C++ in Übersichten

Material zum C++ Kurs

Maximilian Starke
Student der TU Dresden
Fakultät Informatik

8. April 2017

Vorwort

Dieses Skript **C++ in Übersichten** enthält Material zum C++ Kurs, den ich im Sommersemester 2017 halte (`ifsr.de/kurse`) Das Skript wird parallel zum Kurs erstellt und erweitert. Es besteht daher momentan noch als Entwurf.

Das Skript dient vordergründig als Nachschlagewerk für den C++ Kurs und besteht im Wesentlichen aus vier Kapiteln zu Einrichtung, Datentypen, strukturierter Programmierung und Randfeatures. Dabei wurde in erster Linie eine Einteilung nach logischen Zusammenhängen der Sprache C++ angestrebt, zweitrangig nach pädagogisch sinnvoller Reihenfolge. Das stellt mehr oder weniger eine hinreichende und zugleich notwendige Bedingung für die parallele Abarbeitung von Kapitel 2 und 3 dar, da Kenntnisse über Datentypen und Mechanismen strukturierter Programmierung an vielen Stellen wieder eine Einheit bilden und ineinander greifen.

Inhaltsverzeichnis

Kapitel 1

Einrichtung

1.1 ISO C++

1.1.1 Allgemeines

- ab 1979 von Bjarne Stroustrup bei AT&T entwickelt als Erweiterung der Programmiersprache C
- später von ISO genormt

- effizient und schnell - Schnelligkeit eines der wichtigsten Designprinzipien von C++
- hohes Abstraktionsniveau u.a. durch Unterstützung von OOP
- ISO Standard beschreibt auch eine Standardbibliothek
- C++ ist **kein** echtes Superset von C (siehe stackoverflow.com, ...)
- C++ ist (wie C) **case sensitive**

- Paradigmen:
  - **generisch** (durch Benutzung von Templates, automatische Erstellung multipler Funktionen für verschiedene Datentypen)
  - **imperativ** (Programm als Folge von Anweisungen, Gegenteil von deklarativ siehe Haskell und Logikprogrammierung)
  - **objektorientiert** (Klassen, Objekte, Vererbung, Polymorphie, Idee: Anlehnung an Realität)
  - **prozedural** (Begriff mit verschiedenen Bedeutungsauffassungen, Unterteilung des Programms in logische Teilstücke (Prozeduren), die bestimmte Aufgaben / Funktionen übernehmen)
  - **strukturiert** (prozedural und Teilung in Sequenz, Verzweigung, Wiederholung, ...)
  - **funktional** (ab C++11, Definitionskleinkram, siehe Wikipedia, Programm als verschachtelter [...] Funktionsaufruf organisierbar, eher typisch für Haskell o.ä.)

