

Systemnahe Programmierung in C

9 Funktionen

J. Kleinöder, D. Lohmann, V. Sieh

Lehrstuhl für Informatik 4
Systemsoftware

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Sommersemester 2024

<http://sys.cs.fau.de/lehre/ss24>



Was ist eine Funktion?

- **Funktion** := Unterprogramm
 - Programmstück (Block) mit einem **Bezeichner**
 - Beim Aufruf können **Parameter** übergeben werden
 - Bei Rückkehr kann ein **Rückgabewert** zurückgeliefert werden
- Funktionen sind elementare Programmbausteine
 - Gliedern umfangreiche Aufgaben in kleine, beherrschbare Komponenten
 - Ermöglichen die einfache Wiederverwendung von Komponenten
 - Ermöglichen den einfachen Austausch von Komponenten
 - Verbergen Implementierungsdetails (**Black-Box-Prinzip**)



Was ist eine Funktion?

- **Funktion** := Unterprogramm
 - Programmstück (Block) mit einem **Bezeichner**
 - Beim Aufruf können **Parameter** übergeben werden
 - Bei Rückkehr kann ein **Rückgabewert** zurückgeliefert werden
- Funktionen sind elementare Programmbausteine
 - Gliedern umfangreiche Aufgaben in kleine, beherrschbare Komponenten
 - Ermöglichen die einfache Wiederverwendung von Komponenten
 - Ermöglichen den einfachen Austausch von Komponenten
 - Verbergen Implementierungsdetails (**Black-Box-Prinzip**)

Funktion \mapsto Abstraktion

\hookrightarrow 4-1

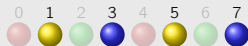
- Bezeichner und Parameter **abstrahieren**
 - Vom tatsächlichen Programmstück
 - Von der Darstellung und Verwendung von Daten
- Ermöglicht schrittweise Abstraktion und Verfeinerung



Beispiel

- Funktion (Abstraktion) `sb_led_setMask()`

```
#include <led.h>
void main(void) {
    sb_led_setMask(0xaa);
    while(1) {}
}
```



- Implementierung in der `libspicboard`

```
void sb_led_setMask(uint8_t setting)
```

Sichtbar:

Bezeichner und
formale Parameter



Beispiel

- Funktion (Abstraktion) `sb_led_setMask()`

```
#include <led.h>
void main(void) {
    sb_led_setMask(0xaa);
    while(1) {}
}
```



- Implementierung in der `libspicboard`

```
void sb_led_setMask(uint8_t setting)
```

Sichtbar:

Bezeichner und
formale Parameter

```
{
    uint8_t i = 0;
    for (i = 0; i < 8; i++) {
        if ((setting >> i) & 1) {
            sb_led_on(i);
        } else {
            sb_led_off(i);
        }
    }
}
```

Unsichtbar:

Tatsächliche
Implementierung



- Syntax: $Typ\ Bezeichner\ (FormaleParam_{opt})\ \{Block\}$
 - *Typ* Typ des Rückgabewertes der Funktion, [=Java]
`void` falls kein Wert zurückgegeben wird
 - *Bezeichner* Name, unter dem die Funktion aufgerufen werden kann ↔ 5-3
[=Java]
 - *FormaleParam_{opt}* Liste der formalen Parameter:
 $Typ_1\ Bez_1\ opt, \dots, Typ_n\ Bez_n\ opt$ [=Java]
 (Parameter-Bezeichner sind optional)
`void`, falls kein Parameter erwartet wird [≠Java]
 - $\{Block\}$ Implementierung; formale Parameter stehen als lokale Variablen bereit [=Java]

Beispiele:

```
int max(int a, int b) {
    if (a > b) return a;
    return b;
}
```

```
void wait(void) {
    volatile uint16_t w;
    for (w = 0; w < 0xffff; w++) {
    }
}
```



■ Syntax: *Bezeichner* (*TatParam*)

- *Bezeichner* Name der Funktion, in die verzweigt werden soll [=Java]
- *TatParam* Liste der tatsächlichen Parameter (übergebene Werte, muss anzahl- und typkompatibel sein zur Liste der formalen Parameter) [=Java]

■ Beispiele:

```
int x = max(47, 11);
```

```
char text[] = "Hello, World";  
int x = max(47, text);
```

```
max(48, 12);
```

Aufruf der `max()`-Funktion. 47 und 11 sind die **tatsächlichen Parameter**, welche nun den formalen Parametern `a` und `b` der `max()`-Funktion (\hookrightarrow 9-3) zugewiesen werden.

