

Systemnahe Programmierung in C (SPiC)

3 Java versus C – Erste Beispiele

Jürgen Kleinöder, Daniel Lohmann, Volkmar Sieh

Lehrstuhl für Informatik 4
Verteilte Systeme und Betriebssysteme

Friedrich-Alexander-Universität
Erlangen-Nürnberg

Sommersemester 2019

http://www4.cs.fau.de/Lehre/SS19/V_SPiC



Das erste C-Programm

- Das berühmteste Programm der Welt in **C**

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv) {
    /* greet user */
    printf("Hello World!\n");
    return 0;
}
```



Das erste C-Programm

- Das berühmteste Programm der Welt in **C**

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv) {
    /* greet user */
    printf("Hello World!\n");
    return 0;
}
```

- Übersetzen und Ausführen (auf einem UNIX-System)

```
~> gcc -o hello hello.c
~> ./hello
Hello World!
~>
```

Gar nicht so
schwer :-)



Das erste C-Programm – Vergleich mit Java

- Das berühmteste Programm der Welt in **C**

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv) {
    /* greet user */
    printf("Hello World!\n");
    return 0;
}
```

- Das berühmteste Programm der Welt in **Java**

```
import java.lang.System;
class Hello {
    public static void main(String[] args) {
        /* greet user */
        System.out.println("Hello World!");
        return;
    }
}
```



Das erste C-Programm – Vergleich mit Java

■ Das berühmteste Programm der Welt in **C**

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv) {
    /* greet user */
    printf("Hello World!\n");
    return 0;
}
```

C: Ein C-Programm startet in `main()`, einer **globalen Funktion** vom Typ `int`, die in genau einer **Datei** definiert ist.

■ Das berühmteste Programm der Welt in **Java**

```
import java.lang.System;
class Hello {
    public static void main(String[] args) {
        /* greet user */
        System.out.println("Hello World!");
        return;
    }
}
```

Java: Jedes Java-Programm startet in `main()`, einer **statischen Methode** vom Typ `void`, die in genau einer **Klasse** definiert ist.



Das erste C-Programm – Vergleich mit Java

- Das berühmteste Programm der Welt in **C**

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv) {
    /* greet user */
    printf("Hello World!\n");
    return 0;
}
```

C: <keine Entsprechung>

- Das berühmteste Programm der Welt in **Java**

```
import java.lang.System;
class Hello {
    public static void main(String[] args) {
        /* greet user */
        System.out.println("Hello World!");
        return;
    }
}
```

Java: Jedes Java-Programm besteht aus mindestens einer **Klasse**.



Das erste C-Programm – Vergleich mit Java

■ Das berühmteste Programm der Welt in **C**

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv) {
    /* greet user */
    printf("Hello World!\n");
    return 0;
}
```

C: Die Ausgabe einer Zeichenkette erfolgt mit der **Funktion** `printf()`. (`\n` ~ Zeilenumbruch)

■ Das berühmteste Programm der Welt in **Java**

```
import java.lang.System;
class Hello {
    public static void main(String[] args) {
        /* greet user */
        System.out.println("Hello World!");
        return;
    }
}
```

Java: Die Ausgabe einer Zeichenkette erfolgt mit der **Methode** `println()` aus der Klasse `out` aus dem Paket `System`. [[↔ GDI, 01-10](#)]



Das erste C-Programm – Vergleich mit Java

■ Das berühmteste Programm der Welt in **C**

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv) {
    /* greet user */
    printf("Hello World!\n");
    return 0;
}
```

C: Für die Benutzung von printf() wird die **Funktionsbibliothek** stdio.h mit der **Präprozessor-Anweisung** #include eingebunden.

■ Das berühmteste Programm der Welt in **Java**

```
import java.lang.System;
class Hello {
    public static void main(String[] args) {
        /* greet user */
        System.out.println("Hello World!");
        return;
    }
}
```

Java: Für die Benutzung der **Klasse** out wird das **Paket** System mit der import-Anweisung eingebunden.



Das erste C-Programm – Vergleich mit Java

■ Das berühmteste Programm der Welt in **C**

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char **argv) {
    /* greet user */
    printf("Hello World!\n");
    return 0;
}
```

C: Rückkehr zum Betriebssystem mit **Rückgabewert**. 0 bedeutet hier, dass kein Fehler aufgetreten ist.

