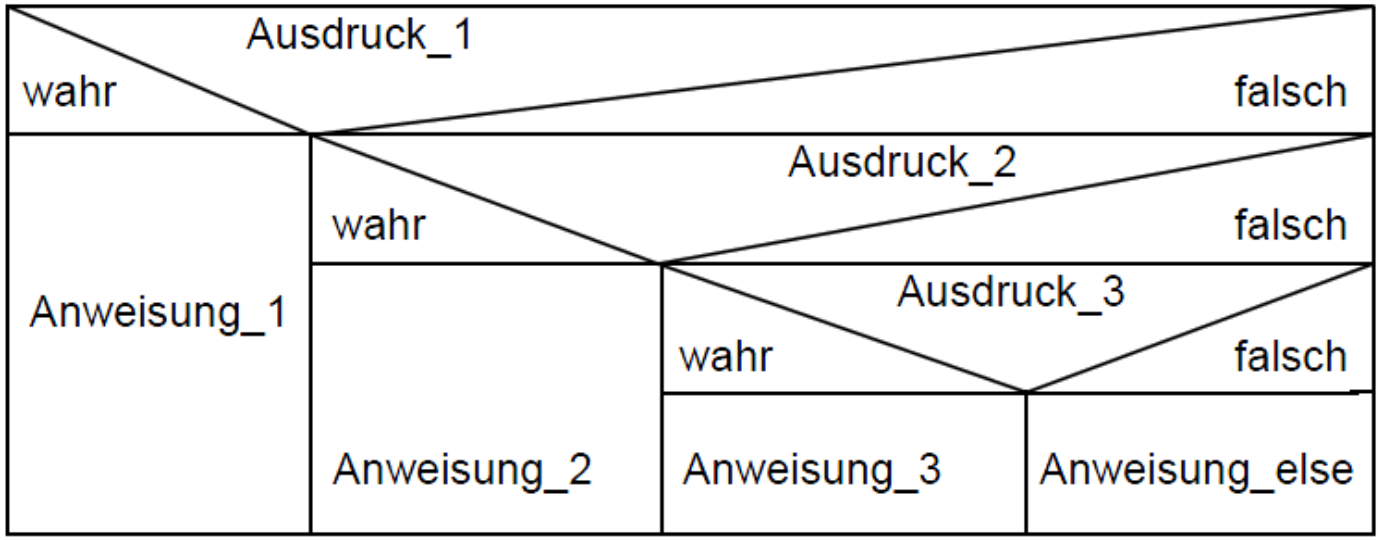

```
if (a > b)
  V1
else
  V2
```

- jeder Zweig kann einen Verarbeitungsschritt bzw. Block enthalten

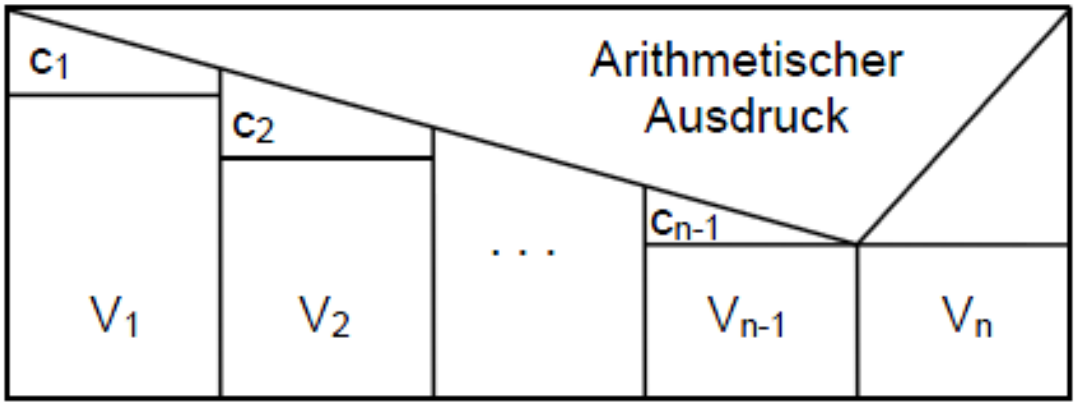
- bedingte Verarbeitung




```
if (a > b)
  V1
```



