

Die Programmiersprache C

- ▶ Programmiersprache mit
 - ▶ einem höheren Abstraktionsniveau als Assembly
 - ▶ und mehr Nähe zur Hardware als (z.B.) Java
- ▶ Entwickelt in den 1970er Jahren
- ▶ Syntaktische Ähnlichkeit zu Java
 - ▶ Java basiert auf C
- ▶ Imperativ und prozedural
 - ▶ nicht objektorientiert

Der C Standard

- ▶ C ist standardisiert
 - ▶ Wird seit 1990 kontinuierlich weiterentwickelt
 - ▶ Dieses Video bezieht sich auf C17 (2017)
- ▶ Definiert Anforderungen an konkrete Implementierung des Standards
 - ▶ Möglichst rückwärtskompatibel
- ▶ Konkrete Implementierung umfasst
 - ▶ Compiler
 - ▶ Standardbibliothek
 - ▶ Betriebssystem
 - ▶ und Hardware (Prozessor)
- ▶ Unterscheidung von
 - ▶ durch den Standard definiertes Verhalten
 - ▶ und “implementation-defined behavior”

Quiz: Der C Standard (1)

Welche Eigenschaften sind implementation-defined?

Die Anzahl der Bits in einem Byte

Die Zeichencodierung von C-Quellcode

Anforderungen an valide Dateinamen

Die Größe einer Speicheradresse

Quiz: Der C Standard (2)

Auf welchen C-Standard bezieht sich dieses Video?

C89

C99

C11

C17

Grundlegende Datentypen: Integer

Bezeichner	Übliche Größe (LP64)	Garantierte Größe (Standard)
<code>_Bool</code>	8 Bit (1 Bit nutzbar)	≥ 1 Bit (1 Bit nutzbar)
<code>char</code>	8 Bit	\geq <code>_Bool</code> und ≥ 8 Bit
<code>short (int)</code>	16 Bit	\geq <code>char</code> und ≥ 16 Bit
<code>int</code>	32 Bit	\geq <code>short</code> und ≥ 16 Bit
<code>long (int)</code>	64 Bit	\geq <code>int</code> und ≥ 32 Bit
<code>long long (int)</code>	64 Bit	\geq <code>long</code> und ≥ 64 Bit

► Größe `char` := 1 Byte

Grundlegende Datentypen: Integer

- ▶ Datentypen standardmäßig vorzeichenbehaftet
 - ▶ Außer `char` (implementation-defined) und `_Bool`
- ▶ Vorzeichenlose Zahlen haben größeren positiven Wertebereich
- ▶ Overflows nur für vorzeichenlose Zahlen definiert

```
1 unsigned long l = 42;  
2 signed char c = -1;  
3 unsigned i = UINT_MAX;
```

Quiz: Integer (1)

Was ist der Wert von b nach dem Statement `_Bool b = 42; ?`

42

1

0

Es kommt zu einem Compilerfehler

Quiz: Integer (2)

Was ist an folgendem Codeausschnitt problematisch?

```
1 int i = INT_MAX + 1;  
2 unsigned u = UINT_MAX + 1;
```

Es gibt kein Problem

Overflows bei vorzeichenlosen Zahlen sind nicht definiert

Overflows bei vorzeichenbehafteten Zahlen sind nicht definiert

Es kommt zu einem Compilerfehler

Quiz: Integer (3)

Welche Kombinationen an Datentypengrößen sind valide?

char 7 Bit – int 21 Bit – long 49 Bit

char 8 Bit – int 16 Bit – long 32 Bit

char 8 Bit – int 32 Bit – long 32 Bit

char 12 Bit – int 24 Bit – long 36 Bit

Grundlegende Datentypen: Floating-Point

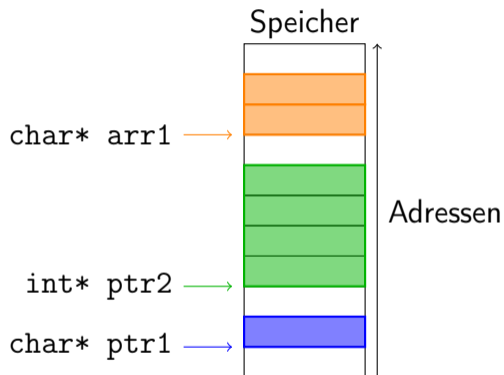
Bezeichner	Übliche Größe (LP64)
float	32 Bit
double	64 Bit

- ▶ Zudem: komplexe Zahlen (`_Complex`)

