

Allgemeines

Dieses Skriptum umfasst den Unterrichtsstoff für POS (Programmieren und Software Engineering) des ersten Jahrgangs der Abteilung Informatik an der Höheren Technischen Bundeslehranstalt Kaindorf, Österreich.

Als Erweiterung dieses Skriptums steht das frei verfügbare Lehrbuch zur Programmiersprache C des Rheinwerk Verlags zur Verfügung:

[Wolf, Jürgen: C von A bis Z](#)

Werden die Grundlagen beherrscht, können die Programmierfähigkeiten auf folgenden Seiten perfektioniert werden:

[Project Euler](#)

[CodinGame](#)

Inhaltsverzeichnis

- [1. Einführung](#)
 - [1.1. Begriffe](#)
 - [1.2. Geschichtliches der Programmiersprache C](#)
- [2. Installation der Programmierumgebung auf Windows 10](#)
 - [2.1. Installationsanleitung für Visual Studio Code \(VS Code\) auf Windows 10 mit MinGW](#)
 - [2.2. Installationsanleitung für Visual Studio Code \(VS Code\) auf Windows 10 mit Windows Subsystem for Linux \(WSL\)](#)
 - [2.3. Erstes Programm mit Visual Studio Code \(VS Code\)](#)
 - [2.4. helloworld.c kompilieren](#)
 - [2.5. helloworld.c starten/debuggen](#)
 - [2.5.1. Wichtige Tastenkombinationen](#)
 - [2.5.2. Zugriff Dateisystem Windows <-> WSL](#)
 - [2.6. Einführungsbeispiel](#)
- [3. Mein erstes Programm mit Eingabe, Zuweisung und Ausgabe](#)
 - [3.1. printf\(\)-Befehl: Steuerzeichen und Sonderzeichen](#)
 - [3.2. Struktogramm](#)
- [4. Operatoren – 1. Teil](#)
 - [4.1. Zuweisungsoperator](#)
 - [4.1.1. Variablentausch mit Hilfsvariable](#)
 - [4.1.2. Variablentausch ohne Hilfsvariable](#)
 - [4.2. Arithmetische Operatoren](#)
 - [4.2.1. Vorzeichenoperatoren](#)
 - [4.2.2. Binäre arithmetische Operatoren](#)
- [5. Datentypen](#)
- [6. printf\(\)-Befehl: Formatierte Ausgabe](#)
- [7. Zufallszahlen](#)
- [8. Mathematische Funktionen – <math.h>](#)
- [9. Kommentare](#)
- [10. Character- und Stringlitterale](#)
 - [10.1. Characterlitterale](#)
 - [10.2. Stringlitterale](#)
- [11. Operatoren – 2. Teil](#)
 - [11.1. Arithmetische Zuweisungsoperatoren](#)
 - [11.2. Inkrement- und Dekrementoperatoren ++ und --](#)
 - [11.3. Vergleichsoperatoren](#)
 - [11.4. Logische Operatoren](#)
 - [11.5. Die Operatorenrangfolge](#)
- [12. Kontrollstrukturen – Entscheidung](#)
 - [12.1. Die bedingte Verzweigung if-else](#)
 - [12.2. Die switch-case Anweisung](#)
- [13. Kontrollstrukturen – Schleifen](#)
 - [13.1. Die while-Schleife](#)

- [13.2. Die do-while-Schleife](#)
- [13.3. Die for-Schleife](#)
- [13.4. Gegenüberstellung for-, while- und do-while-Schleife](#)
- [13.5. Abbruch einer Schleife mit break oder continue](#)
- [13.6. Die exit\(\)-Funktion](#)
- [14. Zahlensysteme: Dezimal-, Binär-, und Hexadezimal-System](#)
 - [14.1. Umwandlung Dezimal- ins Binärsystem](#)
 - [14.2. Umwandlung Binär- ins Dezimalsystem](#)
 - [14.3. Umwandlung Binär- ins Dezimalsystem \(Horner-Schema\)](#)
 - [14.4. Umwandlung Binär- ins Hexadezimalsystem und umgekehrt](#)
 - [14.5. Das 2er-Komplement](#)
- [15. Bitoperatoren](#)
 - [15.1. Shiftoperatoren](#)
- [16. Arrays \(Felder\) - 1. Teil](#)
 - [16.1. Eindimensionale Arrays](#)
 - [16.2. Initialisieren von Arrays](#)
- [17. Funktionen](#)
 - [17.1. Syntax einer Funktion](#)
 - [17.2. Eigenschaften von Funktionen](#)
 - [17.3. Funktionsdeklaration](#)
 - [17.4. Lokale Variablen](#)
 - [17.5. Parameterübergabe](#)
 - [17.5.1. Call-by-value](#)
 - [17.5.2. Call-by-reference](#)
 - [17.6. Rekursive Funktionen](#)
 - [17.6.1. Dezimal- nach Binär-Umwandlung - rekursiv](#)
- [18. Arrays \(Felder\) - 2. Teil](#)
 - [18.1. Eindimensionale Arrays dynamisch erzeugen](#)
 - [18.2. Mehrdimensionale Arrays](#)
 - [18.3. Übergabe von mehrdimensionalen Arrays an Funktionen](#)
 - [18.4. Mehrdimensionale Arrays dynamisch erzeugen](#)
- [19. Anhang](#)
 - [19.1. Weitere Literatur](#)
 - [19.2. Übersicht des Unterrichtsstoffs](#)
 - [19.3. Code Style Rules](#)

1. Einführung

1.1. Begriffe

Ein **Programm** ist eine Abfolge von Befehlen/Anweisungen in einer bestimmten Programmiersprache.

Ein **Compiler** übersetzt ein Programm, geschrieben in einer Programmiersprache (z.B. C, Java, Python) in Maschinensprache (01100010001...).

Ein **Debugger** dient zur Fehlersuche in Programmen. Damit lassen sich Programme Schritt für Schritt ausführen und Variableninhalte anzeigen.

Eine **Entwicklungsumgebung** oder **IDE** (*Integrated Development Environment*) wie z.B. Visual Studio Code oder IntelliJ unterstützt Programmierer beim

- Schreiben,
- Debuggen,
- Compilieren und
- Ausführen

von Programmen.

Jede Programmiersprache stellt **Befehle** für:

1. Eingabe
2. Ausgabe
3. Mathematische Operationen
4. Entscheidungen

5. Schleifen

zur Verfügung.

Zudem stellt jede Programmiersprache **Datentypen** für

- Ganze Zahlen
- Gleitkommazahlen
- Einen logischen Datentyp
- Zeichen und Zeichenketten (String)

bereit.

1.2. Geschichtliches der Programmiersprache C

C ist eine imperative und prozedurale Programmiersprache. C wurde 1972 „erfunden“ und seit damals in Varianten weiterentwickelt. Das *American National Standards Institute* (ANSI) vereinheitlichte die C-Varianten und veröffentlichte 1989 ein standardisiertes C. Dieser C-Standard wird im Sprachgebrauch als C89 bzw. ANSI-C bezeichnet. Dieser C-Standard wurde auch von der *International Organization for Standardization* (ISO) übernommen und im Sprachgebrauch mit C90 bezeichnet.

[ANSI-C Reference Card](#)

Im Jahr 1999 erschien C99 mit Elementen der objekt-orientierten Programmiersprache C++.

2. Installation der Programmierumgebung auf Windows 10

Der Compiler `gcc` und der Debugger `gdb` sind ein wesentlicher Bestandteil des Betriebssystems Linux. Es macht somit Sinn, C auf dem Windows Subsystem for Linux (WSL) zu programmieren. Die Installation dafür ist im übernächsten Abschnitt beschrieben.

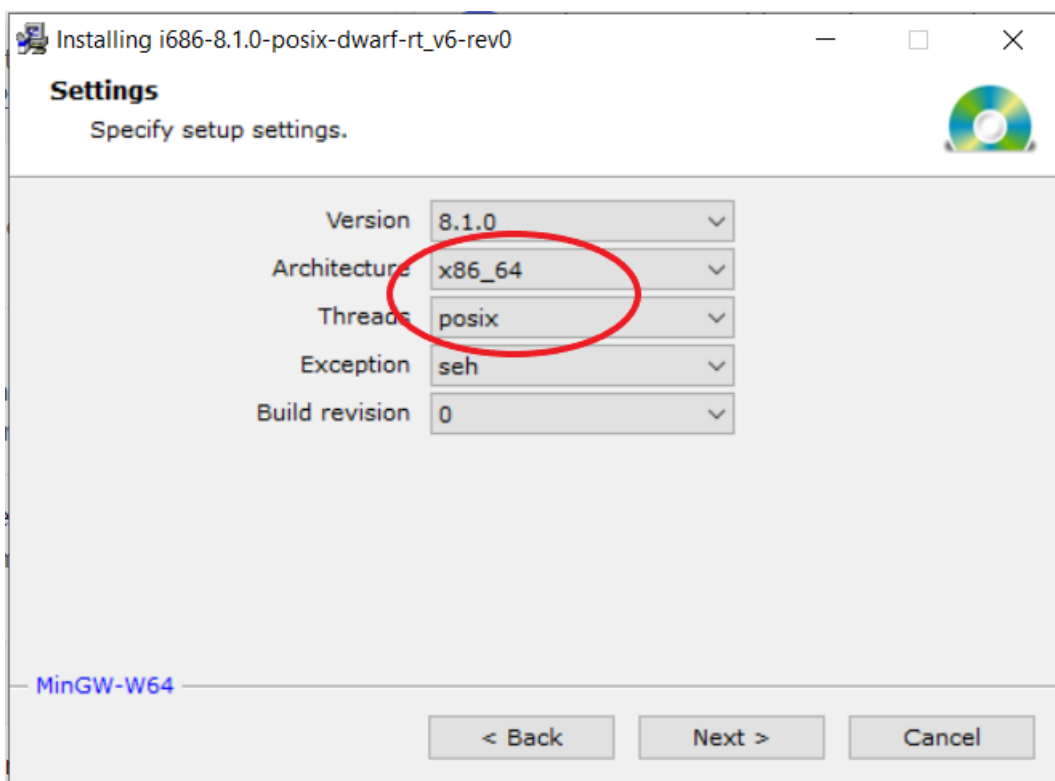
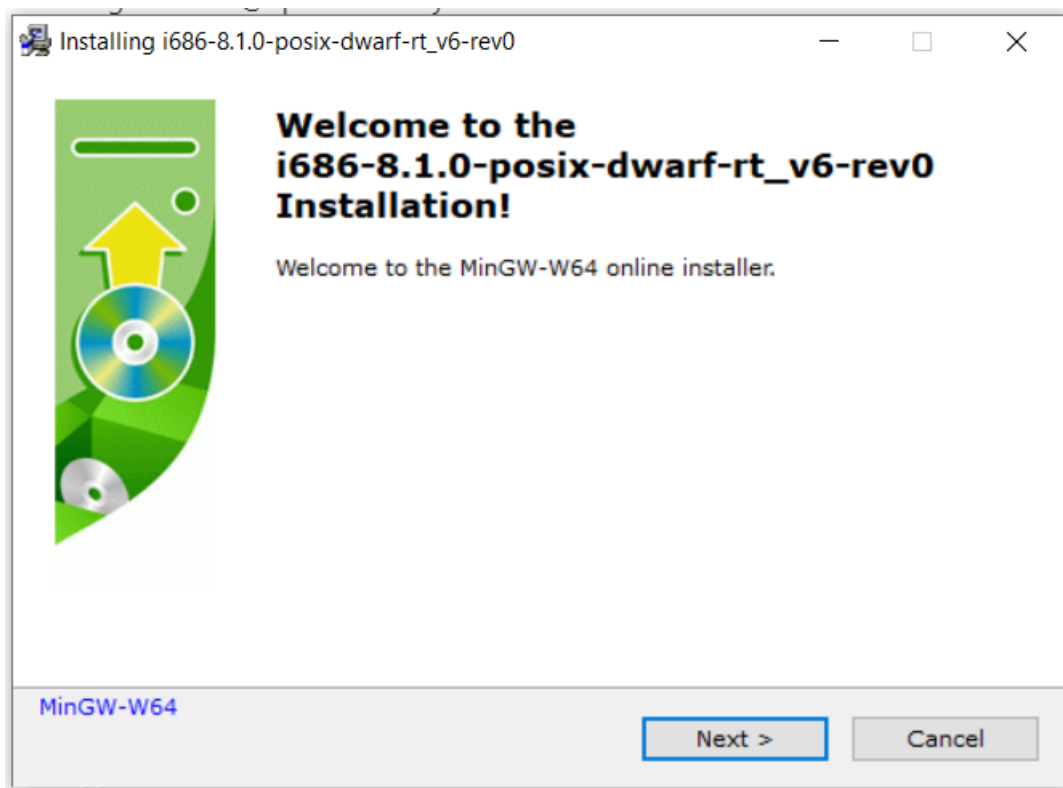
Will man C auf Windows entwickeln, so ist die Konfiguration der Entwicklungsumgebung einfacher und nachfolgend beschrieben.

2.1. Installationsanleitung für *Visual Studio Code (VS Code)* auf *Windows 10* mit *MinGW*

MinGW (*Minimalist GNU for Windows*) ist eine Portierung der Entwicklerwerkzeuge GNU Compiler Collection (GCC) und GNU Debugger (GDB) auf Windows.