■ Das berühmteste Programm der Welt in **Java**

```
import java.lang.System;
class Hello {
    public static void main(String[] args) {
        /* greet user */
        System.out.println("Hello World!");
        return;
    }
}
```

Java: Rückkehr zum Betriebssystem.



Das erste C-Programm für einen μ -Controller

- „Hello World“ für AVR ATmega (SPiCboard)

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1){
    }
}
```



Das erste C-Programm für einen μ -Controller

- „Hello World“ für AVR ATmega (SPiCboard)

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1){
    }
}
```

- Übersetzen und **Flashen** (mit Atmel Studio)

↪ Übung



Das erste C-Programm für einen μ -Controller


- „Hello World“ für AVR ATmega (SPiCboard)

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1){
    }
}
```

- Übersetzen und **Flashen** (mit Atmel Studio) ↪ Übung
- Ausführen (SPiCboard):  (rote LED leuchtet)



Das erste C-Programm für einen μ -Controller

- „Hello World“ für AVR ATmega (SPiCboard)


```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1){
    }
}
```

μ -Controller-Programmierung
ist „irgendwie anders“.

- Übersetzen und **Flashen** (mit Atmel Studio) ↪ Übung
- Ausführen (SPiCboard):  (rote LED leuchtet)



Das erste C-Programm für einen μ -Controller

- „Hello World“ für AVR ATmega (vgl. [↔ 3-1](#))

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1){
    }
}
```

Die `main()`-Funktion hat **keinen Rückgabewert** (Typ `void`). Ein μ -Controller-Programm läuft **endlos** \rightsquigarrow `main()` terminiert nie.



Das erste C-Programm für einen μ -Controller

- „Hello World“ für AVR ATmega (vgl. \leftrightarrow 3-1)

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1){
    }
}
```

Es erfolgt **keine Rückkehr** zum Betriebssystem (wohin auch?). Die Endlosschleife stellt sicher, dass `main()` nicht terminiert.



Das erste C-Programm für einen μ -Controller

- „Hello World“ für AVR ATmega (vgl. [↔ 3-1](#))

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1){
    }
}
```

Zunächst wird die **Hardware** initialisiert (in einen definierten Zustand gebracht). Dazu müssen **einzelne Bits** in bestimmten **Hardware-Registern** manipuliert werden.



Das erste C-Programm für einen μ -Controller

- „Hello World“ für AVR ATmega (vgl. \leftrightarrow 3-1)

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1){
    }
}
```

Die Interaktion mit der Umwelt (hier: LED einschalten) erfolgt ebenfalls über die **Manipulation einzelner Bits** in Hardware-Registern.



Das erste C-Programm für einen μ -Controller

- „Hello World“ für AVR ATmega (vgl. [↔ 3-1](#))

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1){
    }
}
```

Für den Zugriff auf Hardware-Register (DDRD, PORTD, bereitgestellt als **globale Variablen**) wird die **Funktionsbibliothek** `avr/io.h` mit `#include` eingebunden.



