Software-Entwicklung mit C
Programmieren ST1

Wintersemester 2015 / 2016

Dr. Klaus Mück
cogisys Gesellschaft für kognitive Informationssysteme mbH

Prof. Dr. Thorsten Leize
Hochschule Karlsruhe – Technik und Wirtschaft

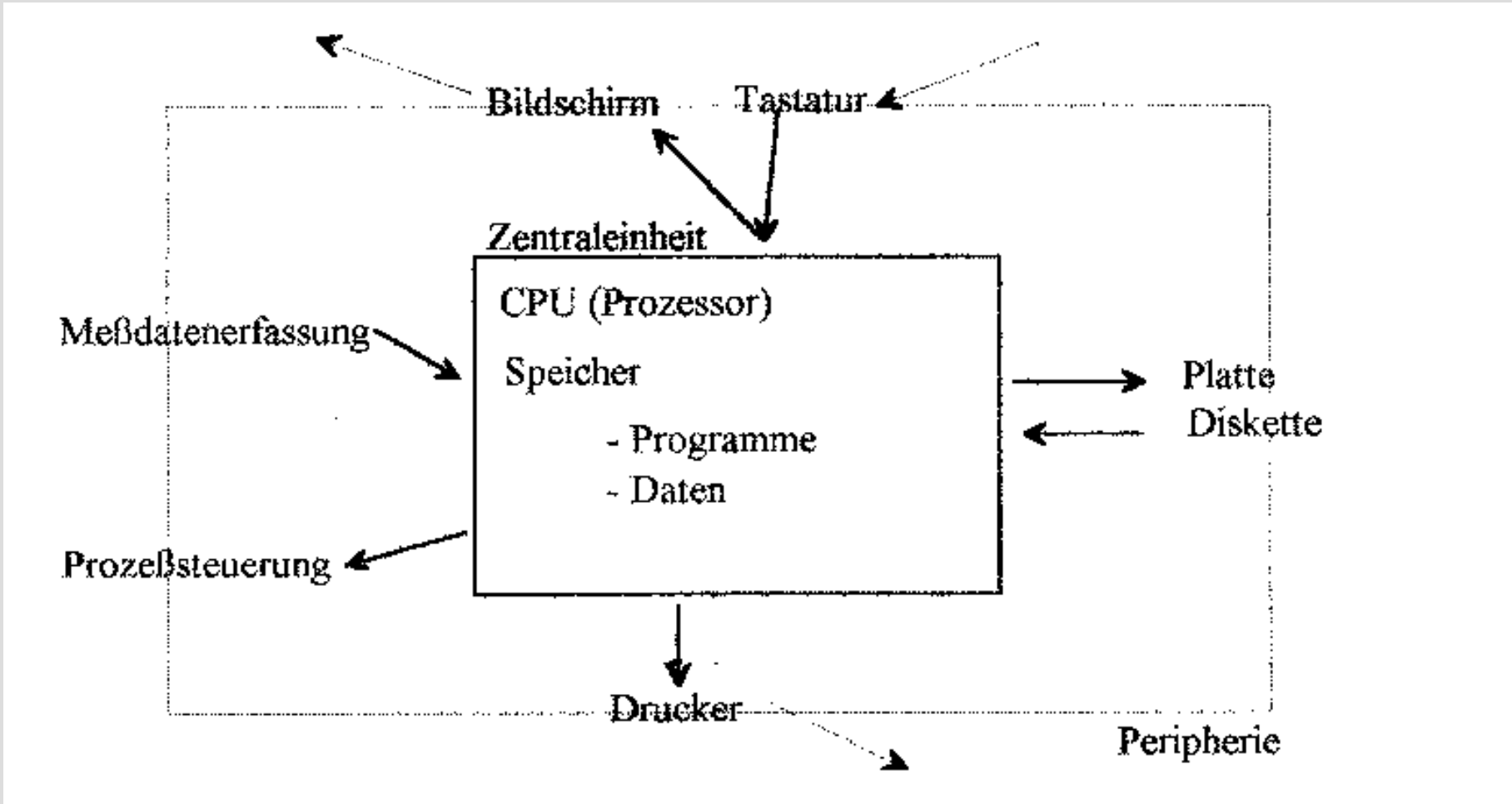
Software-Entwicklung mit C Programmieren ST1

- Wo gibt es welche Infos?
- Hardware, Rechner, Programm
- Algorithmus/Programmieren
- Programmiersprachen, Übersetzer, Präprozessor
- Entwicklungsumgebung
- Sprung ins kalte Wasser! Das erste Programm.

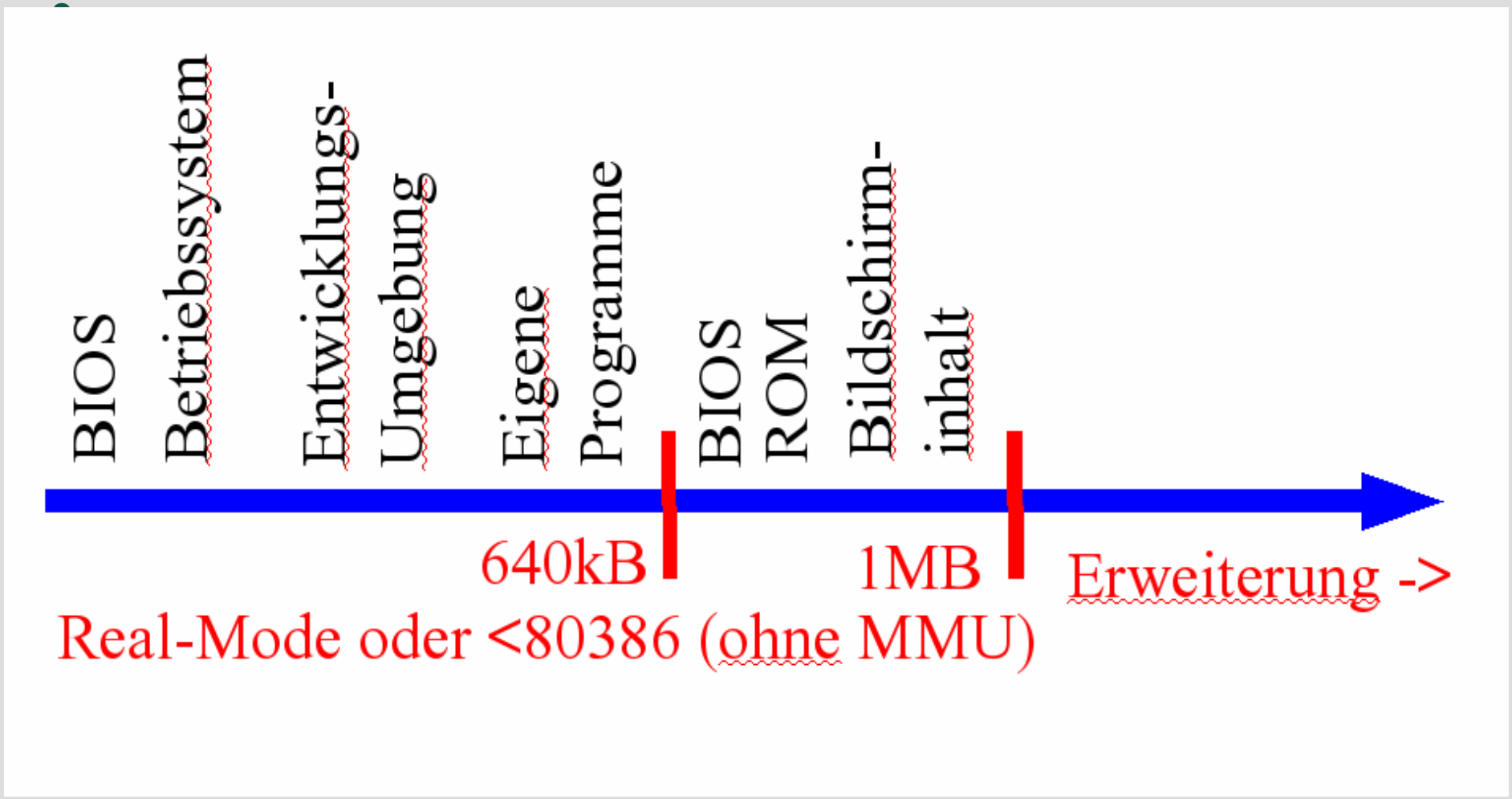
Software-Entwicklung mit C++ Programmieren ST1

- Wo gibt es welche Infos?
  - google.de
  - wikipedia.de
  - Gaaaanz viele Tutorien im Internet zu C/C++
    - https://proggen.org/doku.php?id=c:start
  - Hilfesysteme von Entwicklungsumgebungen