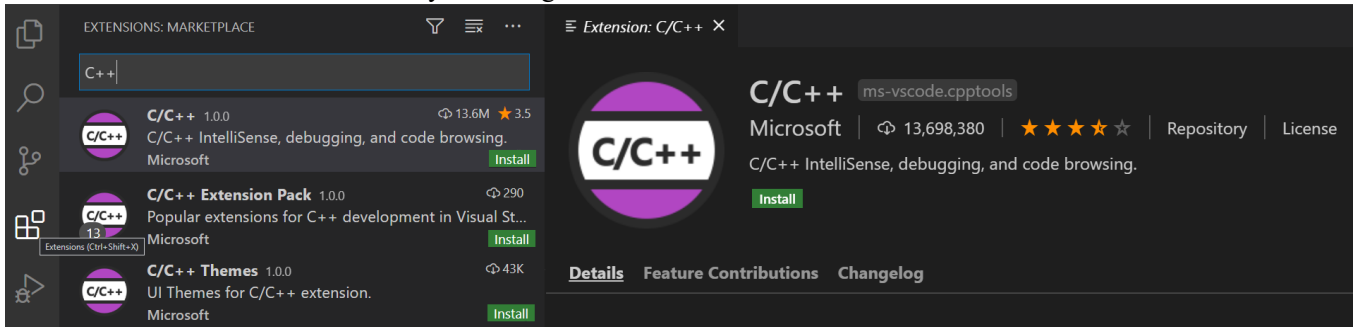
1. MinGW-w64 ist auf Sourceforge unter folgendem Link verfügbar: [Mingw-w64 builds](#)

Starte die Setup-Datei:



2. Installiere [Visual Studio Code](#).
3. Installiere die [C/C++ extension for VS Code](#).

You can install the C/C++ extension by searching for 'c++' in the Extensions view



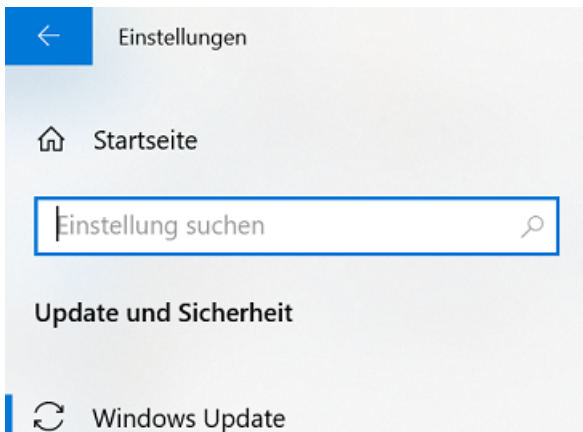
4. Um zu prüfen, ob die Mingw-w64 Tools richtig installiert sind, öffne ein Command Prompt und führe folgendes aus:

```
gcc --version  
gdb --version
```

2.2. Installationsanleitung für *Visual Studio Code (VS Code)* auf *Windows 10* mit *Windows Subsystem for Linux (WSL)*

1. Windows auf die neueste Version aktualisieren:

Start > Einstellungen > Update und Sicherheit



Windows Update

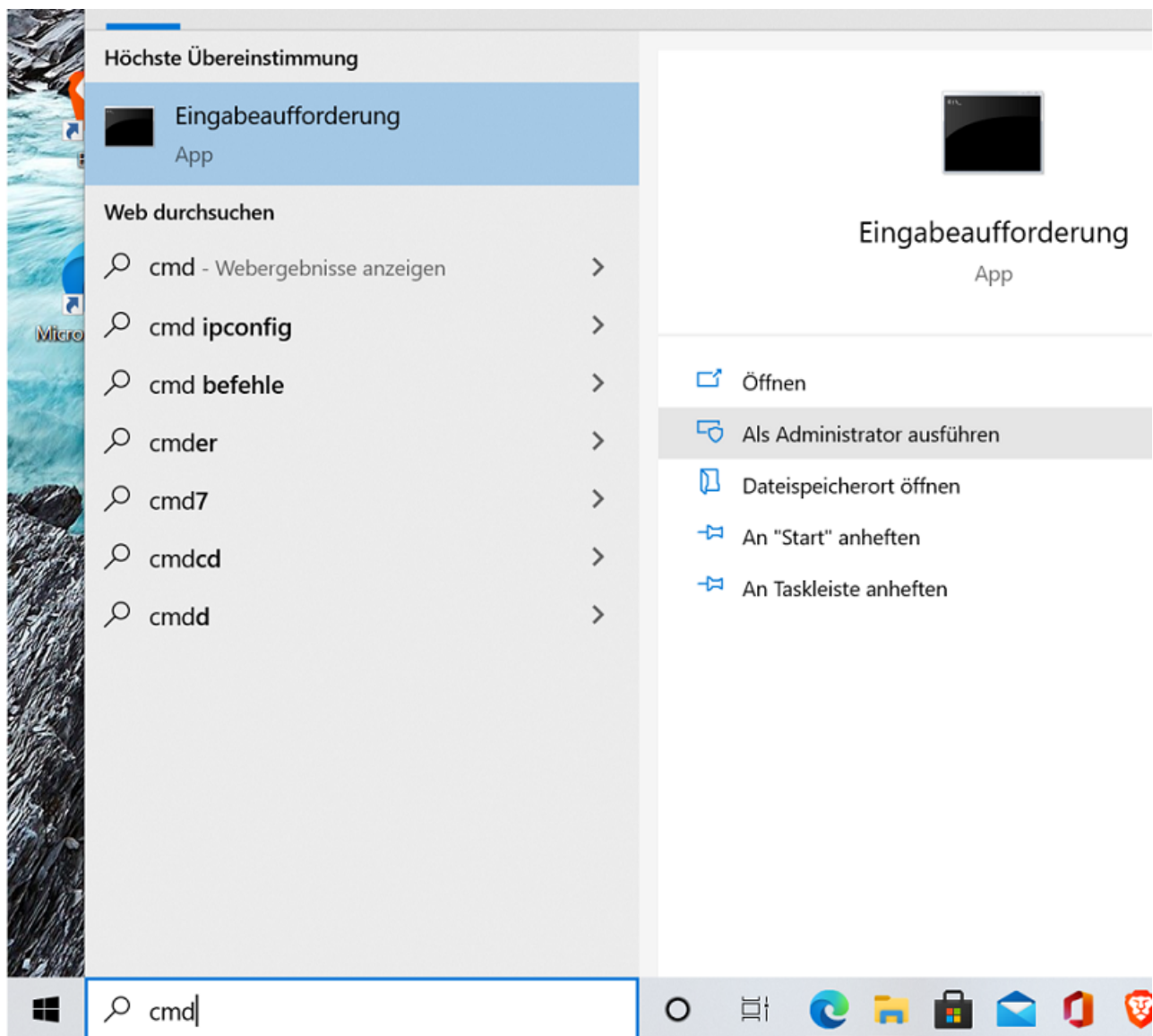


Sie sind auf dem neuesten Stand.
Letzte Überprüfung: Heute, 13:10

Nach Updates suchen

2. Windows Subsystem für Linux installieren:

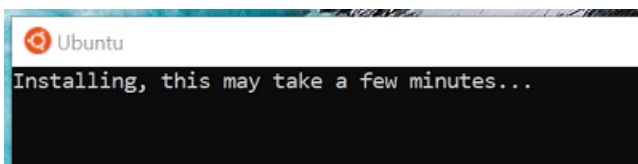
Windows Suche > cmd > Als Administrator ausführen



ws1 --install ausführen

```
Administrator: Eingabeaufforderung
Microsoft Windows [Version 10.0.19043.1202]
(c) Microsoft Corporation. Alle Rechte vorbehalten.
C:\WINDOWS\system32>ws1 --install
```

Nach fertiger Installation muss der Rechner neu gestartet werden. Ubuntu Linux installiert sich danach automatisch.



3. Linux-User anlegen:

Einfachen Username und leicht zu merkendes Passwort wählen:

```
Ubuntu
Installing, this may take a few minutes...
Please create a default UNIX user account. The username does not need to match your Windows username.
For more information visit: https://aka.ms/wslusers
Enter new UNIX username: fa
New password:
Retype new password:
```

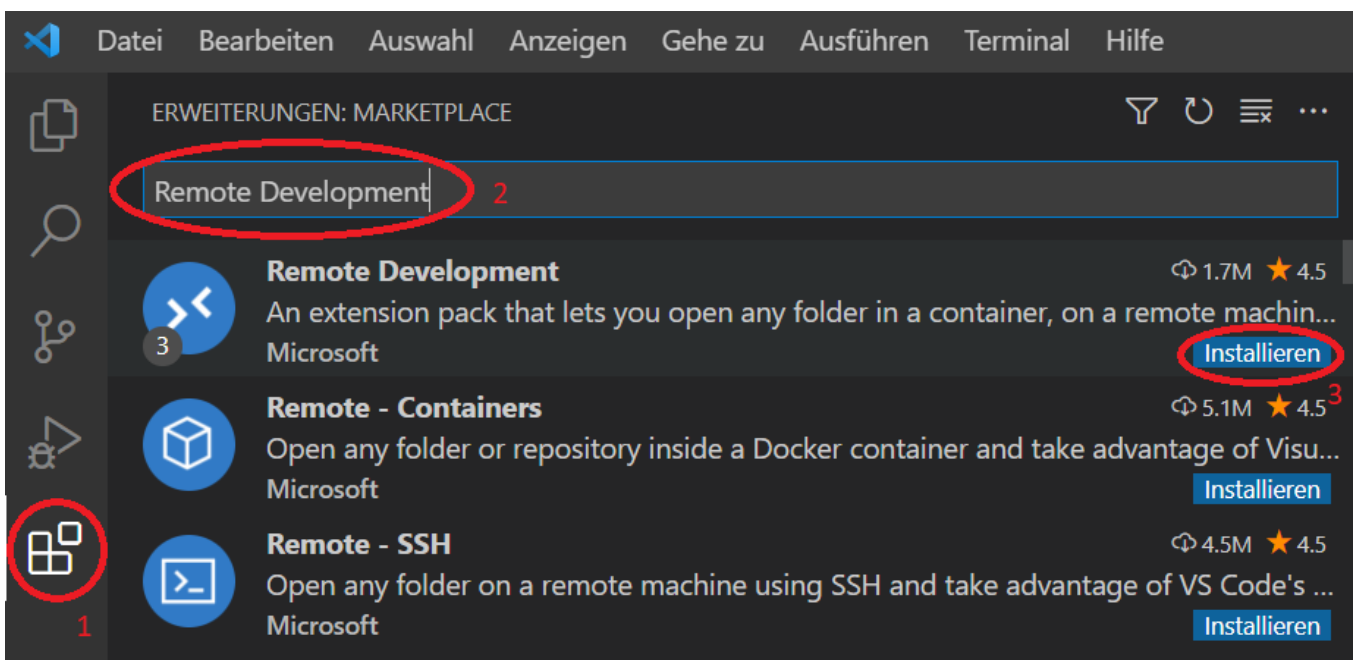
4. Visual Studio Code (Windows 10) downloaden und installieren:

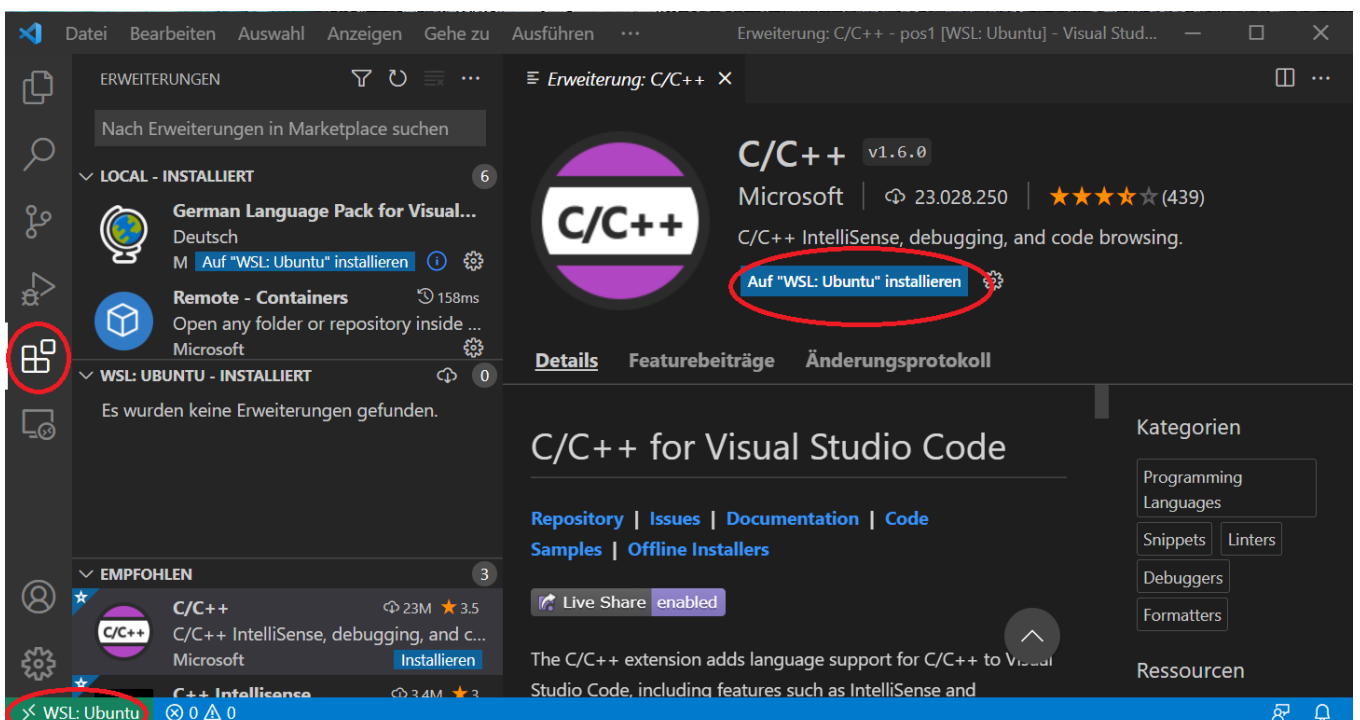
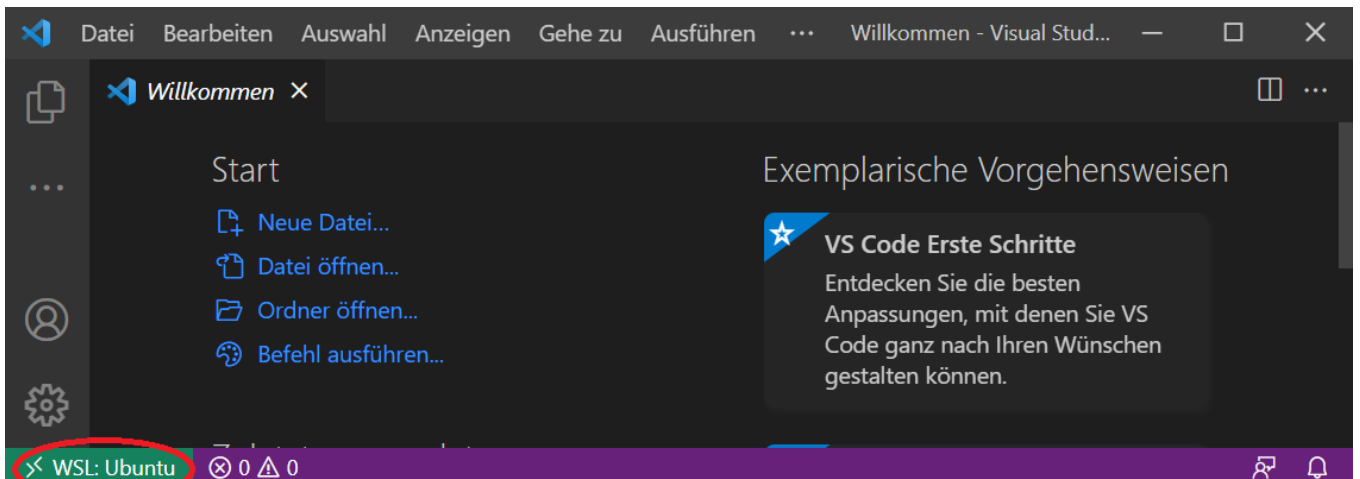
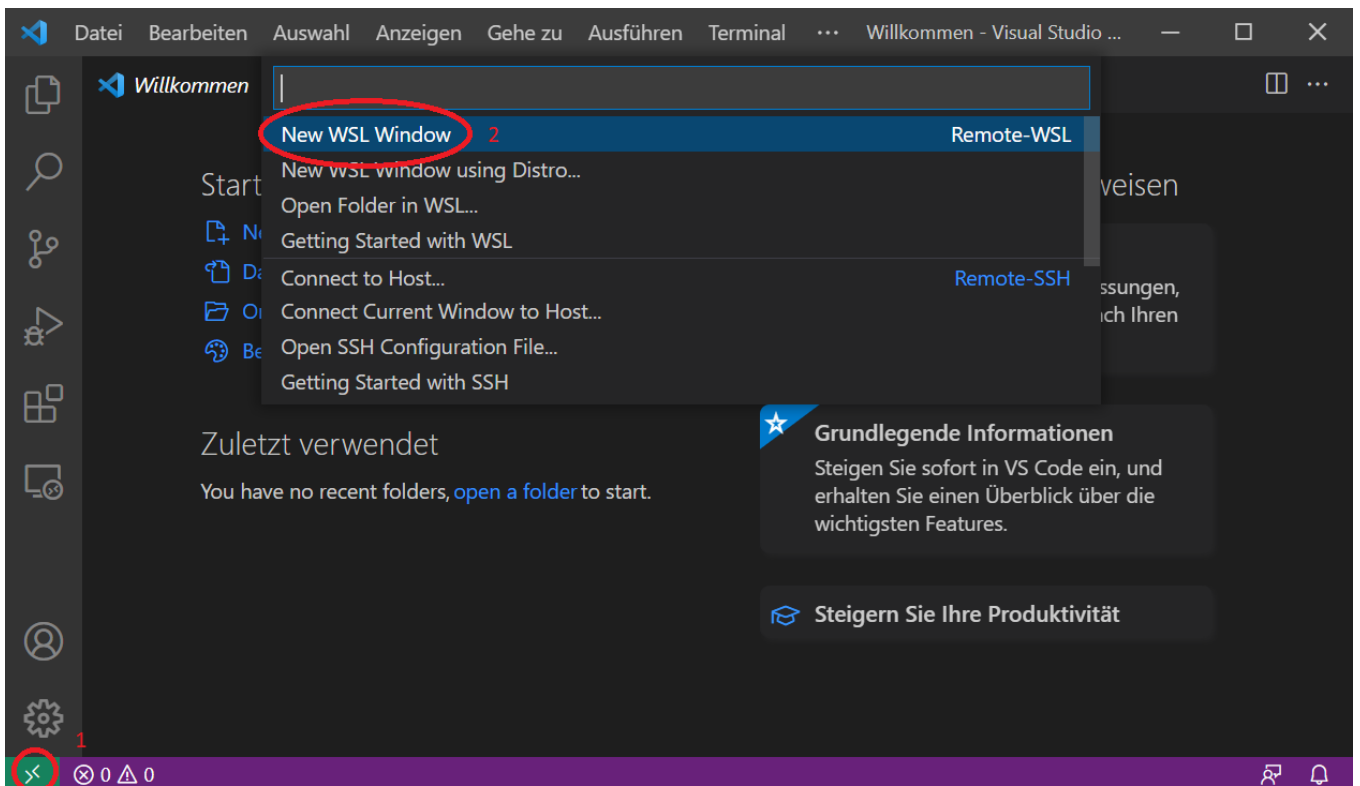
[Visual Studio Code Download Page](#)

