Draft der C++-Vorlesung vom 12. April 2024

0. Übungsblätter 2-4

* Headerfile timing.h[1], siehe Listing 13.2 im Skript.

0. Zur Erinnerung an Tafel: Header- und Source-Files (Deklaration vs. Definition)

1. Parameterübergabe an Funktionen: Sie können Variablen auf drei Arten in der Parameterliste einer Funktion anführen [Haase23, §7.2]:
   - per Value (= Kopie): `vector<double>`
   - per Referenz (= Original mit anderem Bezeichner): `vector<double>&`
   - per Pointer: `vector<double>*` **Verboten in dieser LV!**

   Damit können Sie Input-Parameter
   - als Kopie (`vector<double>`) oder
   - als konstante Referenz (`vector<double> const&`)

   übergeben. Reine Output-Parameter und InOut-Parameter werden
   - als veränderbare Referenz (`vector<double>&`)

   gehandhabt.

2. Signatur einer Funktion: Siehe [Haase23, §7.1] und Beispiel v_3_signatur[2] und v_4c[3]
   Damit eine Funktion beim Linken (der bereits kompilierten Programmteile) ihren Aufrufen in anderen Programmteilen zugeordnet werden kann, ist eine eindeutige Kennung (=*Signatur*) nötig.
   - Signatur := Funktionsname + Datentypen der Parameterliste, z.B.
     ```
     double square(double x)                          // main:6
     int square(int x)                                // main:13
     void print_vek(vector<float> const & v)          // v_3c/main:59
     ```
   - Beachte beim letzten Bsp., daß
     `void print_vek(vector<float> & v)`
     eine neue Signatur darstellt, da das `const` in den Datentyp eingeht.

3. IO-System und File-IO: Die `Ein`- und `Aus`gabe von Daten in Programmen erfolgt über Datenströme (*stream*). Sie kennen bereits die Datenströme `cout` und `cin` mit ihren zugehörigen Operatoren `<<` und `>>`. Zusätzlich haben wir die Fehlerausgabe über `cerr` welche ebenfalls mit `#include <iostream>` inkludiert wird.
   Diese Datenströme lassen sich aus/in Files umlenken [Haase23, §8], was bei größeren Datenmengen natürlich einen enormen Vorteil darstellt.
   - Statt mit `cout << d` geben wir eine double-Variable `d` in das File *out.txt* aus, siehe dazu Beispiel v_5a[4]:
     ```
     #include <fstream>                                 // ofstream
     #include <iostream>
     using namespace std;
     ...
     ofstream out_file("out.txt");              // ASCII-File als Ausgabefile
     out_file << d;
     ```

[1] http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/utils/timing.h
[2] http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/v_3_signatur.zip
[3] http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/v_4c.zip
[4] http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/v_5a.zip

- Wir haben ein Text/ASCII[5]-file benutzt, Binärfiles sind ebenfalls möglich[6].
- Statt zwei String-Variablen `c1`, `c2` mit `cin>>c1>>c2` über die Tastatur einzugeben, lesen wir diese vom ASCII-File *my_in.txt* ein.

```
#include <fstream>                                    // ofstream
#include <iostream>
using namespace std;
...
ifstream in_file("my_in.txt");                  // ASCII-File als Eingabefile
in_file >> c1 >> c2;
```

- Siehe auch das ausführliche Beispiel Simple_FileIO[7].
- Wenn die Operatoren << und >> für einen Datentyp definiert sind, so sind obige IO-Operation mit cin/cout oder via Files möglich. Anderfalls müssen diese beiden Operatoren für den neuen Datentyp definiert werden [Haase23, §9.8].

4. Einlesen eines Vektors vom ASCII-File: Das Beispiel file_io[8] (html[9]) demonstriert das Lesen/Schreiben eines double-Vektors via ASCII-Files.
   - Das kurze Hauptprogramm demonstriert die Anwendung der Leserfunktion (`main.cpp:16`) und der Schreibfunktion (`main.cpp:24`).
   - Die Lesefunktion `read_vector_from_file` (`file_io.cpp:30`) öffnet das File und bricht mit einer Fehlermeldung ab, falls das Inputfile nicht gefunden wird.
   - In obigem Erfolgsfalle wird der Vektor in der Funktion `fill_vector` solange mit Daten gefüllt (und dabei dynamisch verlängert, `file_io.cpp:14`) bis das Fileende erreicht ist. Zeilen `file_io.cpp:15-24` dienen nur der möglichen Fehlerbehandlung [Stroustrup10, p.364] und `file_io.cpp:25` verkürzt den Vektor auf die nötige Länge.
   - Die Schreibfunktion `write_vector_to_file` ist selbserklärend.