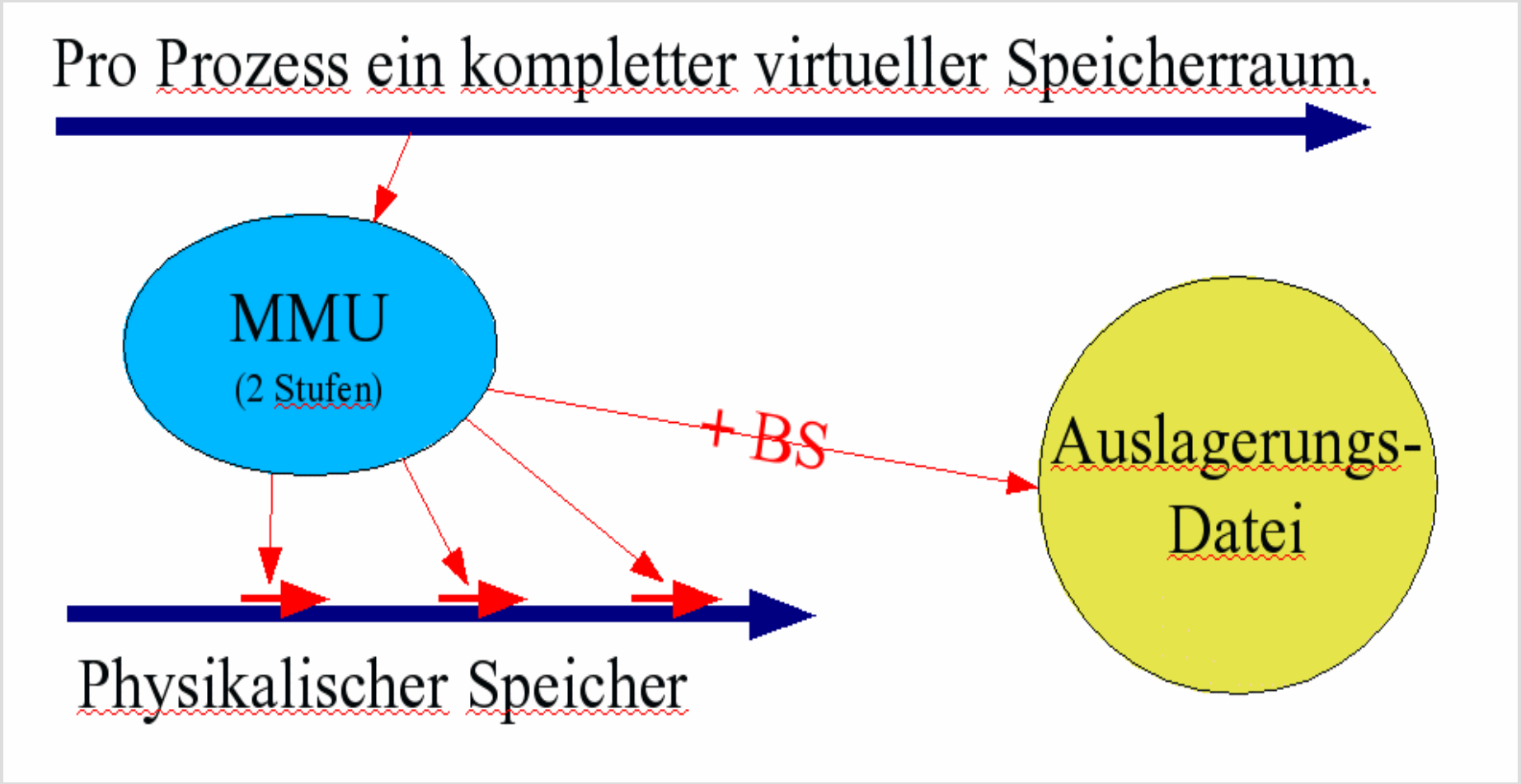
Aufbau eines Rechners



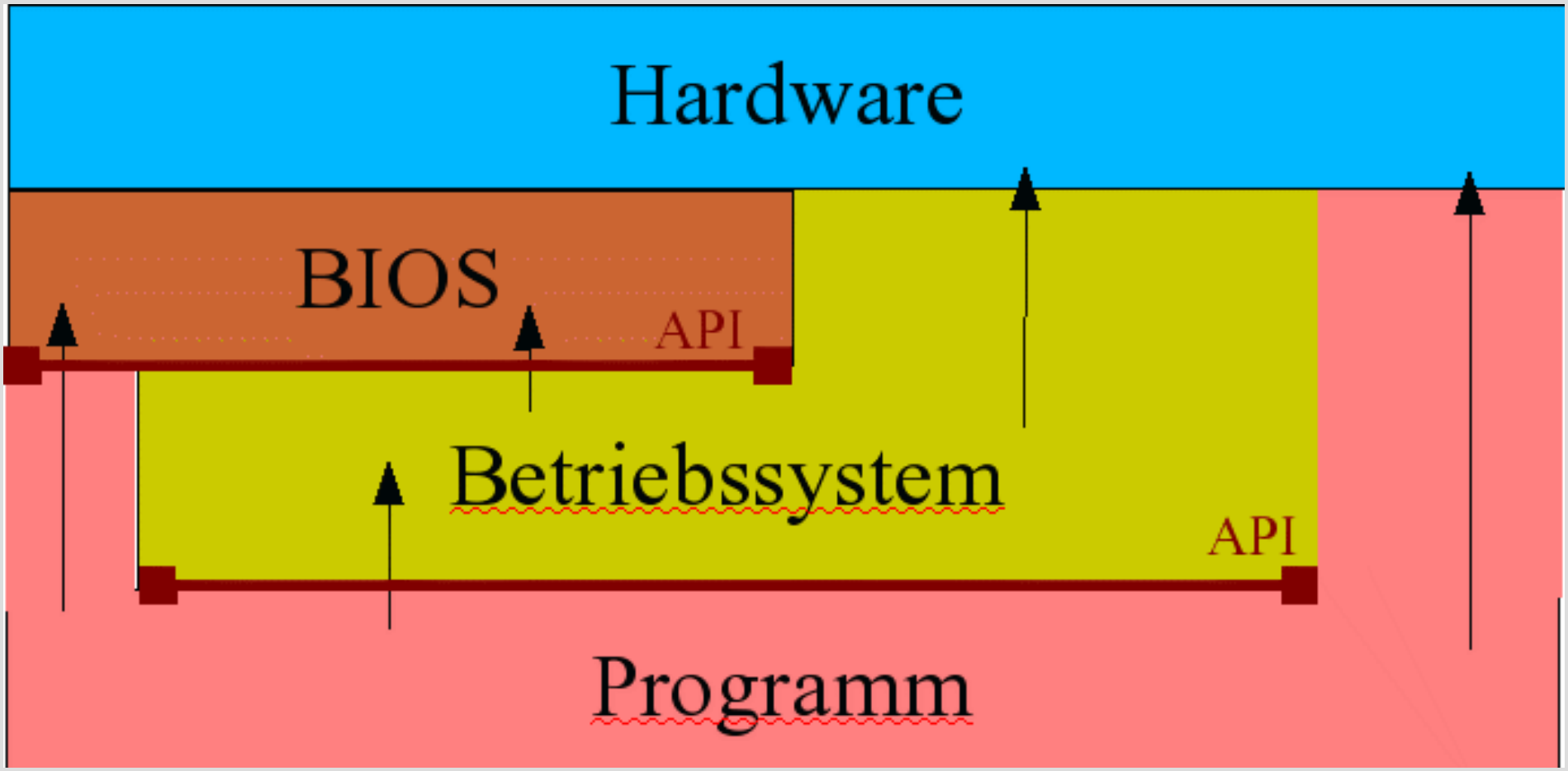
Programme im Hauptspeicher



Programme im Hauptspeicher



Programme im Hauptspeicher



Prozessor

- Jeder Rechner enthält einen Prozessor, der Befehle ausführt. Der Kern eines Prozessors interpretiert dabei die Befehle.
- Die Gesamtheit aller Befehle, die ein Prozessor versteht, nennt man Befehlssatz.
- Verschiedene Prozessortypen haben verschiedene Befehlssätze: Maschinensprache.
- Programme in einer Maschinensprache laufen nur auf diesem Prozessortyp.
- Ausführbare Programme sind aber auch vom Betriebssystem abhängig.

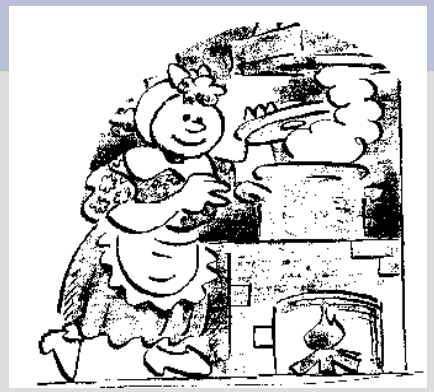
Algorithmus, Programm

- Ein ***Algorithmus*** ist ein allgemeines Verfahren zur systematischen und schrittweisen Lösung einer Aufgabenstellung.
  Beispiel: Kochrezept, Spielregel, Arbeitsanweisung
- Ein ***Programm*** ist die Formulierung eines Algorithmus in einer Programmiersprache.
- Der ***Quellcode*** (Quelltext) eines Programms ist eine meist textuelle Beschreibung eines Programms in einer Programmiersprache.

Algorithmus: Addition

1. Taschenrechner einschalten.
2. Erste Zahl eintippen.
3. + Taste drücken.
4. Zweite Zahl eintippen.
5. = Taste drücken.
6. Ergebnis ablesen.
7. Wenn nochmal, dann 2.
8. Taschenrechner

Algorithmus: Kochrezept



Ziel: Menü mit drei Gängen für 4 Personen

<u>Grundlegende Spezifikation:</u>
1. Vorspeise: Badische Flädlesuppe
2. Hauptgericht: Überbackene Schinkenröllchen mit Spargel
3. Dessert: Vanilleeis mit heißen Himbeeren
Getränke: Sekt, Bier, Wein, Wasser etc.

<u>Verfeinerung der Eigenschaften:</u>
- (selbst gemachte/vorgefertigte) Fleischbrühe mit/ohne Fett
- welche Art von Pfannkuchen (Flädlen), welche Mengen
- viel/wenig Spargel, welche Gewürze, welcher Käse
- frische/eingefrorene Himbeeren, welches Vanilleeis
- welcher Wein, welches Bier etc.

Algorithmus: Kochrezept

- Erreichen von Teilzielen
  Suppe gekocht, Pfannkuchen gebacken, Spargel gekocht

- Einhaltung der Reihenfolge
  Vorspeise vor Hauptgericht, Hauptgericht vor Dessert
  Auflauf erst in Backofen, wenn Auflaufform gefüllt ist ...

- Einhaltung zeitlicher Rahmenbedingungen
  Spargel 12 min. kochen lassen, Auflauf 25 min. in Backofen ...

- Parallelisierung von Aufgaben
  Suppe kochen und gleichzeitig Pfannkuchen backen,
  Schinkenröllchen richten und Spargel abkochen ...
  Eine Person richtet Vorspeise, andere das Hauptgericht

- Informationsaustausch der beteiligten Personen/Verarbeitungseinheiten
  “reichst Du mir den Käse, machst Du den Auflauf weiter, wie viele Pfannkuchen sind es schon? ...”

Kochkurs von Platten

„ . . . und dann nehmen Sie ein frisches Ei, ein weiteres Ei . . . ein weiteres Ei . . . ein weiteres Ei . . . ein weiteres Ei . . . ein weiteres Ei . . .

Algorithmus/Daten/Strukturen

Essenz dieses Beispiels:

- ein Algorithmus muss nicht notwendigerweise durch eine Maschine ausgeführt werden,
- mit einem Algorithmus können Organisationsabläufe beschrieben werden,
- mit einem Algorithmus kann die Bearbeitung von Strukturen beschrieben werden,
- Strukturen beschreiben Beziehungen zwischen Daten, oder fassen Daten zusammen
- Daten lassen sich durch Strukturen organisieren,
- die Erkennung von Strukturen muss geübt werden, d.h. die passende Organisation von Daten muss gefunden werden.

Programmiersprachen

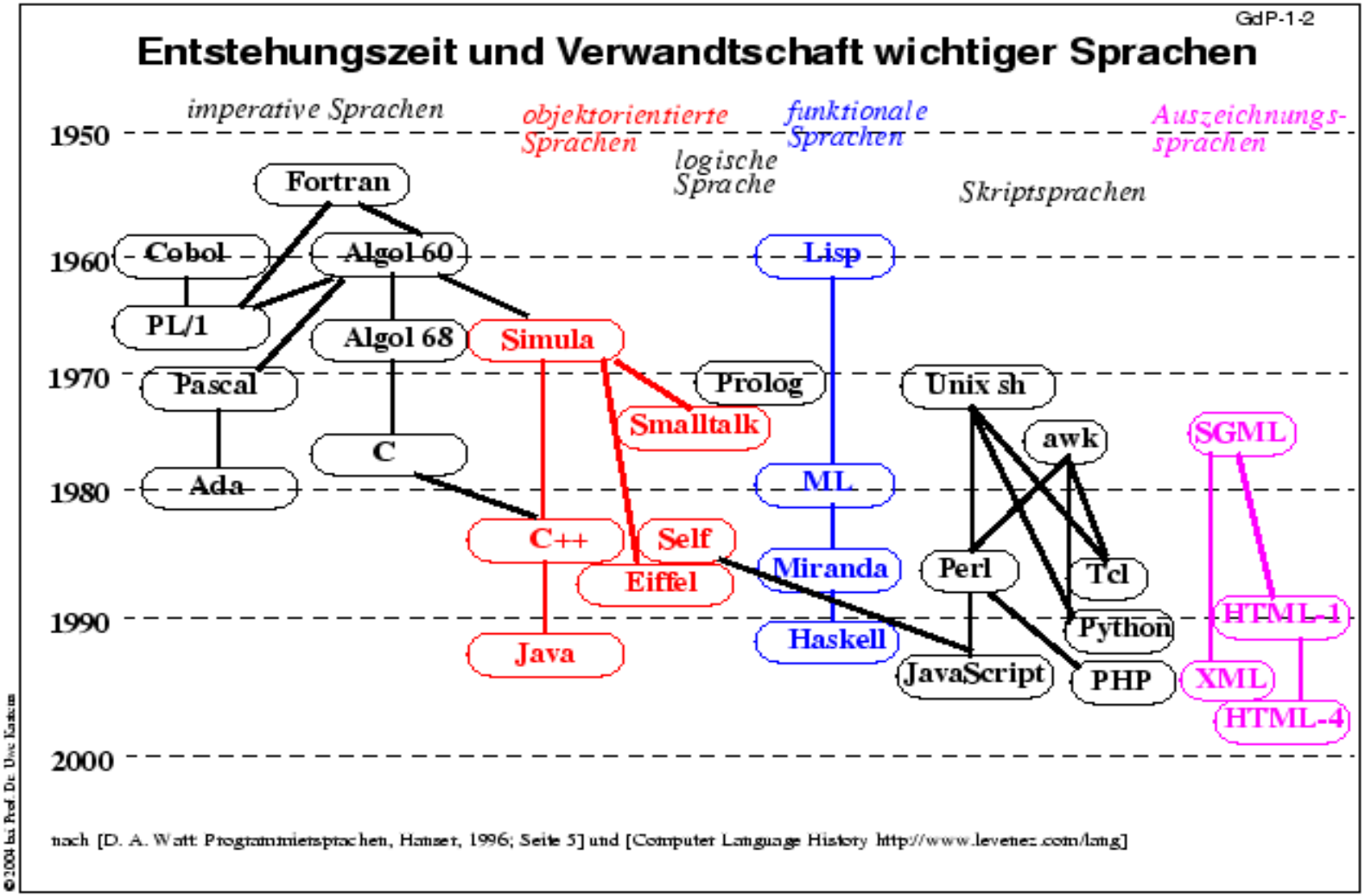
Maschinennahe Sprachen

- Maschinensprache: Binär und vom Prozessor abhängig
- Assembler: Abkürzung für Maschinenbefehle

Höhere Programmiersprachen

- Prozedurale/Imperative Programmiersprachen
- Logische Programmiersprachen
- Funktionale Programmiersprachen
- Objektorientierte Programmiersprachen
- Skriptsprachen
- Auszeichnungssprachen