Das zweite C-Programm – Eingabe unter Linux

- Benutzerinteraktion (Lesen eines Zeichens) unter Linux:

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char** argv){
    printf("Press key: ");
    int key = getchar();

    printf("You pressed %c\n", key);
    return 0;
}
```



- Benutzerinteraktion (Lesen eines Zeichens) unter Linux:

```
#include <stdio.h>

int main(int argc, char** argv){
    printf("Press key: ");
    int key = getchar();

    printf("You pressed %c\n", key);
    return 0;
}
```

Die `getchar()`-Funktion liest ein Zeichen von der Standardeingabe (hier: Tastatur). Sie „wartet“ gegebenenfalls, bis ein Zeichen verfügbar ist. In dieser Zeit entzieht das Betriebssystem den Prozessor.



- Benutzerinteraktion (Warten auf Tasterdruck) auf dem SPiCboard:

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: button on port D pin 2
    DDRD  &= ~(1<<2); // PD2 is used as input
    PORTD |= (1<<2); // activate pull-up: PD2: high

    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // wait until PD2 -> low (button is pressed)
    while(PIND & (1<<2))
        ;

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1)
        ;
}
```



- Benutzerinteraktion (Warten auf Tasterdruck) auf dem SPiCboard:

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: button on port D pin 2
    DDRD  &= ~(1<<2); // PD2 is used as input
    PORTD |= (1<<2); // activate pull-up: PD2: high

    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // wait until PD2 -> low (button is pressed)
    while(PIND & (1<<2))
        ;

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1)
        ;
}
```

Wie die LED ist der Taster mit einem **digitalen IO-Pin** des μ -Controllers verbunden. Hier konfigurieren wir Pin 2 von Port D als **Eingang** durch **Löschen** des entsprechenden Bits im Register DDRD.



Das zweite C-Programm – Eingabe mit μ -Controller

- Benutzerinteraktion (Warten auf Tasterdruck) auf dem SPiCboard:

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: button on port D pin 2
    DDRD  &= ~(1<<2); // PD2 is used as input
    PORTD |= (1<<2); // activate pull-up: PD2: high

    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // wait until PD2 -> low (button is pressed)
    while(PIND & (1<<2))
        ;

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1)
        ;
}
```

Durch **Setzen** von Bit 2 im Register PORTD wird der interne Pull-Up-Widerstand (hochohmig) aktiviert, über den V_{CC} anliegt \rightsquigarrow PD2 = high.



- Benutzerinteraktion (Warten auf Tasterdruck) auf dem SPiCboard:

```
#include <avr/io.h>

void main() {
    // initialize hardware: button on port D pin 2
    DDRD  &= ~(1<<2); // PD2 is used as input
    PORTD |= (1<<2); // activate pull-up: PD2: high

    // initialize hardware: LED on port D pin 6, active low
    DDRD  |= (1<<6); // PD6 is used as output
    PORTD |= (1<<6); // PD6: high --> LED is off

    // wait until PD2 -> low (button is pressed)
    while(PIND & (1<<2))
        ;

    // greet user
    PORTD &= ~(1<<6); // PD6: low --> LED is on

    // wait forever
    while(1)
        ;
}
```

Aktive Warteschleife: Wartet auf Tastendruck, d. h. solange PD2 (Bit 2 im Register PIND) *high* ist. Ein Tasterdruck zieht PD2 auf Masse \rightsquigarrow Bit 2 im Register PIND wird *low* und die Schleife verlässt.



Zum Vergleich: Benutzerinteraktion als Java-Programm

```
import java.lang.System;
import javax.swing.*;
import java.awt.event.*;

public class Input implements ActionListener {
    private JFrame frame;

    public static void main(String[] args) {
        // create input, frame and button objects
        Input input = new Input();
        input.frame = new JFrame("Java-Programm");
        JButton button = new JButton("Klick mich");

        // add button to frame
        input.frame.add(button);
        input.frame.setSize(400, 400);
        input.frame.setVisible(true);

        // register input as listener of button events
        button.addActionListener(input);
    }

    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        System.out.println("Knopfdruck!");
        System.exit(0);
    }
}
```

Eingabe als „typisches“
Java-Programm
(**objektorientiert, grafisch**)