1.1.2 Versionen

- C++98
- C++03
- C++11

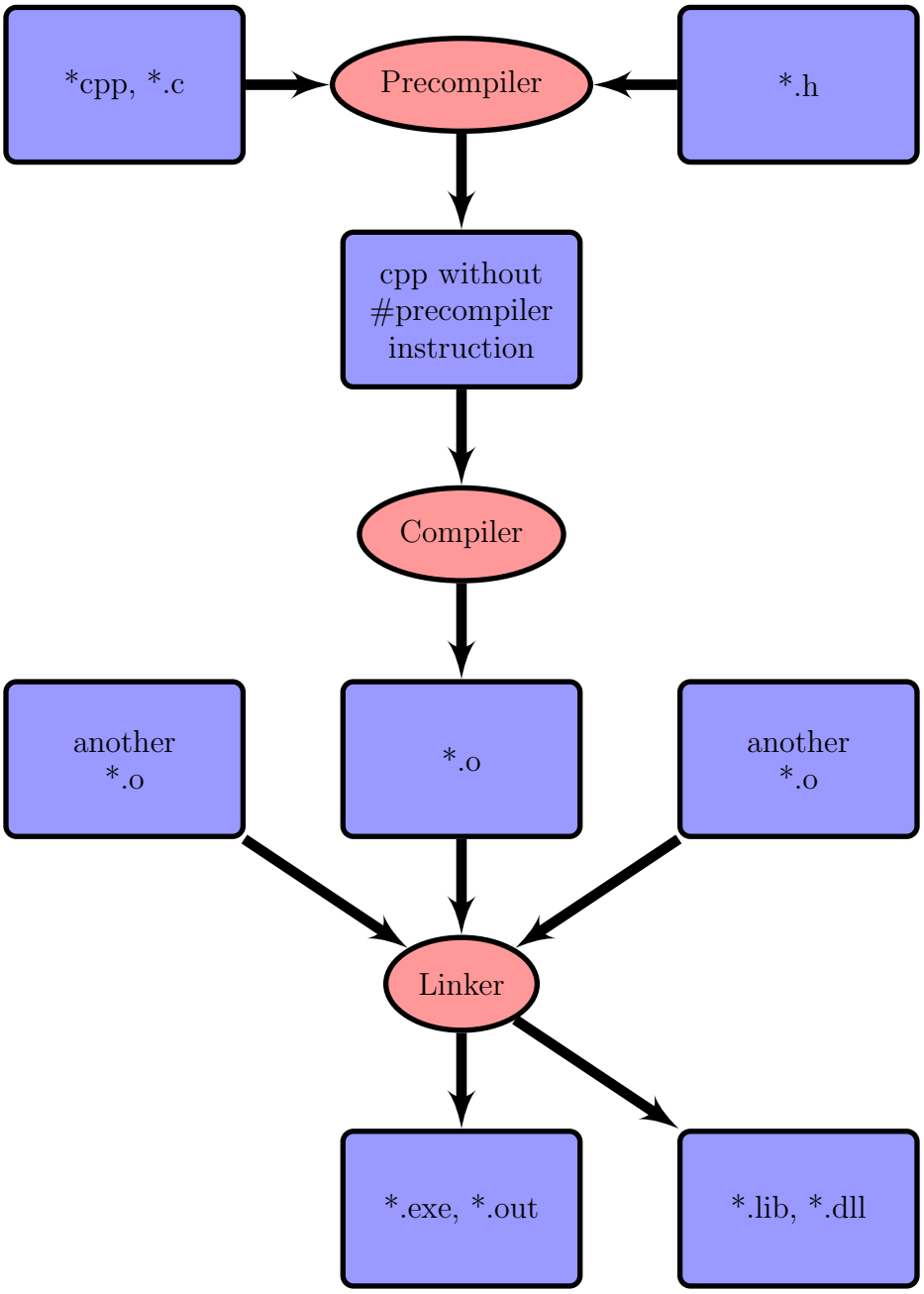
  wesentliche Neuerungen. Einführung von constexpr, Elementinitialisierer, ... Neue Bedeutung des Schlüsselworts auto # Referenzen ergänzen
- C++14

  aufweichung der constexpr Bedingungen.
- C++17

  soll 2017 vollendet werden.

1.2 Dateien in einem C++ Projekt

Dateiendung	Bezeichnung	Inhalt
(*.cpp) (*.cc)	Quelldatei	Funktionsimplementation, Klassenimplementation, Berechnungen bzw. eigentliche Arbeit erledigen
(*.h)	Headerdatei	Funktionsdeklaration, Klassendefinition, Bezeichner öffentlich bekannt machen
(*.o)	Objektdatei	Objektcode (Maschinencode) einer Übersetzungseinheit
(*.exe) (*.out)	ausführbare Datei	fertiges Programm
(*.sln) (*.pro) (*.vcxproj)	"Projektdatei"	IDE Einstellungen (oder ähnliches) IDE-spezifische Namen und Verwendung
(*.res)	Ressourcendatei	multimediale Inhalte



1.3 Compiler

Compiler	Plattform
GCC/g++	Windows, Linux, Mac, Unix-like
Clang	Unix-like, Mac, Windows, Linux
Intel-C++	Linux, Windows, Mac
VC++	Windows

Das nun folgende Listing zeigt, wie ein C++ Quellcode, der als Datei vorliegt, „per Hand“ mit Kommandozeile unter Nutzung des Compilers (hier g++) übersetzt werden kann. Beim Aufruf des Compilers wurden hier noch einige Flags gesetzt, nämlich `-Wall`, um **sinnvolle Warnungen** ausgeben zu lassen, und `-pedantic`, um **vom C++ Standard geforderte Warnungen** erscheinen zu lassen. Außerdem wurde der C++ Standard (Version) gesetzt.