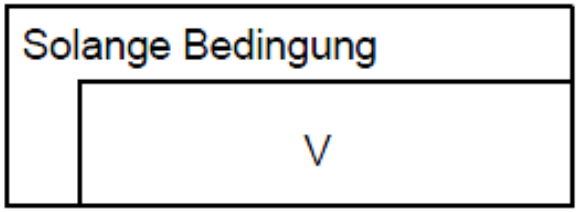

```
if (Ausdruck_1)
   Anweisung_1
else if (Ausdruck_2)
   Anweisung_2
else if (Ausdruck_3)
   Anweisung_3
       .
       .
       .
else if (Ausdruck_n)
   Anweisung_n
else
   Anweisung_else
```




```
switch (Arithmetischer Ausdruck)
{
   case c1:
      V1;
      break;
   case c2:
      V2;
      break;

   ...

   case cn-1:
      Vn-1
      break;
   default:
      Vn
}
```

Iteration `while, do while`

- Wiederholung mit vorheriger Prüfung (abweisende Schleife):



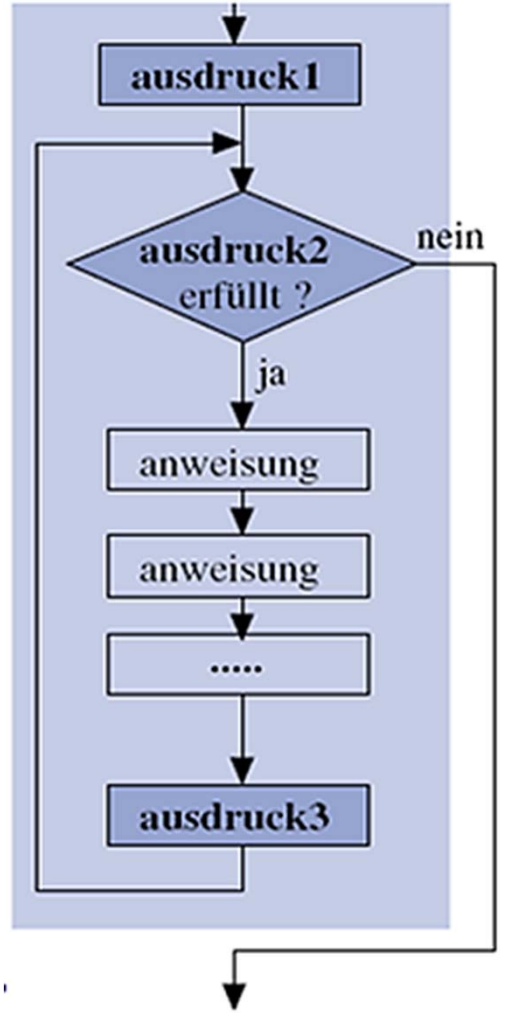

```
while (Bedingung)
  V;
```

- Wiederholung mit nachfolgender Prüfung (annehmende Schleife):


```
do
  V;
while (Bedingung);
```

- Endlos-Schleifen!

Iteration `for`




```
for ( ausdruck1; ausdruck2; ausdruck3 )
{
   anweisung;
   anweisung;
   ...
}
```

Iteration for vs. while

```
for ( Initialisierung ; Bedingung ; Schleifenanweisung )
{
    anweisung;
    anweisung;
}
```

```
Initialisierung;
while (Bedingung)
{
        anweisung;
        anweisung;
        Schleifenanweisung;
}
```

Iteration for vs. while

```
for ( i = 0 ; i <= 10 ; i = i + 1 )
{
    printf ("i = %d \n", i);
}
```

```
_ _ _ _ _ ;
while (_ _ _ _ _)
{
    printf ("i = %d\n", i);
    _ _ _ _ _;
}
```

Iteration for vs. while

```
for ( i = 0 ; i <= 10 ; i = i + 1 )
{
    printf ("i = %d \n", i);
}
```

```
i = 0 ;
while (i <= 10)
{
    printf ("i = %d\n", i);
    i = i + 1;
}
```

