

# Hardwarenahe Programmierung

Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

5. Oktober 2023

# Hardwarenahe Programmierung

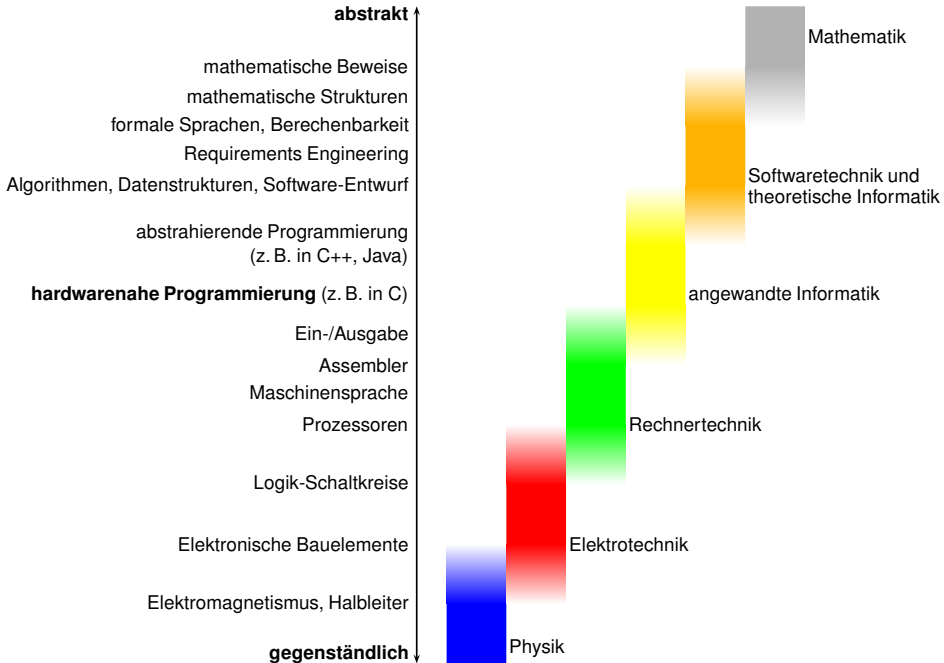
Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

*rerum naturalium* = der natürlichen Dinge (lat.)

5. Oktober 2023

# Vorab: Online-Werkzeuge

- Diese Veranstaltung findet **in Präsenz** statt.  
Wir versuchen aber, auch eine Online-Teilnahme zu ermöglichen.
- **Mumble**: Seminarraum 2  
Fragen: Mikrofon einschalten oder über den Chat  
Umfragen: über den Chat – **auch während der Präsenz-Veranstaltung**
- **VNC**: Kanal 6, Passwort: `testcvh`  
Eigenen Bildschirm freigeben: VNC-Software oder Web-Interface *yesVNC*  
Eigenes Kamerabild übertragen: Web-Interface *CVH-Camera*
- Allgemeine Informationen: <https://www.cvh-server.de/online-werkzeuge/>
- Notfall-Schnellzugang: <https://www.cvh-server.de/virtuelle-raeume/>  
Seminarraum 2, VNC-Passwort: `testcvh`
- **Lehrmaterialien**: <https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/hp>



# Hardwarenahe Programmierung

Man kann Computer vollständig beherrschen.

# Hardwarenahe Programmierung

Man kann Computer vollständig beherrschen.

## Programmierung in C

- Hardware direkt ansprechen und effizient einsetzen
- ... bis hin zu komplexen Software-Projekten
- Programmierkenntnisse werden nicht vorausgesetzt, aber schnelles Tempo

# Hardwarenahe Programmierung

## Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen

# Hardwarenahe Programmierung

## Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen

Hardware und/oder Betriebssystem





# Hardwarenahe Programmierung

## Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen
- leistungsfähig, aber gefährlich

Hardware und/oder Betriebssystem



# Hardwarenahe Programmierung

## Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen
- leistungsfähig, aber gefährlich

„High-Level-Assembler“

Hardware und/oder Betriebssystem



# Hardwarenahe Programmierung

## Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen
- leistungsfähig, aber gefährlich

„High-Level-Assembler“

- kein „Fallschirm“

Hardware und/oder Betriebssystem



# Hardwarenahe Programmierung

## Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen
- leistungsfähig, aber gefährlich