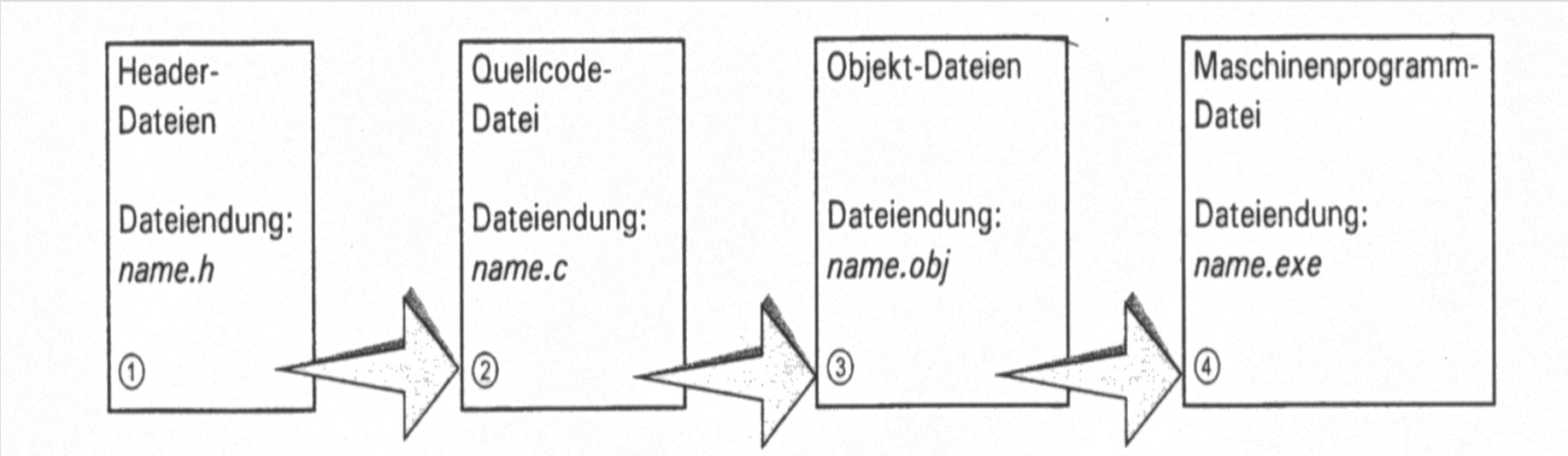
Programmiersprachen



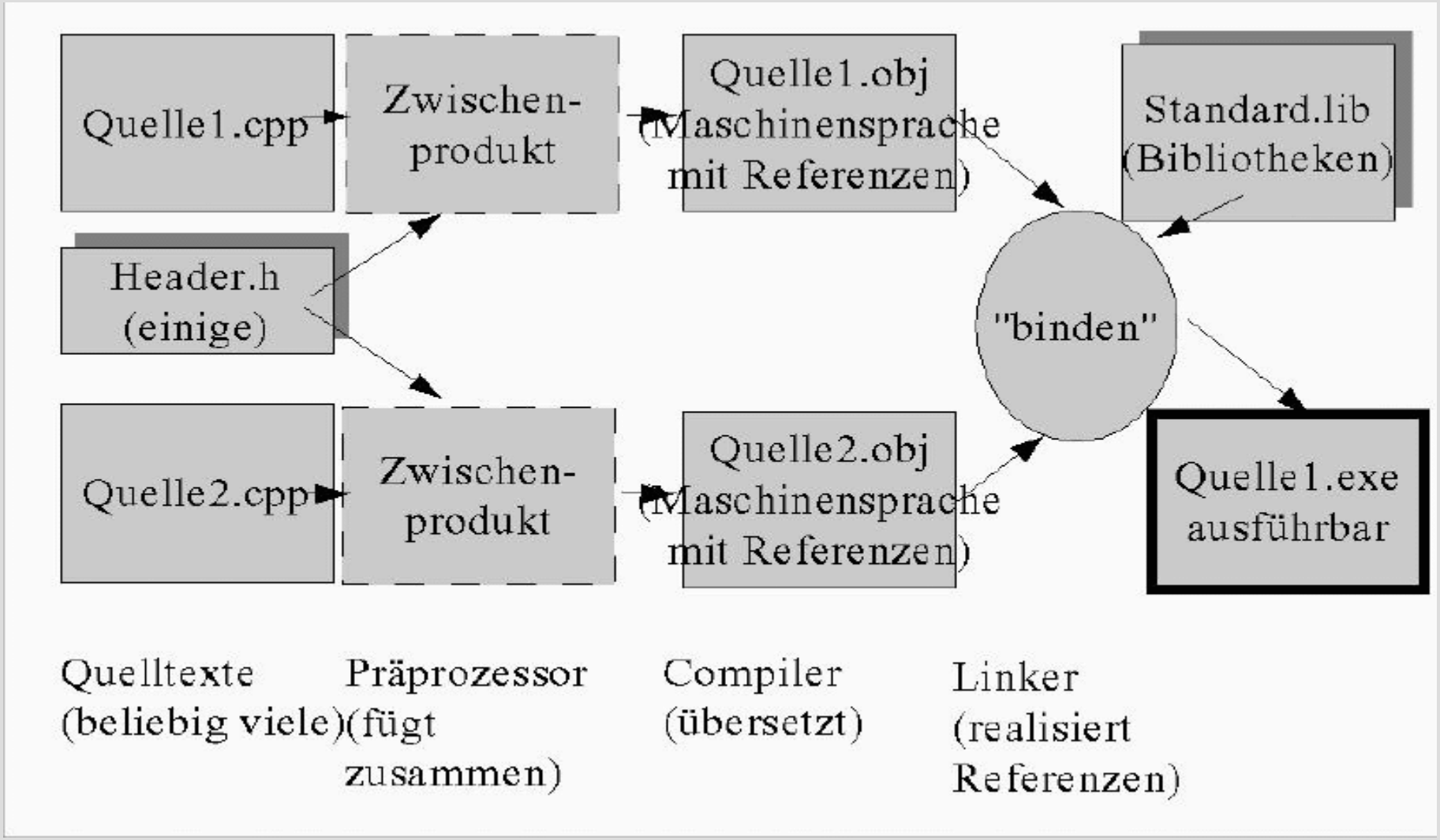
Vorgehensweise klassisch

1) Genaue Formulierung der Aufgabenstellung
2) Abstraktion
3) Entwurf eines Algorithmus
4) Ist der entworfene Algorithmus korrekt? (zurück zu 3)?
5) Kodierung (Übersetzung in eine Programmiersprache)
6) Testen des Programms. (eventuell zurück zu 5 oder zu 3)
7) Effizienz?
8) Dokumentation

Vom Quelltext zum Maschinenprogramm



Vom Quelltext zum Maschinenprogramm



C(++)-Programm

- Zeichenvorrat, aus dem der Quelltext bestehen darf:
  Alle Buchstaben ohne Umlaute, Sonderzeichen wie _.?[]()
- C/C++ ist “case sensitive”,d.h. Groß- und Kleinbuchstaben werden unterschieden.
- “ProgrammStruktur” ist ein anderes Wort als “programmstruktur”.
- Alle Objekte haben Namen, sog. ***Bezeichner***. Bezeichner bestehen aus den Zeichen: A..Z, a..z, 0..9, _ und beginnen mit einem Buchstaben oder Unterstrich, nicht aber mit einer Ziffer!

C(++)-Programm

- Struktur des Quelltextes als eine Folge von

  Deklarationen (Vereinbarungen)/Definitionen:
  - Variablen
  - Konstanten
  - Funktionen
  - Datentypen

- Eine Funktion existiert immer: main-Funktion. Hier beginnt und endet die Ausführung des Programms.

- C-Anweisungen enden mit einem Semikolon: ;

- Die Verteilung der Anweisung auf die Textzeilen ist ohne Bedeutung (Ausnahme: Präprozessorbefehle).

Hallo Welt!

```
// Das erste C - Programm
// Autor: Hacker, One
// (C) by the author

#include <stdio.h>   // ein Praeprozessorbefehl

// stellt die C Ein-/Ausgabe zur Verfügung

int main()           // eine Funktion ohne Argumente.
{                    // hier beginnt das Hauptprogramm

  printf("Hello world\n");
  return 0;
}                    // hier endet das Hauptprogramm.
```

Präprozessor

- Der Präprozessor wird beim Kompiliervorgang vor dem Compiler, also vor dem eigentlichen Übersetzungsvorgang, gestartet.
- Der Präprozessor ersetzt nur Text oder lässt Text weg. Es erfolgt keine Übersetzung in Maschinencode.
  Das Resultat ist ein Text.
- Alles, was der Präprozessor entfernt, ist dem Compiler nicht zugänglich.
- Die Entscheidungen des Präprozessors erfolgen zur Übersetzungszeit und nicht zur Laufzeit!

Präprozessor

Befehl	Bedeutung
#include <datei.h>	Fügt die angegebene Datei an dieser Stelle komplett in den Quelltext ein. In den Standardverzeichnissen für Headerdateien.
#include "datei.h"	wie bei <>, aber Suche zuerst im momentanen Verzeichnis.
#define name	Macht diesen Namen dem Präprozessor bekannt. Löscht überall im Quelltext (ab dieser Stelle) dieses Wort "name".
#define name rest	wie oben, jedoch wird "name" nicht gelöscht, sondern durch "rest" (auch mehrere Wörter) ersetzt.

Präprozessor

Befehl	Bedeutung
#if Bedingung ...Teil ja #endif	Trifft die Bedingung zu, bleibt „Teil ja“ als Text erhalten. Im anderen Fall wird der Text entfernt.
#if Bedingung ... Teil ja #else ... Teil nein #endif	Trifft die Bedingung zu, bleibt „Teil ja“ als Text erhalten und „Teil nein“ wird entfernt. Trifft die Bedingung ***nicht*** zu, bleibt „Teil nein“ als Text erhalten und „Teil ja“ wird entfernt.
#if Bedingung1 ... Teil ja Bedingung1 #elseif Bedingung2 ... Teil ja Bedingung2 #else ... Teil nein #endif	Trifft die Bedingung1 zu bleibt nur „Teil ja Bedingung1“ erhalten. Trifft Bedingung2 zu bleibt nur „Teil ja Bedingung2“ erhalten. Nur falls alle Bedingungen nicht zutreffen bleibt „Teil nein“ erhalten.

Präprozessor

Befehl	Bedeutung
#if defined name ...Teil ja #endif	Ist „name“ definiert, bleibt „Teil ja“ als Text erhalten. Im anderen Fall wird der Text entfernt.
#if defined name ... Teil ja #else ... Teil nein #endif	Ist „name“ definiert, bleibt „Teil ja“ als Text erhalten und „Teil nein“ wird entfernt. Ist „name“ ***nicht*** definiert, bleibt „Teil nein“ als Text erhalten und „Teil ja“ wird entfernt.
#ifdef name ... Teil ja #endif	Übliche Kurzform
#ifndef name ... Teil ja #endif	Übliche Kurzform für die verneinte Form.

Software-Entwicklung mit C
Programmieren ST1

- Anmerkungen zum Programmieren
  - Bahnhof! ... Das ist ganz normal.
  - Es wird auch hier nur mit Wasser gekocht und es ist alles logisch nachvollziehbar.
  - Üben, üben, üben ... üben.
  - Ausprobieren, nicht nur anschauen.

Software-Entwicklung mit C Programmieren ST1

- Entwicklungsumgebungen
  - Linux:
    kdevelop, anjuta
  - Linux/Windows:
    eclipse
  - Windows:
    Bloodshed, Microsoft-Entwicklungsumgebung
- http://de.wikipedia.org/wiki/Liste_von_Integrierten_Entwicklungsumgebungen

Software-Entwicklung mit C Programmieren ST1

- Sprung ins kalte Wasser! Das erste Programm.
  - Schreiben Sie ein Hauptprogramm, das auf den Bildschirm “Hello world!” ausgibt.

Datentypen

- Datentypen ist die Zusammenfassung von Objektmengen mit den darauf definierten Operationen.
- Mit Datentypen werden Speicherinhalte eindeutig interpretiert.
- Datentypen können mit Zahlenmengen aus der Mathematik assoziiert werden.
- Datentypen legen Gültigkeitsbereiche fest.
- Festlegung auf Datentypen ermöglicht die Prüfung auf Typgleichheit während des Übersetzungsvorgangs: Typsicherheit.

Einfache/Elementare Datentypen

- Einfache Datenstrukturen:
  char, int, long, float, double

  Typisch für eine 32 Bit-Plattform
  char: -128 .. 127
  int: -2 147 483 648 .. 2 147 483 647
  long: -2 147 483 648 .. 2 147 483 647
  float: 1.5E-45 .. 3.4E38
  double: 5.0E-324 .. 1.7E308

Variablendeklaration

- Formal:
  [Speicherspezifizierer][Modifizierer] Datentyp Variablenname;
- Speicherspezifizierer:
  auto – nur gültig innerhalb eines Anweisungsblocks
  static – Variable wird nur einmal angelegt
  register – Variable wird im Prozessorregister gehalten
- Modifizierer:
  signed – vorzeichenbehaftet
  unsigned – vorzeichenlos
  short – Einschränkung des Wertebereichs
  long – Erweiterung des Wertebereichs

Variablendeklaration/-definition

- einfache Variablendeklaration:
  ```
  int iAnzahl;
  float fMittelwert;
  ```
- Zuweisung:
  ```
  iAnzahl = 25;
  fMittelwert = 0.5;
  ```
- Variablendefinition:
  ```
  int iAnzahl = 26;
  float fMittelwert = 0.7;
  ```

Nutzung von Variablen

```
int zahl1, zahl2;          // Deklaration zweier ganzer Zahlen

zahl1 = 10;                // Definition in Form einer Zuweisung
zahl2 = -17;

zahl2 = zahl1 + zahl2;     // Definition durch Zuweisung einer Summe

int zahl = 12;             // Deklaration und Definition!
```

Wertebereich von **int** in C/C++ ist von der verwendeten Plattform abhängig!

-32768 ≤ **int** ≤ 32767 65536 Zahlen: 2^16 entspricht 2 Byte
0 ≤ **unsigned int** ≤ 65535 65536 Zahlen: 2^16 entspricht 2 Byte

Nutzung von Variablen

Prozessor mit 32 Bit:

-2^31 ≤ **int** < 2^31
0 ≤ **unsigned int** ≤ 2^32-1 4 294 267 296 Zahlen: 2^32 entspricht 4 Byte

3	00000000 00000011	
2	00000000 00000010	
1	00000000 00000001	
0	00000000 00000000	
-1	11111111 11111111	Zweierkomplement
-2	11111111 11111110	
-3	11111111 11111101	
...		
-32768	10000000 00000000	

-3 + 3 = 11111111 11111101
00000000 00000011
00000000 00000000 = 0

Nutzung von Variablen

Folgen des begrenzten Wertebereiches bei 16 Bit-Integer:

```
int zahl1 = 32760;
int zahl2 = zahl1 + 8;
```

zahl2 == 32768?

```
unsigned int zahl1 = 65530;
unsigned int zahl2 = zahl1 + 8;
```

zahl2 == 65538?

Nutzung von Variablen

Folgen des begrenzten Wertebereiches bei 16 Bit-Integer:

int zahl2 = 32760 + 8;
zahl2 = 32768?

Leider nein, denn:
32768 = 10000000 00000000
≙ -32768

---

unsigned int zahl2 = 65530 + 8;

zahl2 == 65538?
Nein, denn 65538 > 65536

```
65530+8   =          11111111 11111010
              +      00000000 00001000
          =        1 00000000 00000010
          ≙  2
```

Nutzung von Variablen

Weitere Ganzzahldefinitionen:

```
int zahl1 = 0431;          // Oktalzahl: 281 in dezimal
int zahl2 = 0x10ab;        // Hexadezimalzahl: 4267 dezimal

int zahl3 = 097;
int zahl4 = 0xdeadbeaf;
int zahl5 = 0x1243km0;
```

Nutzung von Variablen

Und was ist mit PI?

PI = 3.1415926536; // reelle Zahl

Definition einer Fließkommazahl:

double PI; // Deklaration einer reellen Zahl

PI = 3.141; // Definition einer reellen Zahl durch Zuweisung

double zahl1 = 2.43; // Deklaration und Definition
double zahl2 = zahl1 + 0.01;
double zahl3 = 2.54e12; // Mantisse e Exponent
≙ 2.54 * 10^12

Nutzung von Variablen

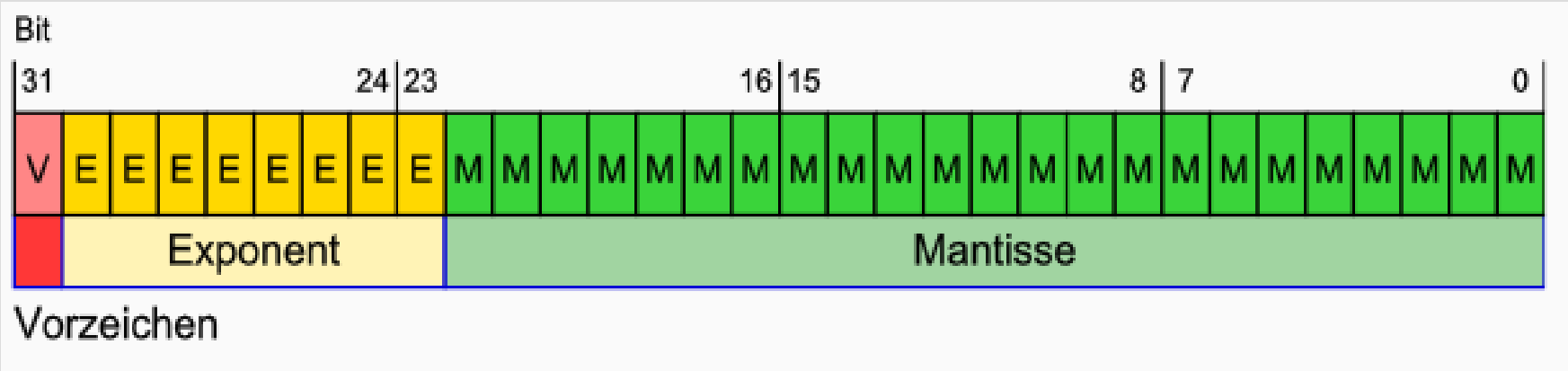
Begrenzte Darstellung

double zahl1 = 12000.03;

Interne Darstellung ist normalisiert:

zahl1-Mantisse = 0.1200003 --> 1200003
zahl1-Exponent = 5

Dieses Konzept im Binärsystem:



Nutzung von Variablen

Probleme der begrenzten Darstellung

```
double zahl1 = 12000.03;
double zahl2 = zahl1 + 0.000000000001;
```

zahl2?

