

Programmierkurs: Die ersten Schritte

Manfred Hauswirth | Open Distributed Systems | Einführung ins Programmieren, WS 25/26

Rückblick

VL 0 „Organisation und Inhalt“: Ablauf der Vorlesung, Termine

VL 1 „Hello World“: „Lebenswichtiges“, Programtablauf, Programmierablauf, Kompilierung und Ausführung von Programmen

VL 2 „Die ersten Schritte“: Erstes C-Programm, Elementare C-Strukturen, Datentypen, Operatoren, Schleifen

VL 3 „Kontrollstrukturen & Funktionen“: Syntax, Semantik, bedingte Anweisungen, Blöcke, Sichtbarkeit

VL 4 „Rekursive Funktionen & Bibliotheken“: rekursive Funktionsaufrufe, Modularisierung

VL 5 „Typen“: Einfache und strukturierte Datentypen, Wertebereiche, Typendefinition

VL 6 „Speicher und Adressen“: Speicher, Pointer, Funktionsaufrufe „call by value“ vs. „call by reference“

VL 7 „Speicher und Arrays“: Speicher, Arrays, mehrdimensionale Arrays, Arrays und Pointer

VL 8 „Dynamische Speicherverwaltung“: Speicherallokation, Fehlerbehandlung, Rückgabewerte, Arrays/Pointer/Adressen

VL 9 „Strings, Kanäle, Git“: Strings und Arrays, Zeichensätze, Stringlänge, Ein- und Ausgabe, Arbeiten mit git

VL 10 „Debugging und Stack“: Fehlverhalten/Bugs, Fehlersuche Strategien und Werkzeuge

Algorithmus vs. Programm

- **Algorithmen** beschreiben was ein Computer ausführen soll (in schematischer Form)
 - „Kochrezept“
 - Konzept
- **Programmiersprachen** stellen eine Schnittstelle dar, um die Algorithmen auf dem Computer definieren und ausführen zu können
 - Die genauen Schritte eines Algorithmus werden beschrieben

Algorithmus vs. Programm

- **Algorithmen** fokussieren auf Korrektheit, Vollständigkeit und Komplexität
 - Funktioniert der Algorithmus immer richtig?
 - Deckt der Algorithmus alle möglichen Fälle ab?
 - Ist der Algorithmus effizient (schnell, Ressourcenverbrauch)?
- **Programmiersprachen** müssen zusätzlich alle Details des Computers berücksichtigen
 - Die exakten Anweisungen für jeden Schritt des Algorithmus

Beispiel: Kuchen backen

- Input: Zutaten
- Softwareumgebung/Datenstrukturen: Werkzeuge
- Algorithmus: Rezept
- Programm: Rezept ausführen
- Hardware: Kochwerkzeuge, Ofen
- Output: Kuchen 😊



Beispielalgorithmus: Zweierpotenzen

- Berechne die Zweierpotenzen bis n (also solange " $2^m < n$ " gilt):
 - Sei m gleich 0
 - Sei p gleich 1
 - Solange p kleiner n ist, mache:
 - Gib „2 hoch m ist p “ auf der Konsole aus
 - Addiere zu m den Wert 1
 - Multipliziere p mit dem Wert 2
- Der Algorithmus ist natürlich-sprachlich in einer Art **Pseudocode** beschrieben!
- Warum geben wir 2^m zuerst aus, bevor m erhöht wird?

Beispielalgorithmus: Zweierpotenzen in Pseudocode

- Berechne die Zweierpotenzen bis n:
 $m = 0;$
 $p = 1;$
 while ($p < n$)
 Ausgabe von: „ 2^m ist p“;
 $m = m + 1;$
 $p = p * 2;$
- Jetzt ist der Algorithmus in **Pseudocode** beschrieben!
- Kürzer und präziser

- Ein Algorithmus ist eine Liste von Anweisungen, quasi die Essenz eines Programms, und wird in Pseudocode aufgeschrieben
- Wichtige Aspekte:
 - **Korrektheit**: Erfüllt der Algorithmus seine Anforderungen?
D.h.: Gibt der obige Algorithmus wirklich die Zweierpotenzen aus?
 - **Effizienz**: Wie viel Zeit und wie viel Speicherplatz braucht er?
 - (**Terminierung**: Hält der Algorithmus immer an?)