„High-Level-Assembler“

Hardware und/oder Betriebssystem

- kein „Fallschirm“
- kompakte Schreibweise



# Hardwarenahe Programmierung

## Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen
- leistungsfähig, aber gefährlich

„High-Level-Assembler“

Hardware und/oder Betriebssystem

- kein „Fallschirm“
- kompakte Schreibweise

Unix-Hintergrund

# Hardwarenahe Programmierung

## Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen
- leistungsfähig, aber gefährlich

„High-Level-Assembler“

Hardware und/oder Betriebssystem

- kein „Fallschirm“
- kompakte Schreibweise

Unix-Hintergrund

- Baukastenprinzip

# Hardwarenahe Programmierung

## Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen
- leistungsfähig, aber gefährlich

„High-Level-Assembler“

Hardware und/oder Betriebssystem

- kein „Fallschirm“
- kompakte Schreibweise

Unix-Hintergrund

- Baukastenprinzip
- konsequente Regeln

# Hardwarenahe Programmierung

## Was ist C?

### Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen
- leistungsfähig, aber gefährlich



### „High-Level-Assembler“

Hardware und/oder Betriebssystem

- kein „Fallschirm“
- kompakte Schreibweise

### Unix-Hintergrund

- Baukastenprinzip
- konsequente Regeln
- kein „Fallschirm“



# Zu dieser Lehrveranstaltung



- **Lehrmaterialien:**

<https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/hp>

- **Klausur:**

Zeit: 120 Minuten

Zulässige Hilfsmittel:

- Schreibgerät
- beliebige Unterlagen in Papierform und/oder auf Datenträgern
- elektronische Rechner (Notebook, Taschenrechner o. ä.)
- *kein* Internet-Zugang

- **Übungen**

sind mit der Vorlesung und dem Praktikum integriert.

- **Das Praktikum**

findet jede Woche statt.

Diese Woche: vorbereitende Maßnahmen,  
Kennenlernen der verwendeten Werkzeuge.

Im Laufe des Semesters: **4 Praktikumsversuche**

# Hardwarenahe Programmierung

<https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/hp>

## 1 Einführung

- 1.1 Was ist hardwarenahe Programmierung?
- 1.2 Programmierung in C
- 1.3 Zu dieser Lehrveranstaltung

## 2 Einführung in C

- 2.1 Hello, world!
- 2.2 Programme compilieren und ausführen
- 2.3 Elementare Aus- und Eingabe
- 2.4 Elementares Rechnen
- 2.5 Verzweigungen
- 2.6 Schleifen
- 2.7 Strukturierte Programmierung

...

## 3 Bibliotheken

...

## 2 Einführung in C

### 2.1 Hello, world!

Text ausgeben

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

```
int main (void)
```

```
{  
    printf ("Hello,_world!\n");  
    return 0;  
}
```

## 2 Einführung in C

### 2.1 Hello, world!

Text ausgeben

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

```
int main (void)
```

```
{  
    printf ("Hello, _world!\n");  
    return 0;  
}
```

printf = „print formatted“

## 2 Einführung in C

### 2.1 Hello, world!

Text ausgeben

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

```
int main (void)
```

```
{  
    printf ("Hello, _world!\n");  
    return 0;  
}
```

printf = „print formatted“

\n: Zeilenschaltung



## 2.2 Programme compilieren und ausführen

```
$ gcc hello-1.c -o hello-1  
$ ./hello-1  
Hello, world!  
$
```

## 2.2 Programme compilieren und ausführen

```
$ gcc hello-1.c -o hello-1
```

```
$ ./hello-1
```

```
Hello, world!
```

```
$
```

`-o hello-1`

Name für Ausgabe-Datei („output“)  
unter Unix: ohne Endung  
unter MS-Windows: Endung `.exe`

## 2.2 Programme compilieren und ausführen

```
$ gcc hello-1.c -o hello-1
$ ./hello-1
Hello, world!
$
```

Hier: Kommandozeilen-Interface (CLI)

- Der C-Compiler (hier: `gcc`) muß installiert sein und sich im `PATH` befinden.
- Der Quelltext (hier: `hello-1.c`) muß sich im aktuellen Verzeichnis befinden.
- aktuelles Verzeichnis herausfinden: `pwd`
- aktuelles Verzeichnis wechseln: `cd foobar`, `cd ..`
- Inhalt des aktuellen Verzeichnisses ausgeben: `ls`, `ls -l`
- Ausführen des Programms (`hello-1`) im aktuellen Verzeichnis (`.`):  
`./hello-1`

Alternative: Integrierte Entwicklungsumgebung (IDE)  
mit graphischer Benutzeroberfläche (GUI)

- Das können Sie bereits.