Nutzung von g++ mittels Powershell

```
PS A:\> cd .\example\
PS A:\example> ls


Verzeichnis: A:\example


Mode                 LastWriteTime         Length Name
----                 -------------         ------ ----
-a----       02.04.2017     08:38             87 hello_world.cpp


PS A:\example> type .\hello_world.cpp
#include <iostream>

int main(){
        std::cout << "Hello World";
        return 0;
}

PS A:\example> g++ -o programm hello_world.cpp -Wall -pedantic -std=c++11
PS A:\example> ls


Verzeichnis: A:\example


Mode                 LastWriteTime         Length Name
----                 -------------         ------ ----
-a----       02.04.2017     08:38             87 hello_world.cpp
-a----       02.04.2017     09:12          48650 programm.exe


PS A:\example> .\programm.exe
Hello World
PS A:\example>
```

Eine kleine Anmerkung zu Bezeichnungen, die mit Compilern zu tun haben, möchte ich an dieser Stelle noch loswerden, da hier immer eine kleine Verwechslungsgefahr besteht. Die **GCC** *(GNU Compiler Collection)* ist eine Compilersammlung mit Compilern zu C, C++ und einigen weiteren. Dagegen ist der **gcc** (klein geschrieben) der C-Compiler der Sammlung und **g++** der C++-Compiler.

Um auf Ihrem Betriebssystem einen C++ Compiler zum Laufen zu bringen, haben Sie meist verschiedenste Möglichkeiten.

Um unter **Linux** GCC zu nutzen, müssen lediglich die entsprechenden Pakete installiert werden, meist ist die GCC sogar schon vorinstalliert.

Unter **Windows** kann man den von Microsoft bereitgestellten Visual C++ Compiler verwenden, i.d.R. in Verbindung mit einer Installation von Visual Studio (eine IDE für u.a. C++). Die zu installierenden Kompo-

nenten bei Visual Studio kann man selbst beim Installationsprozess auswählen, i.A. ist der Speicherverbrauch jedoch relativ groß. Wer auf eine speicherschonende Variante zurückgreifen will oder muss, dem empfehle ich MinGW - eine Portierung der GCC aus dem Hause Linux für Windows. Planen Sie früher oder später Qt-Creator als eine C++-IDE zu installieren, dann können Sie sich einen extra Installation von MinGW im Vorhinein sparen, da QT-Creator MinGW bereits mitinstalliert. Sofern mit der Kommandozeile direkt auf g++ zugegriffen werden soll, ist es unter Windows i.d.R. erforderlich den Pfad der MinGW-Binarys der Systemvariablen `PATH` hinzuzufügen.

1.4 IDEs

1.4.1 JA oder NEIN

ohne IDE	**mit IDE**
Compiler, Linker über Shell bedienen Texteditor evtl. make + makefile Dokumentationen	Projekteinstellungen & Buttons in IDE integriert automatisch generiertes makefile geordneter Menübaum
Einarbeitungszeit (??) für kleine und mittelgroße Projekte	Einarbeitungszeit (??) kleine, mittlere und große Projekte

