C-Kurs
Rekursive Funktionen & Bibliotheken

Funktionen

Wiederholung: Funktionen

- Funktionen bilden das Grundgerüst jedes Programms
  - Modularisierung
  - Vermeidung von komplexen Kontrollstrukturen
  - Kapselung
  - Dokumentation

Wiederholung Funktionsaufrufe

- Jede Funktion kann von jeder Funktion aufgerufen werden
- Beispiele:
  - max() von main() aus
  - max() von printf() aus

- Insbesondere kann eine Funktion auch sich selber aufrufen! => Rekursion

Rekursion

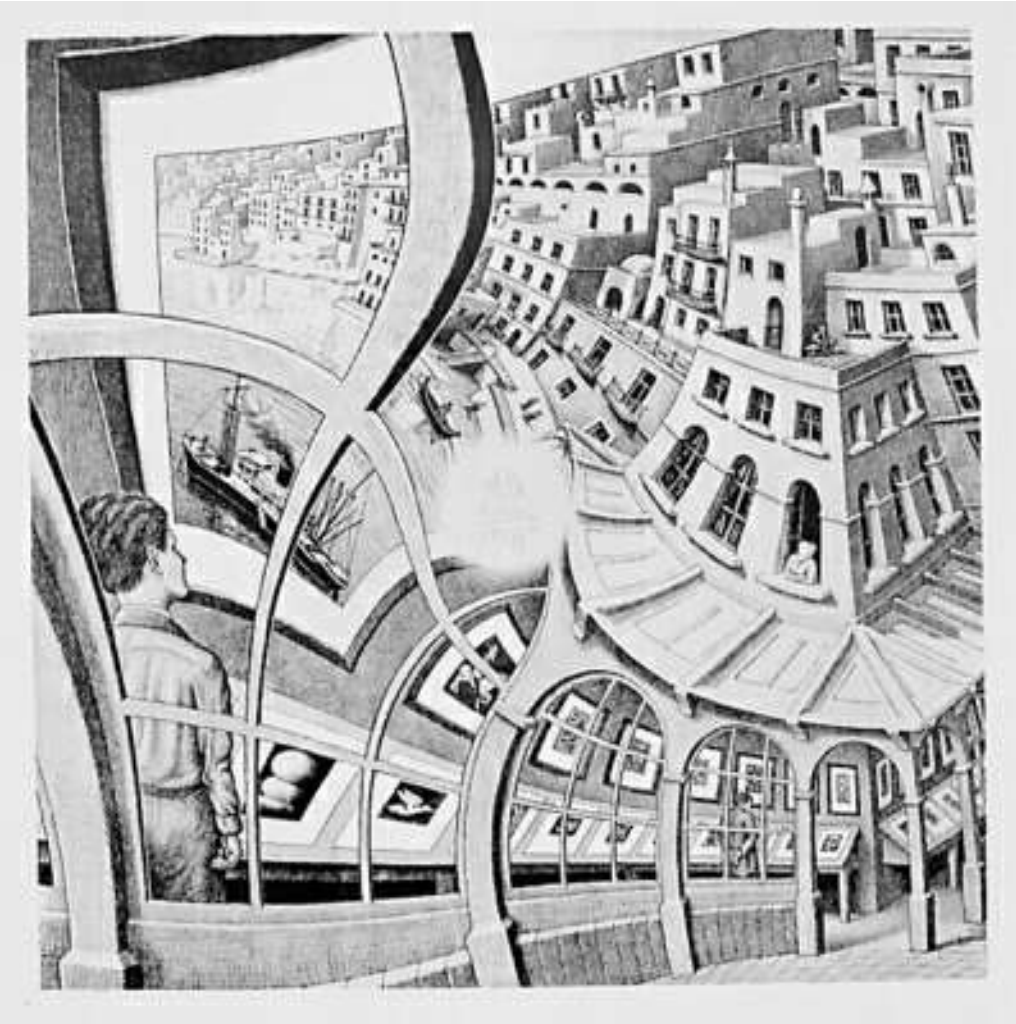
- Spielzeug:

Matroschka

Quelle: German Wikipedia

Rekursion

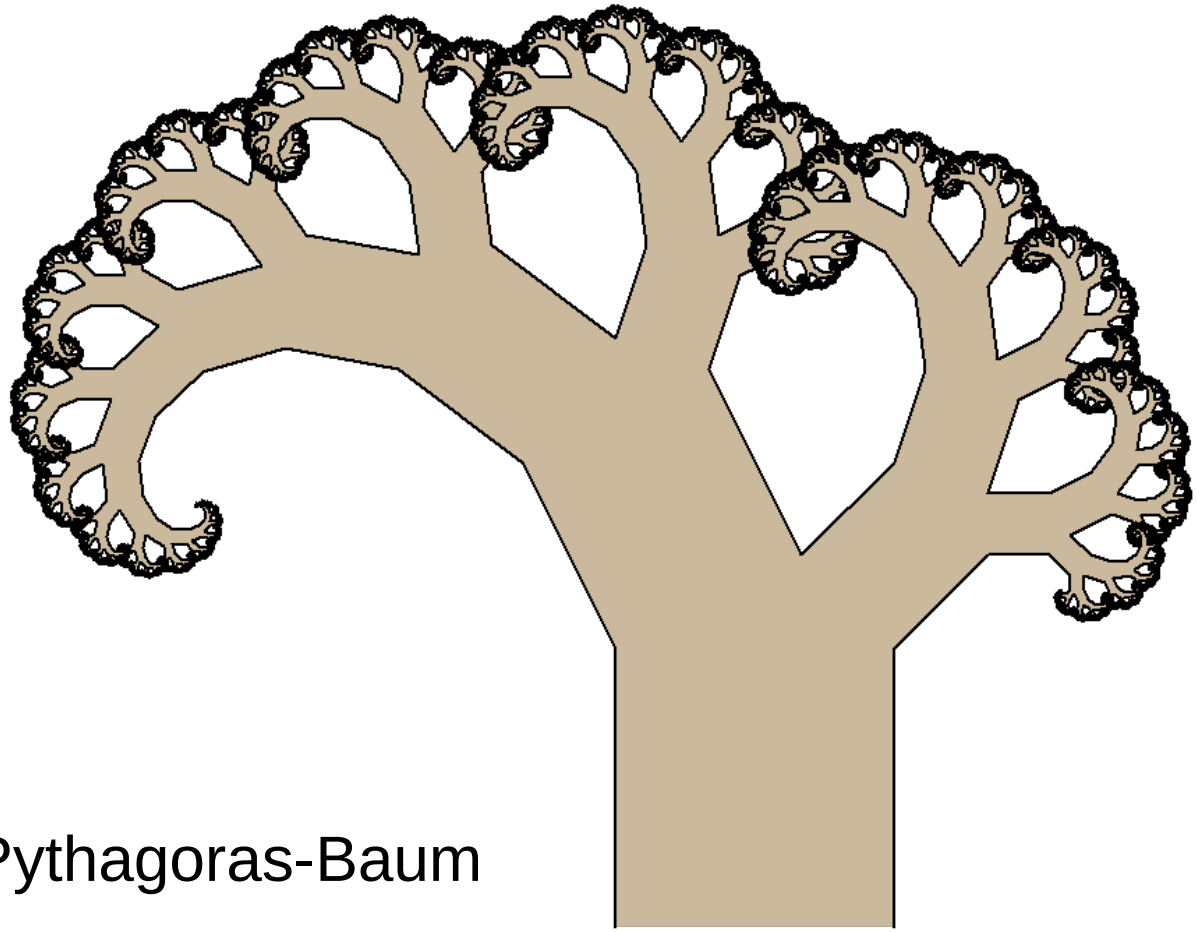
- Kunst:



M.C. Escher; Bildgalerie

Rekursion

- Fraktale:

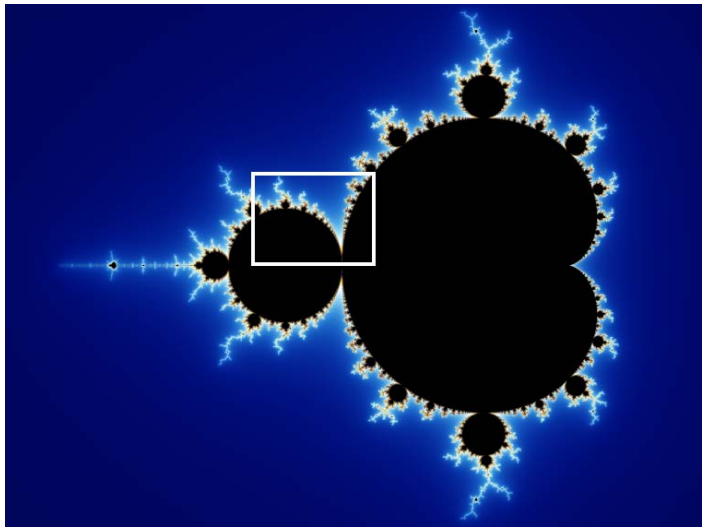


Pythagoras-Baum

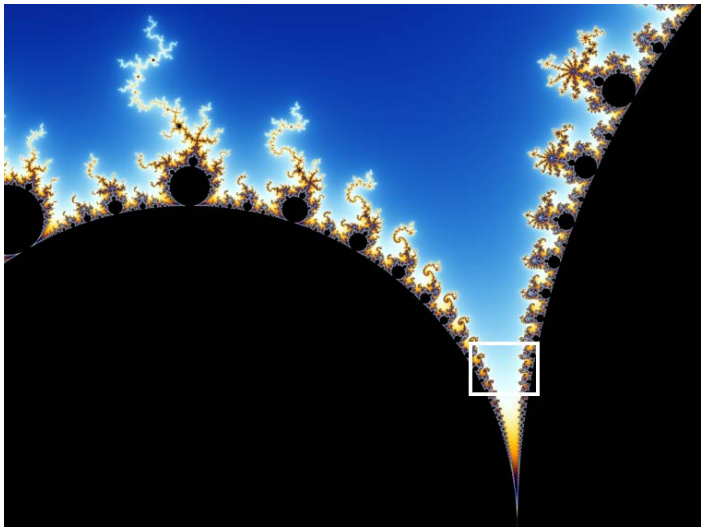
Quelle: German Wikipedia

Rekursion

- Fraktale:



Mandelbrotmenge



Quelle: German Wikipedia, Wolfgag Beyer

`http://www.mathematik.ch/anwendungenmath/fractal/julia/MandelbrotApplet.php`

Mathematische Rekursion

- Viele mathematische Funktionen sind einfach rekursiv definierbar.
- D.h. die Funktion erscheint in ihrer eigenen Definition.

- Beispiel: Fakultätsfunktion

$$n! = \begin{cases} 1\,, & \text{falls } n \leq 1 \\ n \cdot (n-1)!\,, & \text{falls } n > 1 \end{cases}$$

Rekursive Funktionen

- Die Funktion ruft sich selber auf **/ / Kernkonzept!**
- Beispiel: (noch falsch...)

```
int recursion (int a) {
    return recursion (a+1);     // rekursiver Aufruf
}
```

```
Aufruf:    printf("Recursion: %d\n", recursion(0));
Ausgabe:   ???
```

Rekursive Funktionen

- Die Funktion ruft sich selber auf **/ / Kernkonzept!**
- Beispiel: (richtig...)

```
int recursion (int a) {
    if (a > 41) {                    // Abbruchbedingung
        return a;
    }
    return recursion (a+1);          // rekursiver Aufruf
}
```

Aufruf: `printf("Recursion: %d\n", recursion(0));`
Ausgabe: ???