5. Erweiterungen für VS Code (Remote Development, C/C++ IntelliSense) installieren:

Die genaue Anleitung, ergänzt mit den nachfolgenden Screenshots, findet sich hier:

https://code.visualstudio.com/docs/cpp/config-wsl#_set-up-your-linux-environment



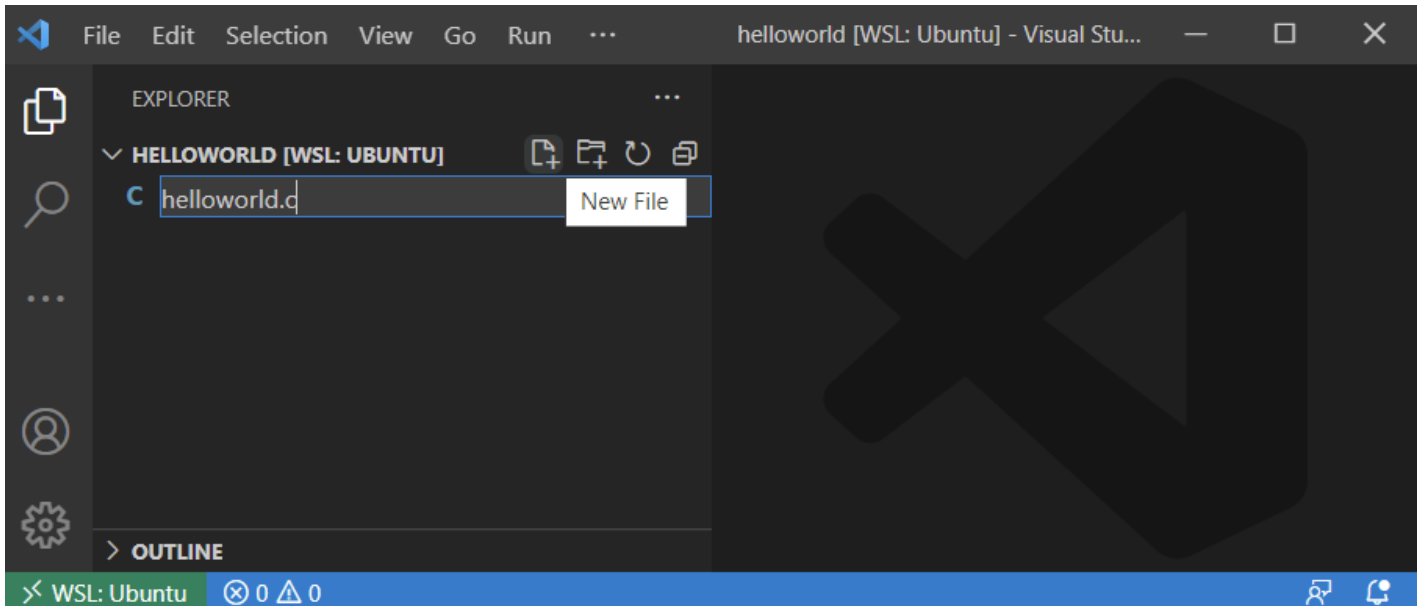


2.3. Erstes Programm mit Visual Studio Code (VS Code)

Ubuntu starten und in der Shell Projektverzeichnis erstellen und VS Code starten:

```
mkdir projects
cd projects
mkdir helloworld
cd helloworld
code .
```

Quelldatei "helloworld.c" erstellen:



```
// #include bewirkt das Einfügen von Quellcode aus einer anderen
// Datei. Die Header-Datei stdio.h wird in das Programm eingefügt.
// Sie beinhaltet die Funktionen, die wir zur
// (Standard)-Ein/-Ausgabe benötigen
#include <stdio.h>

int main()           // Funktion main() definiert das Hauptprogramm
{                   // definiert den Anfang der Funktion
    printf("Hello World!\n");           // Aufruf der Funktion printf()
    printf("Press a key to continue... ");
    fflush(stdin);
    getchar();
    return 0;           // Rückgabewert der Funktion main()
}                       // definiert das Ende der Funktion
```

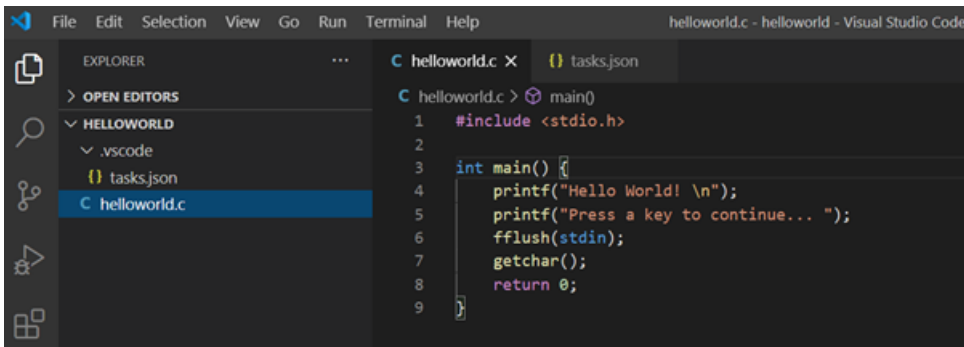
Datei speichern: Menü File -> Save

2.4. helloworld.c kompilieren

Um VS Code zu sagen, wie die Quelldatei helloworld.c nun zu kompilieren ist, braucht es eine tasks.json Datei:

Menü Terminal > Configure Default Build Task... > C/C++:gcc build active file auswählen.

Quelldatei helloworld.c auswählen



und mit der Tastenkombination Strg + Shift + B kompilieren.

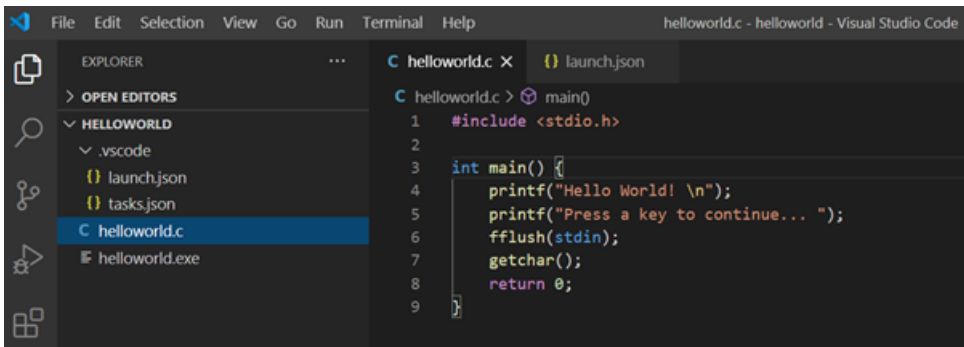
2.5. helloworld.c starten/debuggen

Um helloworld.c starten oder debuggen zu können, braucht VS Code die Datei launch.json:

Menü Run > Add Configuration... > C++ (GDB/LLDB) und gcc.exe – Build and debug active file auswählen.

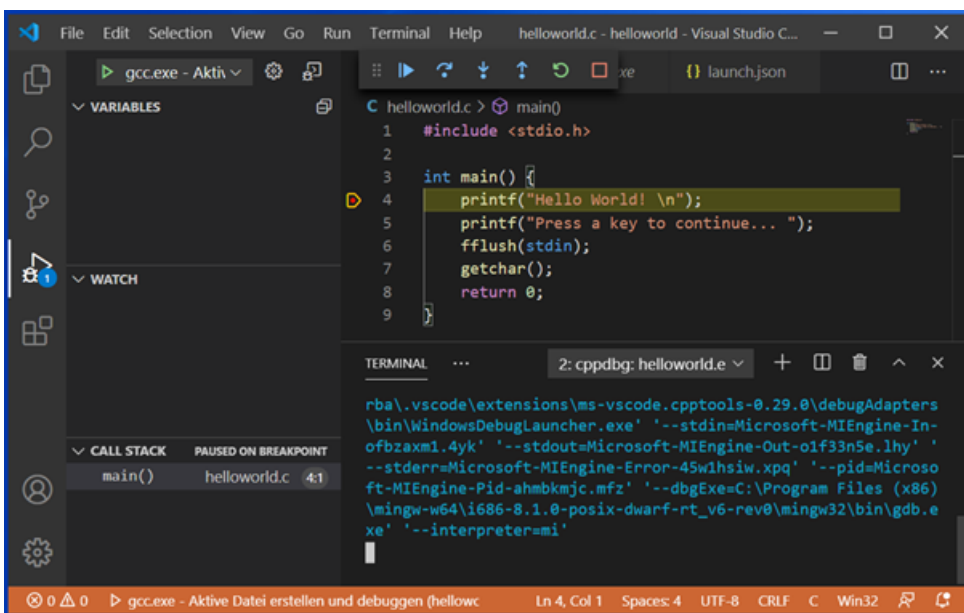
Das Programm wird anschließend gleich ausgeführt, was man mit der Tastenkombination Shift+F5 stoppen kann.

Quelldatei helloworld.c auswählen



und mit der Tastenkombination Strg+F5 starten.

Will man das Programm debuggen, an geeigneter Stelle einen Breakpoint setzen und das Programm mit der Taste F5 starten:



2.5.1. Wichtige Tastenkombinationen

- Strg + Shift + B: Programm kompilieren

- Strg + F5 / F5: Programm starten / debuggen
- Strg + Ö: Terminal anzeigen
- Quellcode formatieren: Shift + Alt + F
- Kommentar toggle/untoggle: Strg + #
- Speichern / Speichern als: Strg + S / Strg + Shift + S
- Drucken: F1 > 'PrintCode'
- Schrift größer/kleiner: Strg + '+'/'-'
- Light-/Dark-Modus umschalten: Strg+K + Str+T
- Alles Auswählen: Strg + A
- In Zwischenablage kopieren: Strg + C
- Aus Zwischenablage einfügen: Strg + V

Drucken erfordert in VS Code die Extension [Print, PD Consulting](#). Wird *remote* unter WSL entwickelt, erfordert die Ubuntu-Installation das Paket `xdg-utils`. Nachzuinstallieren mit folgendem Kommando:
`sudo apt-get install xdg-utils`

2.5.2. Zugriff Dateisystem Windows <-> WSL

Linux Shell: Zugriff aufs Benutzerverzeichnis in Windows:
`/mnt/c/Users/<USERNAME>`

Windows-File-Explorer: Zugriff aufs WSL home-Verzeichnis:
`\\wsl$\\Ubuntu\\home\\<USERNAME>`

2.6. Einführungsbeispiel

Lernt man eine neue Programmiersprache, dann ist meist ein „Hello World“ Programm, das erste Programm, das man schreibt. Und das machen wir im folgenden Einführungsbeispiel genauso.

Das folgende „Hello World“ Programm zeigt die grundlegende Struktur eines C-Programms:

```
// #include bewirkt das Einfügen von Quellcode aus einer anderen
// Datei. Die Header-Datei stdio.h wird in das Programm eingefügt.
// Sie beinhaltet die Funktionen, die wir zur
// (Standard)-Ein/-Ausgabe benötigen
#include <stdio.h>

int main()           // Funktion main() definiert das Hauptprogramm
{                   // definiert den Anfang der Funktion
    printf ("Hello World!\n"); // Aufruf der Funktion printf()
    return 0;        // Rückgabewert der Funktion main()
}                   // definiert das Ende der Funktion
```

Erklärungen:

- die Funktion `main()` muss in jedem C-Programm genau einmal vorhanden sein
- die geschweiften Klammern definieren einen Funktionskörper oder Block
- `printf()` ist eine Funktion zur formatierten Ausgabe auf der Konsole
- Parameter der Funktion `printf()` ist hier der String "Hello World!\n" Die Datei `stdio.h` muss inkludiert sein.
- die Zeichenkombination `'\n'` ist das Steuerzeichen für „Zeilenende“
- Jede Anweisung wird mit `;` beendet
- Mehrzeilige Kommentare werden in `/*` und `*/` eingeschlossen
- Einzeilige Kommentare beginn mit `//` und erstrecken sich bis zum Zeilenende
- C unterscheidet zwischen Groß- und Kleinschreibung

Das folgende Listing zeigt eine modifizierte Version des „Hello World“ Programms:

```
#include <stdio.h>
int main()
{
    printf ("Hello");
    printf (" World!");
    printf ("\n");
    return 0;
}
```

3. Mein erstes Programm mit Eingabe, Zuweisung und Ausgabe

Im folgenden Listing werden

- Die Variable a und b vom Datentyp `int` (Integer ... Ganzzahl) eingelesen.
- Aus den beiden Summanden a und b die Summe s gebildet.
- Die Rechnung formatiert ausgegeben.