Elemente von Pseudocode am Beispiel: Zweierpotenzen

- Algorithmus: Gebe Zweierpotenzen bis n aus:

$m \leftarrow 0;$

$p \leftarrow 1;$

while ($p < n$)

Ausgabe von: „ 2^m ist p “;

$p \leftarrow p * 2;$

$m \leftarrow m + 1;$

Variablen

Zuweisung

Berechnung

Wiederholung

zusätzlich

Verzweigung

- Der Algorithmus ist in **Pseudocode** beschrieben!

Programmiersprache C

Wiederholung: Minimales C Programm

```
$ more hello.c  
#include <stdio.h>
```

```
int main() {  
    printf("Hello World.\n");  
}
```

```
$ clang -Wall -std=c11 -o hello hello.c
```

```
$ ./hello  
Hello World.
```

Erstes „echtes“ C Programm: Zweierpotenzen

Beispielalgorithmus: Zweierpotenzen

Pseudocode

```
m = 0;
p = 1;
while (p < n)
    Ausgabe: "2^m ist p";
    m = m + 1;
    p = p * 2;
```

C-Code

```
#include <stdio.h>

int main() {
    int m = 0;
    int p = 1;
    int n = 10; // nur als Beispiel
    while (p < n) {
        printf("2^%d ist %d\n", m, p);
        m = m + 1;
        p = p * 2;
    }
}
```

Elementare C Strukturen

Elementare C Strukturen

- Variablen
- Zuweisung
- Berechnung

- Wiederholung
- Verzweigung

Das einfachste C-Programm

Basisstruktur

- Das einfachste C Programm besteht nur aus einer Funktion: `main` Das ist der Einsprungspunkt (Startpunkt) für das Betriebssystem.
- Das untenstehende Programm ist ein korrektes Programm, das jedoch „leer“ ist, d.h., **es tut nichts.**

```
int main() {  
  
}
```


Typen und Variablen

- **Variablen**
 - Die Basiselemente eines Programms
 - Erlauben es, Daten strukturiert zu speichern
- **Typen**
 - Definieren die Art der Daten
 - Beispiele: Zahlen, Zeichen, ...

- Beispiele:

```
int x;
```

```
/* Variable x vom Typ Integer */
```

```
int y, z;
```

```
/* Variablen y und z vom Typ Integer */
```

Bezeichner, z.B. für Variablennamen

- Namen sind frei wählbar mit folgenden Einschränkungen:
 - Erstes Zeichen aus: a-z, A-Z, _
 - Weitere Zeichen: 0-9, a-z, A-Z, _
 - Keine Schlüsselwörter
- Groß-/Kleinschreibung wird unterschieden.
- Schlüsselwörter sind C-Sprachelemente

Beispiele:

```
int, char, float, void, ...  
=, +, >, <, ...  
while, for, if, else, ...  
/*, */, //
```

```
/* Typen */  
/* Math. Operationen */  
/* Kontrollstrukturen */  
/* Kommentare */
```

Ausgaben: printf

- Zweck: Texte und Werte am Bildschirm ausgeben
- Beispiele:

```
printf("Hello world\n");
```

Ausgabe: **Hello world**

```
printf("Wert der Variablen i: %d\n", i);
```

Ausgabe (Beispiel): **Wert der Variablen i: 42**

```
printf("a(%d)+ b(%d) ist: %d\n", a, b, a + b);
```

Ausgabe (Beispiel): **a(102) + b (-60) ist: 42**

- Gedankenstütze: **printf("bla %d bla %d bla\n", x, 42)**
gibt den Text in "..." am Bildschirm aus und ersetzt die %d durch die Ausdrücke hinter dem Komma