Normalisierte Darstellung:

```
0.1200003          5
0.1                -11

0.12000030000000000   5
0.00000000000000001   5
-----------------------------
0.12000030000000001   5

0.1200003000          5
```

Character

Einzelne Zeichen

```
char zeichen;          // Deklaration einer Variable vom Typ char

zeichen = 'A';         // Definition eines Zeichens mit Buchstaben 'A'

char zeichen2 = 'j';   // Deklaration und Definition
```

ASCII-Zeichen
(American Standard Code for Information Interchange)

'A'	65	0x41	'0'	48	0x30
'B'	66	0x42	'1'	49	0x31
'C'	67	0x43	'2'	50	0x32
...			...		
			'9'	57	0x39

Arithmetische Operationen

Addition

+	summe = summand1 + summand2;	24 = 8 + 16;

Subtraktion

-	differenz = minuend – subtrahent;	23 = 30 – 7;

Multiplikation

*	produkt = faktor1 * faktor2;	66 = 6 * 11;

Division

/	quotient = dividend / divisor;	12 = 25 / 2; 12.5 = 25.0 / 2.0;

Division mit Rest

%	rest = dividend % divisor;	4 = 31 % 27;

Bitoperationen

Und-Verknüpfung a & b

a	1 1 0 1
b	1 0 1 1
a & b	1 0 0 1

Oder-Verknüpfung a | b

a	1 1 0 1
b	1 0 1 1
a | b	1 1 1 1

Exklusiv-Oder-Verknüpfung a ^ b

a	1 1 0 1
b	1 0 1 1
a ^ b	0 1 1 0

Negation ~a

a	1 1 0 1
~a	0 0 1 0

Bitoperationen

Linksschieben

a 0 0 1 1 0 1 0 1
a << 2 1 1 0 1 0 1 0 0

Linksschieben entspricht Multiplikation mit 2.

Warum?

Rechtsschieben

a 0 0 1 1 0 1 0 1
a >> 2 0 0 0 0 1 1 0 1

Rechtsschieben entspricht Division durch 2.

Warum?

Frage: Ist b1 == a? Ist b2 == a? Ist b1 == b2?

```
int a = 00110101;
int b1 = (a >> 2) << 2;
```

```
int a = 00110101;
int b2 = (a << 2) >> 2;
```

Zuweisungsoperatoren

```
x ~= x;          x = ~x;
x &= 3;          x = x & 3;
x |= 7;          x = x | 7;
x ^= 9;          x = x^9;
x <<= 2;         x = x << 2;
x >>= 2;         x = x >> 2;

x++, ++x         x += 1;  x = x + 1;
x--, --x         x -= 1;  x = x – 1;

int x = 5;
int a = x++ *2;          // a == 10, x == 6
int b = ++x * 2;         // b == 12, x == 6
```

```
x += y;          x = x + y;
x –= y;          x = x – y;
x*= y;           x = x * y;
x /= y;          x = x/y;
x %= y;          x = x % y;
```

Umwandlung eines Datentyps

```
int a = 4;
int b = 6;

double c = a/b;      /* c = 4 / 6 = 0 */

double d = ((double)a)/((double)b);      /* c = 4.0/6.0 = 0.6666666 */

double x = 6.66;
int y = (int) x;                  /* y = 6, expliziter Cast */

int z = x;                        /* z = 6, impliziter Cast */
```

neue Form in C++:

```
double x = 0.66;
int y = static_cast<int>(x);
```

Variablensichtbarkeit

- lokale Variablen:
  Variablen sind nur innerhalb eines Anweisungsblocks sichtbar

- globale Variablen:
  Variablen sind im gesamten Programm sichtbar

```
int giGlobal;

void main()
{
   int iLokal1 = 2;
   giGlobal = 5;
   {
      int iLokal1 = 4;
      int iLokal3 = 3;
      giGlobal = 7;
   }
   // iLokal1 hat den Wert 2
   // iLokal3 ist hier nicht sichtbar
   // giGlobal hat den Wert 7
}
```

Konstanten

```
const double PI = 3.1415926536;
const double MWST = 0.16;          // [ % ]
const double ERDBESCHLEUNIGUNG = 9.81; // [m/s^2]
const int VERSION = 6;
const int BUILD = 1244;
const char ZEICHEN = 'J';

#include <stdio.h>

int main()
{
  const double PI = 3.1415926536;
  const double RADIUS = 14.0;
  printf("Der Kreisumfang betraegt: %f\n",  2.0 * PI * RADIUS);
  printf("Die Kreisflaeche betraegt: %f\n, PI * RADIUS * RADIUS);
  return 0;
}
```

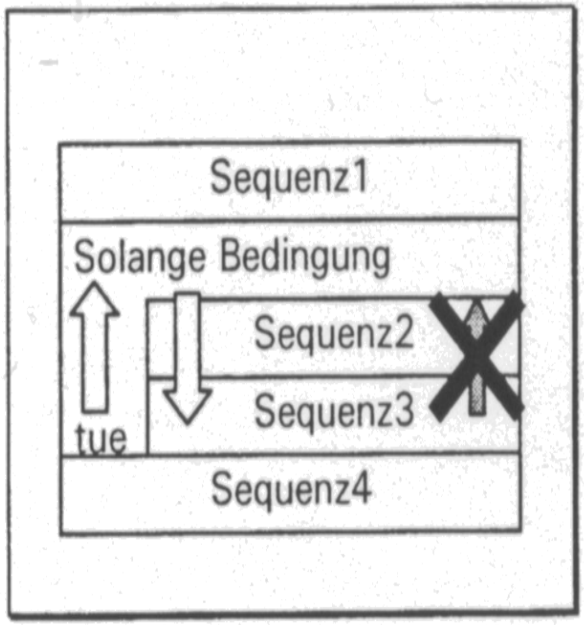
Programmablauf

Struktogramm: Starten eines Autos

Öffnen der Autotür
Platz nehmen
Kupplungspedal betätigen
Motor starten
Gang einlegen
Handbremse lösen
Langsam einkuppeln
Beginn der Fahrt

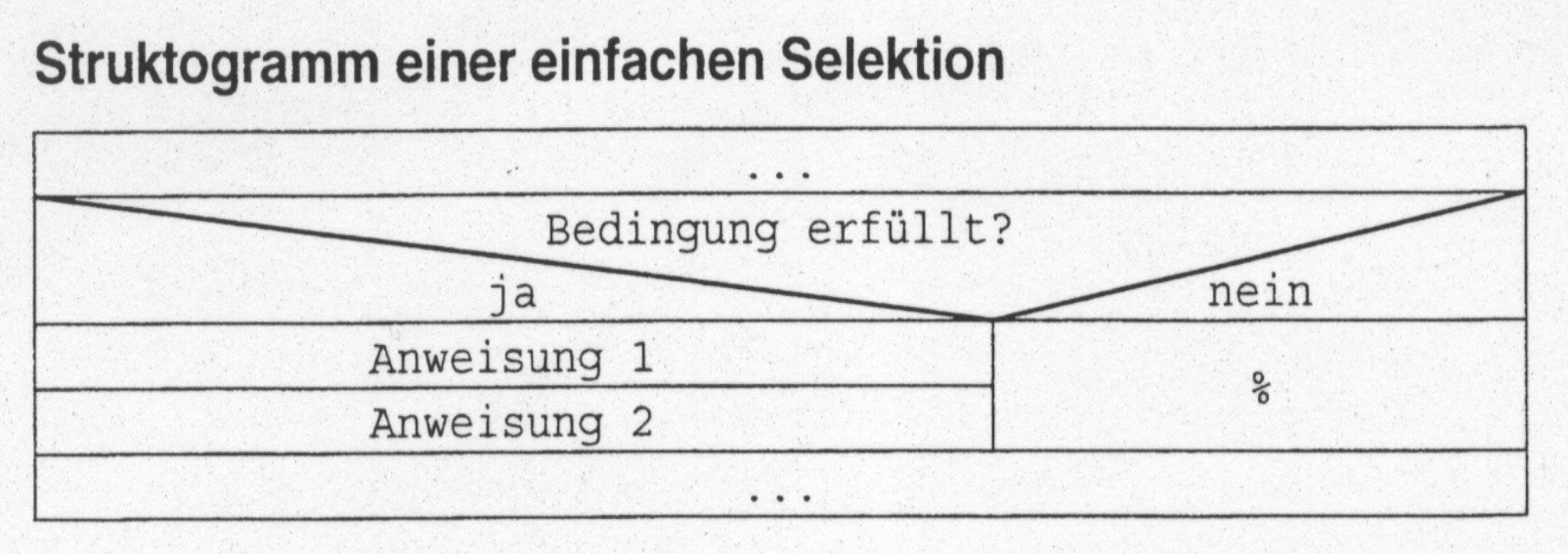
Abarbeitungsrichtung

Richtungsregel



Nach den Regeln für das Lesen von Struktogrammen ist in dem Algorithmus für den Vorgang des Startens eines Autos eine Richtungsumkehr (z. B. Wiederholung von Sequenzen) nicht möglich.

Einfache Selektion




```
if( Bedingung == TRUE)
{
   Anweisung1;
   Anweisung2;
}
```

```
if( Bedingung == TRUE)
     Anweisung;
```

Einfache Selektion

```
#include <stdio.h>

int main()
{
  int iZahl;
  printf("Geben Sie eine Zahl ein: ");
  scanf("%d", &iZahl);

  if(iZahl == 1)
  {
     printf("Zahl ist 1!\n");
  }

  return 0;
}
```

Zweifache Selektion

Struktogramm einer zweifachen Selektion

Bedingung erfüllt?	
ja	nein
Anweisung 1	Anweisung 3
Anweisung 2	Anweisung 4

```
if( Bedingung == TRUE)
{
   Anweisung1;
   Anweisung2;
}
else
{
   Anweisung3;
   Anweisung4;
}
```

```
if( Bedingung == TRUE)
     Anweisung1;
else
     Anweisung2;
Anweisung3;
```

Verschachtelte if-Anweisung

```
if( Bedingung1 == TRUE)
{
   Anweisung1;
   if( Bedingung2 == TRUE)
   {
      Anweisung2;
   }
   Anweisung3;
}
else
{
   Anweisung4;
   Anweisung5;
}
Anweisung5;
```

```
int iZahl1 = 1;
int iZahl2 = 2;

if(iZahl1 ==1)
      if(iZahl2 == 3)
            Anweisung1;
      else
            Anweisung2;
      Anweisung3;
/**************/
      if(iZahl1 == 1)
            if(iZahl2 == 3)
                  Anweisung1;
      else
            Anweisung2;
            Anweisung3;
```

Bedingungsoperator, Boolsche Operatoren

Ergebnis = Ausdruck ? wert1 : wert2;

Berechnung des Maximums zweier Zahlen:

```
if( a > b)
      maximum = a;
else
      maximum = b;
```

```
maximum = (a > b) ? a : b;
```

Verknüpfung mehrerer Bedingungen durch UND (&&) bzw. ODER (||)

```
if( a<= b && b <= c) ...
```

TRUE, falls b in [a..c]

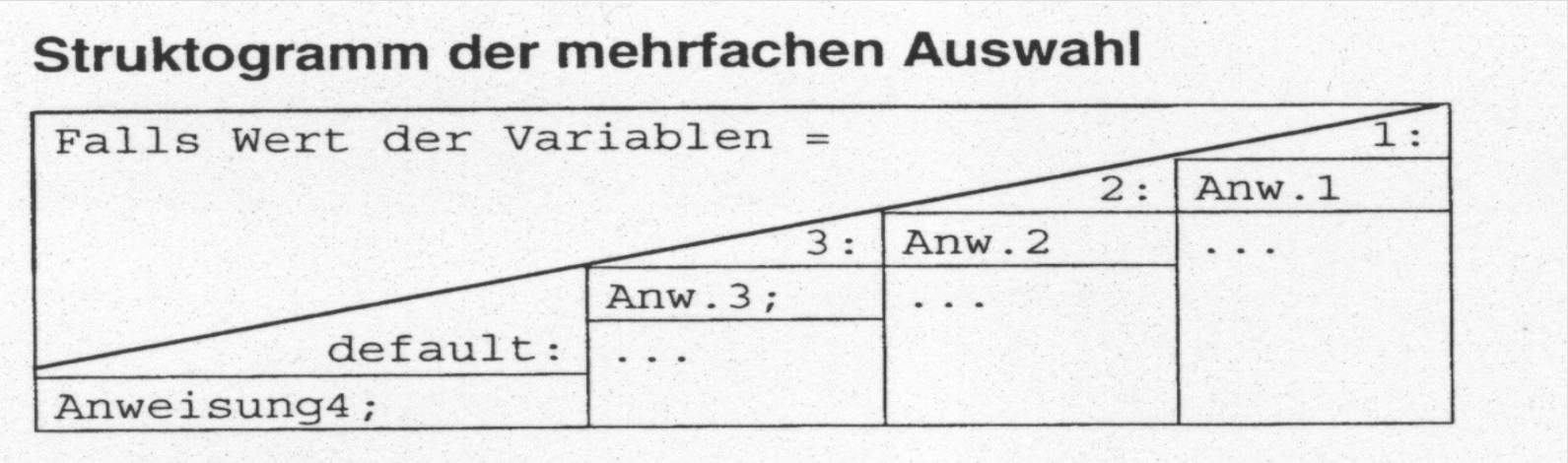
```
if( a > b || b > c)
```

FALSE, falls b in [a..c]

Beispiel für if-Anweisung

```
unsigned int uiDayOfWeek;

printf(“Tag der Woche [1..7]: “);
scanf(“%u”, &uiDayOfWeek);

if(uiDayOfWeek == 1 || uiDayOfWeek == 3 || uiDayOfWeek == 5)
{
   printf(“Es ist Montag, Mittwoch oder Freitag.\n”);
}
else
if(uiDayOfWeek == 2 || uiDayOfWeek == 4)
{
   printf(“Es ist Dienstag oder Donnerstag.\n”);
}
else
if(uiDayOfWeek == 6 || uiDayOfWeek == 7)
{
   printf(“Es ist Wochenende.\n”);
}
else
{
   printf(“Eine Woche hat nur 7 Tage ...\n”);
}
```