1.4.2 IDEs im Überblick

IDE	**Plattform**	**Anmerkungen**
Eclipse, Netbeans	Java (JVM)	in und für Java geschrieben, unterstützt auch C++
Qt SDK	WIN, Linux, Mac	bringt umfangreiches Qt-Framework mit für GUIs u.v.m.
Code::Blocks	WIN, Linux, Mac	
Visual Studio	Windows	kostenfreie BVersion für den Hausgebrauch: VS Community 2017, sehr umfangreich (Refactoring Tools, Debugger, Laufzeitanalyse, Frameworks wie MFC, ATL, WTL) und damit auch speicherintensiv, zu installierende Features wählbar, benutzt eigenen MS VC++ Compiler
Orwell DEV-C++	Windows	
Geany	Linux, WIN	schlichter Texteditor mit Syntaxhighlighting und diversen Buttons für Compilerausführung, Logausgabe
KDevelop	Linux, WIN	#
Anjuta	Linux	#
XCode	MacOS	„hauseigene“ IDE von Apple

Auf den Seiten 7 bis 10 finden sich Screenshots einiger IDEs.

1.5 Referenzen

- Buch:
  - Wolf, Jürgen: C++ - Das umfassende Handbuch. Rheinwerk Computing
- Websites:
  - `http://en.cppreference.com/w/`
  - `ttp://www.cplusplus.com/reference/`

Es gibt auch offline Versionen der Referenzen.

