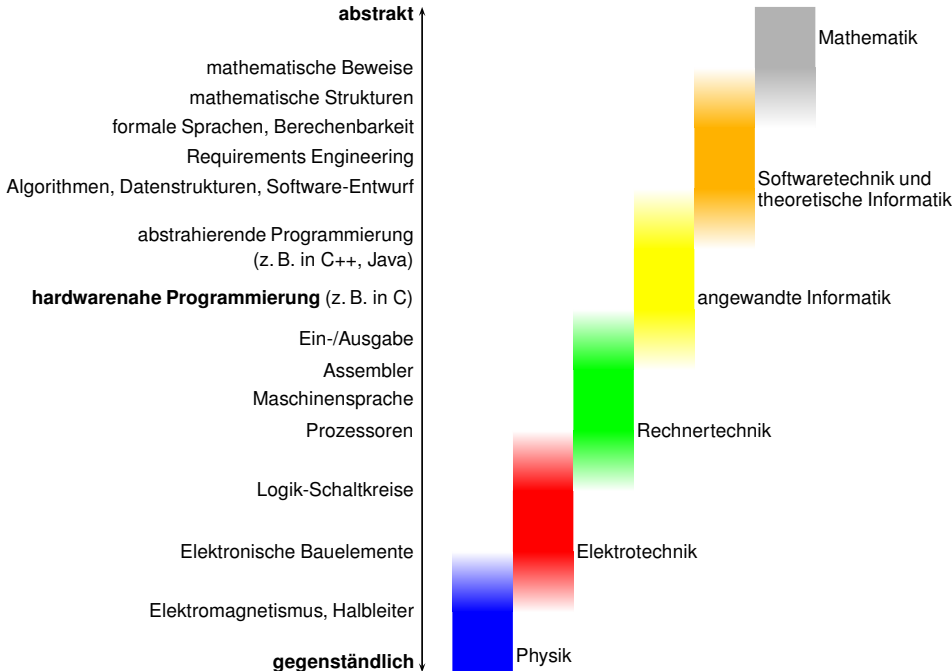


Hardwarenahe Programmierung

Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

15. Oktober 2018



Hardwarenahe Programmierung

Man kann Computer vollständig beherrschen.

Rechnertechnik

Man kann vollständig verstehen, wie Computer funktionieren.

Hardwarenahe Programmierung

Man kann Computer vollständig beherrschen.

Programmierung in C und C++

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen



Hardware und/oder Betriebssystem

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

Hardwarenahe Programmierung

Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

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

„High-Level-Assembler“

- kein „Fallschirm“
- kompakte Schreibweise

Unix-Hintergrund

- Baukastenprinzip
- konsequente Regeln
- kein „Fallschirm“

Zu dieser Lehrveranstaltung



- **Lehrmaterialien:**

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

- **Klausur:**

Zeit: 150 Minuten

Zulässige Hilfsmittel:

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

- **Übungen**

finden bereits diese Woche statt.

- **Praktikumstermine:**

- Versuch 1: 10. 10., 17. 10. und 24. 10. 2018
- Versuch 2 bis 4: Termine werden noch bekanntgegeben.

Hardwarenahe Programmierung

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

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

...

3 Bibliotheken

...

2 Einführung in C

2.1 Hello, world!

Text ausgeben

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

```
int main (void)
```

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


2.2 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.c`) muß sich im aktuellen Verzeichnis befinden.
- aktuelles Verzeichnis ausgeben: `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 [Win-builds](#)
- außerdem: Texteditor
[vi\(m\)](#), [nano](#), [Emacs](#), [Notepad++](#), ...
(Microsoft Notepad ist *nicht* geeignet!)

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;
```

```
}
```

→ 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“

Weitere Formatspezifikationen:
siehe Online-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);
```

Wahrheitswerte in C: numerisch

0 steht für *falsch* (*false*),
 $\neq 0$ 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;
}
```

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);
```

Hardwarenahe Programmierung

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

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 Seiteneffekte
- 2.8 Strukturierte Programmierung
- 2.9 Funktionen
- 2.10 Zeiger

...

3 Bibliotheken

...