Zum Vergleich: Benutzerinteraktion als Java-Programm

```
import java.lang.System;
import javax.swing.*;
import java.awt.event.*;

public class Input implements ActionListener {
    private JFrame frame;

    public static void main(String[] args) {
        // create input, frame and button objects
        Input input = new Input();
        input.frame = new JFrame("Java-Programm");
        JButton button = new JButton("Klick mich");

        // add button to frame
        input.frame.add(button);
        input.frame.setSize(400, 400);
        input.frame.setVisible(true);

        // register input as listener of button events
        button.addActionListener(input);
    }

    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        System.out.println("Knopfdruck!");
        System.exit(0);
    }
}
```

Eingabe als „typisches“
Java-Programm
(**objektorientiert, grafisch**)

Um Interaktionsereignisse zu empfangen, implementiert die Klasse **Input** ein entsprechendes **Interface**.



Zum Vergleich: Benutzerinteraktion als Java-Programm

```
import java.lang.System;
import javax.swing.*;
import java.awt.event.*;

public class Input implements ActionListener {
    private JFrame frame;

    public static void main(String[] args) {
        // create input, frame and button objects
        Input input = new Input();
        input.frame = new JFrame("Java-Programm");
        JButton button = new JButton("Klick mich");

        // add button to frame
        input.frame.add(button);
        input.frame.setSize(400, 400);
        input.frame.setVisible(true);

        // register input as listener of button events
        button.addActionListener(input);
    }

    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        System.out.println("Knopfdruck!");
        System.exit(0);
    }
}
```

Eingabe als „typisches“
Java-Programm
(**objektorientiert**, **grafisch**)

Das Programmverhalten ist implementiert durch eine Menge von **Objekten** (frame, button, input), die hier bei der Initialisierung erzeugt werden.



Zum Vergleich: Benutzerinteraktion als Java-Programm

```
import java.lang.System;
import javax.swing.*;
import java.awt.event.*;

public class Input implements ActionListener {
    private JFrame frame;

    public static void main(String[] args) {
        // create input, frame and button objects
        Input input = new Input();
        input.frame = new JFrame("Java-Programm");
        JButton button = new JButton("Klick mich");

        // add button to frame
        input.frame.add(button);
        input.frame.setSize(400, 400);
        input.frame.setVisible(true);

        // register input as listener of button events
        button.addActionListener(input);
    }

    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        System.out.println("Knopfdruck!");
        System.exit(0);
    }
}
```

Eingabe als „typisches“
Java-Programm
(**objektorientiert, grafisch**)

Das erzeugte button-Objekt
schickt nun seine Nachrichten an
das input-Objekt.



Zum Vergleich: Benutzerinteraktion als Java-Programm

```
import java.lang.System;
import javax.swing.*;
import java.awt.event.*;

public class Input implements ActionListener {
    private JFrame frame;

    public static void main(String[] args) {
        // create input, frame and button objects
        Input input = new Input();
        input.frame = new JFrame("Java-Programm");
        JButton button = new JButton("Klick mich");

        // add button to frame
        input.frame.add(button);
        input.frame.setSize(400, 400);
        input.frame.setVisible(true);

        // register input as listener of button events
        button.addActionListener(input);
    }

    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        System.out.println("Knopfdruck!");
        System.exit(0);
    }
}
```

Eingabe als „typisches“
Java-Programm
(**objektorientiert, grafisch**)

Der Knopfdruck wird durch eine
`actionPerformed()`-Nachricht
(Methodenaufruf) signalisiert.



Ein erstes Fazit: Von Java → C (Syntax)

- **Syntaktisch** sind Java und C sich sehr ähnlich (Syntax: „Wie sehen **gültige** Programme der Sprache aus?“)
- C-Syntax war Vorbild bei der Entwicklung von Java
↳ Viele Sprachelemente sind ähnlich oder identisch verwendbar
 - Blöcke, Schleifen, Bedingungen, Anweisungen, Literale
 - Werden in den folgenden Kapiteln noch im Detail behandelt
- Wesentliche Sprachelemente aus Java gibt es in C jedoch **nicht**
 - Klassen, Pakete, Objekte, Ausnahmen (Exceptions), ...



