

Klassen §9

Klasse Student `v_7a/` und `v_7a_set/`

Wir beginnen mit dem Entwurf:

- Member: Familienname, Matrikelnr. (const?), Studienkennzahl (eine; mehrere?)
- Methoden:
 - Konstruktor(en); Nutzung default/delete
 - * Konstruktor mit einer SKZ (1. Interface)
 - * Konstruktor mit SKZ-Vektor/initializer list (2. Interface, später).
 - Ausgabeoperator
 - Getter/Setter (Namensänderung?)
 - Hinzufügen/Entfernen von Studien
- const Member \implies operator= nicht mehr möglich aber Copy-Constructor erlaubt.
- Getter sind const Methoden.
- Ausgabeoperator `operator<<` ist friend (erlaubt Zugriff auf private member in Funktion).
- Änderung: `int _skz \longrightarrow vector<int> _skz`
 - \implies `const vector<int>& Get_SKZ() const {return _skz;}`
 - \implies zusätzlicher Konstruktor (2. Interface)
- Add_SKZ:
 - Prüfung auf bereits eingeschriebenes Studium mit Algorithmus `find` .
 - Falls neues Studium (nichts gefunden), dann Methode `push_back` .
- Del_SKZ:Prüfung:
 - Überhaupt für das Studium eingeschrieben? mit Algorithmus `find` .
 - Falls dafür eingeschrieben (gefunden), dann Methode `erase` .
- Nutzung von `set` statt `vector` erspart das Suchen in `_skz` im Bsp. `v_7a_set/`:
 - Vorteile von `set`:
 - * Keine mehrfach vorkommenden Elemente möglich.
(*Sets are containers that store unique elements following a specific order.*)
 - * $\mathcal{O}(\log \mathcal{N})$ -Komplexität bei Suche da als geordeter Baum gespeichert.
(ist auch mit sortiertem Vektor und Algorithmus `upper_bound` erreichbar)
 - Nachteile von `set`:
 - * Pro Element (key) müssen zusätzlich 3 pointer (24 Byte) gespeichert werden.
 - * Bei jedem Hinzufügen von Elementen wird zuerst nach dem Eintrag gesucht und dann sortiert eingefügt.
 - * Kein wahlfreier Zugriff [] möglich, nur via Iterator.

Dank **Datenkaspelung** bleiben die Interfaces der Methoden (fast) unverändert
 \implies Hauptprogramm `v_7a_set/main.cpp` bleibt **unverändert**.

Nutzung der STL mit Container der Klasse Student v_7b/

Initialisierung und Ausgabe:

- `vector<Student>` über initializer list definieren;
unterschiedliche Konstruktoren benutzt. `main.cc:43-46`
- Demo bei Loop: Index-Loop \rightarrow Iterator-Loop \rightarrow Range-For `main.cc:48-64`

Sortieren der Einträge:

- `sort` mit Operator `bool Student::operator<(Student)` `main.cc:67`
- Sortieren mit Funktion `bool num_studs(Student, Student)` `main.cc:72`
binäre Funktion (2 Argumente vom Typ `Student`) `main.cc:92ff`
- Ersetzen `num_studs` als 3. Argument von `sort` direkt durch λ -Fkt. `main.cc:73`

Finden bestimmter Einträge im Vektor, z.B. Student(en) mit `cSKZ==865`.

- Ungeeignet: `find` findet nur identische Studenten via `operator==`.
- `find_if` benötigt eine **unäre** Funktion (1 Argument vom Typ `Student`)
der Form: `bool unaer_fkt(Student)` .
Analog bei `count_if` und ähnlichen Algorithmen `XXX_if`
- Problem: Wie kann Parameter `cSKZ` zur unären Funktion transferriert werden?
 - alt: Via Functorskonstruktor einer Structur: `main.cc:79; 28-36`
 - neu: Via `Caption` in λ -Funktion `main.cc:83-85`

Templates §10

Motivation

- [Haase22, §10.1]: Jeweils 3 Funktionen mit identischem Funktionskörper, aber unterschiedlichen Datentypen bei den Input-Parametern.
Die 3 Funktionen haben jeweils unterschiedliche Parameterlisten und damit unterschiedliche *Signatures*.
- Auch mit höheren Datentypen wie `vector<int>`, `vector<float>`, ...
Zeigen in Beispiel `v_8a/`
- \implies wie eine Schablone (engl. Template)

Die erste Templatefunktion §10.1

Mit Fkt. `float max_elem(const vector<float>& x)` im Bsp. `v_8a/`:

- Ersetze alle (passenden) Typdeklarationen `float` durch den *Templateparameter T* (oder einen anderen Bezeichner).
- Deklariere unmittelbar **vor** der Funktion den Templateparameter:
`template <class T>`
- Das ganze im Templatefile `tfkt.tcc` speichern (auch `tfkt.tpp`, `tfkt.hpp`, `tfkt.h` üblich) und als **Headerfile inkludieren**.
- In `main.cpp` die 6 Funktionsdefinitionen kommentieren und Zeile 1 aktivieren.
- Erläuterung implizite und explizite Templateargumente demonstrieren und an Tafel erläutern [Haase22, §10.1.2].
- Spezialisierung von Templates (Extrawurst für bestimmte Datentypen) [Haase22, §10.1.3].