Grundlegende Datentypen: void

- ▶ void: leerer Datentyp
 - ▶ Z.B. “kein Rückgabewert” oder “keine Parameter”

Pointer-Datentypen



- ▶ void* ist "Platzhalter" für beliebigen Pointer
Aber: nicht direkt verwendbar

Funktionen in C

- ▶ Enthalten ausführbare Programmlogik
- ▶ Müssen vor Aufruf deklariert und definiert werden
 - ▶ Deklaration und Definition kann kombiniert werden

```
1 void foo(int n);           // <-- Deklaration
2 void foo(int n) {         // <-- Definition
3     ...
4 }
5
6 void bar(unsigned n) {    // <-- Deklaration + Definition
7     ...
8 }
```

Funktionen in C

Deklaration von Funktionen ohne Parameter

- ▶ Deklaration von Funktionen ohne Parameter: void als Parameterliste

```
1 int foo(void); // <-- RICHTIG: akzeptiert keine Parameter
2
3 int bar();     // <-- FALSCH: kann mit beliebigen Parametern
4               // definiert/aufgerufen werden
```

Funktionen in C

Verlassen von Funktionen

- ▶ Mittels `return` und Rückgabewert
- ▶ `void`-Funktionen haben keinen Rückgabewert
 - ▶ `return` an deren Ende optional

```
1 void foo(unsigned n, short s) {
2     ...
3     return; // <-- kein Rückgabewert; hier optional
4 }
5
6 int bar(long long multi_word_parameter) {
7     ...
8     return -42; // <-- int als Rückgabewert
9 }
```

Quiz: Funktionen (1)

Was ist an folgendem Codeausschnitt problematisch?

```
1 void bar(void) {  
2     foo();  
3     ...  
4 }  
5  
6 void foo() {  
7     ...  
8 }
```

Nichts, alles in Ordnung

Die Funktion `foo` wurde ohne Angabe von Parametern bzw. `void` deklariert

Die Funktion `foo` wird genutzt, bevor sie deklariert wird

Es kommt zu einem Compilerfehler

Quiz: Funktionen (2)

Wie viele Parameter nimmt die deklarierte Funktion `void foo();` ?

Beliebig viele

Keine

Das ist undefiniertes Verhalten

Es kommt zu einem Compilerfehler

Die main-Funktion

- ▶ Eintrittspunkt des Programms
- ▶ Rückgabewert: Exit Code
 - ▶ Standardisierte Konstanten EXIT_SUCCESS und EXIT_FAILURE

```
1 int main(void) {  
2     ...  
3     return EXIT_SUCCESS;  
4 }
```

```
1 int main(int argc, const char** argv) {  
2     ...  
3     return 1; // Implementation-defined error code  
4 }
```


Variablen in C

Scopes

```
1 void foo() {
2     int a = 42;
3 }
4
5 void bar() {
6     int b = a; // FEHLER: a ist nur in foo Sichtbar
7
8     {
9         int c = b; // OK
10    }
11
12    int d = b; // OK
13    int e = c; // FEHLER: c ist hier nicht mehr sichtbar
14 }
```

Variablen in C

Zuweisung von konstanten Werten

```
1 int i;
2 i = -2;           // negative Konstante im Dezimalsystem
3 i = 0xDEADBEEF;  // Konstante im Hexadezimalsystem
4 i = 011;         // Konstante im Oktalsystem (führende Null!!)
5 i = 'A';         // "character literal" - hier wird automatisch
6                 // der entsprechende numerische Wert für den
7                 // Buchstaben "A" eingefügt.
8                 // Siehe man 7 ascii für eine Tabelle.
9
10 double d;
11 d = 2.0;         // double-Konstante
12 d = 2.0f;       // float-Konstante
```

Quiz: Variablen (1)

Was gibt die Funktion foo zurück?

```
1 int foo(void) {  
2     int a;  
3     return a;  
4 }
```

Einen undefinierten Wert

0

Einen zufälligen Wert

Es kommt zu einem Compilerfehler

Quiz: Variablen (2)

Welchen Wert (dezimal) hat `i` nach dem Statement `int i = 2.0` ?