Mehrfache Selektion




```
switch(Wert)
{
    case 1: Anweisung1; break;
    case 2: Anweisung2; break;
    case 3: Anweisung3; break;
    default: Anweisung4;
}
```

Mehrfache Selektion

```
unsigned int uiDayOfWeek;

printf("Tag der Woche [1..7]: \n");
scanf("%u", &uiDayOfWeek);

switch(uiDayOfWeek)
{
        case 1:
        case 3:
        case 5: printf("Mo, Mi oder Fr\n");
                break;
        case 2:
        case 4: printf("Di oder Do\n");
                break;
        case 6:
        case 7: printf("Wochenende!\n");
                break;
        default: printf("Eine Woche hat nur 7 Tage!\n");
}
```

Funktionen

- begrenztes Vokabular (meist wenige Wörter, siehe C/C++)
- wohldefinierte Grammatik

Funktion ::= Typ FunktionsName’(’Parameterliste’)’ FunktionsRumpf
Typ ::= „int“ | „double“ | „char“ | „void“ …
FunktionsName ::= Bezeichner
Bezeichner ::= AlphabetZeichen {Zeichen}
ParameterListe ::= „“ | ParameterDefinition {’,’ ParameterDefinition}
ParameterDefinition ::= Typ Bezeichner
FunktionsRumpf ::= ’{’ {Anweisung ’;’} ’}’

EBNF – Extended Backus-Naur-Form

Datentyp Funktionsname(Parameter1, Parameter2, …);
Var = Funktionsname(Parameter1, Parameter2, …);

Funktionen

Sinus-Funktion: sin(winkel)

Definition: sin(alpha) = a/c; // a Gegenkathete, c Hypothenuse

Näherungsformel für einen Einheitskreis:

$$\sin(x) = \sum_{n=0}^{\infty} (-1)^n \frac{x^{2n+1}}{(2n+1)!} = \frac{x}{1!} - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \ldots = x - \frac{x^3}{6} + \frac{x^5}{120} - \ldots$$

```
double sin(double x)
{
	double summe = 0.0;
	for(int i=0; i<unendlich; i++)
	{
		summe = summe + …
	}
	return summe;
}
```

Funktionen/Unterprogramme

Aufnahme des Nettopreises von Artikel 1
Berechnung des Bruttopreises
Ausgabe des Bruttopreises auf den Bildschirm
Aufnahme des Nettopreises von Artikel 2
Berechnung des Bruttopreises
Ausgabe des Bruttopreises auf den Bildschirm
Aufnahme des Nettopreises von Artikel 3
Berechnung des Bruttopreises
Ausgabe des Bruttopreises auf den Bildschirm

Funktionen/Unterprogramme

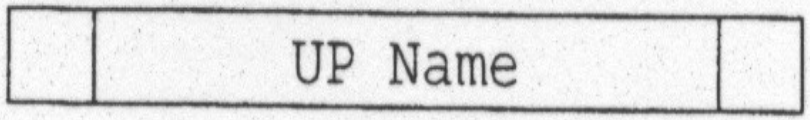
```
const double cdMwSt = 1.19;

void main()
{
  double dArtikel1 = 12.90;
  double dArtikelBrutto1 = dArtikel1 * cdMwSt;
  printf("Artikel 1 netto: %lf, brutto: %lf\n",
          dArtikel1, dArtikelBrutto1);

  double dArtikel2 = 1.90;
  double dArtikelBrutto2 = dArtikel2 * cdMwSt;
  printf("Artikel 2 netto: %lf, brutto: %lf\n",
          dArtikel2, dArtikelBrutto2);
}
```

Funktionen/Unterprogramme

```
const double cdMwSt = 1.19;

void bearbeiteArtikel(int iInNr, double dInWert)
{
  double dArtikelBrutto = dInWert * cdMwSt;
  printf("Artikel %d netto: %lf, brutto: %lf\n",
          iInNr, dInWert, dArtikelBrutto);
}

void main()
{
  bearbeiteArtikel(1, 12.90);
  bearbeiteArtikel(2, 1.90);
}
```

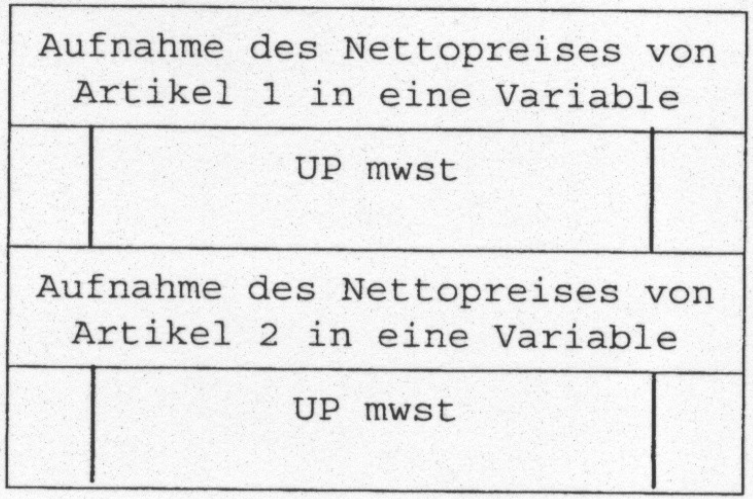
Funktionen/Unterprogramme

Struktogramm-Symbol

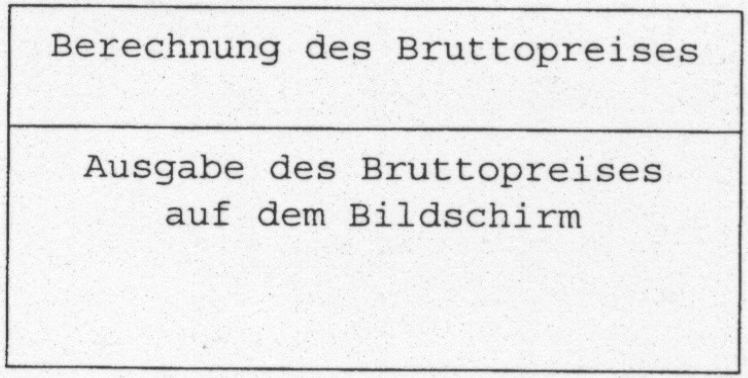


Struktogramm des Hauptprogramms und des Unterprogramms

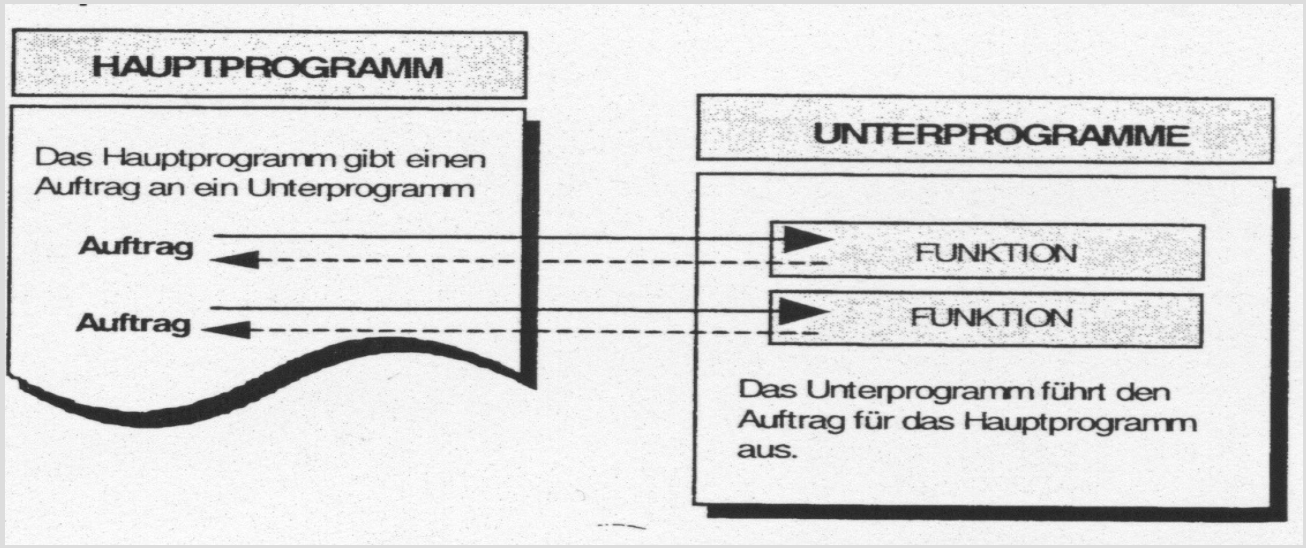
Hauptprogramm



Unterprogramm

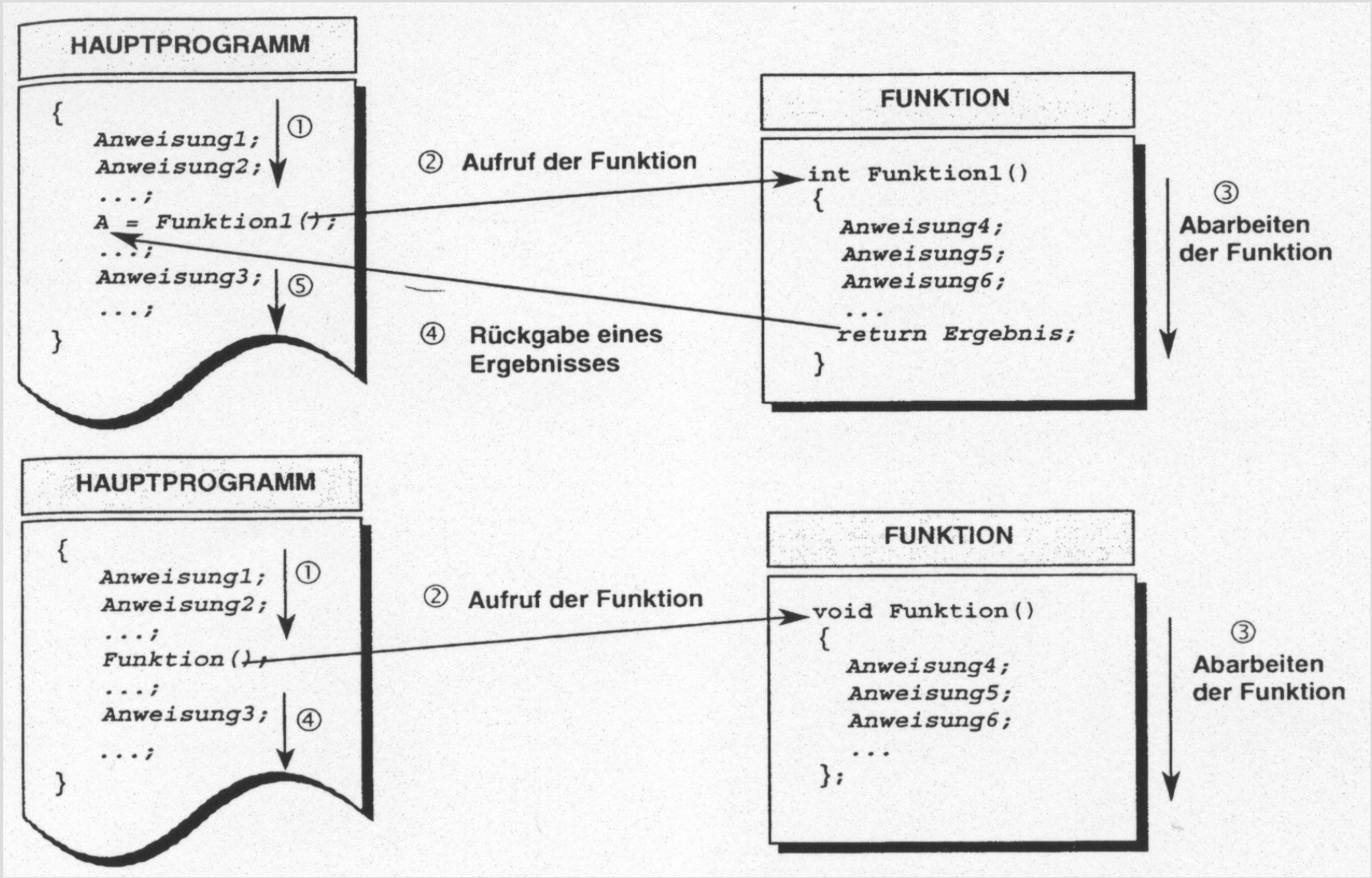


Funktionen/Unterprogramme

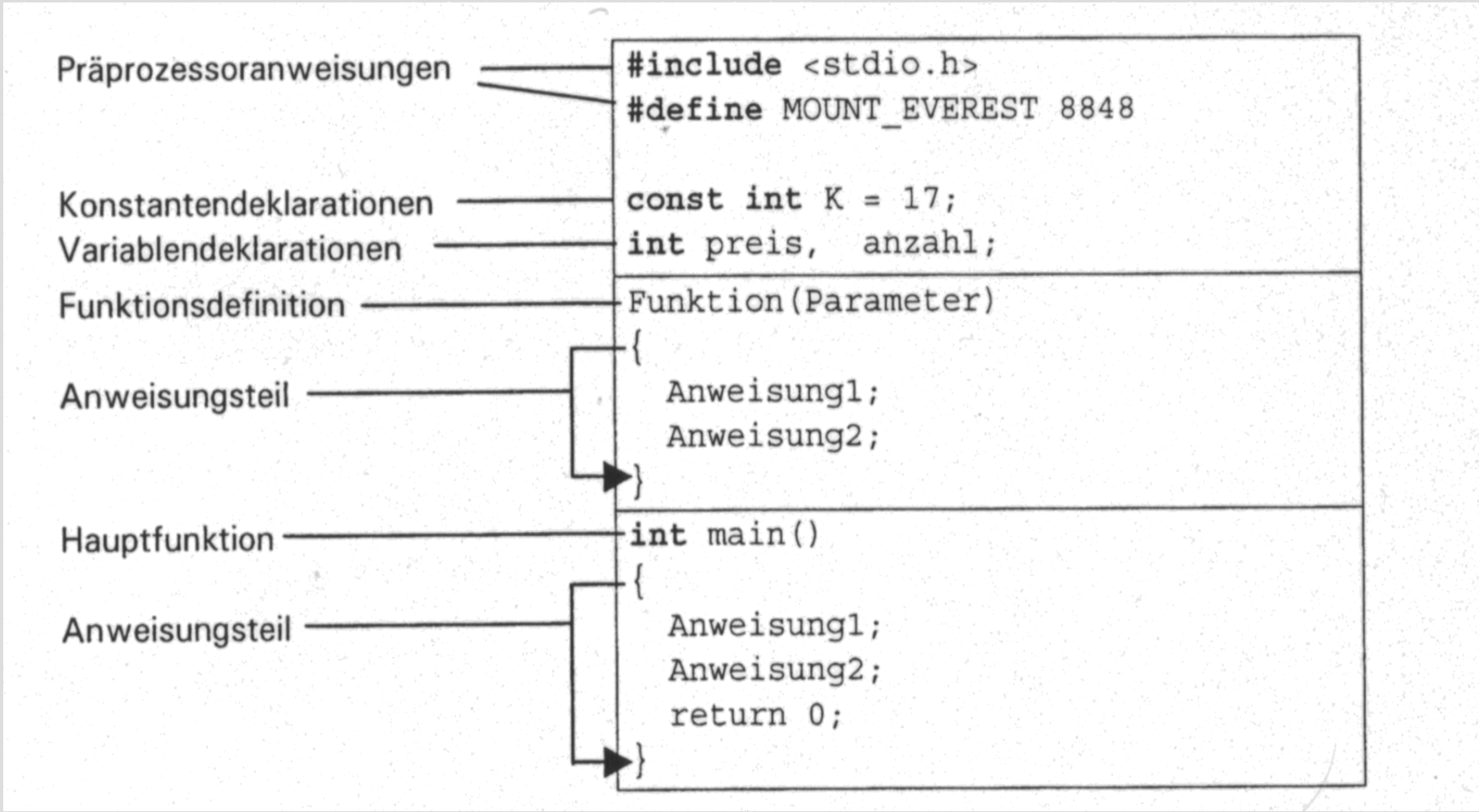



```
double sin(double x) { … }

int main()
{
    double dWert = sin(2.718);
    return 0;
}
```