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    int a = 0;
    int b = 0;
    int s = 0;
    printf("Bitte Summanden 1 eingeben: ");
    scanf("%d", &a);
    printf("Bitte Summanden 2 eingeben: ");
    scanf("%d", &b);
    s = a + b;
    printf("-----\n");
    printf("Die Summe von %d und %d ergibt %d\n\n", a, b, s);
    return 0;
}
```

Erklärungen:

- Beim `scanf()`-Befehl, dient `%d` als Platzhalter, um den vom Anwender eingegebenen Wert einzulesen und der Variable a bzw. b zuzuweisen.
- `%d` ist ein Platzhalter für eine Ganzzahl (d ... decimal)
- Die Platzhalter für die Ausgabe der Variablen a, b und s mit dem `printf()`-Befehl sind gleich wie beim `scanf()`-Befehl.
- Das `&`-Zeichen im `scanf()`-Befehl wird zu einem späteren Zeitpunkt erklärt.

3.1. printf()-Befehl: Steuerzeichen und Sonderzeichen

Sogenannte Escape-Sequenzen ermöglichen Steuerzeichen und Sonderzeichen auszugeben. Eine Escape-Sequenz wird durch einen Backslash `\` (Tastenkombination `alt gr` und `ß`) eingeleitet, dem ein weiteres Zeichen folgt. Eine Escape-Sequenz gilt trotzdem als einzelnes Zeichen. In der folgenden Tabelle sind die wichtigsten Escape-Sequenzen aufgelistet:

Escape-Sequenz	Bedeutung
<code>\n</code>	Zeilenumbruch
<code>\t</code>	Tabulator
<code>\'</code>	Einfaches Hochkomma
<code>\"</code>	Doppeltes Hochkomma
<code>\?</code>	Fragezeichen
<code>\\</code>	Backslash
<code>\0</code>	NULL zum Terminieren von Strings
<code>\b</code>	Backspace - Zurücksetzen um ein Zeichen

Escape-Sequenz	Bedeutung
\f	Formfeed - Seitenumbruch
\a	Piepston

3.2. Struktogramm

Mit Struktogrammen, auch Nassi-Shneiderman-Diagramme genannt, werden Programme unabhängig von der Programmiersprache, mit der sie letztendlich umgesetzt werden, entworfen.

Ein Struktogramm setzt sich aus Strukturblocken zusammen. Diese können, wie wir noch sehen werden, ineinander verschachtelt sein.

Beispiel eines Struktogramms mit Sequenz-Symbolen:

Anweisung 1
Anweisung 2
Anweisung 3

Aufgabe: Lese eine Ganzzahl ein, erhöhe diese um eins und gib die Zahl aus.

Struktogramm:

E: zahl	... Eingabe
zahl <- zahl + 1	... Zuweisung
A: zahl	... Ausgabe

Programm:

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    int zahl;                // ROT
    printf("Ganze Zahl: ");  // ROT
    scanf("%d", &zahl);      // ROT
    zahl = zahl + 1;         // GRÜN
    printf("Ergebnis: %d\n", zahl); // BLAU
    return 0;
}
```

Vorteil von Struktogrammen:

Man braucht sich beim Entwurf des Programms noch nicht mit Befehls- und Datentypdetails einer Programmiersprache auseinandersetzen.

4. Operatoren – 1. Teil

Es gibt in C drei Arten von Operatoren:

- Unäre Operatoren: benötigen nur einen Operanden, wie z.B. die Vorzeichenoperatoren + und -.
- Binäre Operatoren: benötigen zwei Operanden
- Ternäre Operatoren: benötigen drei Operanden

Im folgenden Abschnitt werden die wichtigsten Operatoren beschrieben:

4.1. Zuweisungsoperator

Der Zuweisungsoperator = weist der Variablen auf der linken Seite den Wert des Ausdrucks der rechten Seite zu.

4.1.1. Variablentausch mit Hilfsvariable

Oft müssen die Inhalte zweier Variablen (z.B. a, b) vertauscht werden. Am einfachsten macht man das mit einer Hilfsvariablen h:

```
int a, b, h;
...
h=a;
a=b;
b=h;
```

4.1.2. Variablentausch ohne Hilfsvariable

Mathematikfuchse kommen ohne Hilfsvariable aus:

```
int a, b;
...
a=a+b;
b=a-b;
a=a-b;
```

4.2. Arithmetische Operatoren

4.2.1. Vorzeichenoperatoren

Zur Darstellung der mathematischen Vorzeichen 'plus' und 'minus' werden die unären Vorzeichenoperatoren + und - verwendet.

```
int z1, z2;
z1 = +5;
z2 = -9;
```

4.2.2. Binäre arithmetische Operatoren

Operator	Bedeutung
+	Addition
-	Subtraktion
*	Multiplikation
/	Division
%	Modulo-Division

Regeln für die arithmetischen Operatoren:

Wie in der Mathematik gilt Punkt- vor Strichrechnung, wobei der Modulooperator ein Punktoperator ist.

Gleichrangige Operatoren werden von links nach rechts ausgewertet.

- Sind beide Operanden vom selben Datentyp so ist auch das Ergebnis der Berechnung von diesem Datentyp, mindestens jedoch vom Typ `int`.

Sind die Operanden von unterschiedlichen Datentypen, so ist das Ergebnis vom größeren der beiden Datentypen.

- Der Modulooperator ist nur für ganzzahlige Operanden zulässig. Das Ergebnis ist der ganzzahlige Rest der Division: `17 % 5 = 2`. Bei den Divisionsoperatoren (/ und %) führt eine Division durch 0 zu einem Laufzeitfehler.

5. Datentypen

In C gibt es viele Datentypen. Die fett markierten werden hauptsächlich in unserem weiteren Unterricht verwendet.

Name	Datentyp	Bytes	Minimalwert	Maximalwert	Formatzeichen
char	Ein Zeichen	1	-128 (-2^7)	127 ($2^7 - 1$)	%c

Name	Datentyp	Bytes	Minimalwert	Maximalwert	Formatzeichen
char []	Eine Zeichenkette (String)	-	-	-	%s
int	Ganze Zahl	4	(-2^{31})	$(2^{31} - 1)$	%d
float	Fließkommazahl, 6-stellige Genauigkeit	4	1.2E-38	3.4E+38	%f
double	Fließkommazahl, 15-stellige Genauigkeit	8	2.3E-308	1.7E+308	%lf
short	Ganze Zahl	2	-32.768	+32.767	%d
long	Ganze Zahl	4	(-2^{31})	$(2^{31} - 1)$	%ld

In C existiert kein logischer Datentyp `boolean`. Stattdessen werden Variablen vom Datentyp `int` für Bedingungen verwendet werden, wobei folgende Regeln gelten:

Variablenwert gleich 0 -> FALSE

Variablenwert ungleich 0 -> TRUE

Alle Variablen müssen vor ihrer Verwendung **deklariert** werden. Die Deklaration legt den Namen und den Typ fest.

Für ganzzahlige Datentypen als auch `char` können die Prefixe `signed` und `unsigned` verwendet werden. Insbesondere bei Bitoperationen ist das letztere Prefix von Bedeutung.

Mit dem `sizeof(type name)`-Operator lässt sich die Anzahl an Bytes feststellen, die ein Datentyp oder eine Variable im Speicher belegen.

6. printf()-Befehl: Formatierte Ausgabe

Die formatierte Ausgabe auf der Konsole erfolgt mit dem `printf()`-Befehl, der in der Headerdatei `<stdio.h>` definiert ist:

```
int printf("Formatstring" [ , argument1, argument2 ...]);
```

Der erste Parameter dient zur Übergabe eines Formatstrings. Die weiteren Parameter sind optional (eckige Klammern bedeuten optional) und sind die Argumente für den Formatstring. Die Formatierung erfolgt entsprechend den Angaben im Formatstring. Der Rückgabewert des `printf()`-Befehls ist die Anzahl der ausgegebenen Zeichen.

Der Formatstring enthält sowohl normalen Text als auch Platzhalter mit den jeweiligen Formatangaben. Die Syntax für einen Platzhalter sieht wie folgt aus:

```
%[flag][width][.precision]conversion
```

Der wichtigste und einzige nicht optionale Teil ist dabei das Umwandlungszeichen (conversion), das den Datentyp für die Umwandlung bestimmt:

conversion	Datentyp	Bedeutung
d, i	int	Integer
f	float	Gleitkommazahl float - Default von 6 Kommastellen
lf	double	Gleitkommazahl double - Default von 6 Kommastellen
%		Ausgabe des % Zeichens

Die Flags sind optional und werden unmittelbar nach dem %-Zeichen angegeben:

flag	Bedeutung
-	Ausgabe linksbündig
+	Ausgabe mit Vorzeichen
0	Leerstellen werden mit Nullen gefüllt

Die Anzahl der auszugebenden Zeichen ist optional und wird durch die Breite (`width`) festgelegt.

Die Anzahl der Nachkommastellen ist optional und wird durch die Genauigkeit (`precision`) festgelegt.

Beispiele von Formatangaben für ganzzahlige Werte (Datentyp `int`):

```
%d           Ausgabe der Zahl ohne zusätzliche Vorgabe
%5d         rechtsbündige Ausgabe der Zahl auf 5 Stellen
```

```
%-5d    linksbündige Ausgabe der Zahl auf 5 Stellen
%05d    Ausgabe der Zahl auf 5 Stellen mit führenden Nullen
%+5d    rechtsbündige Ausgabe der Zahl auf 5 Stellen mit Vorzeichen
%+-5d   linksbündige Ausgabe der Zahl auf 5 Stellen mit Vorzeichen
```

Beispiele von Formatangaben für Fließkommazahlen (Datentyp float):

```
%f                Ausgabe der Zahl ohne zusätzliche Vorgabe
%10f              rechtsbündige Ausgabe der Zahl auf 10 Stellen
%.2f              rechtsbündige Ausgabe der Zahl mit 2 Nachkommastellen
%-10.2f           linksbündige Ausgabe auf 10 Stellen, davon 2 Nachkommastellen
%010.2f           Ausgabe der Zahl auf 10 Stellen mit führenden Nullen, davon 2
                  Nachkommastellen
%+10.2f           rechtsbündige Ausgabe der Zahl auf 10 Stellen und Vorzeichen,
                  davon 2 Nachkommastellen
%+- .2f           linksbündige Ausgabe der Zahl mit Vorzeichen und 2 Nachkommastellen
```

7. Zufallszahlen

Zum Erzeugen von ganzzahligen Zufallszahlen stehen in der C Standard Library `<stdlib.h>` folgende Funktionen zu Verfügung:

```
srand(<seed>)      // Anweisung zum Erzeugen eines Zufallszahlen-Seeds
srand(time(NULL))  // Erzeugen eines Zufallszahlen-Seeds,
                  // initialisiert mit der aktuellen Systemzeit
rand()             // Erzeugen einer ganzzahligen Zufallszahl
```

Für die Funktion `time()` muss zusätzlich die Header-Datei `<time.h>` inkludiert werden. Die Funktion `srand()` definiert den Startwert (Seed) zum Erzeugen der Zufallszahlen. Durch die Übergabe der Funktion `time()` an `srand()` wird sichergestellt, dass bei jedem Programmstart neue Zufallszahlen erzeugt werden. Die Funktion `rand()` gibt eine Zufallszahl im Bereich von `[0, RAND_MAX]` zurück. Durch Verwendung des Modulo-Operators (%) kann der Wertebereich eingeschränkt werden.

Benötigt man eine Zufallszahl im Intervall [Untergrenze, Obergrenze] gilt folgende Formel:

$$\text{rand()} \% (\text{Obergrenze} + 1 - \text{Untergrenze}) + \text{Untergrenze}$$

Im folgenden Beispiel wird eine Zufallszahl zwischen `[1, 100]` erzeugt:

```
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

int main()
{
    int zz;
    srand(time(NULL));
    zz = rand()%100 + 1;
}
```

Wird eine Zufallszahl vom Datentyp `double` benötigt, so lässt sich folgende Formel anwenden:

$$(\text{double})\text{rand()} / \text{RAND_MAX} * (\text{Obergrenze} - \text{Untergrenze}) + \text{Untergrenze}$$

Im folgenden Beispiel wird eine Zufallszahl zwischen `[1.0, 5.0]` erzeugt:

```
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

int main()
{
    double zz;
    srand(time(NULL));
    zz = (double)rand() / RAND_MAX * (5.0 - 1.0) + 1.0;
}
```


8. Mathematische Funktionen – <math.h>

In der Headerdatei <math.h> sind folgende nützliche mathematische Funktionen und Konstanten deklariert:

```
double pow(double x, double y) // x hoch y
double sqrt(double x)          // Wurzel aus x
double fabs(double z)          // Absolutwert von x
double sin(double x)           // Sinus von x
double cos(double x)           // Cosinus von x
double tan(double x)           // Tangens von x
double exp(double x)           // Exponentialfunktion e hoch x
double log(double x)           // Natuerlicher Logarithmus von x
```

```
M_PI    // symbolische Konstante für PI
M_PI_2  // symbolische Konstante für PI/2
M_PI_4  // symbolische Konstante für PI/4
M_E     // symbolische Konstante für e
```

Fürs kaufmännisch Runden, Abschneiden, Abrunden und Aufrunden stehen folgende Funktionen zur Verfügung:

```
double round(double x); // Kaufmännisch Runden
double trunc(double x); // Kommazahlen abschneiden
double floor(double x); // auf nächste Ganzzahl abrunden
double ceil(double x);  // auf nächste Ganzzahl aufrunden
```

Im folgenden Beispiel wird die Verwendung der Funktionen veranschaulicht:

```
#include <stdlib.h>
#include <math.h>

int main()
{
    double x1, x2, y1, y2;
    x1 = 5.23487392;
    x2 = 5.89437524;
    y1 = round(x1 * 1000)/1000; // ergibt 5.235000
    y2 = round(x2 * 1000)/1000; // ergibt 5.894000
    y1 = trunc(x1);             // ergibt 5.000000
    y1 = floor(x1);             // ergibt 5.000000
    y1 = ceil(x1);              // ergibt 6.000000
}
```

Kaufmännisch Runden und Abschneiden ist auch durch explizite Typumwandlung möglich:

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    double x1, x2;
    int y1, y2;
    double y3, y4;
    x1 = 5.23487392;
    x2 = 5.89437524;
    // Kaufmännisch Runden:
    y1 = (int)(x1 + 0.5); // ergibt 5
    y2 = (int)(x2 + 0.5); // ergibt 6
    // auf z.B. 3 Kommastellen Runden:
    y3 = (int)(x1 * 1000 + 0.5)/1000.0; // ergibt 5.235000
    y4 = (int)(x2 * 1000 + 0.5)/1000.0; // ergibt 5.894000
    // Kommastellen abschneiden:
    y1 = (int)x1; // ergibt 5
    // Zahl nach z.B. der 3. Kommastelle abschneiden:
    y3 = (int)(x1 * 1000)/1000.0; // ergibt 5.234000
}
```

9. Kommentare

Regeln für Kommentare:

- Mehrzeilige Kommentare werden mit `/*` eingeleitet und mit `*/` abgeschlossen.
- Einzeilige Kommentare beginnen mit `//` und erstrecken sich bis zum Ende der Zeile.
- Kommentare können an beliebiger Stelle stehen.

10. Character- und Stringlitterale

10.1. Characterlitterale

Die Zuweisung erfolgt durch genau ein Zeichen, das in einfachen Anführungszeichen eingeschlossen wird. Auf der char-Variablen wird der entsprechende ASCII-Wert des Zeichens gespeichert.

[ASCII-Tabelle](#)

```
char c1, c2, c3;
```

```
c1 = 'A';           // numerischer Wert 65
c1 = 65;           // identisch zur vorherigen Anweisung
c2 = 'F';           // numerischer Wert 70
c3 = '1';           // numerischer Wert 49
c4 = '\n';          // Zeilenumbruch
```

Zu den Characterlitteralen gehören auch die Sonder- und Steuerzeichen, die mit einem Backslash `'\'` eingeleitet werden (Escape-Sequenz) und trotzdem als einzelne Zeichen gelten.

Das Umwandlungszeichen (conversion), um Characterlitterale einzulesen bzw. auszugeben lautet „c“:

```
char zeichen;
scanf("%c", &zeichen);
printf("%c", zeichen);
```

10.2. Stringlitterale

Für Strings gibt es in C keinen eigenen Datentyp. Zeichenketten werden daher in Form von char-Arrays dargestellt.

Folgende Eigenschaften gelten für Zeichenketten:

- Sie bestehen aus einer Folge von Einzelzeichen.
- Sie werden mit doppelten Anführungszeichen eingeschlossen: "Das ist eine Zeichenkette".
- Am Ende muss ein NULL-Zeichen (`"\0"`) zur Kennzeichnung des Endes angehängt sein.
- Zeichenketten können einem Charaterfeld (char-Array) zugewiesen werden.
Sie können über Zeilengrenzen gehen, wenn unmittelbar vor dem Zeilentrenner ein Backslash `"\"` steht.
Zeichenketten dürfen nur beim Initialisieren oder beim Einlesen zugewiesen werden, nicht aber zu einem späteren Zeitpunkt.