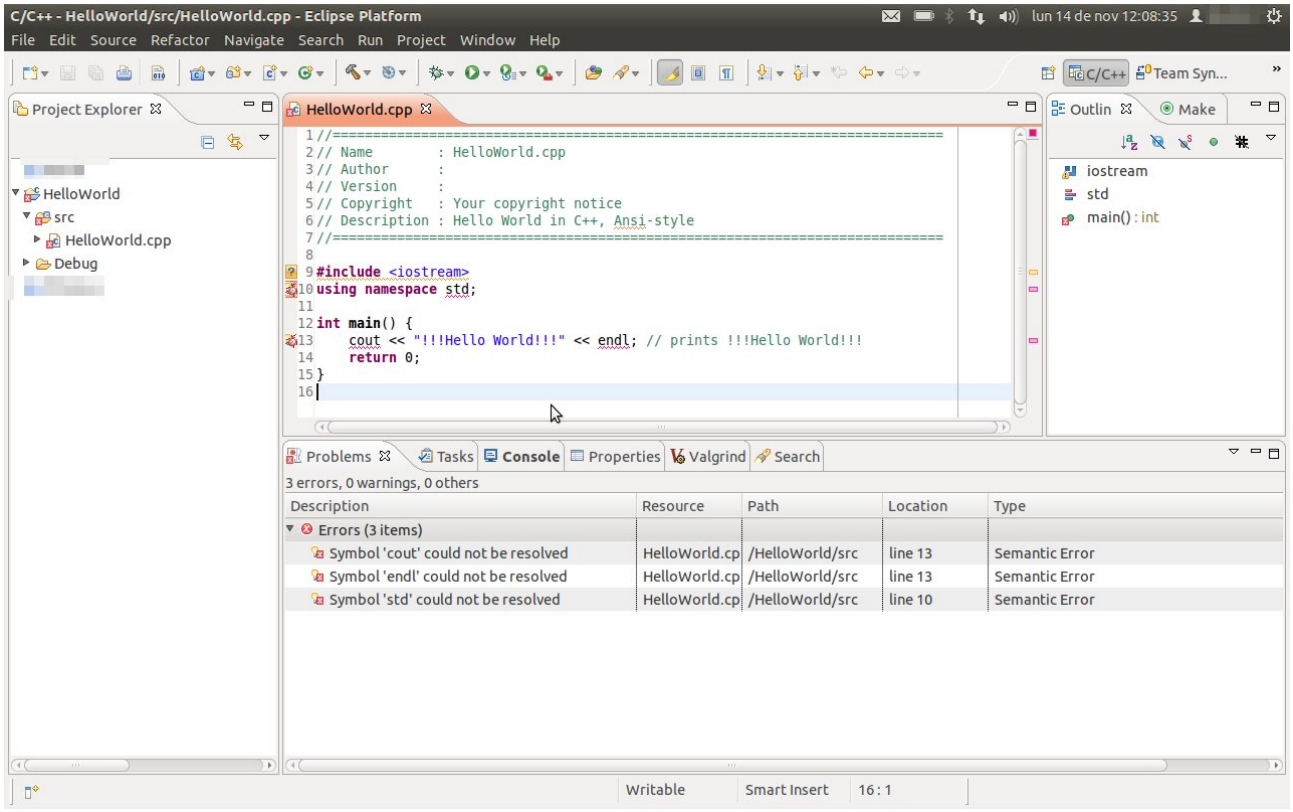


Abbildung 1.1: Eclipse mit einem C++ Projekt
https://www.eclipse.org/forums/index.php/fa/6135/0/