Funktionen/Unterprogramme



Programmabschnitte



Funktionen/Unterprogramme call by value

```
const double cdMwSt = 1.19;

void bearbeiteArtikel(int iInNr, double dInWert)
{
  double dArtikelBrutto = dInWert * cdMwSt;
  printf("Artikel %d netto: %lf, brutto: %lf\n",
          iInNr, dInWert, dArtikelBrutto);
}

void main()
{
  bearbeiteArtikel(1, 12.90);
  bearbeiteArtikel(2, 1.90);
}
```

Funktionen/Unterprogramme call by reference

```
const double cdMwSt = 1.19;

void berechneBrutto(double dInWert, double& rdOutWert)
{
  rdOutWert = dInWert * cdMwSt;
}

void main()
{
  double dBrutto;

  berechneBrutto(12.90, dBrutto);
  cout << dBrutto << endl;
  berechneBrutto(25.90, dBrutto);
  cout << dBrutto << endl;
}
```

Funktionen/Unterprogramme call by reference (pointer)

```
const double cdMwSt = 1.19;

void berechneBrutto(double dInWert, double* pdOutWert)
{
  *pdOutWert = dInWert * cdMwSt;
}

void main()
{
  double dBrutto;

  berechneBrutto(12.90, &dBrutto);
  cout << dBrutto << endl;
  berechneBrutto(25.90, &dBrutto);
  cout << dBrutto << endl;
}
```

Referenzen Zeiger

&Variable → ergibt Speicheradresse der Variablen und kann in einem Zeiger gespeichert werden

int* Zeiger → Zeigerdeklaration auf eine Speicher**adresse**, deren Inhalt als **int** interpretiert wird.

*Zeiger → Dereferenzierung eines Zeigers: Zugriff auf den Speicher**inhalt.**

Beispiel:

```
int zahl = 261;                    // Variable zahl vom Datentyp int
int* zeigerAufZahl = &zahl;        // zeigerAufZahl wird die Speicheradresse
                                   //  der Variablen zahl zugewiesen

cout << "Wert des Speicherinhaltes auf den der Zeiger zeigt: "
     << *zeigerAufZahl << endl;
```

Referenzen Zeiger

Mögliche Organisation im Hauptspeicher

2 Byte **int** Variable „zahl“ im Speicher z.B. bei Adresse 0x1200cda0:
0x1200cda0: **0x05**
0x1200cda1: **0x01**
Zusammengesetzt: **0x0105** = 256+5 = 261

Variable „zeigerAufZahl” im Speicher, z.B. bei Adresse 0x1200cda2
0x1200cda2: **0xa0**
0x1200cda3: **0xcd**
0x1200cda4: **0x00**
0x1200cda5: **0x12**
Zusammengesetzt: **0x1200cda0** → Adresse von zahl

Referenzen Zeiger

```
int zahl = 254;
int* zeigerAufZahl = &zahl;   // Ann.: zahl liegt auf 0x1200cda0

zahl++;                       // Welchen Wert ergibt *zeigerAufZahl?

zeigerAufZahl++;   // Welchen Wert ergibt *zeigerAufZahl?
```

0x1200cda2: 0xa2
0x1200cda3: 0xcd
0x1200cda4: 0x00
0x1200cda5: 0x12
Zusammengesetzt: 0x1200cda2 → Adresse von zahl?

Prototyping

Ein **Funktionsprototyp** hat keinen Funktionsrumpf.
Entkopplung von Funktions**deklaration** und Funktions**definition**.

```
int add(int iInSummand1, int iInSummand2);  // Funktionsdeklaration

int main()
{
        int iSumme = add(3,4);
        return 0;
}

int add(int iInSummand1, int iInSummand2)  // Funktionsdefinition
{
        …
}
```

Prototyping

Datei math.h:

```
int add(int iInSummand1, int iInSummand2);
```

Datei math.cpp:

```
#include “math.h”

int add(int iInSummand1, int iInSummand2)
{
        return iInSummand1 + iInSummand2;
}
```

Datei main.cpp:

```
#include “math.h”

int main()
{
        int iSumme = add(3,4);
        return 0;
}
```

Prototyping

Datei math.h:

```
#ifndef MATH_H
#define MATH_H


#define fabs(x) ((x) < 0 ? : (-x) : x)

int add(int iInSummand1, int iInSummand2);


#endif
```

Iterationen - Schleifen

```
Anweisung1;
Anweisung2;

Anweisung1;
Anweisung2;

Anweisung1;
Anweisung2;

Anweisung1;
Anweisung2;

Anweisung1;
Anweisung2

Anweisung1;
Anweisung2

Anweisung1;
Anweisung2;
```

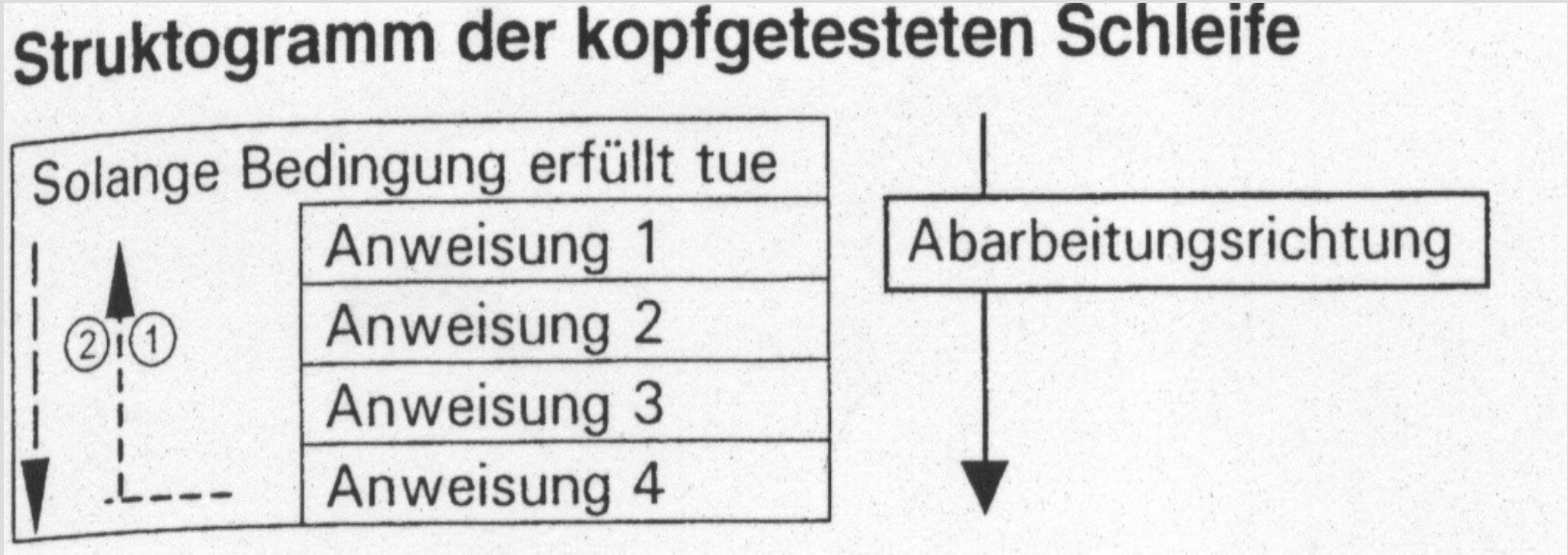
Wiederholungsanweisung

1. ***Festgelegte Anzahl*** der Wiederholungen
2. ***Bedingte*** Wiederholung
    a. Kopfgetestete Wiederholung
    b. Endegetestete Wiederholung

Schema:

```
Schleifensteuerung
        Anweisung1;
        Anweisung2;
```

Iterationen - Schleifen
Kopfgetestete Schleife




```
while(Bedingung erfüllt)
{
	Anweisung1;
	Anweisung2;
	Anweisung3;
	Anweisung4;
}
```

Iterationen - Schleifen
Kopfgetestete Schleife

```
#include <stdio.h>

int main()
{
	int i = 0;
	int z = 65;			/* ASCII-Wert für ’A’ */
	while(z != 69)			/* ASCII-Wert für ’E’ */
	{
		i++;
		printf(„Anzahl der Schleifendurchlaeufe: %d\n");
		printf(„Ende mit E. Taste: “);
		z = getchar();
	}
	return 0;
}
```

Iterationen - Schleifen
Kopfgetestete Schleife

```
#include <stdio.h>

int readInput(int& riInNr, char* acInText)
{
	printf("%s%d\n", acInText, riInNr++);
	printf(„Ende mit E. Taste: “);
	int iKey = getchar();
	return iKey;
}

int main()
{
	int i = 0;
	int z = 65;			/* ASCII-Wert für ’A’ */
	while(z != 69)			/* ASCII-Wert für ’E’ */
	{
		z = readInput(i, „Anzahl der Schleifendurchlaeufe: ");
	}
	return 0;
}
```

Iterationen - Schleifen
Kopfgetestete Schleife

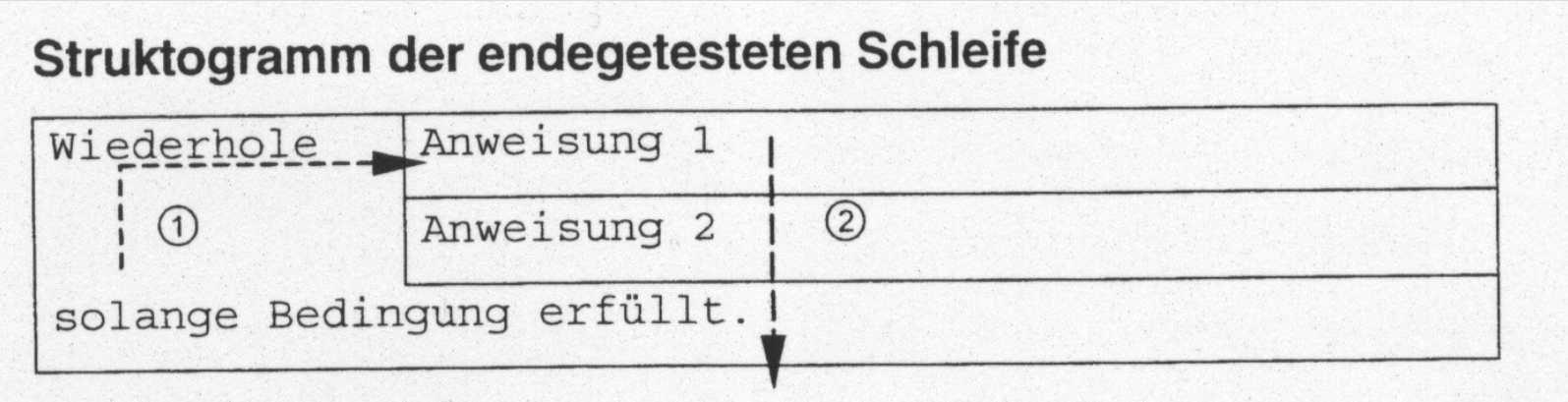
```
#include <stdio.h>

int readInput(int& riInNr, char* acInText)
{
	printf("%s%d\n", acInText, riInNr++);
	printf(„Ende mit E. Taste: “);
	int iKey = getchar();
	return iKey;
}

int main()
{
	int i = 0;
	while(readInput(i, „Anzahl der Schleifendurchlaeufe: ") != 69)
	{
	}
	return 0;
}
```

Iterationen - Schleifen
Kopfgetestete Schleife

```
#include <stdio.h>

#define fabs(x) ((x) < 0? (-(x)) : (x))

double sqrt(double dInValue)
{
        double dAalt = dInValue;
        double dAneu = dInValue/2.0;
        while(fabs(dAalt – dAneu) > 0.0000001)
        {
                double dTmp = dAneu;
                dAneu = (dInValue/dAalt + dAalt)/2.0;
                dAalt = dTmp;
        }
        return dAneu;
}

int main()
{
        double dZahl = 144.0;
        double dWurzel = sqrt(dZahl);
        printf("Quadratwurzel von %lf ist %lf\n", dZahl, dWurzel);
        return 0;
}
```

$$A_{neu} = \frac{\left(\frac{N}{A_{alt}} + A_{alt}\right)}{2}$$

Iterationen - Schleifen
Endegetestete Schleife




```
do
{
        Anweisung1;
        Anweisung2;
}
while(Bedingung erfüllt)
```