```
char str1[100] = "";
char str2[] = "Hallo";
char str3[100] = "Hallo";
char str4[] = {'H', 'a', 'l', 'l', 'o', '\0'};
char str5[] = {72, 97, 108, 108, 111, 0}; // "Hallo"
char str6[20] = "Teil 1\
Teil2"; // Der Zeilenumbruch ist auf dem String nicht sichtbar
str1 = "ungueltige Zuweisung"; // Compilerfehler!
```

Das Umwandlungszeichen (conversion) zur Ausgabe von Stringlitteralen lautet „s“:

```
char str1[] = "Hallo";
printf("%s", str1);
```

Fürs Einlesen von Stringliterals stehen unter anderem folgende beiden Befehle zur Verfügung:

- `scanf("%s", s)` (*unsafe, buffer-overflows* möglich) und
- `fgets(s, ARRAY_SIZE, stdin)` (*safe*)

```
#define SIZE 100
char str1[SIZE] = "";
scanf("%s", str1);
fgets(str1, SIZE, stdin);
```

Mit `fgets(string_variable, ARRAY_SIZE, stdin)` werden maximal `ARRAY_SIZE-1` Stellen eingelesen, weil die letzte Stelle im Array für das NULL-Zeichen ("`\0`") benötigt wird.

Die Deklaration und Initialisierung `char s[] = ""`; erzeugt ein einstelliges char-Array mit dem NULL-Zeichen ("`\0`") an der Stelle `s[0]` als Inhalt.

Um die Länge eines Stringliterals festzustellen, stellt die Bibliothek `<string.h>` den Befehl `strlen(s)` zur Verfügung:

```
char str[] = { "Hallo" };
int strLaenge;
strLaenge = strlen(str); // Laenge ist 6 ("Hallo" + '\0')
```

Der Zugriff auf einzelne Zeichen eines Stringliterals erfolgt folgendermaßen:

```
char str[] = { "Hallo" };
char c;
c = str[0]; // Weist der Variablen c das Zeichen 'H' zu
```

Zur Umwandlung von Zeichenketten in numerische Werte stellt die Bibliothek `<string.h>` unter anderem folgende Konvertierungsfunktionen zu Verfügung:

```
int atoi(<String>) // Konvertierung von String in int
double atof(<String>) // Konvertierung von String in double
```

11. Operatoren – 2. Teil

11.1. Arithmetische Zuweisungsoperatoren

Operator	Beispiel	Bedeutung
<code>+=</code>	<code>a += 2;</code>	<code>a = a+2;</code>
<code>-=</code>	<code>a -= 2;</code>	<code>a = a-2;</code>
<code>*=</code>	<code>a *= 2;</code>	<code>a = a*2;</code>
<code>/=</code>	<code>a /= 2;</code>	<code>a = a/2;</code>
<code>%=</code>	<code>a %= 2;</code>	<code>a = a%2;</code>

Achtung: Die Zuweisung:

```
z1 *= z2 +1;
```

entspricht der Anweisung:

```
z1 = z1 * (z2 +1);
```

und nicht:

```
z1 = z1*z2 +1;
```

Die verkürzte Schreibweise mit den arithmetischen Zuweisungsoperatoren ist dann sinnvoll, wenn dadurch komplexe Ausdrücke leichter lesbar werden:

```
feld[2*i+j-4] = feld[2*i+j-4] + 2; // normale Schreibweise
```

```
feld[2*i+j-4] += 2; // verkürzte Schreibweise
```

11.2. Inkrement- und Dekrementoperatoren ++ und --

Diese beiden unären Operatoren werden verwendet um das Ergebnis des Operanden um 1 zu erhöhen oder um 1 zu vermindern. Sie sind für alle Datentypen zulässig. Sie können in Präfix- (vor dem Operanden) oder Postfixnotation (nach dem Operanden) verwendet werden.

Präfixnotation: Der Wert des Operanden ändert sich **vor** seiner weiteren Verwendung.

`++x`

`--x`

Postfixnotation: Der Wert des Operanden ändert sich **nach** seiner weiteren Verwendung.

`x++`

`x--`

Die folgende Tabelle zeigt die unterschiedliche Bedeutung der Operatoren:

a vorher	Ausdruck	a nachher	b nachher
10	<code>b = a++;</code>	11	10
10	<code>b = ++a;</code>	11	11
10	<code>b = a--;</code>	9	10
10	<code>b = --a;</code>	9	9

Die Inkrement- und Dekrementoperatoren können für einzelne Variablen, nicht aber für Zahlen oder Ausdrücke verwendet werden.

Beispiel:

```
int i = 2, j, k = 3;
j = i++ + k; // = i++ + k
printf("%d %d %d\n", i, j, k);
j = i++ + k--; // = i++ + k--
printf("%d %d %d\n", i, j, k);
j = i++ + ++k;
printf("%d %d %d\n", i, j, k);
j = i++ + ++i;
printf("%d %d\n", i, j);
j = (i + k)++; // Compilerfehler!!

float z = 3.1;
z++;
printf("%f\n", z);
```

Ausgabe:

```
3 5 3
4 6 2
5 7 3
7 12
4.100000
```

11.3. Vergleichsoperatoren

In C gibt es 6 Operatoren zum Vergleichen von numerischen Datentypen. Das Ergebnis eines Vergleichs ist immer vom Typ `int`, wobei 0 dem Wert falsch und 1 dem Wert wahr entspricht.

Operator	Bedeutung
<code>==</code>	gleich
<code>!=</code>	ungleich
<code><</code>	kleiner
<code><=</code>	kleiner gleich
<code>></code>	größer
<code>>=</code>	größer gleich

Beispiel:

```
int a = 2, b = 3;
printf("%d == %d ist %d\n", a, b, a == b);
printf("%d != %d ist %d\n", a, b, a != b);
printf("%d == %d ist %d\n", ++a, b, a == b); // Achtung: Call by Value!
```

Ausgabe:

```
2 == 3 ist 0
2 != 3 ist 1
3 == 3 ist 0
```

11.4. Logische Operatoren

Logische Operatoren verknüpfen Wahrheitswerte. Da in C die Wahrheitswerte durch ganzzahlige Werte beschrieben werden, können logische Operatoren für alle Datentypen verwendet werden.

Operator	Bedeutung
!	logisches nicht - dreht den Wahrheitswert um
&&	logisches und - wahr wenn beide Operanden wahr sind
	logisches oder - wahr wenn zumindest einer der beiden Operanden wahr ist

Die folgende Wertetabelle zeigt alle möglichen Kombinationen der Wahrheitswerte:

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

Die logischen Operatoren **&&** und **||** arbeiten mit der sog. short-circuit-evaluation, d.h. der rechte Operand wird nur dann ausgewertet, wenn das zur Bestimmung eines Ergebnisses notwendig ist.

Bei **a && b** wird daher b nur ausgewertet, wenn a=1 ist.

Bei **a || b** dagegen wird b nur ausgewertet wenn a=0 ist.

Der **&&** Operator hat Vorrang vor dem **||** Operator.

Der Ausdruck

a || b && c

ist gleichbedeutend mit

a || (b && c)

Durch die short-circuit-evaluation kann es zu unerwünschten Nebeneffekten kommen, wenn im rechten Teil eines logischen Ausdrucks Variablenänderungen stehen, die durch die verkürzte Auswertung nicht ausgeführt werden.

Beispiel:

```
if (a < b && d++) { ... } // Bedingung mit Nebeneffekt
if (d++ && a < b) { ... } // Bedingung ohne Nebeneffekt
```

Bei der ersten if-Anweisung wird d nur dann erhöht wenn **a < b** wahr ist. Bei der zweiten if-Anweisung wird d in jedem Fall erhöht.

11.5. Die Operatorenrangfolge

Die Rangfolge der Operatoren ist von oben nach unten angeordnet. Operatoren innerhalb derselben Zeilen sind gleichwertig und werden von links nach rechts abgearbeitet. Durch Verwendung von runden Klammern kann der Vorrang der Operatoren geändert werden.

Operator-Typ	Operator
unär Postfix	() [] ++ --

Operator-Typ	Operator
unär Präfix	++ -- (cast) sizeof
binär Arithmetisch	* / %
binär Arithmetisch	+ -
Vergleich	< <= > >=
Vergleich	== !=
logisch und	&&
logisch oder	
Zuweisung	+= -= *= /= %=
Komma	,

12. Kontrollstrukturen – Entscheidung

C stellt für die Entscheidung folgende zwei Kontrollstrukturen zur Verfügung:

- Die bedingte Verzweigung: `if-else`
- Die Fallunterscheidung: `switch-case`

12.1. Die bedingte Verzweigung `if-else`

Die `if`-Anweisung hat folgende Syntax:

```
if (bedingung)
    anweisung-1;
else
    anweisung-2;
```

Die `if`-Anweisung dient zur Auswahl zwischen zwei Möglichkeiten:

- *bedingung* muss einen Wahrheitswert liefern. Ist *bedingung* wahr, wird *anweisung-1* ausgeführt sonst *anweisung2*
- Der `else`-Zweig ist optional
- Anstelle einer einzelnen Anweisung kann auch ein Anweisungsblock, der in `{ }` eingeschlossen wird, stehen

Das folgende Beispiel zeigt eine einfache `if`-Anweisungen:

```
if (stunde < 12)
    printf("Vormittag\n");
else
    printf("Nachmittag\n");
```

Bei der Schachtelung von mehreren `if-else`-Anweisungen gehört das `else` zum letzten `if`, das keinen `else`-Zweig hat:

```
int a = 1, b = 2;

if (a < b)
{
    printf("a kleiner b\n");
}
else if (a > b)
{
    printf("a groesser b\n");
}
else
{
    printf("a gleich b\n");
}
```

Folgende `if`-Anweisungen sind äquivalent. Bei der Entscheidung, welche man verwendet, soll man auf Lesbarkeit achten:

```
if (i % k)
    printf("Division mit Rest\n");
```

```

if (i % k != 0)
    printf("Division mit Rest\n");

if (x)
    ...

if (x != 0)
    ...

```

Zwei häufige Fehler beim Verwenden der `if`-Anweisung sind das Verwechseln der Bedingung mit einer Zuweisung sowie das Setzen eines Strichpunkts hinter der Bedingung:

```

// Fehler 1:
if (x = 0)                // Zuweisung statt Bedingung
    printf("%d\n", x);    // Die printf()-Anweisung wird nie ausgeführt

// Fehler 2:
if (a == b);              // der ; ist eine leere Anweisung
    printf("Werte gleich!\n"); // die printf()-Anweisung wird immer ausgeführt

```

12.2. Die switch-case Anweisung

Die `switch-case`-Anweisung hat folgende Syntax:

```

switch (ausdruck)
{
case konstante-1:
    anweisung-1;
case konstante-2:
    anweisung-2;
    ...
case konstante-n:
    anweisung-n;
default:
    anweisung;
}

```

Die `switch-case`-Anweisung wird folgendermaßen abgearbeitet:

1. Der Ausdruck hinter dem `switch` wird ausgewertet, wobei als Wert nur Ganzzahl-Datentypen wie `char` und `int` erlaubt sind.
2. Der Wert des Ausdrucks wird nacheinander mit den Werten von *konstante-1* bis *konstante-n* verglichen. Wird eine Übereinstimmung gefunden, so werden alle folgenden Anweisungen bis zum Ende der `switch`-Anweisung oder bis zum nächsten `break` ausgeführt.
3. Wird keine Übereinstimmung des Wertes von *ausdruck* mit einer der angegebenen Konstanten gefunden, so wird der `default`-Zweig und alle folgenden Anweisungen bis zum nächsten `break` ausgeführt.

Weitere Eigenschaften der `switch-case` Anweisung:

- Jeder Ausdruck *anweisung-i* kann dabei auch aus mehreren Einzelanweisungen oder beliebig komplexen Kontrollstrukturen, wie Schleifen etc., bestehen.
- Der `default`-Zweig ist optional und muss nicht der letzte Zweig in der `switch`-Anweisung sein.
- Für den *konstante-i* Ausdruck dürfen keine Variablen verwendet werden.
- Jeder *konstante-i* Ausdruck muss eindeutig sein, d.h er darf nicht zweimal vorkommen.
- Es können beliebig viele `case`-Teile vorhanden sein.
- Ein *konstante-i* Ausdruck kann auch ohne nachfolgende *anweisung-i* vorkommen.

Das folgende Beispiel zeigt die Arbeitsweise der `switch-case` Anweisung:

```

switch (punkte)
{
case 50:
    printf("Sehr gut\n");
    break;

```

```

case 40:
    printf("Gut\n");
    break;
case 30:
    printf("Befriedigend 3\n");
    break;
case 20:
    printf("Genügend 4\n");
    break;
default:
    printf("Nicht genügend\n");
}

```

In diesem Beispiel wird für 50 Punkte "Sehr gut" ausgegeben, für 40 Punkte "Gut" usw. Für alle anderen Punktezahlen, wie z.B. 42 wird "Nicht genügend" ausgegeben (Dieses Beispiel macht somit keinen Sinn).

Im folgenden Beispiel werden jeweils zwei Konstante von einem Anweisungsblock behandelt:

```

printf("\nBitte geben Sie Ihre Farbwahl ein: ");
switch (c = getchar())
{
case 'r':
case 'R':
    printf("\nSie haben rot gewaehlt\n");
    break;
case 'b':
case 'B':
    printf("\nSie haben blau gewaehlt\n");
    break;
case 'g':
case 'G':
    printf("\nSie haben gelb gewaehlt\n");
    break;
default:
    printf("\nFalsche Farbwahl!\n");
}

```

13. Kontrollstrukturen – Schleifen

C stellt folgende drei Schleifen zur Verfügung:

- Die *while*-Schleife
- Die *do-while*-Schleife
- Die *for*-Schleife

13.1. Die *while*-Schleife

Die *while*-Schleife hat folgende Syntax:


```

while (bedingung)
    anweisung;

```

Eigenschaften der *while*-Schleife:

- Die Bedingung wird vor jedem Schleifendurchgang geprüft.
- Die Schleife wird solange wiederholt, solange *bedingung* wahr ist, d.h. ungleich 0, ist.
- Die *while*-Schleife ist kopfgesteuert und hat eine Laufbedingung.
- Anstelle einer einzelnen Anweisung kann ein geklammerter Anweisungsblock { } stehen.

 Struktogramm *while*-Schleife

Beispiel

Mit einem Würfel wird, solange die Augensumme < 100 ist, gewürfelt. Wie oft gewürfelt wird, wird mitgezählt.

Struktogramm while-Schleife Beispiel Würfel

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

int main()
{
    int augensumme = 0;
    int anzahlWuerfe = 0;
    int wert;

    srand(time(NULL));

    while (augensumme < 100)
    {
        wert = rand() % 6 + 1;
        augensumme = augensumme + wert;
        anzahlWuerfe = anzahlWuerfe + 1;
    }
    printf("Mit %d Wuerfen wurde die Augensumme %d gewuerfelt.\n",
        anzahlWuerfe, augensumme);

    return 0;
}
```

13.2. Die do-while-Schleife

Im Gegensatz zur while-Schleife wird bei der do-while-Schleife die Laufbedingung am Ende überprüft. Es handelt sich um eine fußgesteuerte Schleife. Die Syntax der do-while-Schleife lautet wie folgt:

```
do
    anweisung;
while (bedingung);
```

Eigenschaften der do-while-Schleife:

- Die Bedingung wird am Ende jedes Schleifendurchgangs geprüft.
- Die Schleife wird zumindest einmal durchlaufen.
- Die Schleife wird solange wiederholt solange *bedingung* wahr, d.h. ungleich 0, ist.
- Die Schleife ist fußgesteuert und hat eine Laufbedingung.
- Anstelle einer einzelnen Anweisung kann ein geklammerter Anweisungsblock { } stehen.
- Der Strichpunkt hinter der Bedingung darf nicht vergessen werden.