2.7 Seiteneffekte

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

```
int main (void)  
{  
    printf ("%d\n", 42);  
    "\n";  
    return 0;  
}
```

2.7 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{
```

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

```
    "\n";
```

← Ausdruck als Anweisung: Wert wird ignoriert

```
    return 0;
```

```
}
```

2.7 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{
```

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

```
    "\n";
```

```
    return 0;
```

```
}
```

← Ausdruck als Anweisung: Wert wird ignoriert

2.7 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{  
    int a = printf ("%d\n", 42);  
    printf ("%d\n", a);  
    return 0;  
}
```


2.7 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
{
    int a = printf ("%d\n", 42);
    printf ("%d\n", a);
    return 0;
}
```

```
$ gcc -Wall -O side-effects-1.c -o side-effects-1
$ ./side-effects-1
42
3
$
```

2.7 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{  
    int a = printf ("%d\n", 42);  
    printf ("%d\n", a);  
    return 0;  
}
```

- `printf()` ist eine Funktion.

2.7 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{  
    int a = printf ("%d\n", 42);  
    printf ("%d\n", a);  
    return 0;  
}
```

- `printf()` ist eine Funktion.
- „Haupteffekt“: Wert zurückliefern
(hier: Anzahl der ausgegebenen Zeichen)

2.7 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{  
    int a = printf ("%d\n", 42);  
    printf ("%d\n", a);  
    return 0;  
}
```

- `printf()` ist eine Funktion.
- „Haupteffekt“: Wert zurückliefern
(hier: Anzahl der ausgegebenen Zeichen)
- *Seiteneffekt*: Ausgabe

2.7 Seiteneffekte bei Operatoren

Unäre Operatoren:

- Negation: `—foo`
- Funktionsaufruf: `foo ()`
- Post-Inkrement: `foo++`
- Post-Dekrement: `foo—`
- Prä-Inkrement: `++foo`
- Prä-Dekrement: `—foo`

Binäre Operatoren:

- Rechnen: `+ — * / %`
- Vergleich: `== != < > <= >=`
- Zuweisung: `= += -= *= /= %=`
- Ignorieren: `,`

2.7 Seiteneffekte bei Operatoren

Unäre Operatoren:

- Negation: `—foo`
- Funktionsaufruf: `foo ()`
- Post-Inkrement: `foo++`
- Post-Dekrement: `foo—`
- Prä-Inkrement: `++foo`
- Prä-Dekrement: `—foo`

Binäre Operatoren:

- Rechnen: `+ — * / %`
- Vergleich: `== != < > <= >=`
- Zuweisung: `= += -= *= /= %=`
- Ignorieren: `,`

rot = mit Seiteneffekt

2.7 Seiteneffekte bei Operatoren

Unäre Operatoren:

- Negation: `–foo`
- Funktionsaufruf: `foo ()`
- Post-Inkrement: `foo++`
- Post-Dekrement: `foo–`
- Prä-Inkrement: `++foo`
- Prä-Dekrement: `––foo`

```
int i;
```

```
i = 0;
```

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

```
{
```

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

```
    i++;
```

```
}
```

Binäre Operatoren:

- Rechnen: `+ – * / %`
- Vergleich: `== != < > <= >=`
- Zuweisung: `= += -= *= /= %=`
- Ignorieren: `,`

rot = mit Seiteneffekt

2.7 Seiteneffekte bei Operatoren

Unäre Operatoren:

- Negation: `–foo`
- Funktionsaufruf: `foo ()`
- Post-Inkrement: `foo++`
- Post-Dekrement: `foo–`
- Prä-Inkrement: `++foo`
- Prä-Dekrement: `––foo`

Binäre Operatoren:

- Rechnen: `+ – * / %`
- Vergleich: `== != < > <= >=`
- Zuweisung: `= += -= *= /= %=`
- Ignorieren: `,`

rot = mit Seiteneffekt