## 2.2 Programme compilieren und ausführen

```
$ gcc hello-1.c -o hello-1
$ ./hello-1
Hello, world!
$
```

GNU Compiler Collection (GCC) für verschiedene Plattformen:


- GNU/Linux: [gcc](#)
- Apple Mac OS: [Xcode](#)
- Microsoft Windows: [Cygwin](#)  
oder [MinGW](#) mit [MSYS](#)  
oder [WSL](#) mit darin installiertem [GNU/Linux](#)
- außerdem: Texteditor  
[vi\(m\)](#), [nano](#), [Emacs](#), [Notepad++](#), ...  
(Microsoft Notepad ist *nicht* geeignet!)

## 2.2 Programme compilieren und ausführen

```
$ gcc hello-1.c -o hello-1  
$ ./hello-1  
Hello, world!  
$
```

## 2.2 Programme compilieren und ausführen

```
$ gcc -Wall -O hello-1.c -o hello-1
$ ./hello-1
Hello, world!
$
```



-Wall	alle Warnungen einschalten
-O	optimieren
-O3	maximal optimieren
-Os	Codegröße optimieren
...	gcc hat <i>sehr viele</i> Optionen.

## 2.3 Elementare Aus- und Eingabe

Wert ausgeben

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    printf ("Die_Antwort_lautet:_");
```

```
    printf (42);
```

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

```
    return 0;
```

```
}
```

## 2.3 Elementare Aus- und Eingabe

Wert ausgeben

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    printf ("Die_Antwort_lautet:_");
```

```
    printf (42);
```

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

```
    return 0;
```

```
}
```

→ Absturz

## 2.3 Elementare Aus- und Eingabe

Wert ausgeben

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    printf ("Die_Antwort_lautet:_%d\n", 42);
```

```
    return 0;
```

```
}
```



Formatspezifikation „d“: „dezimal“

## 2.3 Elementare Aus- und Eingabe

Wert ausgeben

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    printf ("Die_Antwort_lautet:_%d\n", 42);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

Formatspezifikation „d“: „dezimal“

Weitere Formatspezifikationen:  
siehe Dokumentation (z. B. man 3 printf),  
Internet-Recherche oder Literatur

## 2.3 Elementare Aus- und Eingabe

Wert einlesen

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    double a;
```

```
    printf ("Bitte_eine_Zahl_eingeben:_");
```

```
    scanf ("%lf", &a);
```

```
    printf ("Ihre_Antwort_war:_%lf\n", a);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

Formatspezifikation „lf“:  
„long floating-point“

Das „&“ nicht vergessen!



## 2.4 Elementares Rechnen

Wert an Variable zuweisen

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    int a;
```

```
    printf ("Bitte_eine_Zahl_eingeben:_");
```

```
    scanf ("%d", &a);
```

```
    a = 2 * a;
```

```
    printf ("Das_Doppelte_ist:_%d\n", a);
```

```
    return 0;
```

```
}
```

## 2.4 Elementares Rechnen

Variable bei Deklaration initialisieren

```
int a = 42;  
a = 137;
```

**Achtung:** Initialisierung  $\neq$  Zuweisung

Die beiden Gleichheitszeichen haben  
*subtil unterschiedliche* Bedeutungen!

## 2.5 Verzweigungen

### if-Verzweigung

```
if (b != 0)
    printf ("%d\n", a / b);
```

## 2.5 Verzweigungen

### if-Verzweigung

```
if (b != 0)
    printf ("%d\n", a / b);
```

### Wahrheitswerte in C: numerisch

0 steht für *falsch* (*false*),  
≠ 0 steht für *wahr* (*true*).

```
if (b)
    printf ("%d\n", a / b);
```