Zuweisung

- Weist einer Variablen einen Wert zu:
 - Operator: **=**

- Beispiele:

```
int x, y;           // Variablen x und y sind vom Typ Integer
x = 10;             // Zuweisung des Wertes 10 an x
y = - x;            // Zuweisung des negierten Wertes von x an y
x = y;              // Zuweisung des Wertes von y an x
```

Zuweisung

- Eine Zuweisung besteht aus
 1. der **Auswertung** der rechten Seite
 2. der **Speicherung** des Ergebnisses der Auswertung in der Variablen der linken Seite

- Beispiel

1. `int x;`

2. `x = 5;`

3. `int y;`

Zustand	x	<input data-bbox="1238 674 1367 721" type="text" value="?"/>	
Zustand	x	<input data-bbox="1238 754 1367 801" type="text" value="5"/>	
Zustand	x	<input data-bbox="1238 836 1367 883" type="text" value="5"/>	y <input data-bbox="1543 836 1673 883" type="text" value="?"/>

Mathematische Operationen

- **Standardsatz an Operationen:**
 - Basisoperatoren: +, -, *, /, %, ...
 - Erlauben das Rechnen mit den Daten mit Hilfe von Variablen

- Beispiele:

```
int x, y;           // Variablen x und y vom Typ Integer
x + y               // Addition
x - y               // Subtraktion
x * y               // Multiplikation
x % y               // Modulo (Rest nach Division)
```

Zuweisung: Merke

- Das Zeichen „**=**“ ist kein Gleichheitszeichen, sondern der Zuweisungsoperator
- Es ist also kein Gleichheitszeichen im Sinne einer Aussage „x hat den gleichen Wert wie y“, sondern hat die Bedeutung „x nimmt den Wert von y an“

x = 5;

bedeutet: „x wird der Wert 5 zugewiesen“

x = x + 1;

bedeutet: „x wird um 1 erhöht“

- Andere Programmiersprachen verwenden zum Teil andere Zeichen.

Weitere mathematische Operationen

- **Logische Operationen:**
 - Rechnen mit Wahrheitswerten („true“, „false“)
 - Logisches „und“ (\wedge): **&&**, logisches „oder“ (\vee): **||**, ... (kommt später genauer)
- **Vergleiche:**
 - Vergleichen zweier Werte
 - Kleiner: **<**, größer: **>**, kleiner gleich: **<=**, größer gleich: **>=**, ...
 - **Gleichheit: ==**
- **Beispiele:**

```
int x, y;           /* Variablen x und y vom Typ Integer */
x > y               /* Vergleich: Größer als */
x == y             /* Test auf Gleichheit */
```


Deklaration von Variablen

- Jede Variable **muss** vor ihrer ersten Verwendung **deklariert** werden, d.h. welchen Typ hat die Variable

```
int month;    // Deklaration
```

```
month = 10;   // Initialisierung mit einem Wert (Zuweisung)
```

```
int year = 2024; // Deklaration und Initialisierung in  
                // 1 Schritt
```

Ausdrücke (expressions)

- Während der Programmausführung entstehen neue Werte, die in Variablen gespeichert werden können.

```
int year = 2000;      // declaration and initialization
year = year + 24;     // evaluation of expression; year is now 2024
```

Ausdrücke (expressions)

- Ausdrücke sind die elementaren funktionalen Einheiten eines Programms.
 - Neue Werte entstehen durch Auswertung von Ausdrücken.
- C-Ausdrücke werden nach einer bestimmten Syntax gebildet, welche weitgehend der Syntax mathematischer Ausdrücke entspricht.
- Ausdrücke werden durch Einsetzen der aktuellen Werte ausgewertet

```
int celsius = 0;  
int fahrenheit = 92;
```

Zustand	fahrenheit	<input type="text" value="92"/>	celsius	<input type="text" value="0"/>
<pre>celsius = (fahrenheit - 32) * 5 / 9;</pre>				
Zustand	fahrenheit	<input type="text" value="92"/>	celsius	<input type="text" value="33"/>