Iteration for vs. while

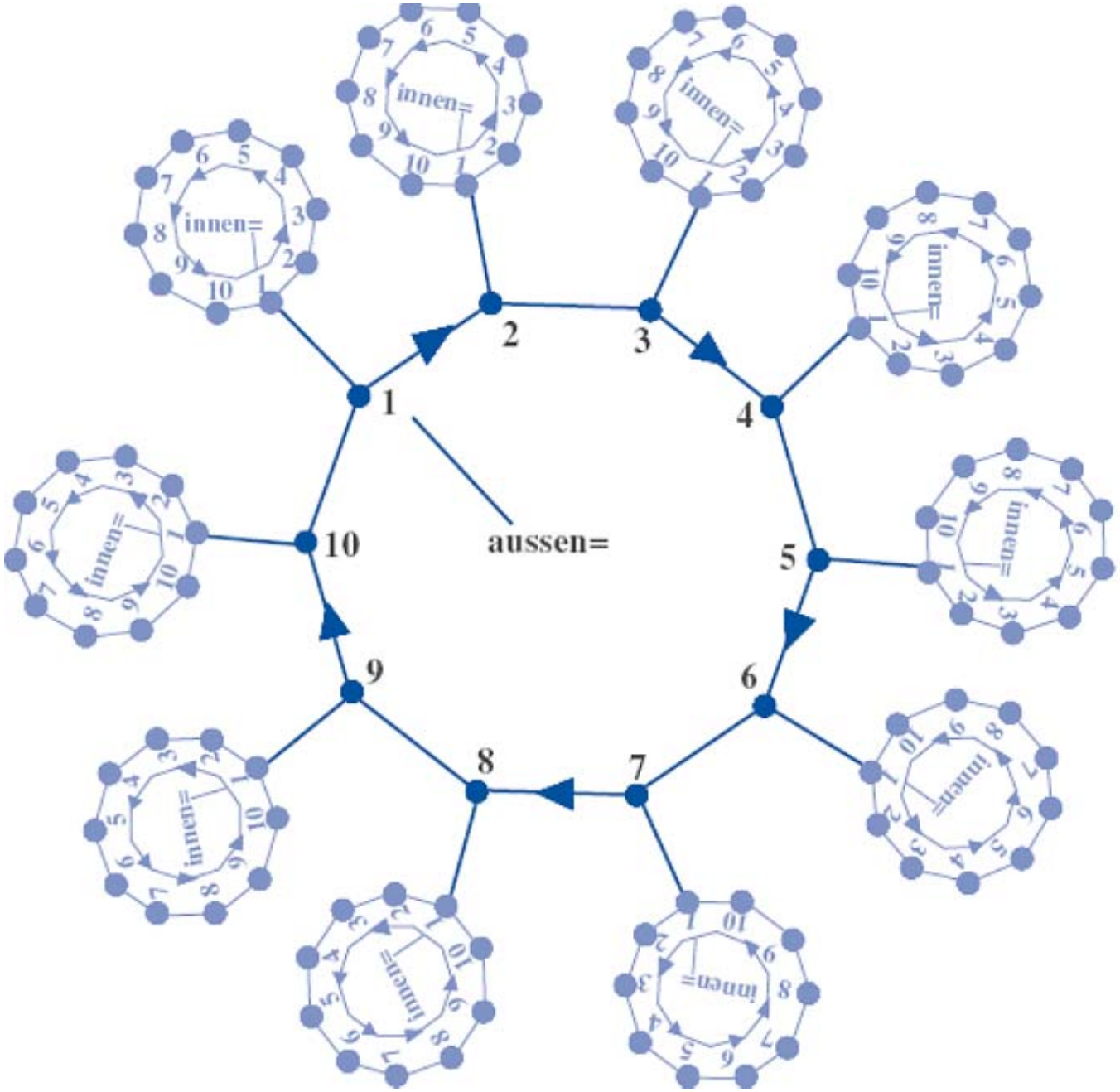
```
for ( i = 0 ; i <= 10 ; i = i + 1 )
    printf ("i = %d \n", i);
```

```
i = 0 ;
while (i <= 10)
{
    printf ("i = %d\n", i);
    i = i + 1;
}
```