Eine Template-Funktion ist eigentlich eine Familie von Funktionen.

Größte Fibonaccizahl im Zahlbereich `v_8b/`

Grundidee: Was ist die größte Fibonaccizahl $f_n := f_{n-1} + f_{n-2}$ für den übergebenen Datentyp?

Lösungsidee:

- Alle f_n sind nichtnegativ.
- Damit muß gelten: $f_n \geq f_{n-1}$.
 - Falls diese Bedingung nicht mehr gilt, dann wurde offenbar der (Integer-) Zahlbereich bei der Addition $f_{n-1} + f_{n-2}$ überschritten (wir fangen wieder links am Zahlenstrahl an).
 - Somit ist f_{n-1} die größte im Datentyp noch darstellbare F-Zahl.
- Template-Funktion `T fibo(T& n)` realisiert dies und (Loop in Funktion als Struktogramm erläutern)
Template-Parameter `T` wird implizit beim Aufruf aus dem **Datentyp von n** der Parameterliste ermittelt.

- Die Template-Funktion `void check_fibo()` kann den Template-Parameter nicht aus der Parameterliste ableiten, daher muß der Template-Parameter explizit beim Aufruf angegeben werden: `check_fibo<short int>()`;
- Spezialisierung für `check_fibo<signed char>()`; nötig, da `char` nicht als Zahl ausgegeben wird:

```
template <> void check_fibo<unsigned char>()
```

 Demonstrieren, es gibt auch kürzere Lösungen.
- T-Fkt.: `void check_fibo2()`
 - Überprüft auf `char`-Datentypen über Anzahl der Bytes für Speicherung

```
const bool is_char = sizeof(T)<2;
```
 - Flexibler Datentyp für `tmp1` in

```
auto tmp1 = is_char?static_cast<short>(f1):f1;
```
 - Nutzt `is_integral<T>::value` um zur Compilezeit auf einen Integer-Datentyp für den Template-Parameter `T` zu überprüfen.
 Demo mit `check_fibo2<double>()`; und Abbruch der Compilierung.
 Erfordert: `#include <type_traits>`

Funktionen (und Klassen) können mehr als einen Templateparameter besitzen, z.B.:

```
template <class T, class S>
S myfunc(T const a, list<S> const &b);
```

Vorteile von Templatefunktionen:

- Algorithmische Verbesserungen müssen nur einmal implementiert werden.
- Vermeidet Copy-Paste Fehler im Vergleich zu mehreren Funktionen.
- Kleine Funktionen werden automatisch *inline* in aufrufender Funktion eingebaut.

Templateklasse §10.2

Analog zu Templatefunktionen wird eine Familie von Klassen erzeugt.

```
1 template<class T>
  class X
3 {
  ... // Definition der Klasse X<T>
5 };
```

Erst mit der Belegung des Templateparameters wird eine Klasse erzeugt und ein Objekt dieser Klasse deklariert.

```
1 {
  X<int> ai;
3 X<float> fi;
  vector< X<char> > vc;
5 };
```

Umformulierung der Klasse `Komplex` in eine Template-Klasse `Komplex<T>`: *v_8b/*

1. `template <class T>` vor die Klassendeklaration schreiben. *(*h)*
2. Den zu verallgemeinernden Datentyp durch den Template-Parameter `T` ersetzen. *(*h, *.tcc)*
Achtung, vielleicht wollen Sie nicht an allen Stellen diesen Datentyp ersetzen.
3. Ersetze in allen Parameterlisten, Returntypen und Variablendeklarationen den Klassentyp `Komplex` durch die Template-Klasse `Komplex<T>`. *(*h, *.tcc)*
4. Vor jede Methodenimplementierung `template <class T>` schreiben. *(*tpp)*
Desgleichen vor Funktionen, welche die Klasse `Komplex::` als Parameter benutzen. *(*tpp)*
Bei `friend`-Funktionen muß man `template <class T>` auch im Deklarationsteil vor der Funktion angeben. *(*h)*
5. In der Methodenimplementierung `Komplex::` durch `Komplex<T>::` ersetzen. *(*tpp)*
Achtung: `Komplex::Komplex(...)` \rightarrow `Komplex<T>::Komplex(...)`, dasselbe beim Destruktor.
6. Im Headerfile das Sourcefile includieren, also `#include "komplex.tcc"`, oder gleich alles in das Headerfile schreiben (nicht empfohlen). *(*h)*

Weitere Topics:

- Mehrere Template-Parameter [Haase22, §10.2.2].
- `friend`-Funktionen und Template-Klasse [Haase22, §10.2.4].

Einschränkungen an Template-Datentyp §10.3

- Überprüfung via Type Traits [Haase22, §10.3.1]. *v_8c_cpp17/*
- C++20: *Concepts* für Typüberprüfung [Haase22, §10.3.2]. *v_8c_cpp20/ komplex2.h*

Literatur

[Haase22] Gundolf Haase: Einführung in die Programmierung mit C++ (2022), *www*¹.

¹http://imsc.uni-graz.at/haasegu/Lectures/Kurs-C/Script/html/script_programmieren.pdf

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