Struktogramm do-while-Schleife

Beispiel

Ermittle Zufallszahlen zwischen 0 und 100 und summiere die Zahlen auf. Sobald die Summe > 100 ist, soll die Berechnung beendet werden. Die Anzahl der Summanden ist mitzuzählen.

Struktogramm do-while-Schleife Beispiel Summe aus Zufallszahlen

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#include <time.h>

int main()
{
    int summe = 0;
    int anzahl = 0;
    int zufallszahl;

    srand(time(NULL));
```

```

do
{
    zufallszahl = rand() % 101;
    summe = summe + zufallszahl;
    anzahl = anzahl + 1;
} while (summe <= 100);

printf("Mit %d Summanden wurde die Summe von %d erreicht.\n",
       anzahl, summe);

return 0;
}

```

13.3. Die for-Schleife

Die for-Schleife hat folgende Syntax:

```

for (initialisierung; bedingung; update)
    anweisung;


```

Die for-Schleife wird folgendermaßen abgearbeitet:

1. Vor dem ersten Schleifendurchlauf wird der Ausdruck *initialisierung* ausgeführt. Hier werden meistens eine oder mehrere (Lauf-)Variablen initialisiert.
2. Vor jedem Schleifendurchlauf wird der *bedingung*-Ausdruck ausgewertet. Wenn das Ergebnis wahr (ungleich 0) ist, wird der Teil *anweisung* der Schleife durchlaufen.
3. Nach Beendigung jedes Schleifendurchlaufs wird der *update*-Ausdruck ausgeführt. Hier werden zumeist eine oder mehrere Laufvariablen verändert.

Eigenschaften der for-Schleife:

- Alle drei Ausdrücke *initialisierung*, *bedingung* und *update* sind optional. Der Defaultwert für den Ausdruck *bedingung* ist wahr.
- Anstelle einer einzelnen Anweisung kann ein geklammerter Anweisungsblock { } stehen.

 Struktogramm for-Schleife

Weitere Eigenschaften der for-Schleife:

- Die Laufvariable ist eine lokale Variable ganzzahligen Typs, z.B. `int` oder `char` (also nicht vom Typ `double`).
- Start- und Endwert sind Ausdrücke, die zur Laufvariable zuweisungskompatibel sind.
- In der (Block-)Anweisung darf der Wert der Laufvariable nicht geändert werden.

Beispiel 1

Summe der Quadrate der Zahlen von 1 bis 5.

 Struktogramm Beispiel Summe von Quadraten

```

#include <stdio.h>

int main()
{
    int sum = 0;
    for (int i = 1; i <= 5; i++)
    {
        sum += i * i;
    }
    printf("Summe der Quadrate: %d\n", sum);

    return 0;
}

```

Beispiel 2

Summe der Wurzeln der Zahlen von 5 bis 1

Struktogramm Beispiel Summe von Wurzeln

```
#include <stdio.h>
#include <math.h>

int main()
{
    double sum = 0;
    for (int i = 5; i > 0; i--)
    {
        sum += sqrt(i);
    }
    printf("Summe der Quadratwurzeln: %6.2f\n", sum);

    return 0;
}
```

Zwei Beispiele für Endlosschleifen:

```
for (;;)          // default-Wert der Bedingung ist wahr
    printf("Endlosschleife\n");

for (; 5;)        // Bedingung besteht aus Konstanten != 0
    printf("Endlosschleife\n");
```

for-Schleifen können beliebig ineinander verschachtelt werden.

Beispiel 3

Gib alle Variationen mit Wiederholung der Buchstaben a, b und c am Bildschirm aus.

Struktogramm Variation mit Wiederholung der Buchstaben a, b, c

```
#include <stdio.h>

int main()
{
    int c1, c2, c3;
    int zaehler = 0;
    for (c1 = 'a'; c1 <= 'c'; c1++)
    {
        for (c2 = 'a'; c2 <= 'c'; c2++)
        {
            for (c3 = 'a'; c3 <= 'c'; c3++)
            {
                printf("%c%c%c ", c1, c2, c3);
                zaehler++;
            }
        }
        printf("\n");
    }
    printf("Es gibt %d Variationen mit Wiederholung.\n", zaehler);

    return 0;
}
```

BildschirmAusgabe:

```
aaa aab aac aba abb abc aca acb acc
baa bab bac bba bbb bbc bca bcb bcc
caa cab cac cba cbb cbc cca ccb ccc
Es gibt 27 Variationen mit Wiederholung.
```

Sehr häufig werden for-Schleifen zum Durchlaufen von Feldern verwendet:

```

#include <stdio.h>

#define MAX 10

int main()
{
    int i;
    int array[MAX];
    for (i = 0; i < MAX; i++)        // Feld vorwärts durchlaufen
        array[i] = i;
    for (i = MAX - 1; i >= 0; i--) // Feld rückwärts durchlaufen
        printf("%d ", array[i]);

    return 0;
}

```

BildschirmAusgabe:

9 8 7 6 5 4 3 2 1 0

13.4. Gegenüberstellung for-, while- und do-while-Schleife

```

// for-Schleife
for (initialisierung; bedingung; update)
{
    anweisung;
}

// while-Schleife
initialisierung;
while (bedingung)
{
    anweisung;
    update;
}

// do-while-Schleife
initialisierung;
do
{
    anweisung;
    update;
} while (bedingung);

```

Beispiel

Ausgabe der Zahlen 1 bis 5

```

// for-Schleife
for (i = 1; i <= 5; i++)
    printf("%d\n", i);

// while-Schleife
int i = 1;
while (i <= 5)
{
    printf("%d\n", i);
    i++;
}

// do-while-Schleife
i = 1;
do
{
    printf("%d\n", i);

```

```
    i++;  
} while (i <= 5);
```

13.5. Abbruch einer Schleife mit break oder continue

Eigenschaften der break-Anweisung:

- Mit **break** kann die aktuell laufende Schleife abgebrochen werden. Das Programm setzt mit der nächsten Anweisung im unmittelbaren Anschluß an die Schleife fort.
- Bei mehreren ineinander geschachtelten Schleifen wird nur die unmittelbar umgebende Schleife abgebrochen.
- Mit **break** kann auch die **switch**-Anweisung verlassen werden.

Eigenschaften der continue-Anweisung:

- Dient zum Vorzeitigen Abbruch eines Schleifendurchlaufs.
- Bei **while** und **do-while** wird sofort die Schleifenbedingung geprüft.
- Bei der **for**-Schleife wird zuerst der update-Ausdruck ausgeführt und danach die Bedingung geprüft.

Beispiel mit break-Anweisung:

```
int i;  
for (i = 1; i <= 5; i++)  
{  
    if (i == 3)  
    {  
        break;  
    }  
    printf("%d\n", i);  
}  
printf("Der Wert von i nach der Schleife ist %d\n", i);
```

Bildschirmausgabe:

```
1  
2  
Der Wert von i nach der Schleife ist 3
```

Beispiel mit continue-Anweisung:

```
int i;  
for (i = 1; i <= 5; i++)  
{  
    if (i == 3)  
    {  
        continue;  
    }  
    printf("%d\n", i);  
}  
printf("Der Wert von i nach der Schleife ist %d\n", i);
```

Bildschirmausgabe:

```
1  
2  
4  
5  
Der Wert von i nach der Schleife ist 6
```

13.6. Die exit()-Funktion

Die **exit()**-Funktion dient zum Beenden des gesamten Programms und hat die Syntax:

```
exit(parameter);
```

Der Parameter muss vom Typ int sein, der Zahlenwert wird vom Betriebssystem bzw. vom Elternprozess ausgewertet. Ist der Wert des Parameters gleich 0 so wurde das Programm korrekt beendet, sonst wird mit dem Parameter eine Fehlernummer übergeben.

Beispiel:

```
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>

int main()
{
    char c;
    printf("\nWeitermachen (J/N)? ");
    scanf("%c", &c);
    if (c == 'j' || c == 'J')
        exit(0);
    else
        exit(1);
}
```

14. Zahlensysteme: Dezimal-, Binär-, und Hexadezimal-System

14.1. Umwandlung Dezimal- ins Binärsystem

150d	0	<i>least significant bit (LSB)</i>
75	1	
37	1	
18	0	
9	1	
4	0	
2	0	
1	1	<i>most significant bit (MSB)</i>

150d = 1001 0110b = 96h

14.2. Umwandlung Binär- ins Dezimalsystem

$150d = 1 \cdot 10^2 + 5 \cdot 10^1 + 0 \cdot 10^0 = 1 \cdot 100 + 5 \cdot 10 + 0 \cdot 1 = 150d$

$1001\ 0110b =$
 $= 1 \cdot 2^7 + 0 \cdot 2^6 + 0 \cdot 2^5 + 1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^0 =$
 $= 1 \cdot 128 + 0 \cdot 64 + 0 \cdot 32 + 1 \cdot 16 + 0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 1 \cdot 2 + 0 \cdot 1 =$
 $= 128 + 16 + 4 + 2 =$
 $= 150d$

1001 0110b = 150d

14.3. Umwandlung Binär- ins Dezimalsystem (Horner-Schema)

$150d = 0 + 10 \cdot (5 + 10 \cdot (1))$

$1001\ 0110b =$
 $= 0 + 2 \cdot (1 + 2 \cdot (1 + 2 \cdot (0 + 2 \cdot (1 + 2 \cdot (0 + 2 \cdot (0 + 2 \cdot (1))))))) =$
 $= 0 + 2 \cdot (1 + 2 \cdot (1 + 2 \cdot (2 \cdot (1 + 2 \cdot (2 \cdot 2)))))) =$
 $= 2 \cdot (1 + 2 \cdot (1 + 4 \cdot (1 + 8))) =$
 $= 2 \cdot (1 + 2 \cdot (37)) =$
 $= 150d$

$$1001\ 0110b = 150d$$

14.4. Umwandlung Binär- ins Hexadezimalsystem und umgekehrt

Das Hexadezimalsystem ist eine übersichtlichere Darstellung von Binärzahlen:

$$1001\ 0110b = 96h$$

Die Umwandlung von Dezimal- ins Hexadezimalsystem und umgekehrt funktioniert gleich wie die Umrechnung vom Dezimal- ins Binärsystem jedoch:

- Division durch 16 anstatt 2
- Multiplikation mit Basis 16 anstatt 2

$$59378d : 16 = 3711 : 16 = 231 : 16 = 14 = E$$

$$\begin{array}{r} 113 \\ 17 \\ 18 \\ 2 \end{array} \quad \begin{array}{r} 51 \\ 31 \\ 15 = F \end{array} \quad \begin{array}{r} 71 \\ 7 \end{array}$$

$$59378d = E7F2h$$

$$E7F2h = E \cdot 16^3 + 7 \cdot 16^2 + F \cdot 16^1 + 2 \cdot 16^0 = 14 \cdot 4096 + 7 \cdot 256 + 15 \cdot 16 + 2 \cdot 1 = 59378d$$

$$E7F2h = 59378d$$

	Dezimalsystem	Binärsystem	Hexadezimalsystem
Zur Basis	10	2	16
Zeichenvorrat	0,1	0,1,...,7,8,9	0,1,...,9,A,B,...,D,E,F
Darstellung	150d	1001 0110b	96h

14.5. Das 2er-Komplement

Es gibt verschiedene Möglichkeiten, negative Zahlen im Binärsystem darzustellen. Zum Beispiel, für das Vorzeichen ein separates Bit zu verwenden.

Das 2er-Komplement verwendet kein separates Vorzeichen-Bit. Dennoch gilt:

- Hat das MSB den Wert 1 => negative Zahl
- Ist das MSB 0 => positive Zahl

Mit dem 2er-Komplement lassen sich z.B. folgende Zahlenbereiche darstellen:

Bits	Bereich	Bereich
8 Bit	$[-2^{(8-1)}; +2^{(8-1)}-1]$	$[-128; 127]$
16 Bit	$[-2^{(16-1)}; +2^{(16-1)}-1]$	$[-32768; +32767]$

Negative Binärzahlen werden folgendermaßen kodiert:

1. Alle Stellen des positiven Betragswerts der Zahl negieren.
2. Den Wert 1 dazu addieren.

Beispiel Zahl -4d:

1. $4d = 0000\ 0100b \Rightarrow 1111\ 1011b$
2. $1111\ 1011b + 1b = 1111\ 1100b = -4d$

Die Umwandlung einer negativen Binärzahl in ihren positiven Betragswert erfolgt genau gleich:

1. Alle Stellen der Zahl negieren.
2. Den Wert 1 dazu addieren.

Beispiel Zahl -4d:

1. $-4d = 1111\ 1100b \Rightarrow 0000\ 0011b$
2. $0000\ 0011b + 1b = 0000\ 0100b = 4d$

Beispiel Zahl 1111 1111b (-1d):

1. $-1d = 1111\ 1111b \Rightarrow 0000\ 0000b$
2. $0000\ 0000b + 1b = 0000\ 0001b = 1d$

Dezimalzahl	2er-Komplement
127	0111 1111
0	0000 0000
-1	1111 1111
-128	1000 0000

Addition und Subtraktion im Bereich der ganzen Zahlen lassen sich folgendermaßen durchführen: Bei den Minuenden wird das 2er-Komplement gebildet und anschließend werden die Zahlen addiert.

Beispiel $-27 + 3 = -24$:

$$-27 + 3 = -24$$

$$\begin{array}{rcl}
 -27d & 1110\ 0101b & \\
 +3d & +11b & \\
 \hline
 -24d & 1110\ 1000b \Rightarrow 0001\ 0111b & \\
 & +1b & \\
 & \hline
 & 1\ 1000b = 16d + 8d = 24d &
 \end{array}$$

Beispiel $-27 - 3 = -30$:

$$-27d - 3d = -27d + (-3d) = -30d$$

$$\begin{array}{rcl}
 -27d & 1110\ 0101b & \\
 -3d & 1111\ 1101b & \\
 \hline
 -30d & 1\ 1110\ 0010b \Rightarrow 0\ 0001\ 1101b & \\
 & +1b & \\
 & \hline
 & 1\ 1110b = 16d + 14d = 30d &
 \end{array}$$

15. Bitoperatoren

Mit Bitoperatoren lassen sich einzelne Bits von Variablen verändern.

Operator	Bezeichnung	Bedeutung
~	Bitweises Komplement	dreht das Bitmuster des Operanden um
&	Bitweises UND	ergibt 1 wenn beide Bits 1 sind
	Bitweises ODER	ergibt 1 wenn zumindest ein Bit 1 ist
^	Bitweises XOR	ergibt 1 wenn beide Bits unterschiedlich sind
<<	Linksshift	
>>	Rechtsshift	

Die folgende Wertetabelle zeigt die möglichen Kombinationen

Bit1	Bit2	~Bit1	Bit1 & Bit2	Bit1 Bit2	Bit1 ^ Bit2
0	0	1	0	0	0
0	1	1	0	1	1
1	0	0	0	1	1
1	1	0	1	1	0

Beispiel für das bitweise Komplement einer Zahl:

```
short int x = 4; // x = 0000 0000 0000 0100
short int y;

y = ~x;          // y = 1111 1111 1111 1011
printf("Einserkomplement von %d: %d\n", x, y);
y = ~x + 1;      // y = 1111 1111 1111 1100
printf("Zweierkomplement von %d: %d\n", x, y);
```

Ausgabe:

```
Einserkomplement von 4: -5
Zweierkomplement von 4: -4
```

Beispiele für Bitoperatoren:

```
short int a = 13;      // a = 0000 0000 0000 1101
short int b = 7;       // b = 0000 0000 0000 0111
short int c;

c = a & b;             // c = 0000 0000 0000 0101
c = a | b;             // c = 0000 0000 0000 1111
c = a ^ b;             // c = 0000 0000 0000 1010
```

Die Bitoperatoren lassen sich auch mit dem Zuweisungsoperator kombinieren: `&=`, `|=` und `^=`

Das bitweise ODER kann verwendet werden, um mit Hilfe einer Maske mehrere Bits auf 1 zu setzen, während das bitweise UND verwendet werden kann, um mehrere Bits auf 0 zu setzen. Das folgende Beispiel zeigt den Zusammenhang:

```
short int a = 0x07A9;   // a = 0000 0111 1010 1001

short int maske = 0x1111; // maske = 0001 0001 0001 0001
a |= maske;             // a =    0001 0111 1011 1001

maske = 0x3333; // maske = 0011 0011 0011 0011
a &= maske;      // a =    0001 0011 0011 0001
```

Bei der `|=` Verknüpfung bleiben alle gesetzten Bits von `a` erhalten, zusätzlich werden die Bits von `maske` in `a` gesetzt. Das folgt aus der Tatsache dass:

$b \mid 0 = b$ und $b \mid 1 = 1$

wobei `b` für einen beliebigen Bitwert (0 oder 1) stehen kann.

Bei der `&=` Verknüpfung werden alle Bits die in `maske` 0 sind, in `a` auf 0 gesetzt. Die Bits, die in `maske` auf 1 gesetzt sind bleiben in `a` erhalten. Das folgt aus der Tatsache dass:

$b \& 0 = 0$ und $b \& 1 = b$

wobei `b` für einen beliebigen Bitwert (0 oder 1) stehen kann.

15.1. Shiftoperatoren

Der **Linksshiftoperator** `<<` schiebt das Bitmuster um den vom rechten Operanden angegebenen Wert nach links. Es gelten dabei folgende Regeln:

- Die äußerst linken Bits werden herausgeschoben und gehen verloren.
- Von der rechten Seite werden Nullen nachgeschoben.
- Eine Kombination mit dem Zuweisungsoperator (`<<=`) ist möglich.

Beispiele:

```
unsigned char a = 6; // a = 0000 0110b = 6d
a = a << 3;          // a = 0011 0000b = 48d
```

```
signed char b = -4; // b = 1111 1100b = -4d
b = b << 3; // b = 1110 0000b = -32d
```

Das Verschieben nach links entspricht einer Multiplikation mit 2^n , wobei n der Verschiebefaktor ist: $x \ll n = x * 2^n$

Der **Rechtsshiftoperator** \gg schiebt das Bitmuster um den vom rechten Operanden angegebenen Wert nach rechts. Es gelten dabei folgende Regeln:

- Die äußerst rechten Bits werden herausgeschoben und gehen verloren.
- Von der linken Seite werden Nullen nachgeschoben wenn:
 - Die Variable vom Typ `signed` ist und das Vorzeichenbit `0` ist.
 - Die Variable vom Typ `unsigned` ist.
- Von der linken Seite werden Einsen nachgeschoben wenn:
 - Die Variable vom Typ `signed` ist und das Vorzeichenbit `1` ist
- Eine Kombination mit dem Zuweisungsoperator ($\gg=$) ist möglich.

Das Verschieben nach rechts entspricht einer Division durch 2^n , wobei n der Verschiebefaktor ist: $x \gg n = x / 2^n$

Beispiele:

```
unsigned char a = 48; // a = 0011 0000b = 48d
a = a >> 3; // a = 0000 0110b = 6d
```

```
signed char b = -32; // b = 1110 0000b = -32d
b = b >> 3; // b = 1111 1100b = -4d
```

Fazit

Mit den Shiftoperatoren lassen sich Multiplikation und Division mit 2er Potenzen sehr effizient umsetzen. Und das auch mit negative Zahlen, weil diese mit dem 2er Komplement kodiert sind.

Folgendes Beispiel liest vom Benutzer eine beliebige ganz Zahl ein und gibt diese binärkodiert, gruppiert in Bytes, am Bildschirm aus:

```
int x;

printf("Number: ");
scanf("%d", &x);

int anzBits = 8 * sizeof(x);
int i;

for (i = anzBits - 1; i >= 0; i--)
{
    printf("%d", (x >> i) & 0x0001);
    if (i % 8 == 0)
    {
        printf(" ");
    }
}
```

16. Arrays (Felder) - 1. Teil

16.1. Eindimensionale Arrays

Ein Array oder Feld ist eine Datenstruktur, die Werte vom gleichen Datentyp zusammenfasst.

Syntax:

```
datentyp feldname[anzahl_der_elemente];
```

Für die Arraygröße dürfen nur Konstanten verwendet werden, weil die Arraygröße vom Compiler festgelegt wird.

Anmerkung: In Java wird die Arraygröße zur Laufzeit festgelegt und daher dürfen auch Variablen verwendet werden.

Beispiele für gültige Arraydeklarationen:

```
char str[20];    // ein Array von 20 Zeichen
int feld[100];   // ein Array von 100 Ganzzahlen
double val[25];  // ein Array von 25 double Werten
```

```
const int XSIZE = 50;
int f[XSIZE];    // ein Array von 50 Ganzzahlen
```

Der Zugriff auf die Arrayelemente erfolgt mit einem Index, eingeschlossen in eckigen Klammern []. Mit Index 0 wird das erste Arrayelement angesprochen.

Das folgende Beispiel definiert ein Array für 10 Ganzzahlen, speichert darauf die Quadratzahlen von 1 bis 10 und gibt die Arrayelemente in aufsteigender und absteigender Reihenfolge aus:

```
int main()
{
    int feld[10];           // Array deklarieren
    int i;

    for (i = 0; i < 10; i++) // Array initialisieren
        feld[i] = (i + 1) * (i + 1);

    for (i = 0; i < 10; i++) // Array aufsteigend ausgeben
        printf("%4d", feld[i]);
    printf("\n");

    for (i = 9; i >= 0; i--) // Array absteigend ausgeben
        printf("%4d", feld[i]);
    printf("\n");

    return 0;
}
```

Testlauf:

```
    1    4    9   16   25   36   49   64   81  100
100   81   64   49   36   25   16    9    4    1
```

Der verwendete Speicherplatz eines Arrays kann mit dem `sizeof()`-Operator bestimmt werden.

Im folgenden Beispiel wird die Anzahl der Bytes eines Arrays, sowie die Anzahl der Arrayelemente ausgegeben:

```
int main()
{
    int feld[10];

    printf("Anzahl an Bytes:      %d\n", sizeof(feld));
    printf("Anzahl der Elemente: %d\n", sizeof(feld)/sizeof(int));
}
```

Testlauf:

```
Anzahl an Bytes:      40
Anzahl der Elemente:  10
```

16.2. Initialisieren von Arrays

Genauso wie Variablen haben auch Arrayelemente vor ihrer Initialisierung keinen definierten Wert. Arrays können bei ihrer Deklaration durch einen Initialisierungsblock mit Startwerten belegt werden. Der Block wird in geschwungenen Klammern {} eingeschlossen und muss bei der Deklaration des Arrays stehen. Die Werte werden durch Beistriche getrennt aufgelistet.

Es gelten dabei folgende Regeln: Die Anzahl der Arrayelemente kann weggelassen werden. Die Größe des Arrays ergibt sich aus der Anzahl der Werte im Initialisierungsblock. Ist die Elementanzahl größer als die Anzahl an Elementen im Initialisierungsblock, so werden die restlichen Elemente mit 0 aufgefüllt.

Beispiele:

```
int feld1[] = {1, 2, 3}; // Array mit drei Elementen

int feld2[4] = {1, 2}; // feld2[0]=1, feld2[1]=2, feld2[2]=0, feld2[3]=0

int feld3[100] = {0}; // Alle 100 Element werden mit 0 initialisiert
int feld4[100] = {}; // wie feld3

int x = 33;
int feld5[2] = {x, x + 1}; // feld5[0]=33, feld5[1]=34

int feld6[2] = {1, 2, 3}; // Compilerfehler
```

Im folgenden Beispiel wird ein eindimensionales Array mit Zufallszahlen zwischen -100 und 100 aufgefüllt. Anschließend wird die größte Zufallszahl ermittelt und mit ihrem Index ausgegeben:

```
#define MAX 10 // Symbolische Konstante für die Arraygrösse

int main()
{
    int zz[MAX] = {}; // Initialisieren aller Elemente mit 0
    int i;
    int zMax, zMin;
    int indexMax, indexMin;

    srand(time(NULL)); // Initialisieren des Arrays mit Zufallszahlen
    for (i = 0; i < MAX; i++)
        zz[i] = rand() % 201 - 100;

    zMax = zz[0];
    indexMax = 0;
    for (i = 1; i < MAX; i++) // Bestimmen des Maximums
    {
        if (zMax < zz[i])
        {
            zMax = zz[i];
            indexMax = i;
        }
    }
    printf("Groesste Zufallszahl: %4d\n", zMax);
    printf("Index: %4d\n", indexMax);

    return 0;
}
```

Testlauf:

```
Groesste Zufallszahl: 81
Index: 9
```

17. Funktionen

Eine Funktion (auch Unterprogramm) ist ein abgeschlossener Programmteil, der eine bestimmte Aufgabe ausführt. Jedes C-Programm besteht zumindest aus einer Funktion - dem Hauptprogramm `main()`. Vom Hauptprogramm aus werden weitere Funktionen aufgerufen.

Befehle wie `printf()`, `scanf()`, `pow()`, `rand()` usw. sind nichts anderes als Funktionen. Sie stehen uns durch Einbinden der C-Bibliotheken `<stdio.h>`, `<math.h>` und `<stdlib.h>` usw. zur Verfügung.

Mit Funktionen wird ein Programm übersichtlicher:

- Ein komplexes umfangreiches Problem wird in Teilprobleme zerlegt.
- Wiederkehrende Aufgaben brauchen als Funktion nur einmal umgesetzt werden.

17.1. Syntax einer Funktion

```
rückgabetyf funktionsname(formale_parameterliste)
{
    variablendeklarationen;
    anweisungen;
    return rückgabewert;
}
```

17.2. Eigenschaften von Funktionen

- Die `formale_parameterliste` enthält, durch Beistriche getrennt, Datentyp und Name aller Parameter.
- Die `formale_parameterliste` ist optional. Soll nichts übergeben werden, wird die Funktion mit `()` deklariert (z.B. bei `rand()`).
- Die `return`-Anweisung beendet die Funktion und kann an beliebiger Stelle, auch mehrmals, stehen.
- Fehlt der Rückgabewert bei der `return`-Anweisung, so wird kein Wert zurückgegeben. Die Ausführung der Funktion endet an dieser Stelle.
- Wird ein Rückgabewert nicht benötigt, so kann die `return`-Anweisung fehlen. Als `rückgabetyf` ist in diesem Fall `void` zu deklarieren.
- Die `formale` und die `aktuelle` Parameterliste müssen in Anzahl, Reihenfolge und Datentyp übereinstimmen.

Beispiele für Funktionen

```
int calcRectangleArea(int a, int b) // Funktion mit zwei
{                                  // Formalparameter
    int result;                   // und Rückgabewert
    result = a * b;
    return result;
}

void printRectangleArea(int a, int b) // Funktion gibt keinen
{                                  // Wert zurück,
    printf("%d", a * b);           // return wird nicht
}                                  // benötigt

int scanSideA() // Funktion besitzt keine Formalparameter
{
    int a;
    scanf("%d", &a);
    return a;
}
```

17.3. Funktionsdeklaration

Innerhalb einer C Quellcodedatei können Funktionen beliebig angeordnet sein. Findet der Compiler einen Funktionsaufruf, so überprüft er dessen Richtigkeit. Ist die Funktion im Quellcode jedoch an einer späteren Stelle definiert, braucht es eine Vorwärtsdeklaration.

Im folgenden Beispiel stehen zu Beginn die Vorwärtsdeklarationen. Im Hauptprogramm erfolgen die Funktionsaufrufe. Am Ende sind die Funktionen implementiert.