5. Funktion `main`: Siehe [Haase23, §7.6] und Bsp. v_5b[10].
   Das Hauptprogramm ist eine Funktion mit dem vorgeschriebenem Namen `main` und dem Interface

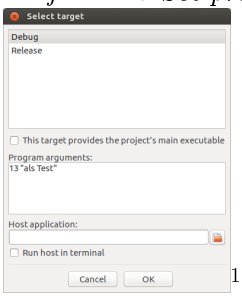
```
int main( int const argc, char const* argv[] )
```

   - Der Wert des Rückgabeparameters vom Typ `int` kann in der aufrufenden Programmumgebung ausgewertet werden. Ein Wert 0 steht hierbei für fehlerfreie Programmabarbeitung. Daher auch die standardmäßige Zeile
     `return 0;`
     am Ende der Funktion `main`.
   - Umgekehrt kann die Programmumgebung der Funktion `main` eine beliebige Anzahl von *Kommandozeilen*parametern übergeben, allerdings nur als klassische C-Strings (`'\0'` terminated). Folglich sind
     - `argc` die Anzahl dieser C-Strings und
     - `argv[]` is ein (C-)Array mit solchen C-Strings.
     - Es gilt stets `argc`≥ 1, da `argv[0]` stets den Namen des laufenden Programmes enthält.

[5] https://de.wikipedia.org/wiki/Textdatei
[6] http://www.cplusplus.com/forum/general/21018/
[7] http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/Simple_FileIO.zip
[8] http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/file_io.zip
[9] http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/file_io/html/file__io_8cpp.html
[10] http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/v_5b.zip

  - Welchen Nutzen habe ich von Kommandozeilenparametern?
    Sie können Eingabeparameter an Ihr Programm ohne lästiges (mehrfaches) Eintippen oder neues Compilieren übergeben (Erhöhung der Flexibilität).

- Wie kann ich solche Kommandozeilenparameter an mein Programm übergeben?
  - Aus der Kommandozeile im Terminal mit Leerzeichen getrennt, z.B.
    `v_5b.exe 13 "als Test"`
  - In CodeBlocks über die Einstellung
    Project $\longrightarrow$ *Set program's arguments* $\longrightarrow$ *P. arguments* $\longrightarrow$ 13 "als Test"

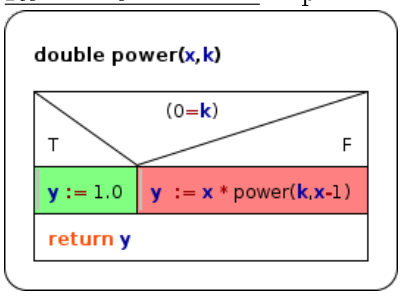


[11]

- Wie nutze ich diese Kommandozeilenparameter in meinem Programm?
  - Wurden Kommandozeilenparameter übergeben? $\longrightarrow$ `main.cpp:24`
  - Falls nicht, dann Eingabe über Tastatur $\longrightarrow$ `main.cpp:32-37`
  - Falls ja, dann Konvertierung in benötigten Datentyp, $\longrightarrow$ `main.cpp:26`
    in diesem Fall wird der C-String mittels der Funktion `atoi(argv[1])` (sprich AsciiToInteger) auf eine Variable des Datentyps `int` umgewandelt.
  - Eine Auswahl von Konvertierungsfunktionen:
    `atoi`, `atol`, `atof`, `strtol`, `strtod`, ... `#include <cstdlib>`
    `stoi`, `stol`, `stof`, `stod` `#include <string>`

- Die Umwandlung von numerischen Werten in C++-Strings erfolgt mittels der Funktion `to_string`, siehe Bsp. to_string[12].

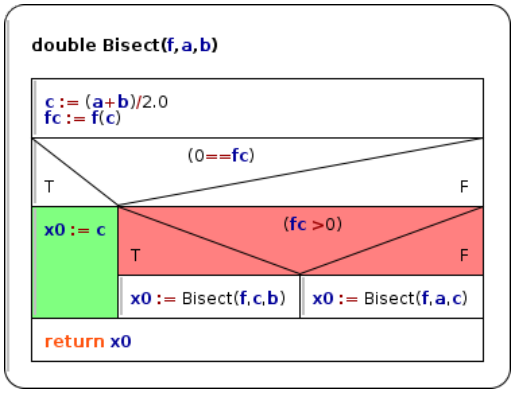
6. Rekursive Funktion: Bsp. Power, siehe [Haase23, §7.7] und Bsp. Ex770.cpp[13].