Rekursive Funktionen

- Die Funktion ruft sich selber auf **/ / Kernkonzept!**
- Zu beachten:
  - Terminierung, d.h. Abbruchbedingung!
  - Sonst Endlosprogramm
- D.h.: Typischer Ablauf:

```
int recursion (int a) {
  if (a > 41) { return a; }  // Abbruchbedingung
  return recursion (a+1);    // rekursiver Aufruf
}
```

Rekursive Funktionen
Beispiel Fakultät

- Fakultät:

```
int fak(int n) {
  if (n <= 1) {                  // Abbruchbedingung
     return 1;
  } else {
    return n * fak(n - 1);       // rekursiver Aufruf
  }
}
```

Rekursive Funktionen
Beispiel Fakultät

- Fakultät: (Alternative syntaktische Darstellung)

```
int fak(int n) {

                                    // Abbruchbedingung
  if (n <= 1) return 1;

  return n * fak(n - 1);      // rekursiver Aufruf
}
```

Rekursive Funktionen
Beispiel Fakultät

- Fakultät: (Alternative größerer Wertebereich)

```
long fak(int n) {
                                    // Abbruchbedingung
  if (n <= 1) return 1;

  return n * fak(n - 1);      // rekursiver Aufruf
}
```

- Die Werte werden sehr schnell sehr groß
- Wertebereich long: von - 2^63 - 1 bis 2^63
  (für 64-bit Architekturen)
- **printf** Format für **long** **%lu**

Rekursive Funktionen

- Unendliche Rekursion
  - Ist so leicht zu erzeugen, wie eine unendliche Schleife
  - Ist zu vermeiden. Also nie Abbruchbedingung vergessen!
- Wir brauchen Fortschritt, d.h. das Problem, was mit dem rekursiven Aufruf gelöst wird, muss einfacher werden, z.B:

`fak(n)` :

Terminiert sofort für n ≤ 1, andernfalls wird die Funktion rekursiv mit Argument < n aufgerufen.

"n wird mit jedem Aufruf kleiner."

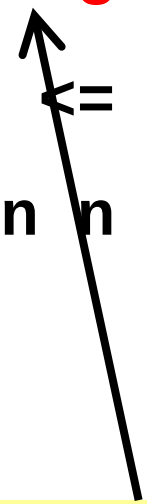
Auswertung rekursiver Funktionsaufrufe: `fak(3)`

```
// return value is n!
int fak (int n) {

  if (n <= 1) return 1;
  return n * fak(n-1); // n > 1
}
```

Auswertung rekursiver Funktionsaufrufe: `fak(3)`

```
// return value is n!
int fak (int n) {
  // n = 3
  if (n <= 1) return 1;
  return n * fak(n-1); // n > 1
}
```



Initialisierung des Arguments mit dem Wert des Aufrufarguments

Auswertung rekursiver Funktionsaufrufe: `fak(3)`

```
// return value is n!
int fak (int n) {
  // n = 3
  if (n <= 1) return 1;
  return n * fak(n-1); // n > 1
}
```

Ausführen des Funktionsrumpfs:
Auswertung des Rückgabeausdrucks

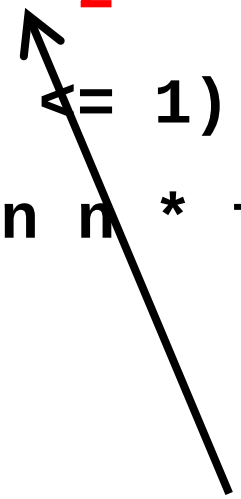
Auswertung rekursiver Funktionsaufrufe: `fak(3)`

```
// return value is n!
int fak (int n) {
  // n = 3
  if (n <= 1) return 1;
  return n * fak(n-1); // n > 1
}
```

Ausführen des Funktionsrumpfs: Rekursiver Aufruf von fak mit Aufrufargument **`n-1 == 2`**

Auswertung rekursiver Funktionsaufrufe: `fak(3)`

```
// return value is n!
int fak (int n) {
  // n = 2
  if (n <= 1) return 1;
  return n * fak(n-1); // n > 1
}
```