Ein erstes Fazit: Von Java → C (Idiomatik)

- **Idiomatisch** gibt es sehr große Unterschiede (Idiomatik: „Wie sehen **übliche** Programme der Sprache aus?“)
- **Java: Objektorientiertes Paradigma**
 - Zentrale Frage: Aus welchen **Dingen** besteht das Problem?
 - Gliederung der Problemlösung in **Klassen** und **Objekte**
 - Hierarchiebildung durch **Vererbung** und **Aggregation**
 - Programmablauf durch Interaktion zwischen **Objekten**
 - Wiederverwendung durch umfangreiche **Klassenbibliothek**
- **C: Imperatives Paradigma**
 - Zentrale Frage: Aus welchen **Aktivitäten** besteht das Problem?
 - Gliederung der Problemlösung in **Funktionen** und **Variablen**
 - Hierarchiebildung durch Untergliederung in **Teilfunktionen**
 - Programmablauf durch Aufrufe zwischen **Funktionen**
 - Wiederverwendung durch **Funktionsbibliotheken**



Ein erstes Fazit: Von Java → C (Philosophie)

- **Philosophisch** gibt es ebenfalls erhebliche Unterschiede (Philosophie: „Grundlegende Ideen und Konzepte der Sprache“)
- **Java:** Sicherheit und Portabilität durch **Maschinenferne**
 - Übersetzung für **virtuelle Maschine** (JVM)
 - **Umfangreiche** Überprüfung von Programmfehlern zur Laufzeit
 - Bereichsüberschreitungen, Division durch 0, ...
 - **Problemnahes** Speichermodell
 - Nur typsichere Speicherzugriffe, automatische Bereinigung zur Laufzeit
- **C:** Effizienz und Leichtgewichtigkeit durch **Maschinennähe**
 - Übersetzung für **konkrete Hardwarearchitektur**
 - **Keine** Überprüfung von Programmfehlern zur Laufzeit
 - Einige Fehler werden vom Betriebssystem abgefangen – **falls vorhanden**
 - **Maschinennahes** Speichermodell
 - Direkter Speicherzugriff durch **Zeiger**
 - Grobgranularer Zugriffsschutz und automatische Bereinigung (auf Prozessebene) durch das Betriebssystem – **falls vorhanden**



C \mapsto Maschinennähe \mapsto μ C-Programmierung

Die Maschinennähe von C zeigt sich insbesondere auch bei der μ -Controller-Programmierung!

- Es läuft nur ein Programm
 - Wird bei RESET direkt aus dem Flash-Speicher gestartet
 - Muss zunächst die Hardware initialisieren
 - Darf nie terminieren (z. B. durch Endlosschleife in `main()`)
- Die Problemlösung ist maschinennah implementiert
 - Direkte Manipulation von einzelnen Bits in Hardwareregistern
 - Detailliertes Wissen über die elektrische Verschaltung erforderlich
 - Keine Unterstützung durch Betriebssystem (wie etwa Linux)
 - Allgemein geringes Abstraktionsniveau \rightsquigarrow fehleranfällig, aufwändig



C \mapsto Maschinennähe \mapsto μ C-Programmierung

Die **Maschinennähe** von C zeigt sich insbesondere auch bei der μ -Controller-Programmierung!

- Es läuft nur ein Programm
 - Wird bei RESET direkt aus dem Flash-Speicher gestartet
 - Muss zunächst die Hardware initialisieren
 - Darf nie terminieren (z. B. durch Endlosschleife in `main()`)
- Die Problemlösung ist maschinennah implementiert
 - Direkte Manipulation von einzelnen Bits in Hardwareregistern
 - Detailliertes Wissen über die elektrische Verschaltung erforderlich
 - Keine Unterstützung durch Betriebssystem (wie etwa Linux)
 - Allgemein geringes Abstraktionsniveau \rightsquigarrow fehleranfällig, aufwändig

Ansatz: Mehr Abstraktion durch **problemorientierte Bibliotheken**