Jede Rekursion hat einen (mehrfache) Test(s) auf Abbruch woraufhin Standardwerte im Abbruchzweig zurückgegeben werden. Ansonsten wird die Funktion mitgeänderten Parametern im Rekursionsteil aufgerufen.

7. Rekursive Funktion: Bsp. Bisektion, Bestimme eine Nullstelle der Funktion $f(x)$ mit $x \in [a, b]$.

[11] `http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/v_5b_arguments.png`
[12] `http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/to_string.zip`
[13] `http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/../Beispiele/Ex770.cpp`



Den Anfang von [Haase23, §7.8] aufschlagen und lesen.

$$x_0 := \text{Bisect}(a,b,\varepsilon)$$
$$:= \begin{cases} c := (a+b)/2 & \text{falls } f(c) == 0 \\ \text{Bisect}(c,b,\varepsilon) & \text{sonst, falls } f(c) > 0 \\ \text{Bisect}(a,c,\varepsilon) & \text{sonst, falls } f(c) < 0 \end{cases}$$

- Wegen numerischer Rundungsfehler der Gleitkommazahlen kann es passieren, daß der Test des Funktionswertes auf die exakte 0, $0 == fc$, niemals erfüllt wird. Um diese *Endlosrekursion* zu vermeiden und um nur bis zu einer *sinnvollen Genauigkeit* zu rechnen, wird dieser Test durch $|fc| < \varepsilon$ ersetzt. Das ε kann/sollte als Inputparameter an die Funktion übergeben werden, wie in Bisect1.cpp:15[14].
  Die math. Funktion $\sin(x) - x/2$ ist in `Bisect1.cpp:49` direkt im Funktionskörper implementiert, dies geht flexibler.
- **C++-Funktionen als Inputparameter** von Funktionen:
  Die in `Bisect` benötigte Funktion $f(x)$ besitzt die Signatur `double f(double)`, siehe Bisect3.cpp:18[15]. Eine Funktion dieser Signatur mit spezifiziertem Rückgabetypen kann via
  `const std::function<double(double)>& func`
  als Inputputparameter einer Funktion deklarieriert werden. Damit ergibt sich die Funktionsdeklaration (`Bisect3.cpp:49`)
  ```
  double Bisect3(const std::function<double(double)>& func,
                 const double a, const double b, const double eps=1e-6);
  ```
  welche in `Bisect3.cpp:67` aus dem Hauptprogramm aufgerufen wird.
  Benötigt `#include <functional>` und die Compileroption '-std=c++11'.
- In obiger Deklaration ist der Parameter `double eps=1e-6` ein optionaler Parameter mit dem Standardwert 1e-6 (default). Dies erlaubt den Aufruf der Funktion als
  - `Bisect3(g, anfang, ende, tol*tol)` , aber auch
  - `Bisect3(g, anfang, ende)` `wobei dann eps=1e-6` gilt.

Bislang galt stets die Voraussetzung $f(a) > 0 > f(b)$ welche in der abschließenden Implemenierung v_5d[16] nicht mehr nötig ist.

- Vollständige Fallunterscheidung bzgl. der Relationen von $f(a)$, 0 und $f(b)$, siehe dazu [Haase23, p.67f] und `v_5d/main.cpp:113-137`.
- Flexible Auswahl aus mehreren, vordefinierten Funktionen für $f(x)$, siehe dazu die Zuweisungen der Variablen
  `std::function<double(double)> ff;`
  über die Fallauswahl in `v_5d/main.cpp:78-100`.

[14] `http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/../Beispiele/Bisect1.cpp`
[15] `http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/../Beispiele/Bisect3.cpp`
[16] `http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/SS24/v_5d.zip`

Literatur

[Haase23] Gundolf Haase: Einführung in die Programmierung mit C++ (2023), *www*[17].

[Stroustrup10] Bjarne Stroustrup: Einführung in die Programmierung mit C++. Pearson Studium, München (2010).

[17] `http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/Script/html/script_programmieren.pdf`