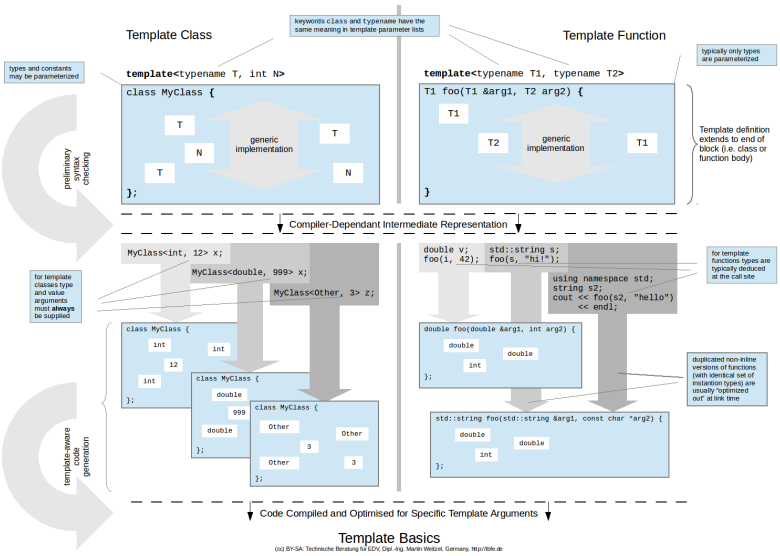
C++ FOR (Mittwochnachmittag)

Kürzere Pausen werden jeweils nach Bedarf eingelegt.

Die Besprechung der Musterlösung(en) erfolgt zu Beginn des folgenden Vormittags.

Templates selbst schreiben

- Template-Klassen
- Template-Funktionen



Template-Klassen

Template-Klassen sind im Hinblick auf Datentypen und/oder andere Compilezeit-Konstanten parametrisierte Klassen.

Man spricht in diesem Zusammenhang auch von generischen Klassen.

> Bei der Verwendung von Template-Klassen sind die entsprechenden Typ- und Wertargumente stets anzugeben.

Template-Funktionen

Template-Funktionen sind in der Regel im Hinblick auf Datentypen* parametrisierte Funktionen

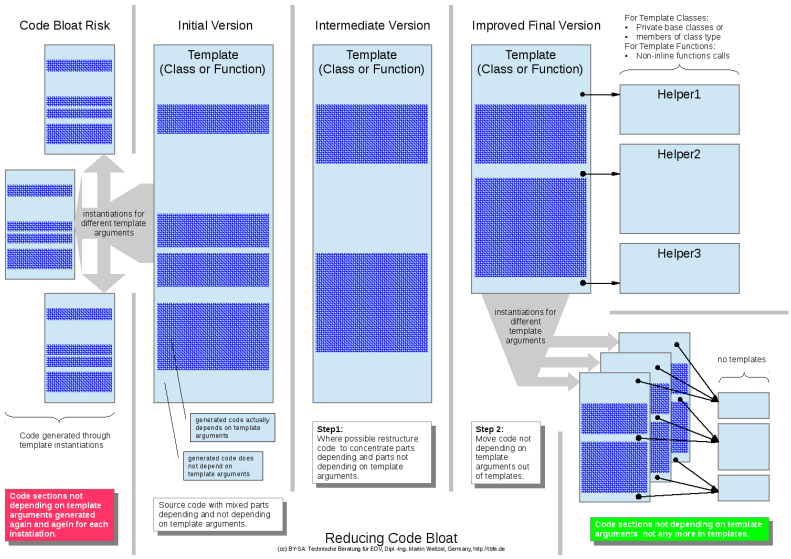
Bei der Verwendung von Template-Funktionen ergeben sich die tatsächlich zu verwendenden Typen oft direkt oder indirekt aus den Typen der Aufrufargumente.

*: Die Parametrisierung im Hinblick auf Compilezeit-Konstanten ist bei Funktionen ebenfalls möglich, tritt in der Praxis aber sehr selten auf.

Optimierung von Templates

- Ursache für "Code-Bloat"

- Über einen Zwischenschritt ...
- ... zur optimierten Template



Ursache für "Code-Bloat"

"Unnötig erzeugter" Maschinencode ergibt sich oft aus einer ungeschickten Strukturierung von Templates, bei denen erhebliche Vermischung existiert zwischen:

- Abschnitten, welche tatsächlich von den Instanziierungsparametern abhängigen Maschinencode erzeugen, und
- anderen Abschnitten, welche immer auf ein und denselben Maschinencode hinauslaufen.

Vorbereitender Zwischenschritt

Die Vorbereitung für die Reduzierung von Code-Bloat besteht darin,

- möglichst große, zusammenhängende Abschnitte in einer Template-Klasse oder Template-Funktion zu schaffen, die **tatsächlich** von den Instanziierungs- (Typ und Wert) -argumenten abhängigen, und
- andere möglichst große Abschnitte, die immer auf ein und denselben Maschinencode hinauslaufen.