2.0

2

Einen undefinierten Wert

Es kommt zu einem Compilerfehler

Quiz: Variablen (3)

Welchen Wert (dezimal) hat j nach dem Statement `int j = -042 ?`

-42

-66

-34

Es kommt zu einem Compilerfehler

Quiz: Variablen (4)

Welchen Wert (dezimal) hat c nach dem Statement `char c = 't' ?`

116

74

84

Es kommt zu einem Compilerfehler

Quiz: Variablen (5)

Welchen Wert (dezimal) hat a nach dem folgenden Codeausschnitt?

```
1 const int a;  
2 a = 't' - 0x42;
```

50

82

Einen undefinierten Wert

Es kommt zu einem Compilerfehler

Quiz: Variablen (6)

Was passiert, wenn in einer Funktion eine Variable `int a;` deklariert wird und sie verwendet wird, bevor ihr ein Wert zugewiesen wurde?

Es kommt zu einem Compilerfehler

Es kann zu einem Segmentation Fault kommen

Der Wert von `a` ist undefiniert

Der Wert von `a` wird automatisch zu 0 initialisiert

Einige arithmetische und logische Operatoren

Operation (unsigned a = 42;)	Operation (direkte Zuweisung)	Bedeutung	Ergebnis (dezimal)	Ergebnis-Typ
a = a + 42;	a += 42;	Addition	84	unsigned
a = a - 42;	a -= 42;	Subtraktion	0	unsigned
a = a * 42;	a *= 42;	Multiplikation	1764	unsigned
a = a / 5;	a /= 42;	Division	8	unsigned
a = a % 5;	a %= 42;	Modulo	2	unsigned
a = a && 0;	-	logisches UND	0	int
a = a 0;	-	logisches ODER	1	int
a = !a;	-	logisches NOT	0	int
a = a << 2;	a <<= 2;	Linksshift	168	unsigned
a = a >> 2;	a >>= 2;	Rechtsshift	10	unsigned
a = a & 0x3;	a &= 0x3	bitweises UND	2	unsigned
a = a 0x5;	a = 0x5	bitweises ODER	47	unsigned
a = a ^ 0xff;	a ^= 0xff	bitweises XOR	213	unsigned
a = ~a;	-	bitweises NOT	4294967253	unsigned

Quiz: Logische Operatoren

Welchen Datentyp hat der Ausdruck `a && b` (für ein `short a` und ein `long b`)?

`int`

`short`

`long`

Es kommt zu einem Compilerfehler

Kontrollflussstrukturen

if-else Bedingungen

```
1 if (x > 2.4) {  
2     ...  
3 } else if (x < 0x123456789) { // else if branch optional  
4     ...  
5 } else { // else branch optional  
6     ...  
7 }
```

Kontrollflussstrukturen

while und do-while Schleifen

```
1 while (n-- > 0) {  
2     ...  
3     if (x == y) {  
4         break;  
5     }  
6     ...  
7 }
```

```
1 do {  
2     ...  
3     if (x == y) {  
4         continue;  
5     }  
6     ...  
7 } while (--n > 0);
```


Kontrollflussstrukturen

for Schleifen

```
1 // Variante 0
2 for (int i = 0; i < 42; i++) { ... }
3
4 // Variante 1
5 for (int i = 0, j = 0; ...) { ... }
6
7 // Variante 2
8 int k;
9 for (k = 0; k < 42; k++) { ... }
10
11 // Variante 3
12 for (;;) { ... } // = while (1) { ... }
13
14 // Variante 4
15 for (unsigned i = n; i-- > 0; ) { ... }
```

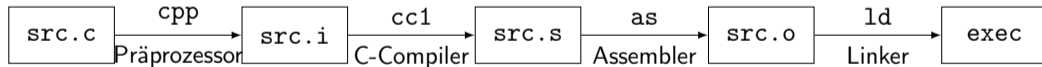
Kontrollflussstrukturen

switch Statements

```
1  switch (x) {
2      case -42:
3          ...
4          break;
5      case 'A':
6          ...
7          /* fall through */
8      case 'B':
9          ...
10         break;
11     default:
12         ...
13         break;
14 }
```

Der C-Präprozessor

- ▶ Vor dem Kompilieren: *Preprocessing*
- ▶ Auflösen von Makros
- ▶ Kombination mehrerer Dateien



Der C-Präprozessor

Makros

```
1 #define NUMBER 42      // Ersetze NUMBER durch 42
2 #define MYNUM 2 + 3   // Ersetze MYNUM durch 2 + 3
3
4 int a = NUMBER;      // = 42
5 int b = MYNUM * 2;   // = 2 + 3 * 2 = 8 (nicht (!) 10)
6
7 #undef MYNUM
```

Der C-Präprozessor

if-else Konstrukte

```
1 #define MYFLAG 0
2
3 #if MYFLAG
4 const char c = 'A';
5 #else
6 const char c = 'B';
7 #endif
8
9 #if 0
10 int x = 42;    // auskommentierter Code
11 #endif
```