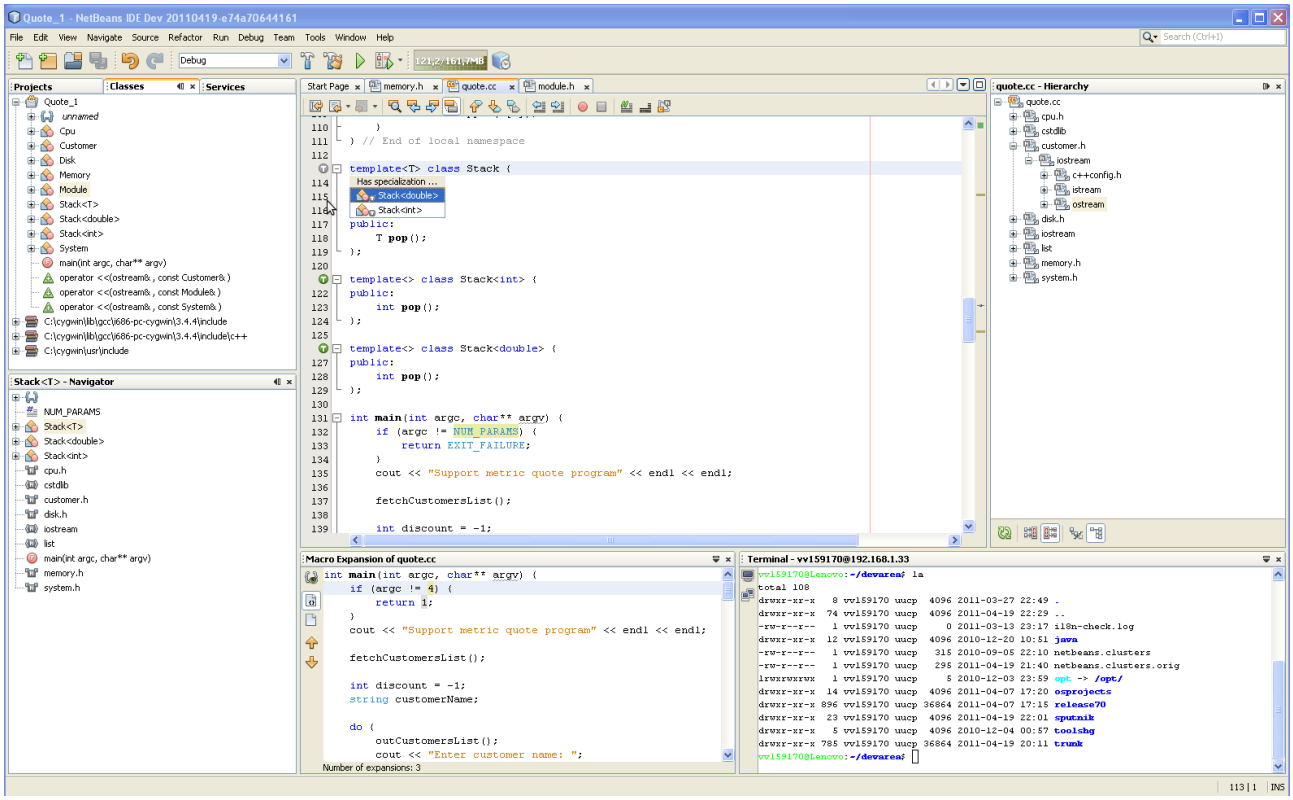
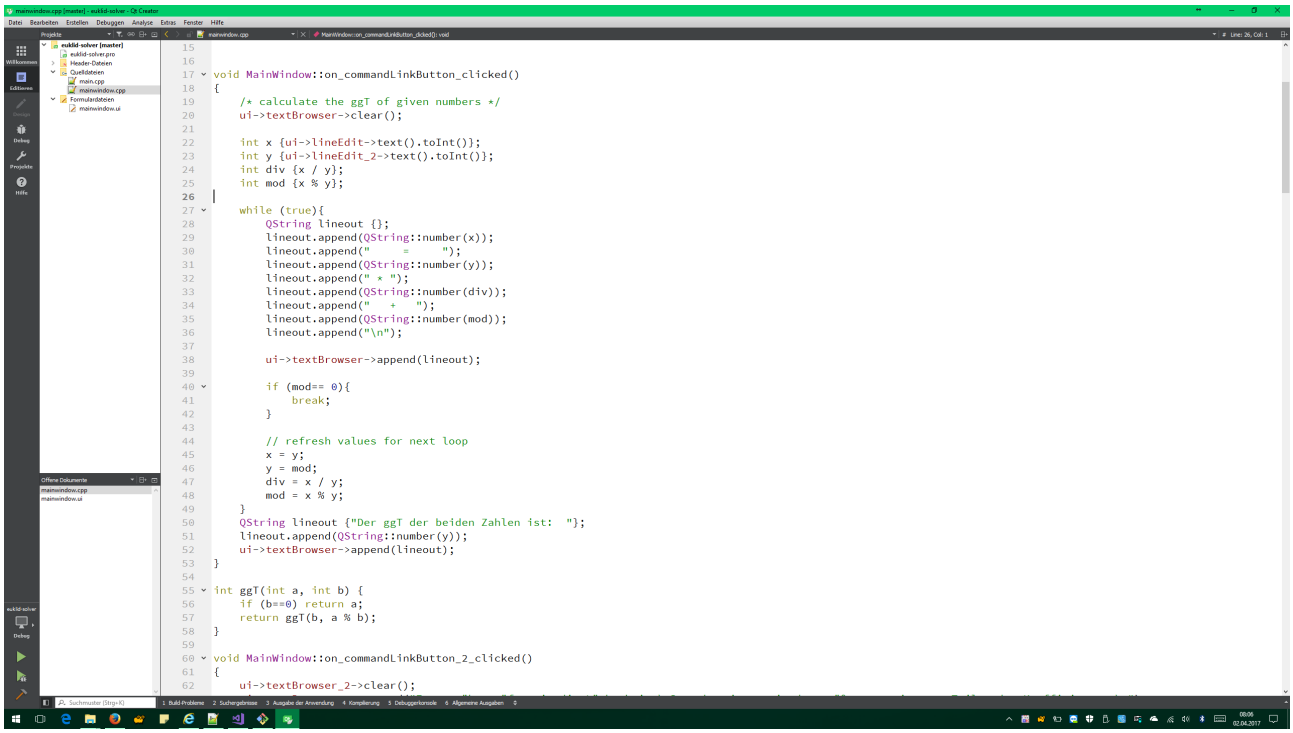


Abbildung 1.2: NetBeans und die Verwendung von C++
https://netbeans.org/images_www/v7/screenshots/cnd.png



```
void MainWindow::on_commandLinkButton_clicked()
{
    /* calculate the ggT of given numbers */
    ui->textBrowser->clear();

    int x {ui->lineEdit->text().toInt()};
    int y {ui->lineEdit_2->text().toInt()};
    int div {x / y};
    int mod {x % y};

    while (true){
        QString lineout {};
        lineout.append(QString::number(x));
        lineout.append("      =      ");
        lineout.append(QString::number(y));
        lineout.append(" * ");
        lineout.append(QString::number(div));
        lineout.append("     +     ");
        lineout.append(QString::number(mod));
        lineout.append("\n");

        ui->textBrowser->append(lineout);

        if (mod== 0){
            break;
        }

        // refresh values for next loop
        x = y;
        y = mod;
        div = x / y;
        mod = x % y;
    }
    QString lineout {"Der ggT der beiden Zahlen ist:  "};
    lineout.append(QString::number(y));
    ui->textBrowser->append(lineout);
}

int ggT(int a, int b) {
    if (b==0) return a;
    return ggT(b, a % b);
}

void MainWindow::on_commandLinkButton_2_clicked()
{
    ui->textBrowser_2->clear();
```