```
int readFromUser();           // Vorwärtsdeklaration
void printUserInput(int number); // Vorwärtsdeklaration

int main()                    // Hauptprogramm
{
    int value = 0;
    value = readFromUser();    // Funktionsaufruf
    printUserInput(value);     // Funktionsaufruf
    return 0;
}

int readFromUser()            // Implementierung der Funktion
```

```

{
    int number;
    printf("Enter a number: ");
    scanf("%d", &number);
    return number;
}

void printUserInput(int number) // Implementierung der Funktion
{
    printf("You entered: %d\n", number);
}

```

Screenshot:

```

Enter a number: 5
You entered: 5

```

17.4. Lokale Variablen

Werden Variablen in einer Funktion oder in einem Anwendungsblock deklariert, dann sind sie nur in diesem Codeabschnitt bekannt und werden als lokale Variablen bezeichnet.

Beispiel

```

void change()
{
    int i = 111;
    printf("Within function: %d\n", i);
}

int main(void)
{
    int i = 333;
    printf("%d\n", i);
    change();
    printf("%d\n", i);
    return 0;
}

```

Screenshot:

```

333
Within function: 111
333

```

Wird die Laufvariable einer for-Schleife im Initialisierungsteil deklariert, so ist sie eine lokale Variable und auch nur im Codeabschnitt der Schleife definiert.

17.5. Parameterübergabe

Bei Funktionen ist es oft notwendig, Werte zur Verarbeitung zu übergeben.

Wird die Funktion kodiert, müssen dafür Parameter mit Datentyp und Namen, die sogenannte formale Parameterliste, deklariert werden. Diese **formalen Parameter** sind innerhalb der Funktion lokale Variablen. Beim Aufruf der Funktion wird dann eine Variable oder ein Wert an die Funktion übergeben, man spricht dabei von den **aktuellen Parametern**. Die aktuellen Parameter müssen mit den Formalparametern in Anzahl, Reihenfolge und Typ übereinstimmen.

Beispiel

```

void function(int number) // number ist der Formalparameter
{
    printf("The value of number is: %d\n", number);
}

int main()                // Hauptprogramm
{

```

```

int x = 12;
function(x);           // x ist der aktuelle Parameter
function(999);         // 999 ist der aktuelle Parameter
}

```

Screenshot:

```

The value of number is: 12
The value of number is: 999

```

17.5.1. Call-by-value

In C werden Parameter an Funktionen *by-value* übergeben. Das heißt, vom aktuellen Parameter wird in der Funktion eine lokale Kopie angelegt. Alle Änderungen des Parameters innerhalb der Funktion haben keine Auswirkung auf den Wert der Variablen im aufrufenden Programm.

Beispiel

```

void increment(int x)
{
    x++; // Es wird x nicht aber x aus main() veraendert
    printf("x within increment(): %d\n", x);
}

int main(void)
{
    int x = 10;

    printf("x before increment() is called: %d\n", x);
    increment(x);
    printf("x after increment() was called: %d\n", x);
    return 0;
}

```

Screenshot:

```

x before increment() is called: 10
x within increment(): 11
x after increment() was called: 10

```

17.5.2. Call-by-reference

Bei *call-by-reference* ist eine Änderung eines Parameters innerhalb einer Funktion auch im aufrufendem Code wirksam. Komplexe Datentypen wie Arrays können nur *call-by-reference* übergeben werden.

Eine Parameterübergabe *call-by-reference* bedeutet, dass die Speicheradresse einer Variablen - **Pointer**, **Zeiger** oder **Referenz** genannt - an die Funktion übergeben wird.

Durch Dereferenzieren des Pointers (d.h. Zugriff auf den Inhalt der Speicheradresse, auf die der Pointer zeigt) ist es möglich, den Wert der Variablen zu verändern.

Ein Pointer (z.B. `int *`, `double *`, ...) repräsentiert die Adresse im Speicher, an der ein Variableninhalt abgelegt ist.

Beispiel

Das folgende Beispiel zeigt das Vertauschen von 2 Variablenwerten in der Funktion `swap()`. Die geänderten Werte sind anschließend auch im Hauptprogramm wirksam.

```

void swap(int *a, int *b) // Vertauscht die Werte von a und b
{
    int temp;
    temp = *a;
    *a = *b;
    *b = temp;
}

```

```
int main()
{
    int n1 = 1;
    int n2 = 8;
    printf("Values before swap: %d %d\n", n1, n2);
    swap(&n1, &n2);      // Übergabe der Adressen
    printf("Values after swap: %d %d\n", n1, n2);
    return 0;
}
```

Screenshot:

```
Values before swap: 1 8
Values after swap:  8 1
```

Bei der Übergabe der aktuellen Parameter wird durch das Voranstellen des Ampersands '&', die Adresse der Variable an die Funktion übergeben. Innerhalb der Funktion werden die Parameter durch Verwenden des *-Operators dereferenziert.

17.6. Rekursive Funktionen

Wird eine Aufgabe mit einer Schleife - einer sogenannten **Iteration** - gelöst, bezeichnen wir die Problemlösung als **iterativ**.

In manchen Situationen ist eine **rekursive** Problemlösung eleganter. Eine **Rekursion** ist eine Funktion, die sich selbst aufruft.

Betrachten wir folgenden Code.

```
#include <stdio.h>

void launchRocket(int n)
{
    if (n == 0)
        printf("Blast-off! ");
    else
    {
        printf("%d ", n);
        launchRocket(n - 1);
    }
}

int main()
{
    launchRocket(10);
    return 0;
}
```

Mit der zugehörigen Bildschirmausgabe.

```
10 9 8 7 6 5 4 3 2 1 Blast-off!
```

An die Funktion `launchRocket` wird ein einziger Wert übergeben. Ist dieser `0`, so wird `Blast-off!` ausgegeben und das Programm endet. Wird ein anderer Wert `n` übergeben, so wird dieser ausgegeben und `launchRocket` erneut mit dem Wert `n-1` aufgerufen.

Wenn wir nun im Beispiel `launchRocket()` im `else`-Zweig die Ausgabe des Countdown-Wertes mit dem rekursiven Funktionsaufruf vertauschen, erhalten wir folgenden Code mit folgender Bildschirmausgabe:

```
void launchRocket2(int n)
{
    if (n == 0)
        printf("Blast-off! ");
    else
    {
        launchRocket2(n - 1);
        printf("%d ", n);
    }
}
```



```
}  
}
```

BildschirmAusgabe:

Blast-off! 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

17.6.1. Dezimal- nach Binär-Umwandlung - rekursiv

Die Variante 2 des launchRocket()-Beispiels löst bei einer Dezimal- nach Binär-Umwandlung das Problem, dass das *most significant bit* (MSB) erst am Ende der Umwandlung zur Verfügung steht. Eine Dezimal- nach Binär-Umwandlung lässt sich somit folgendermaßen mit einer Rekursion elegant lösen.

```
#include <stdio.h>  
  
void displayBinaryValue(int decimalValue)  
{  
    if (decimalValue > 0)  
    {  
        displayBinaryValue(decimalValue / 2);  
        printf("%d", decimalValue % 2);  
    }  
}  
  
int main()  
{  
    int value;  
    printf("Decimal value: ");  
    scanf("%d", &value);  
    displayBinaryValue(value);  
    return 0;  
}
```

BildschirmAusgabe

Decimal value: 23
10111

18. Arrays (Felder) - 2. Teil

18.1. Eindimensionale Arrays dynamisch erzeugen

Mit der Funktion malloc() lässt sich für ein Array ein zusammenhängender Speicherbereich zur Laufzeit reservieren.

Wichtig: Sobald das Array im Programm nicht mehr benötigt wird, ist der Speicherbereich verlässliche mit der Funktion free() wieder freizugeben.

Im folgende Programm wird ein Array dynamisch erzeugt, initialisiert, am Bildschirm ausgegeben und dessen Speicherbereich am Ende wieder freigegeben.

Ein dynamisch erzeugtes Feld kann gleich wie statisch erzeugte Felder verwendet werden (z.B. bei Funktionsübergabe, Zugriff auf die einzelnen Elemente).

```
#include <stdio.h>  
#include <stdlib.h>  
  
void printArray(int a[], int size)  
{  
    for (int i = 0; i < size; i++)  
    {  
        printf("%4d", a[i]);  
        if (i % 10 == 9)  
            printf("\n");  
    }  
}
```

```

int main()
{
    int *a1;
    int s1 = 100;

    // Array dynamisch erzeugen
    a1 = (int *)malloc(sizeof(int) * s1);

    // Array initialisieren
    for (int i = 0; i < s1; i++)
        a1[i] = i;

    // Array ausgeben
    printArray(a1, s1);

    // Reservierten Speicher freigeben
    free(a1);

    return 0;
}

```

18.2. Mehrdimensionale Arrays

Jede Dimension des Arrays wird über einen eigenen Index angesprochen.

Syntax der Arraydeklaration:

```

datentyp arrayName[anzahl_dim1][anzahl_dim2] . . . [anzahl_dimN];

```

Beispiele einer Arraydeklaration:

```

int f1d[10];           // 1-dimensionales Feld
int f2d[10][5];        // 2-dimensionales Feld: Entspricht einer
                        // Tabelle mit 10 Zeilen + 5 Spalten = 50 Elementen

```

Initialisieren lassen sich mehrdimensionale Arrays wie folgt:

```

int f22[][3] = {{1,2,3},           // 2-dimensionales Feld: Entspricht einer
                {4,5}};           // Tabelle mit 2 Zeilen + 3 Spalten = 6 Elementen
int f3d[100][5][2] = {0};         // 3-dimensionales Array mit 100*5*2 = 1000 Elementen

int dim1, dim2, dim3, dim4;

dim1 = sizeof(f1d)/sizeof(int);
dim2 = sizeof(f2d)/sizeof(int);
dim3 = sizeof(f22)/sizeof(int);
dim4 = sizeof(f3d)/sizeof(int);

printf("Anzahl der Elemente von f1d: %d\n",dim1);
printf("Anzahl der Elemente von f2d: %d\n",dim2);
printf("Anzahl der Elemente von f22: %d\n",dim3);
printf("Anzahl der Elemente von f3d: %d\n",dim4);

```

Testlauf:

```

Anzahl der Elemente von f1d:  10
Anzahl der Elemente von f2d:  50
Anzahl der Elemente von f22:   6
Anzahl der Elemente von f3d: 1000

```

Bei der Initialisierung kann die Größenangabe der ersten Dimension - und nur der ersten Dimension - weggelassen werden. Eventuell nicht initialisierte Elemente werden auf 0 gesetzt. Die einzelnen Arrayelemente von f22 werden daher folgendermaßen initialisiert:

```

f22[0][0] = 1   f22[0][1] = 2   f22[0][2] = 3
f22[1][0] = 4   f22[1][1] = 5   f22[1][2] = 0

int f31d[][10][5] = {0};           // Array mit 1*10*5 = 50 Elementen
int f32d[][10][5] = {{0},          // Array mit 3*10*5 = 150 Elementen
                    {0},
                    {0}};

int f33d[][][10] = {0};            // Compilerfehler!
int aTest[][] = {{1,2},            // Compilerfehler!
                 {3,4}};

```

Die dritte Deklaration führt zu einem Compilerfehler, da mehr als nur die erste Dimension nicht angegeben sind und der Compiler daher die Arraygröße nicht bestimmen kann.

18.3. Übergabe von mehrdimensionalen Arrays an Funktionen

Gleich wie bei eindimensionalen Arrays, erfolgt auch bei mehrdimensionalen Arrays die Parameterübergabe nach dem *call-by-reference* Prinzip.

In der formalen Parameterliste muss für jede Dimension ein Klammerpaar [] stehen. Die Anzahl der Elemente muss erst ab der zweiten Dimension definiert sein und die Anzahl der Werte jeder Dimension sind zusätzlich als Parameter mitzuübergabegeben.

Beispiel:

```

void initArray(int a2d[][10], int rows, int columns); // Funktionsprototyp

int main()
{
    int a2d[10][10] = {0};
    initArray(a2d, 10, 10);
    . . .
    return 0;
}

void initArray(int a2d[][10], int rows, int columns)
{
    srand(time(NULL));
    int i, j;
    for (i = 0; i < rows; i++)
        for (j = 0; j < columns; j++)
            a2d[i][j] = rand() % 100 + 1;
}

```

18.4. Mehrdimensionale Arrays dynamisch erzeugen

```

/* 2D_dyn_array.c */
#include <stdio.h>
#include <stdlib.h>
#define BUF 255

int main(void)
{
    int i, j, zeilen, spalten;
    /* Matrix ist Zeiger auf int-Zeiger. */
    int **matrix;

    printf("Anzahl Zeilen : ");
    scanf("%d", &zeilen);
    printf("Anzahl Spalten: ");
    scanf("%d", &spalten);

    /* Speicher reservieren für die Zeiger auf die einzelnen Zeilen */
    matrix = malloc(zeilen * sizeof(int *));
}

```

```

/* Speicher für die Zeilen reservieren */
for (i = 0; i < zeilen; i++)
{
    matrix[i] = malloc(spalten * sizeof(int));
}

/* Array initialisieren */
for (i = 0; i < zeilen; i++)
    for (j = 0; j < spalten; j++)
        matrix[i][j] = (i * spalten) + j; /* matrix[zeilen][spalten] */

/* Matrix ausgeben */
for (i = 0; i < zeilen; i++)
{
    for (j = 0; j < spalten; j++)
        printf("%4d ", matrix[i][j]);
    printf("\n");
}

/* Speicherplatz (in umgekehrter Reihenfolge!) wieder freigeben. */

/* Zeilen freigeben */
for (i = 0; i < zeilen; i++)
    free(matrix[i]);
/* Speicher der Zeiger auf die Zeilen freigeben */
free(matrix);

return EXIT_SUCCESS;
}

```

19. Anhang

19.1. Weitere Literatur

[Sedgewick, R.; Wayne, K.: Algorithms. Fourth Edition. Pearson Education 2011, HTML-Version](#)

[Sedgewick, R.; Wayne, K.: Algorithms. Fourth Edition. Pearson Education 2011, PDF-Version](#)

19.2. Übersicht des Unterrichtsstoffs

- Windows-Command-Shell (cmd): dir, mkdir, ren, rmdir, cd, copy, del, help <command>, ...
- Entwicklungsumgebung [Visual Studio Code](#)
- Programmiersprachenunabhängiger Programmentwurf mittels Struktogrammen (Nassi-Shneiderman-Diagrammen) [Structorizer](#)
- Formatierte Ausgabe, printf()-Befehl
- Eingabe mit scanf()-Befehl und Menüführung, sobald Schleifen bekannt
- Datentypen für Ganzzahlen, Gleitkommazahlen, Characterlitterale.
- Arithmetische Operatoren (+, -, *, /, %, ++, --) inklusive Ganzzahl-Division und Modulo
- Arrays mit einfachen Datentypen (auch mit Characterlitterale)
- Vergleichs- und logische Operatoren
- Entscheidung (if-else, switch-case)
- Zufallszahlengenerierung, ganzzahlig und mit Gleitkommazahlen

- Kaufmännisch Runden bzw. Abschneiden mit expliziter Typumwandlung (typecast)
- Schleifen:
 - while
 - do-while
 - for (mit inkrementierender und dekrementierender Zählvariable, Inkrement und Dekrement ungleich Schrittweite 1)
 - continue, break im Schleifenkontext
 - Schreibtischtest
- Zahlensysteme: Binär, Dezimal, Hexadezimal; Umwandlung; 2er-Komplement, Horner-Schema in Form von Beispielen
- Stringlitterale
- Programmstrukturierung mittels Funktionen und Vorwärtsdeklarationen, *call-by-value*, *call-by-reference*, Array-Übergabe

Optional

- 2-dimensionale Arrays
- Fehlersuche (mit printf()-Ausgaben, Debugger)
- Strukturen
- Rekursion versus Iteration (am Beispiel Fakultätsberechnung und Fibonacci-Zahlen)

19.3. Code Style Rules

Für alle **Bezeichner** (Variablen-, Funktionsnamen) ist Englisch und die CamelCase-Schreibweise zu verwenden (z.B. counter, lastElement, getMinimum(...), print2Screen(...)). Variablenbezeichner dürfen, sofern der Code trotzdem leicht erfassbar bleibt, auch nur aus einem Buchstaben bestehen.

Pro Zeile nur eine Initialisierung bzw. Anweisung.

Code muss **auto-formatiert** sein (Tastenkombination Shift+Alt+Entf in VS Code).

Leerzeilen sind zwischen dem #include-, #define-Bock, dem Block der Vorwärtsdeklarationen und den einzelnen Funktionen einzufügen.

Es sind **symbolische Konstanten** zu definieren und diese sind im Code auch zu verwenden (z.B. Array-Größe, Intervallgrenzen bei Zufallszahlen).

Arrays als formale Parameter in Funktionen sind immer zusammen mit der Array-Größe zu übergeben und folgendermaßen zu spezifizieren:

```
void print2screen(int a[], int arraySize);
```

Bezeichner für Pointer beginnen mit einem p:

```
int *pArea;
```

Code muss jederzeit kompilier- und ausführbar sein.