Optimierten Template

Abschnitte einer Template, die immer den selben Maschinencode hinauslaufen, können anschließend ausgelagert werden, und zwar:

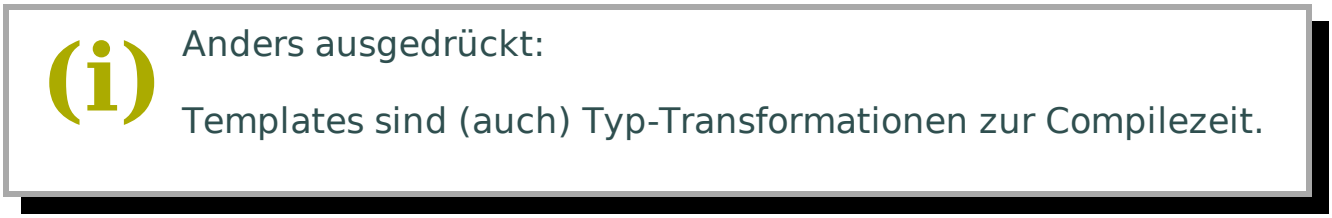
- für eine Template-Klasse in eine eine **Nicht-Template** Basisklasse, und
- für eine Template-Funktion in **Nicht-Template** Hilfsfunktionen.

Templates als Compilezeit-Funktionen

Eine weitere Sicht auf Templates ist es, sie als zur Compilezeit ausgeführte Funtionen zu verstehen.

Der wesentliche Schlüssel dazu ist, das folgende zu verstehen:

- Jeglicher "Input" muss aus Datentypen bestehen.*
- Jeglicher "Output" betshet aus Datentypen.



*: Mit einem kleinen Kunstgriff fallen darunter auch sämtliche zur Compilezeit Konstanten Werte von Grundtypen, sowie daraus berechenbaren Werte.

Wiederholung und Verzweigung

Da sich zur Compilezeit keine Schleifen mit `while` und keine Verzweigungen mit `if` programmieren lassen, muss man zu den entsprechenden Alternativen aus *Funktionalen Programmierung* (FP) greifen:

- Jegliche Wiederholung muss per Rekursion und
- jegliche Fallunterscheidung durch Spezialisierung erfolgen.

Ein bisschen muss man das aber vielleicht trainieren ...*

*: ... was ganz gut mit einer Einführung in eine "echte" FP-Sprache wie beispielsweise Haskell geht.

Fakultäts-Funktion als Beispiel

Der übliche Ansatz ...

Die allseits bekannte Funktion zur Fakultätsberechnung kann man in C++ mit einer Schleife so programmieren:

```
unsigned long long fakul(unsigned long long n) {
    auto result = 1uLL;
    while (n > 0)
        result *= n--;
    return result;
}
```

Oder auch - zur Laufzeit rekursiv - so:

```
unsigned long long fakul(unsigned long long n) {
    return (n == 0) ? 1 : n*fakul(n-1);
}
```

Fakultäts-Funktion als Beispiel (2)

... und der im "Haskell-Stil"

```
unsigned long long fakul(unsigned long long n) {
    return n*fakul(n-1);
}
unsigned long long fakul(0uLL) {
    return 1;
}
```

Natürlich ist das obige **kein gültiges C++** ... aber doch irgendwie verständlich, oder nicht?

(i) Der Abbruch der in der allgemeinen Funktion eigentlich endlosen Rekursion erfolgt durch Spezialisierung von `fakul` für den Argumentwert `0uLL` (0 im Typ `unsigned long long`).

Fakultäts-Berechnung zur Compilezeit

Das folgende aber **ist** gültiges C++ ...

```
template<unsigned long long n>
struct fakul {
    static const
    unsigned long long result = n*fakul<n-1>::result;
};
template<>
struct fakul<0uLL> {
    static const unsigned long long result = 1;
};
```

... und doch auch irgendwie "verständlich", oder?

Der "Aufruf" in einem kleinen Testprogramm könnte dann so aussehen:

```
#include <iostream>
int main() {
    std::cout << fakul<5>::result << std::endl;
}
```

Weitere Typ-Transformationen in Beispielen

Eine Zeigerstufe hinzufügen

```
template<typename T>
struct add_pointer {
    typedef T* result;
}
```

Eine Zeigerstufe wegnehmen

```
template<typename T>
struct remove_pointer;
template<typename T>
struct remove_pointer<T*> {
    typedef T result;
}
```

Alle Zeigerstufen wegnehmen

(Denken Sie doch einfach mal selbst kurz nach!)

Type-Traits Library

Mit C++11 wurden die zuvor unter Boost entwickelten [Type-Traits] zum Standard.

Mehr dazu finden Sie hier:

- http://www.cplusplus.com/reference/type_traits/
- http://en.cppreference.com/w/cpp/types/

Übung

Ziel der Aufgabe:

Implementierung eines Algorithmus (im Stil der STL) und schrittweiser Ausbau zu einer Template.*

> Weitere Details werden vom Dozenten anhand des Aufgabenblatts sowie der vorbereiteten Eclipse-Projekte erläutert.

*: Die letzten Ausbaustufen liegen etwas oberhalb der Zielsetzung dieser Schulung. Insofern bietet sich dazu vielleicht vorerst nur ein Studium der Musterlösungen zu diesen Aufgabenteilen an.