Fehler: `text` ist nicht `int`-konvertierbar (**tatsächlicher Parameter 2** passt nicht zu formalem Parameter `b` \hookrightarrow 9-3)

Der Rückgabewert darf ignoriert werden (was hier nicht wirklich Sinn ergibt)



■ Generelle Arten der Parameterübergabe

■ *Call-by-value*

Die formalen Parameter sind Kopien der tatsächlichen Parameter. Änderungen in den formalen Parametern gehen mit Verlassen der Funktion verloren.

Dies ist der Normalfall in C.

■ *Call-by-reference*

Die formalen Parameter sind Verweise (Referenzen) auf die tatsächlichen Parameter. Änderungen in den formalen Parametern betreffen auch die tatsächlichen Parameter.

In C nur indirekt über Zeiger möglich. ↔ 13-5

■ Des weiteren gilt

■ Arrays werden in C immer *by-reference* übergeben

[= Java]

■ Die Auswertungsreihenfolge der Parameter ist **undefiniert!**

[≠ Java]

- Funktionen können sich auch selber aufrufen (Rekursion)

```
int fak(int n) {  
    if (n > 1)  
        return n * fak(n - 1);  
    return 1;  
}
```

Rekursive Definition der Fakultätsfunktion.



- Funktionen können sich auch selber aufrufen (Rekursion)

```
int fak(int n) {  
    if (n > 1)  
        return n * fak(n - 1);  
    return 1;  
}
```

Rekursive Definition der Fakultätsfunktion.

Ein anschauliches, aber **mieses Beispiel** für den Einsatz von Rekursion!



- Funktionen können sich auch selber aufrufen (Rekursion)

```
int fak(int n) {  
    if (n > 1)  
        return n * fak(n - 1);  
    return 1;  
}
```

Rekursive Definition der Fakultätsfunktion.

Ein anschauliches, aber **mieses Beispiel** für den Einsatz von Rekursion!

Rekursion ↪ \$\$\$

Rekursion verursacht erhebliche **Laufzeit- und Speicherkosten!**

Pro Rekursionsschritt muss:

- Speicher bereit gestellt werden für Rücksprungadresse, Parameter und alle lokalen Variablen
- Parameter kopiert und ein Funktionsaufruf durchgeführt werden

Regel: Bei der systemnahen Softwareentwicklung wird möglichst auf **Rekursion verzichtet!**



- Funktionen müssen vor ihrem ersten Aufruf im Quelltext **deklariert** (↪ bekannt gemacht) worden sein
 - Eine voranstehende Definition beinhaltet bereits die Deklaration
 - Ansonsten (falls die Funktion „weiter hinten“ im Quelltext oder in einem anderen Modul definiert wird) muss sie **explizit deklariert** werden
- Syntax: *Typ Bezeichner (FormaleParam) ;*
- Beispiel:

```
// Deklaration durch Definition
int max(int a, int b) {
    if (a > b) return a;
    return b;
}

void main(void) {
    int z = max(47, 11);
}
```

```
// Explizite Deklaration
int max(int, int);

void main(void) {
    int z = max(47, 11);
}

int max(int a, int b) {
    if (a > b) return a;
    return b;
}
```



- Funktionen müssen **sollten** vor ihrem ersten Aufruf im Quelltext **deklariert** (↪ bekannt gemacht) worden sein



- Funktionen müssen **sollten** vor ihrem ersten Aufruf im Quelltext **deklariert** (↪ bekannt gemacht) worden sein

Achtung: C erzwingt dies nicht!

