

Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

10. Oktober 2016

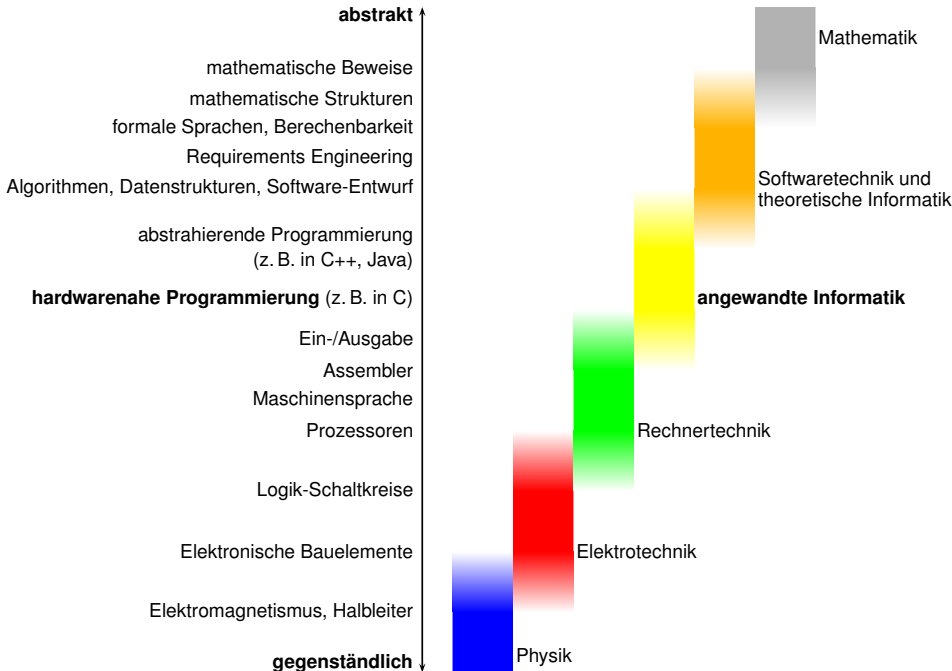
Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

rerum naturalium = der natürlichen Dinge (lat.)

10. Oktober 2015



Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Man kann Computer vollständig beherrschen.

Rechnertechnik

Man kann vollständig verstehen, wie Computer funktionieren.

Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Man kann Computer vollständig beherrschen.

Programmierung in C

Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Man kann Computer vollständig beherrschen.

Programmierung in C

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen

Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Man kann Computer vollständig beherrschen.

Programmierung in C

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen

Hardware und/oder Betriebssystem

Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Man kann Computer vollständig beherrschen.

Programmierung in C

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen



Hardware und/oder Betriebssystem

- Programmierkenntnisse werden nicht vorausgesetzt,
aber schnelles Tempo

Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Man kann Computer vollständig beherrschen.

Programmierung in 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

Angewandte Informatik

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

Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

- kleinster gemeinsamer Nenner für viele Plattformen

Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

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

Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

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

„High-Level-Assembler“

Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

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

„High-Level-Assembler“

- kein „Fallschirm“

Angewandte Informatik

Hardwarenahe Programmierung

Was ist C?

Etabliertes Profi-Werkzeug

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

„High-Level-Assembler“

- kein „Fallschirm“
- kompakte Schreibweise

Angewandte Informatik

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

Angewandte Informatik

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

Angewandte Informatik

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

Angewandte Informatik

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“

Hardwarenahe Programmierung

1 Einführung

1.1 Was ist angewandte Informatik?

1.2 Programmierung in C

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

...

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!
$
```

2.2 Programme compilieren und ausführen

```
$ gcc -Wall -O 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:_%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 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“



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;
```

```
}
```

2.5 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*),
 $\neq 0$ 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;  
}
```

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);
```

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++));
```

Hardwarenahe Programmierung

1 Einführung

1.1 Was ist angewandte Informatik?

1.2 Programmierung in C

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

...