Initialisierung des Arguments mit dem Wert des Aufrufarguments

Auswertung rekursiver Funktionsaufrufe: `fak(3)`

```
// return value is n!
int fak (int n) {
  // n = 2
  if (n <= 1) return 1;
  return n * fak(n-1); // n > 1
}
```

Es gibt jetzt zwei *n* ! Das von **`fak(3)`**, und das von **`fak(2)`**

Initialisierung *des* Arguments mit dem Wert des Aufrufarguments

Auswertung rekursiver Funktionsaufrufe: `fak(3)`

```
// return value is n!
int fak (int n) {
  // n = 2
  if (n <= 1) return 1;
  return n * fak(n-1); // n > 1
}
```

Wir nehmen das Argument des *aktuellen* Aufrufs, **`fak(2)`**

Initialisierung *des* Arguments mit dem Wert des Aufrufarguments

Bibliotheken

Modularisierung

- C-Programme bestehen aus einer Menge von Funktionen

- Funktionen können in verschiedene Module (Dateien) getrennt werden
- Warum?
  - Übersichtlichkeit / Lesbarkeit
  - Erweiterbarkeit
  - Wiederverwendbarkeit
  - Wartbarkeit
  - ....

Die main-Funktion

- Eine Funktion ist ausgezeichnet: Die main-Funktion.

- Jedes C-Programm braucht eine main-Funktion.
- Sie ist die erste Funktion, die von der Shell aus aufgerufen wird.
- Sie bekommt als Parameter die Argumente mit denen das Programm aufgerufen wird.
- Von ihr aus werden alle weiteren Funktionen aufgerufen.
- Sie sollte sich nicht selber aufrufen.

Bisher

fak.c

```
int fak(int n) {
  if (n <= 1) return 1;
  return n * fak(n-1);
}

int main() {
      return fak(3);
}
```

Modularisierung am Beispiel Fakultät

fak-main.c

```
int main() {
      return fak(3);
}
```

fak-funktion.c

```
int fak(int n) {
  if (n <= 1) return 1;
  return n * fak(n-1);
}
```

Modularisierung am Beispiel Fakultät

fak-head.h

```
int fak(int);
```

fak-main.c

```
int main() {
      return fak(3);
}
```

fak-funktion.c

```
int fak(int n) {
  if (n <= 1) return 1;
  return n * fak(n-1);
}
```

Modularisierung am Beispiel Fakultät

fak-head.h

```
int fak(int);
```

fak-main.c

```
#include "fak-head.h"
int main() {
      return fak(3);
}
```

fak-funktion.c

```
int fak(int n) {
  if (n <= 1) return 1;
  return n * fak(n-1);
}
```