- Es ist erlaubt **nicht-deklarierte** Funktionen aufzurufen (↪ implizite Deklaration)
- Derartige Aufrufe sind jedoch **nicht typsicher**
 - Compiler kennt die formale Parameterliste nicht
 - ↪ kann nicht prüfen, ob die tatsächlichen Parameter passen
 - Man kann **irgendwas** übergeben
- Moderne Compiler generieren immerhin eine **Warnung**
 - ↪ Warnungen des Compilers immer ernst nehmen!



- Funktionen müssen **sollten** vor ihrem ersten Aufruf im Quelltext **deklariert** (↪ bekannt gemacht) worden sein
- **Beispiel:**

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    double d = 47.11;
    foo(d);
    return 0;
}

void foo(int a, int b) {
    printf("foo: a:%d, b:%d\n", a, b);
}
```



- Funktionen müssen **sollten** vor ihrem ersten Aufruf im Quelltext **deklariert** (↪ bekannt gemacht) worden sein
- **Beispiel:**

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    double d = 47.11;
    foo(d);
    return 0;
}

void foo(int a, int b) {
    printf("foo: a:%d, b:%d\n", a, b);
}
```

Funktion `foo()` ist nicht **deklariert** ~ der Compiler **warn**t, aber akzeptiert beliebige tatsächliche Parameter



- Funktionen müssen **sollten** vor ihrem ersten Aufruf im Quelltext **deklariert** (↪ bekannt gemacht) worden sein
- **Beispiel:**

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    double d = 47.11;
    foo(d);
    return 0;
}

void foo(int a, int b) {
    printf("foo: a:%d, b:%d\n", a, b);
}
```

foo() ist **definiert** mit den formalen Parametern (int, int). Was immer an tatsächlichen Parametern übergeben wurde, wird entsprechend interpretiert!



- Funktionen müssen **sollten** vor ihrem ersten Aufruf im Quelltext **deklariert** (↪ bekannt gemacht) worden sein
- **Beispiel:**

```
#include <stdio.h>

int main(void) {
    double d = 47.11;
    foo(d);
    return 0;
}

void foo(int a, int b) {
    printf("foo: a:%d, b:%d\n", a, b);
}
```

Was wird hier ausgegeben?



- Funktionen müssen **sollten** vor ihrem ersten Aufruf im Quelltext **deklariert** (↪ bekannt gemacht) worden sein
 - Eine Funktion, die mit **leerer formaler Parameterliste** deklariert wurde, akzeptiert ebenfalls beliebige Parameter ↪ **keine Typsicherheit**
 - In diesem Fall warnt der Compiler **nicht!** Die Probleme bleiben!



- Funktionen müssen **sollten** vor ihrem ersten Aufruf im Quelltext **deklariert** (↪ bekannt gemacht) worden sein
 - Eine Funktion, die mit **leerer formaler Parameterliste** deklariert wurde, akzeptiert ebenfalls beliebige Parameter ↪ **keine Typsicherheit**
 - In diesem Fall warnt der Compiler **nicht!** Die Probleme bleiben!
- **Beispiel:**

```
#include <stdio.h>

void foo(); // "open" declaration

int main(void) {
    double d = 47.11;
    foo(d);
    return 0;
}

void foo(int a, int b) {
    printf("foo: a:%d, b:%d\n", a, b);
}
```

Funktion `foo` wurde mit **leerer** formaler Parameterliste deklariert
↪ dies ist formal ein **gültiger Aufruf!**



- Funktionen müssen **sollten** vor ihrem ersten Aufruf im Quelltext **deklariert** (↪ bekannt gemacht) worden sein
 - Eine Funktion, die mit **leerer formaler Parameterliste** deklariert wurde, akzeptiert ebenfalls beliebige Parameter ↪ **keine Typsicherheit**
 - In diesem Fall warnt der Compiler **nicht!** Die Probleme bleiben!

Achtung: Verwechslungsgefahr

- In Java deklariert `void foo()` eine **parameterlose** Methode
 - In C muss man dafür `void foo(void)` schreiben ↪ 9-3
- In C deklariert `void foo()` eine **offene** Funktion
 - Das macht nur in (sehr seltenen) Ausnahmefällen Sinn!
 - Schlechter Stil ↪ Punktabzug

Regel: Funktionen werden stets **vollständig deklariert!**