```
int i;
```

```
i = 0;
```

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

```
{
```

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

```
    i++;
```

```
}
```

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

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


2.7 Seiteneffekte bei Operatoren

Unäre Operatoren:

- Negation: `—foo`
- Funktionsaufruf: `foo ()`
- Post-Inkrement: `foo++`
- Post-Dekrement: `foo—`
- Prä-Inkrement: `++foo`
- Prä-Dekrement: `—foo`

Binäre Operatoren:

- Rechnen: `+ — * / %`
- Vergleich: `== != < > <= >=`
- Zuweisung: `= += -= *= /= %=`
- Ignorieren: `,`

rot = mit Seiteneffekt

```
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++);
```

2.7 Seiteneffekte bei Operatoren

Unäre Operatoren:

- Negation: `—foo`
- Funktionsaufruf: `foo ()`
- Post-Inkrement: `foo++`
- Post-Dekrement: `foo—`
- Prä-Inkrement: `++foo`
- Prä-Dekrement: `—foo`

Binäre Operatoren:

- Rechnen: `+ — * / %`
- Vergleich: `== != < > <= >=`
- Zuweisung: `= += -= *= /= %=`
- Ignorieren: `,`

rot = mit Seiteneffekt

```
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++));
```

```
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++));
```

2.8 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++));
```

2.8 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;  
printf ("%d\n", i++);  
goto loop;  
endloop:
```

(siehe z. B.:
<http://xkcd.com/292/>)

```
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++));
```

2.9 Funktionen

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

```
int answer (void)
```

```
{
```

```
    return 42;
```

```
}
```

```
void foo (void)
```

```
{
```

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

```
}
```

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    foo ();
```

```
    return 0;
```

```
}
```


2.9 Funktionen

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

```
int answer (void)
{
    return 42;
}
```

```
void foo (void)
{
    printf ("%d\n", answer ());
}
```

```
int main (void)
{
    foo ();
    return 0;
}
```

- Funktionsdeklaration:
Typ Name (Parameterliste)
{
 Anweisungen
}

2.9 Funktionen

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

```
void add_verbose (int a, int b)
{
    printf ("%d_+_%d=_%d\n", a, b, a + b);
}
```

```
int main (void)
{
    add_verbose (3, 7);
    return 0;
}
```

- Funktionsdeklaration:
Typ Name (Parameterliste)
{
 Anweisungen
}

2.9 Funktionen

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

```
void add_verbose (int a, int b)
{
    printf ("%d_+_%d=_%d\n", a, b, a + b);
}
```

```
int main (void)
{
    add_verbose (3, 7);
    return 0;
}
```

- Funktionsdeklaration:
Typ Name (Parameterliste)
{
 Anweisungen
}
- Der Datentyp **void**
steht für „nichts“
und kann ignoriert werden.

2.9 Funktionen

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

```
void add_verbose (int a, int b)
{
    printf ("%d_+_d=_d\n", a, b, a + b);
}
```

```
int main (void)
{
    add_verbose (3, 7);
    return 0;
}
```

- Funktionsdeklaration:
Typ Name (Parameterliste)
{
 Anweisungen
}
- Der Datentyp **void**
steht für „nichts“
und muß ignoriert werden.

2.9 Funktionen

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

```
int a, b = 3;
```

```
void foo (void)
```

```
{  
    b++;  
    static int a = 5;  
    int b = 7;  
    printf ("foo():_"  
           "a=_%d,_b=_%d\n",  
           a, b);  
    a++;  
}
```

```
int main (void)
```

```
{  
    printf ("main():_"  
           "a=_%d,_b=_%d\n",  
           a, b);  
    foo ();  
    printf ("main():_"  
           "a=_%d,_b=_%d\n",  
           a, b);  
    a = b = 12;  
    printf ("main():_"  
           "a=_%d,_b=_%d\n",  
           a, b);  
    foo ();  
    printf ("main():_"  
           "a=_%d,_b=_%d\n",  
           a, b);  
    return 0;  
}
```

Hardwarenahe Programmierung

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

1 Einführung

2 Einführung in C

...

2.5 Verzweigungen

2.6 Schleifen

2.7 Seiteneffekte

2.8 Strukturierte Programmierung

2.9 Funktionen

2.10 Zeiger

2.11 Arrays und Strings

2.12 Strukturen

2.13 Dateien und Fehlerbehandlung

2.14 Parameter des Hauptprogramms

2.15 String-Operationen

3 Bibliotheken

...