Beispiel: Iteration

Entwerfen Sie ein Struktogramm und dann ein Konstrukt in C-Code, welches das Einmaleins in folgender Form ausgibt:

```
 1   2   3   4   5   6   7   8   9  10
 2   4   6   8  10  12  14  16  18  20
 3   6   9  12  15  18  21  24  27  30
 4   8  12  16  20  24  28  32  36  40
 5  10  15  20  25  30  35  40  45  50
 6  12  18  24  30  36  42  48  54  60
 7  14  21  28  35  42  49  56  63  70
 8  16  24  32  40  48  56  64  72  80
 9  18  27  36  45  54  63  72  81  90
10  20  30  40  50  60  70  80  90 100
```


aussen=
innen=
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10

Iteration: `break/continue`

break	Verlassen der **gesamten** Schleifenanweisung
continue	Abbruch **eines** Schleifendurchlaufs

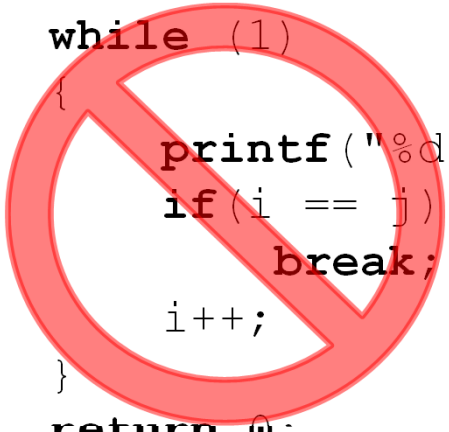
Beispiel: Was gibt das folgende Programm aus?
Hinweis: Das "%"-Zeichen ist der Modulo-Operator (Rest der Ganzzahl-Division)

```
int main()
{
    int i;

    for (i = 1; i <= 20; i++)
    {
       if (i % 2 != 0)
          continue;
       printf("%d ", i);
    }
    return 0;
}
```

Iteration: break/continue

Beispiel: Was gibt das folgende Programm aus?

```
int main()
{
    int i = 0;
    int j;

    printf ("Bitte eine positive Ganzzahl eingeben: ");
    scanf ("%d", &j);

    while (1)
    {
        printf("%d ", i);
        if(i == j)
            break;
        i++;
    }
    return 0;
}
```



Iteration: `break/continue`

Beispiel: Was gibt das folgende Programm aus?

```
int main()
{
    int i = 0;
    int j;

    printf ("Bitte eine positive Ganzzahl eingeben: ");
    scanf ("%d", &j);

    for (i = 0; i <= j; i++)
        printf("%d ", i);

    return 0;
}
```

Euklidscher Algorithmus

- Anwendung:

$$\frac{x_{\text{ungekürzt}}}{y_{\text{ungekürzt}}} = \quad \Rightarrow \quad = \frac{x_{\text{gekürzt}}}{y_{\text{gekürzt}}}$$

