

Hardwarenahe Programmierung

Prof. Dr. rer. nat. Peter Gerwinski

7. Januar 2019

Hardwarenahe Programmierung

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

1 Einführung

2 Einführung in C

3 Bibliotheken

4 Hardwarenahe Programmierung

5 Algorithmen

5.1 Differentialgleichungen

5.2 Rekursion

5.3 Aufwandsabschätzungen

6 Objektorientierte Programmierung

6.0 Dynamische Speicherverwaltung

6.1 Konzepte und Ziele

6.2 Beispiel: Zahlen und Buchstaben

6.3 Beispiel: Graphische Benutzeroberfläche (GUI)

...

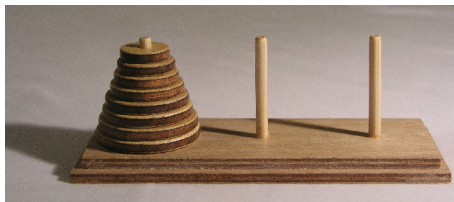
7 Datenstrukturen

5.2 Rekursion

Vollständige Induktion: $\left. \begin{array}{l} \text{Aussage gilt für } n = 1 \\ \text{Schluß von } n - 1 \text{ auf } n \end{array} \right\} \text{Aussage gilt für alle } n \in \mathbb{N}$

Türme von Hanoi

- 64 Scheiben, 3 Plätze, immer 1 Scheibe verschieben
- Ziel: Turm verschieben
- Es dürfen nur kleinere Scheiben auf größeren liegen.
- $n = 1$ Scheibe: fertig
- Wenn $n - 1$ Scheiben verschiebbar: schiebe $n - 1$ Scheiben auf Hilfsplatz, verschiebe die darunterliegende, hole $n - 1$ Scheiben von Hilfsplatz



5.2 Rekursion

Vollständige Induktion:
$$\left. \begin{array}{l} \text{Aussage gilt für } n = 1 \\ \text{Schluß von } n - 1 \text{ auf } n \end{array} \right\} \text{ Aussage gilt für alle } n \in \mathbb{N}$$

Türme von Hanoi

- 64 Scheiben, 3 Plätze, immer 1 Scheibe verschieben
- Ziel: Turm verschieben
- Es dürfen nur kleinere Scheiben auf größeren liegen.
- $n = 1$ Scheibe: fertig
- Wenn $n - 1$ Scheiben verschiebbar: schiebe $n - 1$ Scheiben auf Hilfsplatz, verschiebe die darunterliegende, hole $n - 1$ Scheiben von Hilfsplatz

```
void move (int from, int to, int disks)
{
    if (disks == 1)
        move_one_disk (from, to);
    else
    {
        int help = 0 + 1 + 2 - from - to;
        move (from, help, disks - 1);
        move (from, to, 1);
        move (help, to, disks - 1);
    }
}
```

5.2 Rekursion

Vollständige Induktion:
$$\left. \begin{array}{l} \text{Aussage gilt für } n = 1 \\ \text{Schluß von } n - 1 \text{ auf } n \end{array} \right\} \text{ Aussage gilt für alle } n \in \mathbb{N}$$

Türme von Hanoi

- 64 Scheiben, 3 Plätze, immer 1 Scheibe verschieben
- Ziel: Turm verschieben
- Es dürfen nur kleinere Scheiben auf größeren liegen.
- $n = 1$ Scheibe: fertig
- Wenn $n - 1$ Scheiben verschiebbar: schiebe $n - 1$ Scheiben auf Hilfsplatz, verschiebe die darunterliegende, hole $n - 1$ Scheiben von Hilfsplatz

32 Scheiben:

```
$ time ./hanoi-9a
...
real    0m32,712s
user    0m32,708s
sys     0m0,000s
```

5.2 Rekursion

Vollständige Induktion: $\left. \begin{array}{l} \text{Aussage gilt für } n = 1 \\ \text{Schluß von } n - 1 \text{ auf } n \end{array} \right\} \text{ Aussage gilt für alle } n \in \mathbb{N}$