Modularisierung am Beispiel Fakultät

fak-head.h

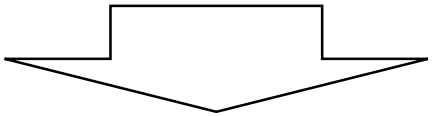
```
int fak(int);
```

fak-main.c

```
#include "fak-head.h"
int main() {
      return fak(3);
}
```

fak-funktion.c

```
int fak(int n) {
  return n * fak(n-1);
}
```



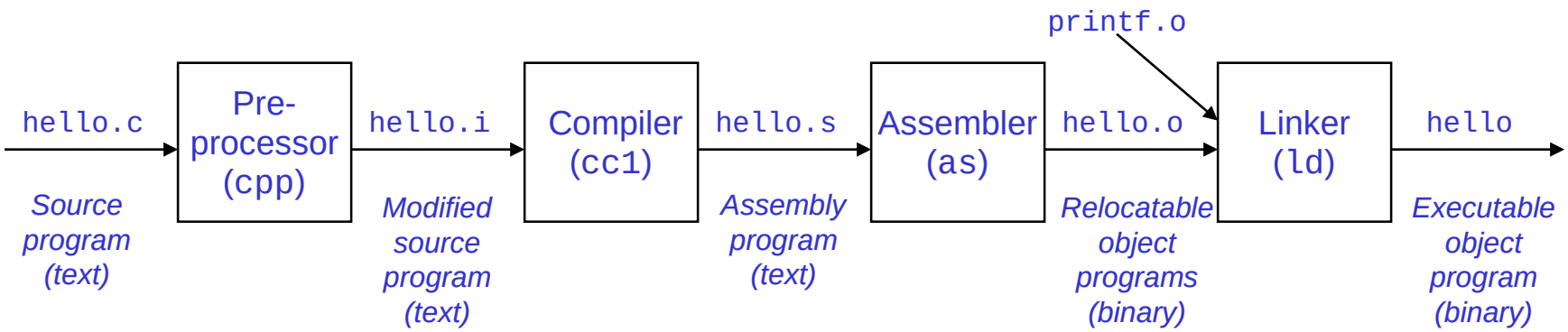
Implementierung von Fakultät

Wiederholung: Ablauf Übersetzung

- Beispiel: GNU Compiler Collection (gcc)

```
unix> gcc -std=c99 -o hello hello.c
```

  - 4 Phasen:
    - Präprozessor — Aufbereitung
    - Compiler — Übersetzt C in Assemblercode
    - Assembler — Übersetzt Assemblercode in Maschinensprache
    - Linker — Nachbearbeitung / Kombination verschiedener Module



C-Module: Übersetzung

- Module können einzeln übersetzt werden
  - gcc –c modul.c
  - Dieser Aufruf generiert Maschinencode im File: modul.o
- Problem: Module benutzen externe Funktionen
- Lösung: Header-Dateien, (Endung: .h), die
  - Funktionsprototypen (Signatur der Funktion)
  - Deklarationen

  enthalten
- Beispiele: string.h, stdio.h, math.h, ….
- Header-Dateien werden mittels #include eingebunden

C-Module: Übersetzung

- Module werden mit Hilfe des Linkers verknüpft
  - gcc –o fak fak-main.o fak-funktion.o
- Gemischte Übersetzung/Bindung ist möglich
  - gcc –o fak fak-main.c fak-funktion.o
  - gcc –o fak fak-main.c fak-funktion.c

- Headerdateien enthalten keine Anweisungen und können daher einzeln nicht in Maschinencode übersetzt werden.

Präprozessor

- Der Präprozessor bearbeitet die Direktiven
- Beispiele: `#define, #include`
- (Syntax: #directive dir_parameters)

- Beispiel: `#define MAXLEN 10`
- Ersetzt im Code das Symbol MAXLEN durch 10
- Sinnvoll für Konstanten

Präprozessor: #include

- Include-Direktive:

```
#include <StandardHeader>
#include "test.h"
```

- Ersetzt die Include-Zeile durch den Inhalt des Header-Files
- <> sucht Dateien im Standardsuchpfad
- " " sucht Dateien im Verzeichnis der .c-Datei
- Mit -I kann man weitere Suchpfade angeben

Hinweise zur nächsten C-Kursaufgabe

- Include-Datei:
  ```
  #include "input.h"
  ```

- Beim Compilieren/Linken
  ```
  gcc –Wall –std=c99 –o datei datei.c input.c
  ```
- Das wird dann einzeln compiliert und zusammen gelinkt

Hinweise zur nächsten C-Kursaufgabe

- Die Dateien input.h und input.c finden sie im svn im Aufgabenverzeichnis
  - …./ckurs-ws1718/Aufgaben/Blatt04/vorgaben/

- Diese Dateien
  - In Ihr Verzeichnis kopieren in dem Sie arbeiten (mittels cp)
    Da die Dateien zum Compilieren im selben Directory liegen müssen
  - Aber nicht modifizieren!!!
  - Aber nicht abgeben
    (wir haben lokale Versionen auf dem Testserver)

Hinweise zu Codevorgaben

- Wenn Vorgaben gemacht werden, dann bitte einhalten
  - Variablennamen
  - Konstantennamen
  - Ausgabeformate
  - Codesegmente

- Warum:
  - Wegen der automatisierten Tests
  - Um Ihnen Feedback geben zu können