Euklidscher Algorithmus

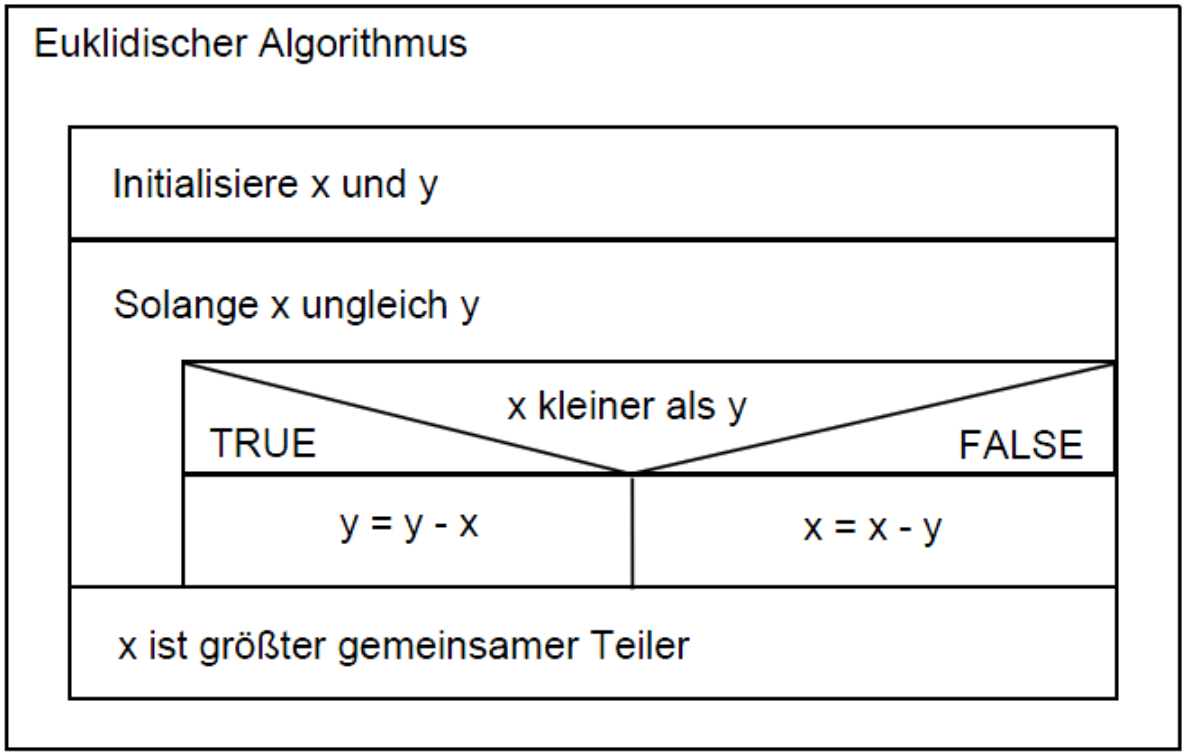
- Anwendung:

$$\frac{x_{\text{ungekürzt}}}{y_{\text{ungekürzt}}} = \frac{x_{\text{ungekürzt}} \,/ggT(x_{\text{ungekürzt}}, y_{\text{ungekürzt}})}{y_{\text{ungekürzt}} \,/ggT(x_{\text{ungekürzt}}, y_{\text{ungekürzt}})} = \frac{x_{\text{gekürzt}}}{y_{\text{gekürzt}}}$$

- Algorithmus:

Solange `x` ungleich `y` ist, wiederhole:
    Wenn `x` größer als `y` ist, dann:
        ziehe `y` von `x` ab und weise das Ergebnis `x` zu.
    Andernfalls:
        ziehe `x` von `y` ab und weise das Ergebnis `y` zu.
Wenn `x` gleich `y` ist, dann:
    `x` (bzw. `y`) ist der gesuchte größte gemeinsame Teiler.

Solange x ungleich y ist, wiederhole:
    Wenn x größer als y ist, dann:
        ziehe y von x ab und weise das Ergebnis x zu.
    Andernfalls:
        ziehe x von y ab und weise das Ergebnis y zu.
Wenn x gleich y ist, dann:
    x (bzw. y) ist der gesuchte größte gemeinsame Teiler.



Euklid Trace-Tabelle

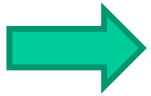
- eine **Trace-Tabelle** zeigt die Zustände der Variablen im Ablauf
- Achtung: Das Gleichheitszeichen ist der Zuweisungsoperator in C!