Türme von Hanoi

- 64 Scheiben, 3 Plätze, immer 1 Scheibe verschieben
- Ziel: Turm verschieben
- Es dürfen nur kleinere Scheiben auf größeren liegen.
- $n = 1$ Scheibe: fertig
- Wenn $n - 1$ Scheiben verschiebbar: schiebe $n - 1$ Scheiben auf Hilfsplatz, verschiebe die darunterliegende, hole $n - 1$ Scheiben von Hilfsplatz

32 Scheiben:

```
$ time ./hanoi-9a
...
real      0m32,712s
user      0m32,708s
sys       0m0,000s
```

~~→ etwas über 1 Minute
für 64 Scheiben~~

Für jede zusätzliche Scheibe verdoppelt sich die Rechenzeit!

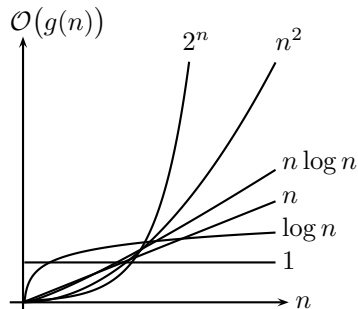
→ $\frac{32,712 \text{ s} \cdot 2^{32}}{3600 \cdot 24 \cdot 365,25} \approx 4452 \text{ Jahre}$
für 64 Scheiben

5.3 Aufwandsabschätzungen – Komplexitätsanalyse

- Türme von Hanoi: $\mathcal{O}(2^n)$

Für jede zusätzliche Scheibe verdoppelt sich die Rechenzeit!

→ $\frac{32,712 \text{ s} \cdot 2^{32}}{3600 \cdot 24 \cdot 365,25} \approx 4452 \text{ Jahre}$
für 64 Scheiben

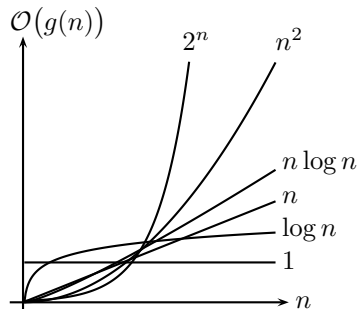


n : Eingabedaten

$g(n)$: Rechenzeit

5.3 Aufwandsabschätzungen – Komplexitätsanalyse

- Türme von Hanoi: $\mathcal{O}(2^n)$
- Minimum suchen: $\mathcal{O}(n)$
- ... mit Schummeln: $\mathcal{O}(1)$
- Minimum an den Anfang tauschen, nächstes Minimum suchen:
→ Selectionsort: $\mathcal{O}(n^2)$



n : Eingabedaten

$g(n)$: Rechenzeit

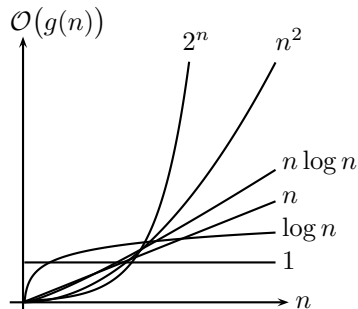
Faustregel:

Schachtelung der Schleifen zählen

x Schleifen $\rightarrow \mathcal{O}(n^x)$

5.3 Aufwandsabschätzungen – Komplexitätsanalyse

- Türme von Hanoi: $\mathcal{O}(2^n)$
- Minimum suchen: $\mathcal{O}(n)$
- ... mit Schummeln: $\mathcal{O}(1)$
- Minimum an den Anfang tauschen, nächstes Minimum suchen:
→ Selectionsort: $\mathcal{O}(n^2)$
- Während Minimumsuche prüfen und abbrechen, falls schon sortiert
→ Bubblesort



n : Eingabedaten

$g(n)$: Rechenzeit

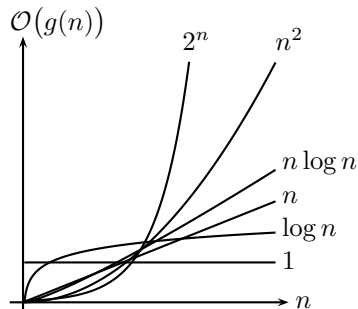
Faustregel:

Schachtelung der Schleifen zählen

x Schleifen $\rightarrow \mathcal{O}(n^x)$

5.3 Aufwandsabschätzungen – Komplexitätsanalyse

- Türme von Hanoi: $\mathcal{O}(2^n)$
- Minimum suchen: $\mathcal{O}(n)$
- ... mit Schummeln: $\mathcal{O}(1)$
- Minimum an den Anfang tauschen, nächstes Minimum suchen:
→ Selectionsort: $\mathcal{O}(n^2)$
- Während Minimumsuche prüfen und abbrechen, falls schon sortiert
→ Bubblesort: $\mathcal{O}(n)$ bis $\mathcal{O}(n^2)$



n : Eingabedaten

$g(n)$: Rechenzeit

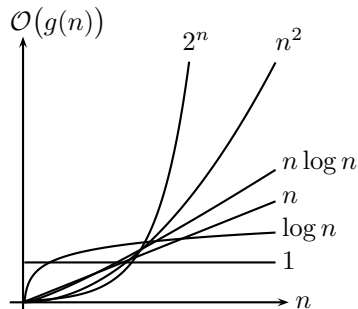
Faustregel:

Schachtelung der Schleifen zählen

x Schleifen $\rightarrow \mathcal{O}(n^x)$

5.3 Aufwandsabschätzungen – Komplexitätsanalyse

- Türme von Hanoi: $\mathcal{O}(2^n)$
- Minimum suchen: $\mathcal{O}(n)$
- ... mit Schummeln: $\mathcal{O}(1)$
- Minimum an den Anfang tauschen, nächstes Minimum suchen:
→ Selectionsort: $\mathcal{O}(n^2)$
- Während Minimumsuche prüfen und abbrechen, falls schon sortiert
→ Bubblesort: $\mathcal{O}(n)$ bis $\mathcal{O}(n^2)$
- Rekursiv sortieren
→ Quicksort



n : Eingabedaten

$g(n)$: Rechenzeit

Faustregel:

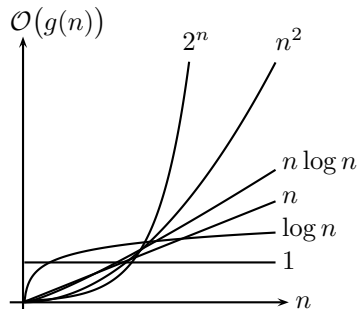
Schachtelung der Schleifen zählen

x Schleifen $\rightarrow \mathcal{O}(n^x)$

5.3 Aufwandsabschätzungen – Komplexitätsanalyse

- Türme von Hanoi: $\mathcal{O}(2^n)$
- Minimum suchen: $\mathcal{O}(n)$
- ... mit Schummeln: $\mathcal{O}(1)$
- Minimum an den Anfang tauschen, nächstes Minimum suchen:
→ Selectionsort: $\mathcal{O}(n^2)$
- Während Minimumsuche prüfen und abbrechen, falls schon sortiert
→ Bubblesort: $\mathcal{O}(n)$ bis $\mathcal{O}(n^2)$
- Rekursiv sortieren
→ Quicksort: $\mathcal{O}(n \log n)$ bis $\mathcal{O}(n^2)$