## 2.6 Schleifen

### **while**-Schleife

```
a = 1;  
while (a <= 10)  
{  
    printf ("%d\n", a);  
    a = a + 1;  
}
```

## 2.6 Schleifen

### **while**-Schleife

```
a = 1;
while (a <= 10)
{
    printf ("%d\n", a);
    a = a + 1;
}
```

### **for**-Schleife

```
for (a = 1; a <= 10; a = a + 1)
    printf ("%d\n", a);
```

## 2.6 Schleifen

### **while**-Schleife

```
a = 1;
while (a <= 10)
{
    printf ("%d\n", a);
    a = a + 1;
}
```

### **for**-Schleife

```
for (a = 1; a <= 10; a = a + 1)
    printf ("%d\n", a);
```

### **do-while**-Schleife

```
a = 1;
do
{
    printf ("%d\n", a);
    a = a + 1;
}
while (a <= 10);
```

```
int i;
```

```
i = 0;
```

```
while (i < 10)
```

```
{
```

```
    printf ("%d\n", i);
```

```
    i++;
```

```
}
```

```
for (i = 0; i < 10; i++)
```

```
    printf ("%d\n", i);
```

```
i = 0;
```

```
while (i < 10)
```

```
    printf ("%d\n", i++);
```

```
for (i = 0; i < 10; printf ("%d\n", i++));
```



```
i = 0;  
while (1)  
{  
    if (i >= 10)  
        break;  
    printf ("%d\n", i++);  
}
```

```
int i;
```

```
i = 0;  
while (i < 10)  
{  
    printf ("%d\n", i);  
    i++;  
}
```

```
for (i = 0; i < 10; i++)  
    printf ("%d\n", i);
```

```
i = 0;  
while (i < 10)  
    printf ("%d\n", i++);
```

```
for (i = 0; i < 10; printf ("%d\n", i++));
```

```
i = 0;  
while (1)  
{  
    if (i >= 10)  
        break;  
    printf ("%d\n", i++);  
}
```

```
i = 0;  
loop:  
if (i >= 10)  
    goto endloop;  
printf ("%d\n", i++);  
goto loop;  
endloop:
```

```
int i;
```

```
i = 0;  
while (i < 10)  
{  
    printf ("%d\n", i);  
    i++;  
}
```

```
for (i = 0; i < 10; i++)  
    printf ("%d\n", i);
```

```
i = 0;  
while (i < 10)  
    printf ("%d\n", i++);
```

```
for (i = 0; i < 10; printf ("%d\n", i++));
```

## 2.7 Strukturierte Programmierung

```
i = 0;  
while (1)  
{  
    if (i >= 10)  
        break;  
    printf ("%d\n", i++);  
}
```

```
i = 0;  
loop:  
if (i >= 10)  
    goto endloop;  
printf ("%d\n", i++);  
goto loop;  
endloop:
```

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

```
for (i = 0; i < 10; i++)  
    printf ("%d\n", i);
```

```
i = 0;  
while (i < 10)  
    printf ("%d\n", i++);
```

```
for (i = 0; i < 10; printf ("%d\n", i++));
```

## 2.7 Strukturierte Programmierung

```
i = 0;  
while (1)      fragwürdig  
{  
    if (i >= 10)  
        break;  
    printf ("%d\n", i++);  
}
```

```
i = 0;  
loop:  
if (i >= 10)    sehr fragwürdig  
    goto endloop;    (siehe z. B.:  
printf ("%d\n", i++);    http://xkcd.com/292/)  
goto loop;  
endloop:
```

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

gut

```
for (i = 0; i < 10; i++)  
    printf ("%d\n", i);
```

```
i = 0;  
while (i < 10)  
    printf ("%d\n", i++);
```

nur, wenn  
Sie wissen,  
was Sie tun

```
for (i = 0; i < 10; printf ("%d\n", i++));
```

# Hardwarenahe Programmierung

<https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/hp>

## 1 Einführung

- 1.1 Was ist hardwarenahe Programmierung?
- 1.2 Programmierung in C
- 1.3 Zu dieser Lehrveranstaltung

## 2 Einführung in C

- 2.1 Hello, world!
- 2.2 Programme compilieren und ausführen
- 2.3 Elementare Aus- und Eingabe
- 2.4 Elementares Rechnen
- 2.5 Verzweigungen
- 2.6 Schleifen
- 2.7 Strukturierte Programmierung
- 2.8 Seiteneffekte
- 2.9 Funktionen
- 2.10 Zeiger

...

## 3 Bibliotheken

...