Verarbeitungsschritt	Werte von x	Werte von y

Initialisierung
`x = 24, y = 9`
`x = x - y`
	24	9

Ergebnis: ggT =		

Euklid C-Programm



Übung

Aufgabe: Quadratzahlen

Vervollständigen Sie das auf der folgenden Folie gegebene Struktogramm für ein Programm, welches in einer (äußeren) Schleife ganze Zahlen in eine Variable n einliest.
Die Reaktion des Programms soll davon abhängen, ob der in die Variable eingelesene Wert positiv, negativ oder gleich Null ist. Treffen Sie die folgende Fallunterscheidung:

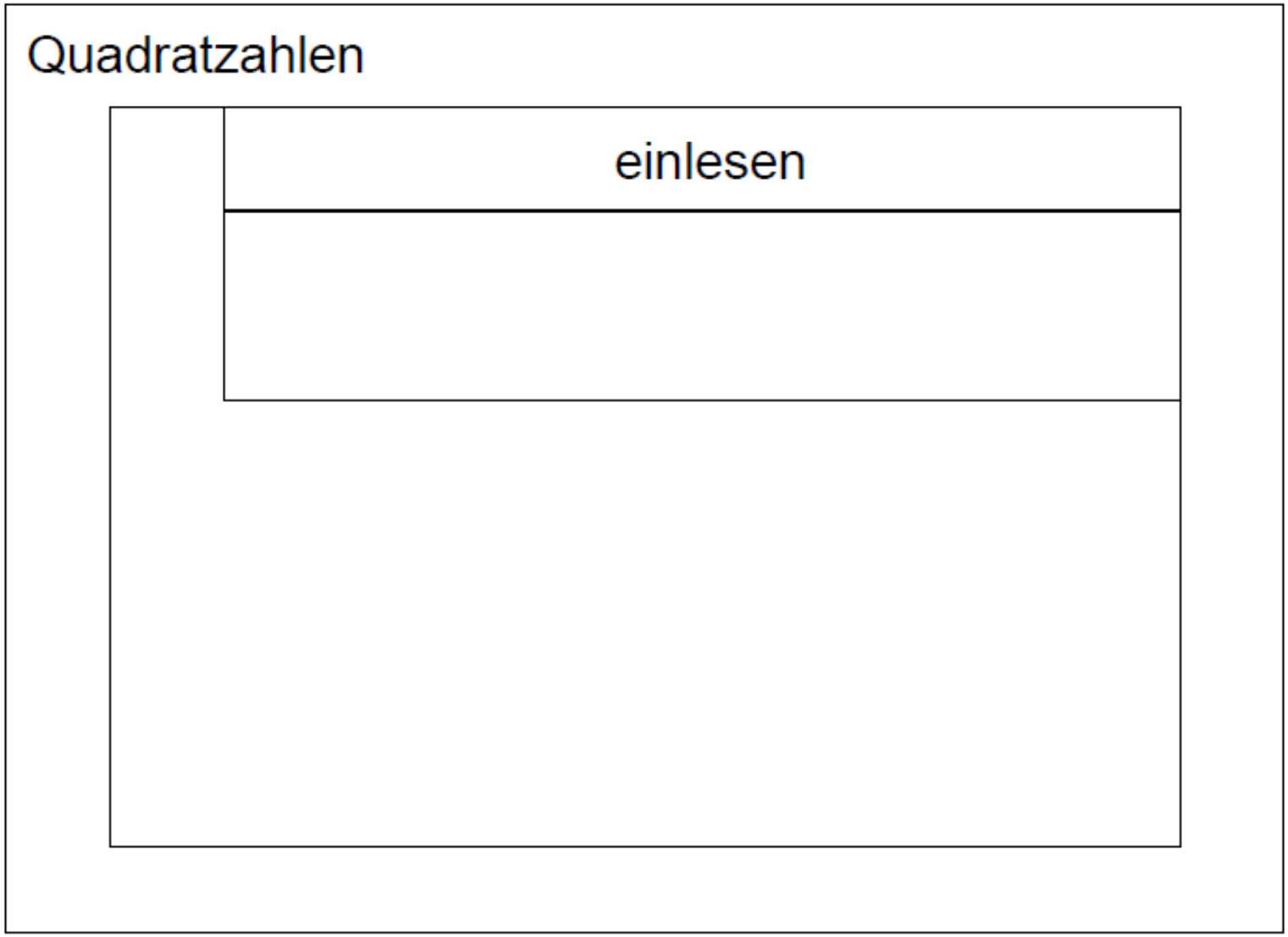
- *Ist die eingelesene Zahl n größer als Null, so soll in einer inneren Schleife ausgegeben werden:*

```
Zahl            Quadratzahl
1                   1
2                   4
.                   .
.                   .
.                   .
n                   n*n
```