Beispiel: Swap

- In Programmen tritt häufig der Fall auf, dass zwei Variablen ihre Werte vertauschen sollen („swap“):

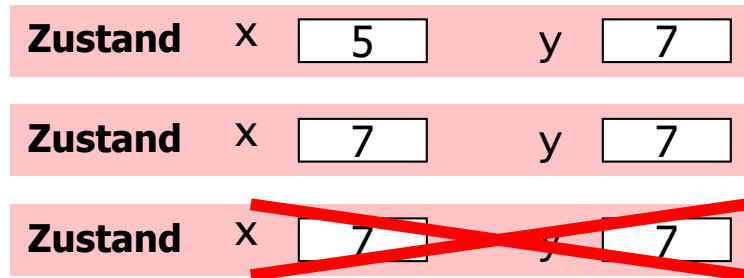
```
int x = 5;
```

```
int y = 7;
```

```
// swap values of x and y
```

```
x = y;
```

```
y = x;
```



Falsch!

Beispiel: Swap

- Man braucht eine „Hilfsvariable“ zum Zwischenspeichern

```
int x = 5;  
int y = 7;  
// swap values of x and y  
int z;
```

Zustand	x	5	y	7	z	?
----------------	---	---	---	---	---	---

```
z = x;
```

Zustand	x	5	y	7	z	5
----------------	---	---	---	---	---	---

```
x = y;
```

Zustand	x	7	y	7	z	5
----------------	---	---	---	---	---	---

```
y = z;
```

Zustand	x	7	y	5	z	5
----------------	---	---	---	---	---	---

Kommentare im Quellcode

Bevor wir anfangen ...

- „Code wird von Menschen für Menschen geschrieben.“
- **Lesbarkeit** für andere Programmierer*innen (und einen selbst!) ist **entscheidend für die Wartbarkeit** von Software.
 - Namensgebung
 - Kommentierung
 - Stil und Struktur (Übersichtlichkeit, Formatierung, ...)

Quellcode-Kommentare

- Kommentare haben keinerlei Einfluss auf den Programmablauf.
- Kommentare sind trotzdem sehr wichtig:
 - Für andere, die das Programm lesen und verstehen wollen.
 - Für den/die Programmierer*in (Autor*in) selbst, der/die nach wenigen Wochen nicht mehr weiß, was da genau geschieht.
- **Kommentiert wird sofort beim Programmieren, nicht nachträglich!**
 - Nur nicht immer in der Vorlesung, dafür in den Übungen.
 - `/* Kommentar über mehrere Zeilen`
 - `*/`
 - `// Kommentar bis Zeilenende`

Quellcode-Kommentare

- C hat zwar kein festes Kommentierschema
- Aber folgende Konventionen sind sinnvoll:
 - Kommentare zu jeder Funktion

```
// GOOD: Calculate distance of point (a,b) to origin
// BAD:  Do some distance calculations
int dist_to_organ( int a, int b ) {
    ...
}
```

- Zusammenfassung der Funktionalität in eigenen Worten
 - Beschreibung der Parameter
- Kommentare zu jedem größeren Codeblock

Kontrollstrukturen

Bedingte Anweisung

- Manche Anweisungen sollen nur unter bestimmten Bedingungen ausgeführt werden.
 - Z.B. berechne den Absolutwert einer Variable:

```
if ( x < 0 ) {  
    x = -x;  
}
```

- Syntaktische Form:

```
if ( <condition> ) <block>
```

Bedingte Anweisung

- Syntaktische Form:

```
if ( <condition> ) <block>
```

- Ablauf:
 1. Werte die Bedingung <condition> aus.
 2. Falls das Ergebnis „true“ („wahr“) ist, führe Anweisung(en) in <block> aus.
- Bedingung: Logischer Ausdruck (boolean expression/condition), d.h. ein Ausdruck, dessen Auswertung „true“ oder „false“ ergibt.