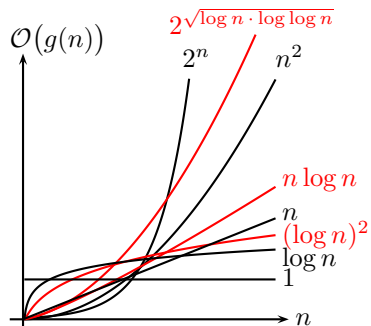
Faustregel:
Schachtelung der Schleifen zählen
 x Schleifen → $\mathcal{O}(n^x)$



n : Eingabedaten
 $g(n)$: Rechenzeit

5.3 Aufwandsabschätzungen – Komplexitätsanalyse

- Türme von Hanoi: $\mathcal{O}(2^n)$
- Minimum suchen: $\mathcal{O}(n)$
- ... mit Schummeln: $\mathcal{O}(1)$
- Minimum an den Anfang tauschen, nächstes Minimum suchen:
→ Selectionsort: $\mathcal{O}(n^2)$
- Während Minimumsuche prüfen und abbrechen, falls schon sortiert
→ Bubblesort: $\mathcal{O}(n)$ bis $\mathcal{O}(n^2)$
- Rekursiv sortieren
→ Quicksort: $\mathcal{O}(n \log n)$ bis $\mathcal{O}(n^2)$



n : Eingabedaten

$g(n)$: Rechenzeit

Faustregel:

Schachtelung der Schleifen zählen

x Schleifen $\rightarrow \mathcal{O}(n^x)$

RSA: Schlüsselerzeugung (Berechnung von d): $\mathcal{O}((\log n)^2)$,

Ver- und Entschlüsselung (Exponentiation): $\mathcal{O}(n \log n)$,

Verschlüsselung brechen (Primfaktorzerlegung): $\mathcal{O}(2^{\sqrt{\log n \cdot \log \log n}})$

Hardwarenahe Programmierung

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

- 1 Einführung**
- 2 Einführung in C**
- 3 Bibliotheken**
- 4 Hardwarenahe Programmierung**
- 5 Algorithmen**
 - 5.1 Differentialgleichungen
 - 5.2 Rekursion
 - 5.3 Aufwandsabschätzungen
- 6 Objektorientierte Programmierung**
 - 6.0 Dynamische Speicherverwaltung
 - 6.1 Konzepte und Ziele
 - 6.2 Beispiel: Zahlen und Buchstaben
 - 6.3 Beispiel: Graphische Benutzeroberfläche (GUI)
 - ...
- 7 Datenstrukturen**

6 Objektorientierte Programmierung

6.0 Dynamische Speicherverwaltung

- Array: feste Anzahl von Elementen desselben Typs (z. B. 3 ganze Zahlen)
- Dynamisches Array: variable Anzahl von Elementen desselben Typs

```
char *name[] = { "Anna", "Berthold", "Caesar" };
```

...

~~name[3] = "Dieter";~~

6 Objektorientierte Programmierung

6.0 Dynamische Speicherverwaltung

```
#include <stdlib.h>
```

```
...
```

```
char **name = malloc (3 * sizeof (char *));  
    /* Speicherplatz für 3 Zeiger anfordern */
```

```
...
```

```
free (name)  
    /* Speicherplatz freigeben */
```


6 Objektorientierte Programmierung

6.1 Konzepte und Ziele

- Array: feste Anzahl von Elementen desselben Typs (z. B. 3 ganze Zahlen)
- Dynamisches Array: variable Anzahl von Elementen desselben Typs
- Problem: Elemente unterschiedlichen Typs
- Lösung: den Typ des Elements zusätzlich speichern
- Funktionen, die mit dem Objekt arbeiten: *Methoden*
- Was die Funktion bewirkt, hängt vom Typ des Objekts ab
- Realisierung über endlose **if**-Ketten

