

# Hardwarenahe Programmierung

Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

Wintersemester 2023/24

## Wichtiger Hinweis

Diese Vortragsfolien dienen dazu, den Vortrag der/des Lehrenden zu unterstützen. Sie enthalten **nur einen Teil** der Lerninhalte. Wie groß dieser Teil ist, hängt von den konkreten Lerninhalten ab und kann von „praktisch alles“ bis „praktisch gar nichts“ schwanken. Diese Folien alleine sind daher **nicht für ein Selbststudium geeignet!** Hierfür sei auf das Skript verwiesen, in dem allerdings keine tagesaktuellen Änderungen enthalten sind.

Mindestens genauso wichtig wie die Vortragsfolien sind die Beispiel-Programme, die vor Ihren Augen in den Vorlesungen erarbeitet werden. Diese sind im Git-Repository (<https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/hp.git>) mit allen Zwischenschritten enthalten und befinden sich in den zu den jeweiligen Kalenderdaten gehörenden Verzeichnissen (z. B. für den 5. 10. 2023 unter <https://gitlab.cvh-server.de/pgerwinski/hp/tree/2023ws/20231005/>).

Wenn Sie die Übungsaufgaben bearbeiten, nutzen Sie die Gelegenheit, Ihre Lösungen in den Übungen überprüfen zu lassen. Wer nach Vergleich mit der Musterlösung zu dem Schluß kommt, alles richtig gelöst zu haben, erlebt sonst in der Klausur oft eine unangenehme Überraschung.

In jedem Fall: *Viel Erfolg!*

# Hardwarenahe Programmierung

Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

5. Oktober 2023

# Hardwarenahe Programmierung

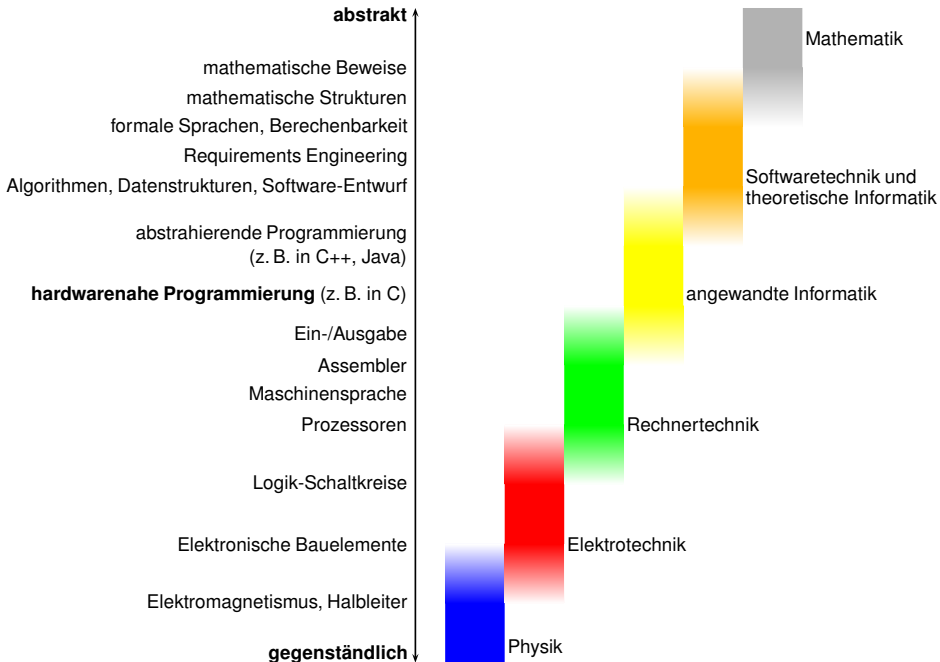
Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

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

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

fragwürdig

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

sehr fragwürdig  
(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++);
```

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

nur, wenn  
Sie wissen,  
was Sie tun

# 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

...

## 2.8 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

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



## 2.8 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    printf ("Hello, _world!\n");
```

```
    "Hello, _world!\n"; ← Ausdruck als Anweisung: Wert wird ignoriert
```

```
    return 0;
```

```
}
```

## 2.8 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    printf ("Hello, _world!\n");
```

```
    "Hello, _world!\n";
```

```
    return 0;
```

```
}
```

← Ausdruck als Anweisung: Wert wird ignoriert

## 2.8 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    int a = printf ("Hello, _world!\n");
```

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

```
    return 0;
```

```
}
```

## 2.8 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    int a = printf ("Hello, \_world!\n");
```

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

```
    return 0;
```

```
}
```

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

```
$ ./side-effects-1
```

```
Hello, world!
```

```
14
```

```
$
```

## 2.8 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    int a = printf ("Hello, \uworld!\n");
```

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

```
    return 0;
```

```
}
```

- `printf()` ist eine Funktion.

## 2.8 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    int a = printf ("Hello, _world!\n");
```

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

```
    return 0;
```

```
}
```

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

## 2.8 Seiteneffekte

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

```
int main (void)
```

```
{
```

```
    int a = printf ("Hello, _world!\n");
```

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

```
    return 0;
```

```
}
```

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

## 2.8 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: `, a, b`: berechne `a`,  
ignore es, nimm stattdessen `b`



## 2.8 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: `, a, b`: berechne `a`,  
ignore es, nimm stattdessen `b`

rot = mit Seiteneffekt

## 2.8 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: `, a, b`: berechne `a`,  
 ignoriere `es`, nimm stattdessen `b`

rot = mit Seiteneffekt

## 2.8 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: `, a, b`: berechne `a`,  
ignore es, nimm stattdessen `b`

```
int i;
```

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

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

rot = mit Seiteneffekt

## 2.8 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: `, a, b`: berechne `a`,  
ignoriere es, nimm stattdessen `b`

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++);
```

## 2.8 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: `, a, b`: berechne `a`, ignoriere es, nimm stattdessen `b`

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++));
```