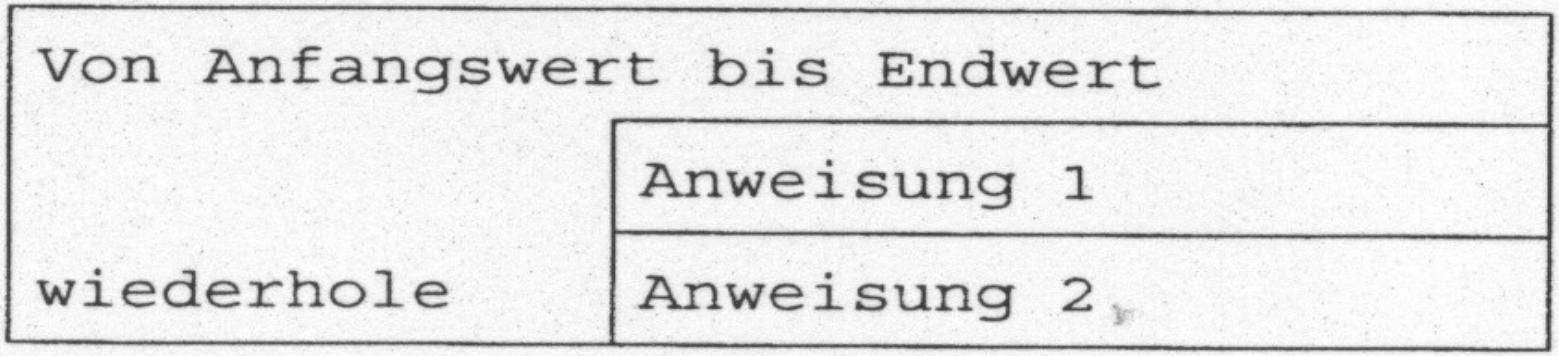
Iterationen - Schleifen

Endegetestete Schleife

```
int wahlBox()
{
	int iEingabe;
	printf(“Willkommen in der Wahlkabine\n“);
	do
	{
		printf(“Stimme fuer Bundeshorst: 1\n“);
		printf(“Stimme fuer Schwanengesine: 2\n“);
		scanf("%d", &iEingabe);
	} while(iEingabe < 1 || iEingabe > 2);
	return iEingabe;
}

void main()
{
	int z = 0;
	int iBundeshorst = 0;
	int iSchwanengesine = 0;
	do
	{
		int iStimme = wahlBox();
		switch(iStimme)
		{
			case 1: iBundeshorst++; break;
			case 2: iSchwanengesine++; break;
		}
		cout << “Wahlende (0)“ << endl;
		cin >> z;
	} while(z != 0);
	printf(“Stimmen fuer Bundeshorst: %d\n“, iBundeshorst);
	printf(“Stimmen fuer Schwanengesine: %d\n“, iSchwanengesine);
}
```

Iterationen - Schleifen
Zählschleife

Struktogramm der Zählschleife




```
for(Ausdruck1; Bedingung; Ausdruck2)
{
        Anweisung1;
        Anweisung2;
}
```

Iterationen - Schleifen
Zählschleife

```
#include <stdio.h>

int main()
{
	for(int z=0;   z<=10;    ++z)
	{
		printf(“z: %d\n”, z);
	}
	return 0;
}
```

```
#include <stdio.h>

int main()
{
	for(int z=10;   z>=0;    --z)
	{
		printf(“z: %d\n”, z);
	}
	return 0;
}
```

Iterationen - Schleifen
Zählschleife

```
/* Summe der Zahlen von 1-100*/

#include <stdio.h>

int main()
{
	int iSumme = 0;
	for(int z=1; z<=100; z++)
	{
		iSumme += z;
	}
	printf(”Summe von 1-100: %d\n”, iSumme);
	return 0;
}
```

Erwartungshorizont
Stand heute

- Verständnis von Zahlensystemen, dezimal ←→ binär ←→ hexadezimal
- Zusammenhang von Datentyp **int** zu Binärdarstellung
- Begrenzte Darstellung von Zahlenräume, **int, long int, float, double**
- Unterschied zwischen **signed** und **unsigned** Datentypen
- Umwandlung (type cast) von Ganzzahl- und Fließkommadatentypen
- Deklaration und Definition von Variablen, Konstantendefinition
- Definition von Makros, Funktionsweise des Präcompilers
- Anwendung mathematischer Operatoren auf Variablen
- Umwandlung einer math. Formel in C-Syntax
- Unterschied lokale und globale Variablen, Sichtbarkeitsregeln
- Anwendung cout, cin
- Selektion mit **if, if-else, switch**, Kombination und Verschachtelung
- Definition von Funktionen mit und ohne Rückgabewert sowie mit Parameterliste
- Aufruf einer Funktion mit Variablen mittels call by value, call by reference
- Unterprogrammtechnik
- Verständnis von Referenzen und Zeigern sowie deren Zusammenhang
- **while**-Schleife, **do-while**-Schleife, **for**-Schleife

Typvereinbarungen

- **einfache Datentypen**: char, int, float, double …
- **eigene/zusammengesetzte Typdefinitionen**

typedef Datentyp NeuerTypName;

Beispiel:
typedef float real;
typedef int temperature;

Aufzählung:
typedef enum
{
  Jan, Feb, Mrz, Apr, Mai, Jun, Jul, Aug, Sep, Okt, Nov, Dez
} tMonat;

typedef enum {rot, gelb, gruen} tAmpel;

Beispiel:
tAmpel AmpelVariable = rot;

Typvereinbarungen

```
typedef enum {binary=2, octal=8, decimal=10, hex=16} tNumberSystem;

void printSystem(tNumberSystem eInSystem)
{
        switch(eInSystem)
        {
            case binary:  printf("Binaersystem: %d", binary);
                          break;
            case octal:   printf("Oktalsystem: %d", octal);
                          break;
            case decimal: printf("Dezimalsystem: %d", decimal);
                          break;
            case hex:     printf("Hexadezimalsystem: %d", hex);
                          break;
            default:      printf("Nicht unterstuetztes System!");
        }
        cout << endl;
}
```

Array / Feld

Zusammenfassung von Variablen mit demselben Datentyp
Karteikasten/Ordner
Zugriff durch Indizierung

Beispiel:

```
int z0 = 31;          int aiMonatstage[12];
int z1 = 28;          ------------------------------------------------
int z2 = 31;
int z3 = 30;          int aiMonatstage[] = {31,28,31,30,31,30,31,31,30,31,30,31};
int z4 = 31;          printf("Anzahl Tage im Monat Juli: %d", aiMonatstage[6]);
int z5 = 30;
int z6 = 31;          int iAnzahlTageJanuar = aiMonatstage[0];
int z7 = 31;
int z8 = 30;          for(int i=0; i < 12; i++)
int z9 = 31;          {
int z10 = 30;               printf("Monat %d hat %d\n", i+1, aiMonatstage[i]);
int z11 = 31;         }
```

Array / Feld

```
int aiMonatstage[12];

void initMonatstage(int iInJahr)
{
	for(int iMonat=0; iMonat<7; iMonat++)
	{
		aiMonatstage[iMonat] = 30 + (iMonat+1)%2;
	}
	for(int iMonat=7; iMonat<12; iMonat++)
	{
		aiMonatstage[iMonat] = 30 + iMonat%2;
	}
	aiMonatstage[1] = (iInJahr % 4 == 0) &&
				(iInJahr % 100 != 0 || iInJahr % 400 == 0)? 29 : 28;
}
```

Dynamisches Array / Feld

Ein dynamisches Array wird zur Laufzeit angelegt, d.h. es wird im Speicherplatz bereitgestellt, der für die angegebene Anzahl an Arrayelementen hinreichend groß ist.
Der Programmentwickler muss sich selbst um die explizite Freigabe des reservierten Speichers kümmern.

Vorteil:
Die Größe des Arrays kann so gewählt werden, wie es zur Laufzeit benötigt wird.

Nachteil:
Es muss genauestens darauf geachtet werden, dass der Speicher wieder freigegeben wird.

Dynamisches Array / Feld

C - Vorgehensweise:

```
#include <stdlib.h>

int* aiMonatstage = (int*) malloc(12 * sizeof(int));  // 12 Arrayelemente vom Typ int
.........
free (aiMonatstage);
```

C++ - Vorgehensweise:

```
int* aiMonatstage = new int[12];   // 12 Arrayelemente vom Typ int
.........
delete [] aiMonatstage;
```

Zeichenketten

Zeichenketten sind aneinandergereihte Zeichen und werden in Hochkommata eingeschlossen. Verwendung bereits bei der Ausgabe auf die Konsole:

printf(“Ausgabe einer Zeichenkette\n”);

Ausgabe von 26 Zeichen, d.h. passende Datenstruktur ist ein Array!

```
const int ciLen = 26;
char acString[ciLen] = {'A','u','s','g','a','b','e',' ','e','i','n','e','r',' ','Z','e','i','c','h','e','n','k','e','t','t','e'};

bool find(char* poInString, int iInLen)
{
}
```

Zeichenketten

Wie kann die Länge einer Zeichenkette besser gespeichert werden?

1. Variante:
char ist ein Integer-Datentyp, d.h. Speicherung einer Zahl ist möglich.
Erstes Zeichen wird für die Länge genutzt:

```
unsigned char aucString[12] = {11, 'H','a','l','l','o',' ','W','e','l','t','!'};
```

Vorteil:
Die Länge kann bestimmt werden mit:

```
unsigned int uiLen = aucString[0];
```

Nachteile:
- ein Zeichen mehr wird benötigt
- unsigned char hat einen Wertebereich von 0 .. 255
  → max. Länge einer Zeichenkette ist 255

Zeichenketten

Wie kann die Länge einer Zeichenkette besser gespeichert werden?

2. Variante:
Markierung des Endes der Zeichenkette mit einem definierten Zeichen,
Endemarke z.B. '\0'

```
unsigned char aucString[12] = {'H','a','l','l','o',' ','W','e','l','t','!', 0};
```

Vorteil:
Keine Beschränkung der Zeichenkettenlänge.
→ Hohe Flexibilität!

Nachteile:
- ein Zeichen mehr wird benötigt,
- Länge muss durch Suche der Endemarke bestimmt werden,
- Endemarke kann nicht als Teil einer Zeichenkette genutzt werden.

Strukturen

Strukturen fassen Daten mit unterschiedlichen Datentypen zusammen

z.B. Adresse:

```
struct tAdresse
{
	char		macVorname[20];
	char		macName[20];
	char		macStrasse[30];
	unsigned int	muiHausnummer;
	unsigned int	muiPostleitzahl;
	char *		macOrt;
};

tAdresse  sMeineAdresse;
strcpy(sMeineAdresse.macVorname, "Heinz");
strcpy(sMeineAdresse.macName, "Mustermann");
strcpy(sMeineAdresse.macStrasse, "Karlsruher Strasse");
sMeineAdresse.muiHausnummer = 4;
sMeineAdresse.muiPostleitzahl = 76275;
strcpy(sMeineAdresse.macOrt, "Ettlingen");
```

Strukturen

```
struct tAdresse
{
	char		macVorname[20];
	char		macName[20];
	char		macStrasse[30];
	unsigned int	muiHausnummer;
	unsigned int	muiPostleitzahl;
	char *		macOrt;
};

tAdresse*  asAdressen;
AsAdressen = (tAdresse*) malloc (100 * sizeof(tAdresse));

strcpy(asAdresse[10].macVorname, "Heinz");
strcpy(asAdresse[10].macName, "Mustermann");
strcpy(asAdresse[10].macStrasse, "Karlsruher Strasse");
asAdresse[10].muiHausnummer = 4;
asAdresse[10].muiPostleitzahl = 76275;
strcpy(asAdresse[10].macOrt, "Ettlingen");

free( asAdressen );
```

Sprünge - Vorsicht!

continue

Beendigung des aktuellen Schleifendurchgangs

Anwendung nur bei Förderung der Übersicht

```
for(int i=0; i<20; i++)
{
      if(i % 2 == 0)
            continue;

      int z = i*2;
      printf("z = %d\n", z);
}
```

```
for(int i=0; i<20; i++)
{
      if(i % 2 == 0)
      {
      }
      else
      {
            int z = i*2;
            printf("z = %d", z);
      }
}
```

Sprünge - Vorsicht!

break

Beendigung der Schleife

Anwendung nur bei Förderung der Übersicht

```
for(int i=1; i<20; i++)
{
      if(i % 2 == 0)
            break;

      int z = i*2;
      printf("z = %d", z);
}
```

```
for(int i=1; i<20 && i % 2 != 0; i++)
{
      int z = i*2;
      printf("z = %d", z);
}
```

Sprünge - Vorsicht!

goto (vade retro satanis!)

Sprung an eine durch eine Marke definierte Position

Anwendung nur im absoluten Notfall! Am besten nie.
..... und so schon gar nicht!!!

```
int i=0;

goto SprungMarke1;
SprungMarke3:
printf(“Nie goto verwenden\n“);
i++;
goto SprungMarke2;
SprungMarke1:
printf(“absolut nie goto verwenden“);
SprungMarke2:
if(i<10)
goto SprungMarke3;
```

```
int i=0;

printf("absolut nie goto verwenden");
for( ; i<10; i++)
{
      printf(“Nie goto verwenden\n”);
}
```

Test-Verfahren

bool contains(char* acInString, char* acInSubString)

Sei contains eine Funktion, die genau dann true zurück gibt, wenn die Zeichenkette acInSubString in acInString enthalten ist, also

contains(“Hallo Welt!”, “Welt”) → true

contains(“Hallo Welt!”, “World”) → false

Wie kann man diese Funktion auf Korrektheit testen?

Test-Verfahren

Wie kann man diese Funktion auf Korrektheit testen?

“Von Hand”:

```
void main()
{
   if(contains(“Hallo Welt!”, “Welt”))
   {
      printf(“Korrekt!\n”);
   }
   else
   {
      printf(“Nicht korrekt!\n”);
   }
}
```

Test-Verfahren

“Von Hand”-Methode

Vorteil:
Kein großer Aufwand → zumindest vordergründig

Nachteile:
- Jeder Testfall muss einzeln eingegeben und geprüft werden,
- nach den Tests sind die Testfälle nicht mehr verfügbar,
- bei Änderung der Funktion muss von vorne begonnen werden,
- keine Systematik, d.h. es ist nicht gewiss, ob ein Testfall bereits geprüft wurde,
- es ist nicht klar, wann die Funktion hinreichend gut getestet ist.