6 Objektorientierte Programmierung

6.1 Konzepte und Ziele

- Array: feste Anzahl von Elementen desselben Typs (z. B. 3 ganze Zahlen)
- Dynamisches Array: variable Anzahl von Elementen desselben Typs
- Problem: Elemente unterschiedlichen Typs
- Lösung: den Typ des Elements zusätzlich speichern
- Funktionen, die mit dem Objekt arbeiten: *Methoden*
- ~~Was die Funktion bewirkt~~ Welche Funktion aufgerufen wird, hängt vom Typ des Objekts ab: *virtuelle Methode*
- Realisierung über ~~endlose if-Ketten~~ Zeiger, die im Objekt gespeichert sind (Genaugenommen: Tabelle von Zeigern)

→ **kommt demnächst**

6 Objektorientierte Programmierung

6.1 Konzepte und Ziele

- Problem: Elemente unterschiedlichen Typs
- Lösung: den Typ des Elements zusätzlich speichern
- *Methoden* und *virtuelle Methoden*
- Zeiger auf verschiedene Strukturen mit einem gemeinsamen Anteil von Datenfeldern
→ „verwandte“ *Objekte*, *Klassen* von Objekten
- Struktur, die *nur* den gemeinsamen Anteil enthält
→ „Vorfahr“, *Basisklasse*, *Vererbung*
- Zeiger auf die Basisklasse dürfen auf Objekte der *abgeleiteten Klasse* zeigen
→ *Polymorphie*

6 Objektorientierte Programmierung

6.2 Beispiel: Zahlen und Buchstaben

```
typedef struct
{
    int type;
} t_base;
```

```
typedef struct
{
    int type;
    int content;
} t_integer;
```

```
typedef struct
{
    int type;
    char *content;
} t_string;
```

```
typedef struct
{
    int type;
} t_base;
```

```
typedef struct
{
    int type;
    int content;
} t_integer;
```

```
typedef struct
{
    int type;
    char *content;
} t_string;
```

```
t_integer i = { 1, 42 };
t_string s = { 2, "Hello,_world!" };
```

```
t_base *object[] = { (t_base *) &i, (t_base *) &s };
```



explizite

Typumwandlung

6.3 Beispiel: Graphische Benutzeroberfläche (GUI)

```
#include <gtk/gtk.h>
```

```
int main (int argc, char **argv)
```

```
{  
    gtk_init (&argc, &argv);  
    GtkWidget *window = gtk_window_new (GTK_WINDOW_TOPLEVEL);  
    gtk_window_set_title (GTK_WINDOW (window), "Hello");  
    g_signal_connect (window, "destroy", G_CALLBACK (gtk_main_quit), NULL);  
    GtkWidget *vbox = gtk_box_new (GTK_ORIENTATION_VERTICAL, 5);  
    gtk_container_add (GTK_CONTAINER (window), vbox);  
    gtk_container_set_border_width (GTK_CONTAINER (vbox), 10);  
    GtkWidget *label = gtk_label_new ("Hello, world!");  
    gtk_container_add (GTK_CONTAINER (vbox), label);  
    GtkWidget *button = gtk_button_new_with_label ("Quit");  
    g_signal_connect (button, "clicked", G_CALLBACK (gtk_main_quit), NULL);  
    gtk_container_add (GTK_CONTAINER (vbox), button);  
    gtk_widget_show (button);  
    gtk_widget_show (label);  
    gtk_widget_show (vbox);  
    gtk_widget_show (window);  
    gtk_main ();  
    return 0;  
}
```



**Praktikumsversuch:
Objektorientiertes Zeichenprogramm**

Hardwarenahe Programmierung

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

- 1 Einführung**
- 2 Einführung in C**
- 3 Bibliotheken**
- 4 Hardwarenahe Programmierung**
- 5 Algorithmen**
- 6 Objektorientierte Programmierung**
 - 6.0** Dynamische Speicherverwaltung
 - 6.1** Konzepte und Ziele
 - 6.2** Beispiel: Zahlen und Buchstaben
 - 6.3** Beispiel: Graphische Benutzeroberfläche (GUI)
 - 6.4** Unions
 - 6.5** Virtuelle Methoden
 - 6.6** Einführung in C++
- 7 Datenstrukturen**