Logische Ausdrücke (boolean expressions)

- Wie wird „true“ bzw. „false“ dargestellt bzw. gespeichert?
 - Wert == 0 \Rightarrow false / falsch
 - Wert != 0 \Rightarrow true / wahr
- Vergleichsoperatoren liefern 0 (false) oder 1 (true):
 - ==** gleich
 - !=** ungleich
 - <** kleiner
 - >** größer
 - <=** kleiner gleich
 - >=** größer gleich

- Ein Block ist eine Zusammenfassung einer Folge von Anweisungen.

```
{ // begin of block
    int z = x;
    x = y;
    y = z;
} // end of block
```

- Eine Zusammenfassung von Ausdrücken (ein Block) wird in C durch geschweifte Klammern `{ ... }` realisiert.

Schleifen und Wiederholungen

- Es gibt häufig Situationen, in denen ein Programmblock mehrmals mit jeweils sich ändernden Werten durchlaufen werden soll: **Schleifen** über den Programmblock.
 - **while**-Schleife: Anzahl der Iterationen wird durch eine Bedingung bestimmt.
 - **for**-Schleife: Anzahl der Iterationen ist bekannt.

while-Schleife

- Beispiel: Zählt von 0 bis 10.

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


for-Schleife

- Beispiel: Zählt von 0 bis 10.

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

Schleifenvariable
mit Startwert

Abbruch-
Bedingung

Erhöhung der
Schleifenvariable
nach Schleifendurchlauf
(beliebige Schrittweite)

Zusammenfassung Beispielalgorithmus: Zweierpotenzen

Pseudocode

```
m = 0;  
p = 1;  
while (p < n)  
    Ausgabe: "2^m ist p";  
    m = m + 1;  
    p = p * 2;
```

C-Code

```
#include <stdio.h>  
  
int main() {  
    int m = 0;  
    int p = 1;  
    int n = 10; // nur als Beispiel  
    while (p < n) {  
        printf("2^%d ist %d\n", m, p);  
        m = m + 1;  
        p = p * 2;  
    }  
}
```

Ausblick

VL 0 „Organisation und Inhalt“: Ablauf der Vorlesung, Termine

VL 1 „Hello World“: „Lebenswichtiges“, Programtablauf, Programmierablauf, Kompilierung und Ausführung von Programmen

VL 2 „Die ersten Schritte“: Erstes C-Programm, Elementare C-Strukturen, Datentypen, Operatoren, Schleifen

VL 3 „Kontrollstrukturen & Funktionen“: Syntax, Semantik, bedingte Anweisungen, Blöcke, Sichtbarkeit

VL 4 „Rekursive Funktionen & Bibliotheken“: rekursive Funktionsaufrufe, Modularisierung

VL 5 „Typen“: Einfache und strukturierte Datentypen, Wertebereiche, Typendefinition

VL 6 „Speicher und Adressen“: Speicher, Pointer, Funktionsaufrufe „call by value“ vs. „call by reference“

VL 7 „Speicher und Arrays“: Speicher, Arrays, mehrdimensionale Arrays, Arrays und Pointer

VL 8 „Dynamische Speicherverwaltung“: Speicherallokation, Fehlerbehandlung, Rückgabewerte, Arrays/Pointer/Adressen

VL 9 „Strings, Kanäle, Git“: Strings und Arrays, Zeichensätze, Stringlänge, Ein- und Ausgabe, Arbeiten mit git

VL 10 „Debugging und Stack“: Fehlverhalten/Bugs, Fehlersuche Strategien und Werkzeuge

- Mordern C, J. Gustedt
 - <https://modernc.gforge.inria.fr/>
- Beej's Guide to C Programming, Brian “Beej” Hall
 - <http://beej.us/guide/bgc/>

Slides für Interessierte

Typen und Variablen

int: Ganze Zahl („integer“)