- *Ist die eingelesene Zahl n kleiner als Null, so soll ausgegeben werden: Negative Zahl*

- *Ist die eingegebene ganze Zahl n gleich Null, so soll das Programm (die äußere Schleife) abbrechen.*

Aufgabe: Quadratzahlen



Datentypen

ANSI C89: Datentypen

Typ	Wertebereich (Genauigkeit)	Größe	E / A
int	- 32 768 ... 32 767 bei 16 Bit Maschinen - 2 147 483 648 ... 2 147 483 647 32 Bit	2 Byte 4 Byte	%d
unsigned int	0 ... 65 535 bei 16 Bit Maschinen 0 ... 4 294 967 295 bei 32 Bit Maschinen	2 Byte 4 Byte	%u
short int	- 32 768 ... 32 767	2 Byte	%d
unsigned short int	0 ... 65 535	2 Byte	%u
long int	- 2 147 483 648 ... 2 147 483 647	4 Byte	%ld
unsigned long int	0... 4 294 967 295	4 Byte	%lu
char	alle Zeichen im ASCII Code	1 Byte	%c
char	-128 ... 127	1 Byte	%d
unsigned char	0 ... 255	1 Byte	%u
float	1,2 E-38 ... 3,4 E+38 (6 Stellen)	4 Byte	%f
double	2,3 E-308 ... 1,7 E+ 308 (15 Stellen)	8 Byte	%lf
long double	3.4 E-4932 ... 1.1 E+4932 (19 Stellen)	10 Byte	%lf
void	leerer Typ	0 Byte	

64-Bit Architektur: C-Datenmodelle

Datenmodell	`short int`	`int`	`long int`	`long long`	Zeiger	Beispiel-Betriebssystem
LLP64	16	**32**	**32**	64	64	Microsoft Win64 (X64/IA64)
LP64	16	**32**	**64**	64	64	Unix-Systeme (z. B. Solaris) und unixoide Systeme (z. B. Linux)
ILP64	16	**64**	**64**	64	64	Cray, DEC/Alpha mit Tru64, DEC/Alpha mit Linux

ANSI C99: Erweiterungen

Typ	Wertebereich	Größe
_Bool	0 und 1	1 Byte
long long	–9223372036854775808 bis 9223372036854775807	8 Byte
unsigned long long	0 bis 18446744073709551615	8 Byte

Datentypen

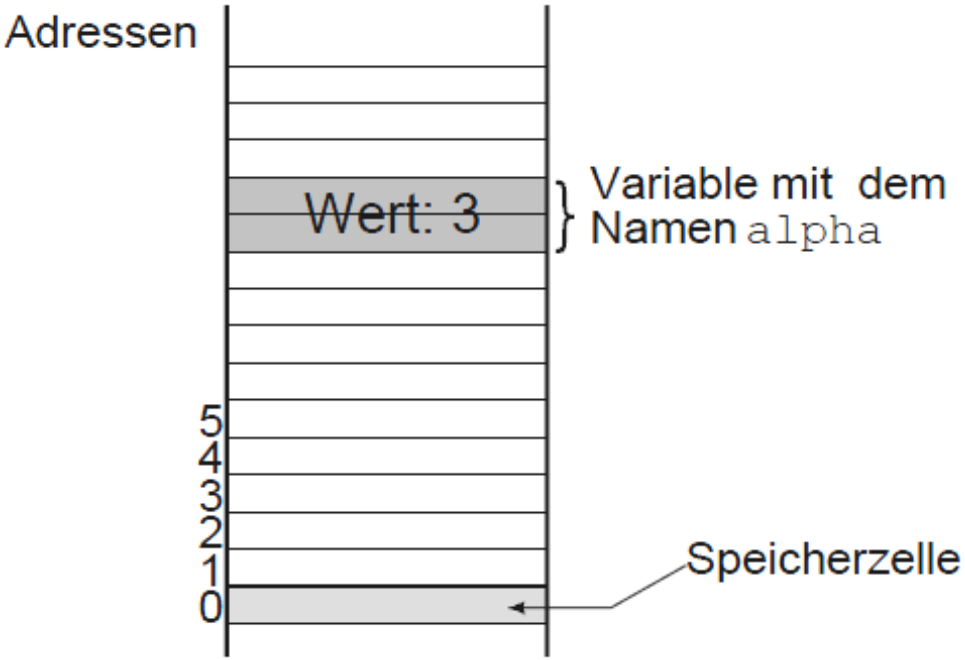
- Datentyp = "Bauplan" für eine Variable
- legt fest:
  - Bedeutung
  - zulässige Operationen
  - Repräsentation im Speicher