Header-Dateien

foo.h:

```
1 void foo(void);
```

foo.c:

```
1 #include "foo.h"
2
3 void foo(void) {
4     ...
5 }
```

main.c:

```
1 #include "foo.h"
2
3 int main(void) {
4     foo();
5     return 0;
6 }
```

Sichtbarkeit

foo.h:

```
1 void func(void);
```

foo.c:

```
1 #include "foo.h"
2
3 static void helper(void) {
4     ...
5 }
6
7 void func(void) {
8     ...
9 }
```

main.c:

```
1 #include "foo.h"
2
3 static void helper(void) {
4     ...
5 }
6
7 int main(void) {
8     func();
9     return 0;
10 }
```


Standard-Header

- ▶ Nutzung der Standardbibliothek:
 - ▶ Kein "Import-System"
 - ▶ Sondern über Header

```
1 // Systemweite Bibliotheksheader
2 #include <stdio.h> // Input-Output Funktionalität
3 #include <string.h> // Funktionen zur Stringmanipulation
4
5 #include <stddef.h> // Definiert u.a. size_t (unsigned Typ,
6 // max. Grösse von Objekten im Speicher).
7 // Bereits indirekt durch stdio.h
8 // eingebunden.
9
10 // Lokaler Header des Projekts
11 #include "myheader.h"
```

Standard-Header

`stdint.h` und `stdbool.h`

- ▶ `stdint.h` definiert fixed-width Integer Typen:

Signed	Unsigned	Größe
<code>int8_t</code>	<code>uint8_t</code>	8 Bit
<code>int16_t</code>	<code>uint16_t</code>	16 Bit
<code>int32_t</code>	<code>uint32_t</code>	32 Bit
<code>int64_t</code>	<code>uint64_t</code>	64 Bit

- ▶ `stdbool.h` enthält syntaktischen Zucker für boolesche Werte
 - ▶ `bool` als Synonym für `_Bool`
 - ▶ `true` und `false` als Synonyme für die Integer Konstanten 1 und 0

printf – Beispiel

Hello World in C (mit printf):

```
1 #include <stdio.h> // <-- Wir brauchen die Deklaration von
2                       //      printf
3
4 int main(void) {
5     // Schreibe "Hello World!" gefolgt von einer Newline
6     printf("Hello World!\n");
7
8     return 0;
9 }
```

printf – Format Strings

- ▶ printf bietet vielfältige Ausgabemöglichkeiten
 - ▶ Funktionssignatur: `int printf(const char* format, ...);`
 - ▶ format ist sog. Format String

```
1 unsigned a = 0x42;  
2  
3 printf("The value of a is: %u\n", a);
```

printf – Conversion Specifiers

Specifier	Argumenttyp	Ausgabe
d	Signed Integer	Dezimaldarstellung
u	Unsigned Integer	Dezimaldarstellung
x oder X	Unsigned Integer	Hexadezimaldarstellung
c	Signed Integer	Als ASCII-Zeichen
s	const char*	Als String

- ▶ Optionale Angabe eines Length Modifiers vor dem Conversion Specifier
 - ▶ Bedeutung abhängig von Conversion Specifier
 - ▶ Z.B. %ld für einen long int
- ▶ Weitere Informationen: man 3 printf und man inttypes.h

Quiz: printf (1)

Was ist die Ausgabe, die aus folgendem printf-Aufruf resultiert (ohne Newline)?

```
printf("%u\n", -1);
```

-1

4294967295 (bei 4-Byte Größe von int bzw. unsigned)

Es kommt zu einem Compilerfehler

Quiz: printf (2)

Was ist die Ausgabe, die aus folgendem printf-Aufruf resultiert (ohne Newline)?

```
printf("%c\n", "test");
```

Das niedrigwertigste Byte der Adresse von "test"

t

Es kommt zu einem Compilerfehler

Quiz: printf (3)

Was könnte bei folgender printf-Ausgabe unter Umständen anders laufen, als man es auf den ersten Blick vermuten würde?

```
printf("%s", "test");
```

Ein String kann kein Argument für printf sein

Ohne abschließende Newline ist der Format String invalide

Es kommt möglicherweise erst einmal zu keinem Output

Quiz: printf (4)

Welchen Datentyp sollte der Parameter x haben?

```
printf("%" PRIx64 "\n", x);
```

unsigned long long

int64_t

uint64_t

Das Programm kompiliert nicht