- Erlaubt das Speichern eines Integer (ganzzahligen) Wertes in einer Variable
- Typischerweise 32 Bit
- Wertebereich: $-2.147.483.648$ (-2^{31}) bis $2.147.483.647$ ($2^{31}-1$) oder auch INT_MIN bis INT_MAX

```
#include <limits.h>
```

```
int x, y;
```

```
x = 2014;
```

```
y = INT_MAX;           // y = -2.147.483.648
```

```
printf("x = %d and y = %d \n", x, y);
```



Ausgaben: printf

- Formatierte Ausgabe in C mittels: `printf(fmt, args)`
- `printf()` gibt die Parameter `args` unter Kontrolle des sogenannten Formatstrings `fmt` aus
- Der Formatstring `fmt` ist eine Zeichenkette mit Platzhaltern
- Beispiele:

```
printf("Hello world\n");
```

Ausgabe: `Hello world`

```
printf("Wert der Variablen i: %d\n", i);
```

Ausgabe (Beispiel): `Wert der Variablen i: 42`

```
printf("a(%d)+ b(%d) ist: %d\n", a, b, a + b);
```

Ausgabe (Beispiel): `a(102) + b (-60) ist: 42`

- Platzhalter-Beispiele (Formatstrings):

<code>%d</code>	<code>Integer</code>	<code>int</code>
<code>%c</code>	<code>Einzelzeichen</code>	<code>char</code>

Typen und Variablen

char: Zeichen („character“)

- Erlaubt das Speichern eines Zeichens
(Buchstaben werden durch Zahlen repräsentiert)
- Typischerweise: 8 Bit
- „Wertebereich“: –128 bis 127 (anderer „Typ“, andere Bedeutung)

```
char a, b;  
a = 97;           // ASCII Code für 'a'  
b = 'a';  
printf("a = %c and b = %c \n", a, b);
```

Ausgabe: **a = a and b = a**



Ausgaben: Formatzeichen

- Wichtige Formatzeichen
 - die meisten sind derzeit noch unverständlich
 - die Erklärungen kommen im Laufe der Vorlesung

<code>%c</code>	Einzelzeichen	<code>char</code>
<code>%d</code>	Integer	<code>int</code>
<code>%u</code>	Unsigned Integer	<code>unsigned int</code>
<code>%lu</code>	Unsigned Long	<code>long</code>
<code>%ld</code>	Integer	<code>long int</code>
<code>%lld</code>	Integer	<code>long long int</code>
<code>%f</code>	Gleitkommazahl	<code>float</code>
<code>%lf</code>	Gleitkommazahl	<code>double</code>
<code>%s</code>	Zeichenkette/String	<code>char *</code>



Ausgaben: Sonderzeichen

- Wichtige Sonderzeichen

`\n` Newline, Zeilensprung
`\t` Tabulator
`\0` EOS - Endezeichen in String

- Maskierung (Escaping) von reservierten Zeichen

`\'` einfaches Anführungszeichen `'`
`\"` doppeltes Anführungszeichen `"`
`%%` Prozentzeichen `%`
`\\` Backslash `\`

Variablen und Typen

- In C ist jede **Variable** von einem bestimmten **Typ**.
- Der Typ gibt die Menge der Werte an, die eine Variable annehmen kann.
 - `int year` bedeutet, dass die Variable `year` nur ganzzahlige Werte (integer) annehmen kann.
- Der Typ gibt an, welche Operatoren auf eine Variable angewendet werden können.
- Jede Variable **muss** vor ihrer ersten Verwendung **deklariert** werden.

```
int month;    // Deklaration
month = 10;   // Initialisierung mit einem Wert (Zuweisung)
```

```
int year = 2006; // Deklaration und Initialisierung in
                // 1 Schritt
```

Logische Ausdrücke (boolean expressions)

- Für logische Ausdrücke gibt es in C keinen speziellen Typ.
 - Wert == 0 \Rightarrow false / falsch
 - Wert != 0 \Rightarrow true / wahr
- Vergleichsoperatoren liefern Integer-Werte 0 oder 1:
 - == gleich
 - != ungleich
 - < kleiner
 - > größer
 - <= kleiner gleich
 - >= größer gleich