- einfache Datentypen (atomar)
- Standarddatentypen (einer Sprache)
- selbst definierte Typen (**`struct, enum`**)

Variablen

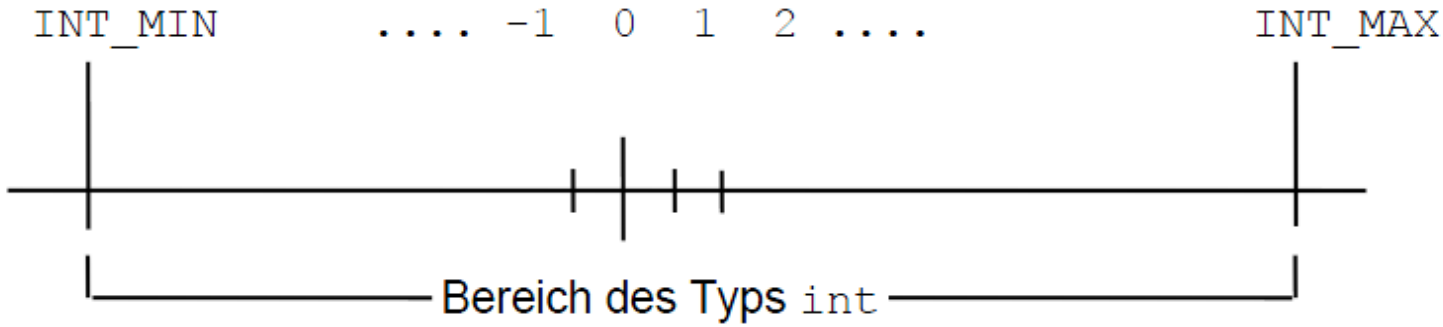
- Variable = benannte Speicherstelle
- Variablenname ermöglicht Zugriff auf Speicherstelle
- rechnerinterne Darstellung:

- 4 Kennzeichen
  - Variablenname
  - Datentyp
  - Wert
  - Adresse



Datentyp `int`

- ganze Zahlen (Integer)
- endlicher Zahlenbereich



- Bereichsüberlauf – Was tun?

  Immer den größten Wertebereich nehmen?

  oder Fließkomma-Datentypen?

Operationen auf einfachen Typen (Beispiel `int`)

Operator	Operanden	Ergebnis
Vorzeichenoperationen `+, -` (unär)	`int` ➔	`int`
binäre arithmetische Operationen `+, -, *, /, %`	`(int, int)` ➔	`int`
Vergleichsoperationen `==, <, <=, >, >=, !=`	`(int, int)` ➔	`int` (Wahrheitswert)
Wertzuweisungsoperator `=`	`(int, int)` ➔	`int`

Datentypen `float` und `double`

- Fließkomma-Datentyp (*floating point numbers*)
- für rationale und reellen Zahlen
- im Rechner ist Speicher endlich → begrenzte Genauigkeit
- Speicherung als Exponentialzahlen in der Form

$$\texttt{Mantisse} * \texttt{Basis}^{\texttt{Exponent}}$$

- Mantisse und Exponent ganzzahlig
- keine exakte Darstellung von nicht-rationalen Zahlen (z.B. $\sqrt{2}$)
- Rundungsfehler!