Test-Verfahren

“Von Hand”-Methode erweitert:

```
void tests()
{
   // Testfall 1
   if(contains(“Hallo Welt!”, “Welt”))
   {
      printf(“Korrekt!\n”);
   }
   else
   {
      printf(“Nicht korrekt!\n”);
   }

   // Testfall 2
   if(!contains(“Hallo Welt!”, “World”))
   {
      printf(“Korrekt!\n”);
   }
   else
   {
      printf(“Nicht korrekt!\n”);
   }
}
```

```
void main()
{
   tests();
}
```

Unit-Tests

```
void testcase_contains(char* acInString, char* acInSubString, bool bInExpectedResult)
{
   printf(“contains(%s, %s) ”, acInString, acInSubString);
   if(contains(acInString, acInSubString)  !=  bInExpectedResult)
   {
         printf(“nicht ”);
   }
   printf(“korrekt!\n”);
}


void tests()
{
   testcase_contains(“Hallo Welt!”, “Welt”, true);
   testcase_contains(“Hallo Welt!”, “World”, false);
}


void main()
{
   tests();
}
```

Unit-Tests

Vorteile:

- alle Testfälle sind dokumentiert
  → Nachvollziehbar wie und was getestet wurde

- bei Änderung (z.B. Optimierung) der Funktion kann schnell die Korrektheit geprüft werden
  → “never touch a running system” gilt nicht mehr

- Bugs werden als nicht vorhandene Testfälle neu eingefügt
  → Testfall korrekt bedeutet, Bug ist behoben

- Funktion gilt als getestet, wenn alle Testfälle korrekt sind
  → Seiteneffekte werden berücksichtigt

- Testfälle können vor der Implementierung geschrieben werden
  → wenn alle Testfälle korrekt sind, ist die Implementierung vollständig

Unit-Tests

Nachteile:

- doppelt so viel Code wird erstellt
- Gefahr, dass zu viel getestet wird.

Weitere Vorteile:

- trotz, dass doppelt so viel Code erstellt wird, sinkt die Erstellungsdauer mitunter auf die Hälfte der Zeit
  → für Selbständige bedeutet dies eine Verdopplung des Umsatzes
- man kann ruhiger schlafen, da man weiß, was alles getestet ist

Extrema einer Zahlenfolge bestimmen

Aufgabe:

- geg. Zahlenfolge: 9, 5, 1, 4, 6, 7, 2, 3
- Es soll das größte und das kleinste Element bestimmt werden.

Idee:
- es wird eine Variable vereinbart, die das lokale Extremum beinhaltet
- mit jedem Schritt wird überprüft, ob das neue Element ein neues lokales Extremum ist
- am Ende ist das lokale Extremum auch das globale Extremum

```
int iMinimum = aiFolge[0];
for(unsigned int li=1; li < uiCount; ++li)
{
   if(iMinimum > aiFolge[ li ])
   {
      iMinimum = aiFolge[ li ];
   }
}
```

```
int iMaximum = aiFolge[0];
for(unsigned int li=1; li < uiCount; ++li)
{
   if(iMaximum < aiFolge[ li ])
   {
      iMaximum = aiFolge[ li ];
   }
}
```

Sortierverfahren

Aufgabe:

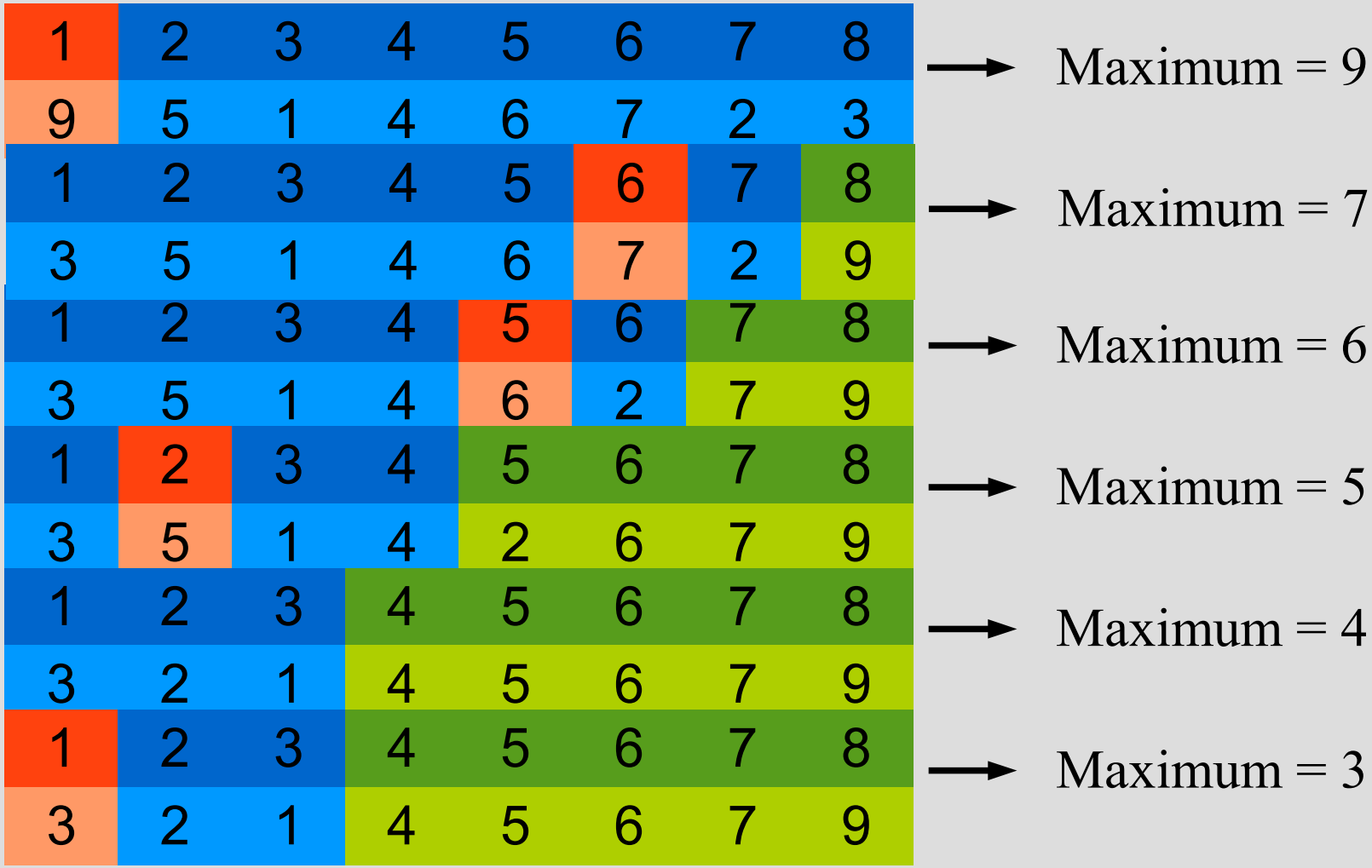
- geg. Zahlenfolge: 9, 5, 1, 4, 6, 7, 2, 3
- Zahlenfolge soll aufsteigend sortiert werden.

Idee beim Sortieren:
- Größte Zahl an oberste Stelle bringen
- Zweitgrößte Zahl an zweitoberste Stelle bringen
- Drittgrößte Zahl an drittoberste Stelle bringen
- usw.

Wie kommt man die größte Zahl?

Man fängt “vorne” an ...

Sortierverfahren

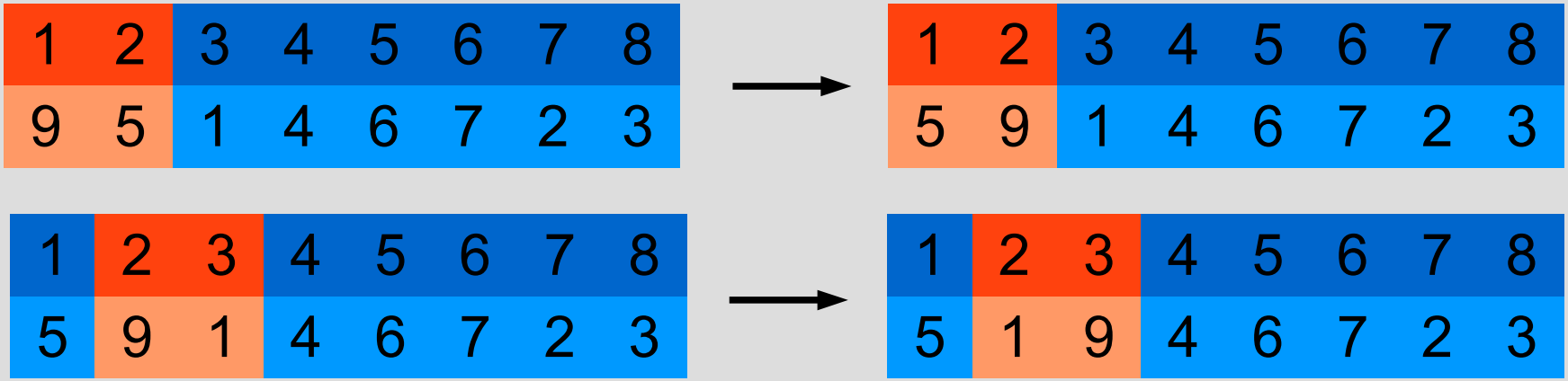


Sortierverfahren

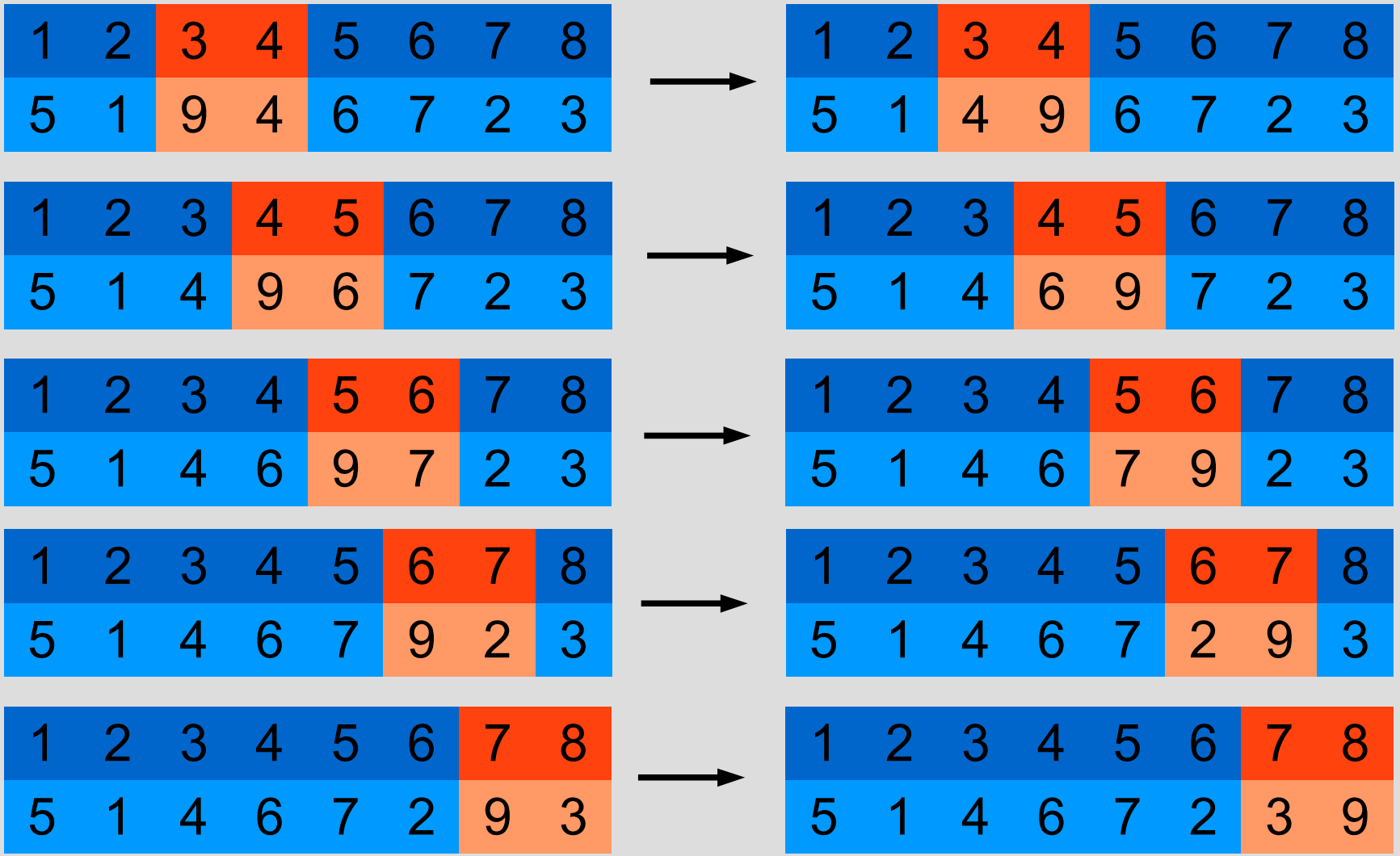
Nachteil bei diesem Verfahren:

In jedem Schritt muss jedes Element untersucht werden, ob es das Maximum ist.
→ Hohe Kosten, denn bei n Elementen müssen n * n Vergleiche durchgeführt werden!
→ Es wird immer nur ein Eement in die richtige Richtung bewegt.

Es geht besser:
Es werden immer zwei benachbarte Elemente verglichen und ggf. vertauscht.
Nach einem Durchgang ist das Maximum der verbleibenden Folge an oberster Stelle.
→ BubbleSort, die größte Blase steigt nach oben.



Sortierverfahren



Sortierverfahren

- Mit jedem Schritt wird das lokale Maximum an die oberste Stelle transportiert.
- Andere Elemente werden in die Richtung transportiert, an der ihre richtige Position ist.
- Spätestens nach n-1 Durchgängen sind alle Elemente an der richtigen Position.
- Aber: Wenn es in einem Durchgang keine Vertauschung gab, dann sind alle Elemente an der richtigen Position.

Sortierverfahren

```
void bubleSort(int* aiInOutFolge, int iInCount)
{
 bool bSwaped = true;
 for(int li=1; li < iInCount && bSwaped; ++li)
 {
  bSwaped = false;
  for(int lj=1; lj <= iInCount - li; ++lj)
  {
   if(aiInOutFolge[lj-1] > aiInOutFolge[lj])
   {
    int iTmp = aiInOutFolge[lj-1];
    aiInOutFolge[lj-1] = aiInOutFolge[lj];
    aiInOutFolge[lj] = iTmp;
    bSwaped = true;
   }
  }
 }
}

void main()
{
 int aiFolge[] = {9, 5, 1, 4, 6, 7, 2, 3};
 bubleSort(aiFolge, 8);
}
```