Abbildung 1.3: C++ Code in der QT Creator IDE

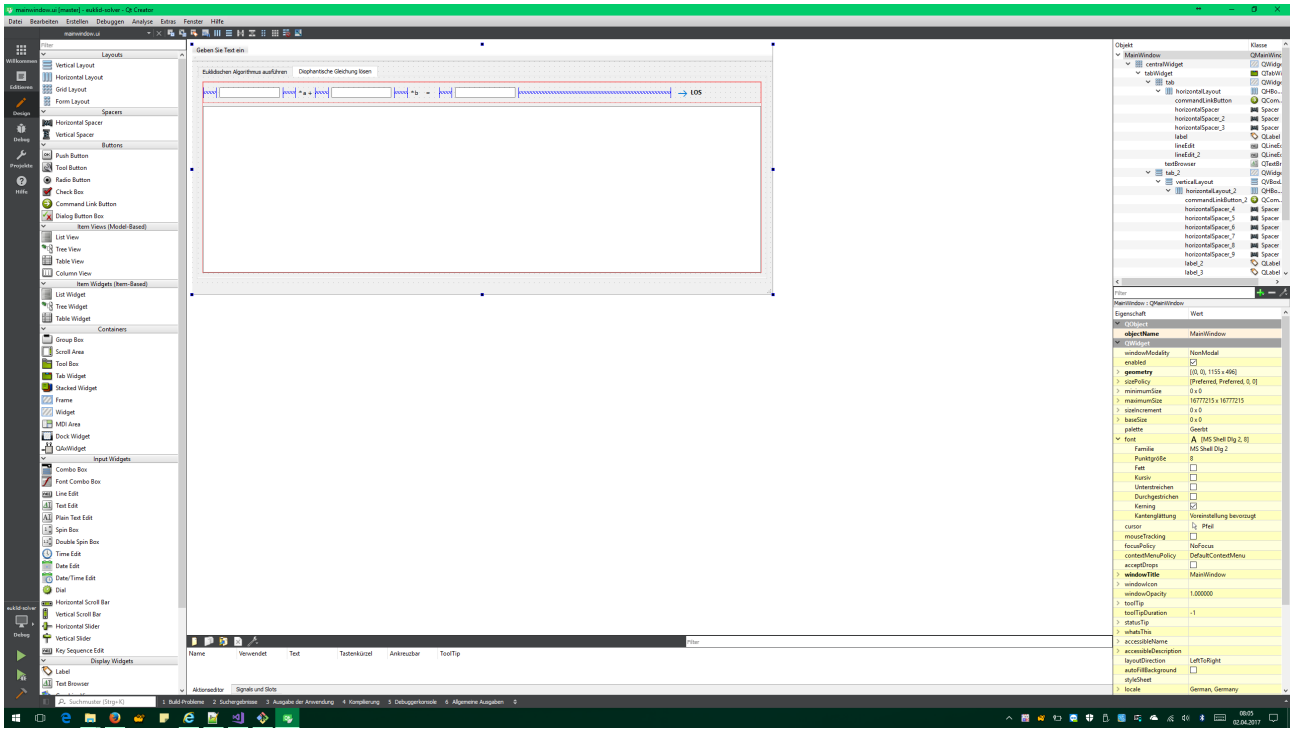


Abbildung 1.4: Fensterdesign mit QT Creator

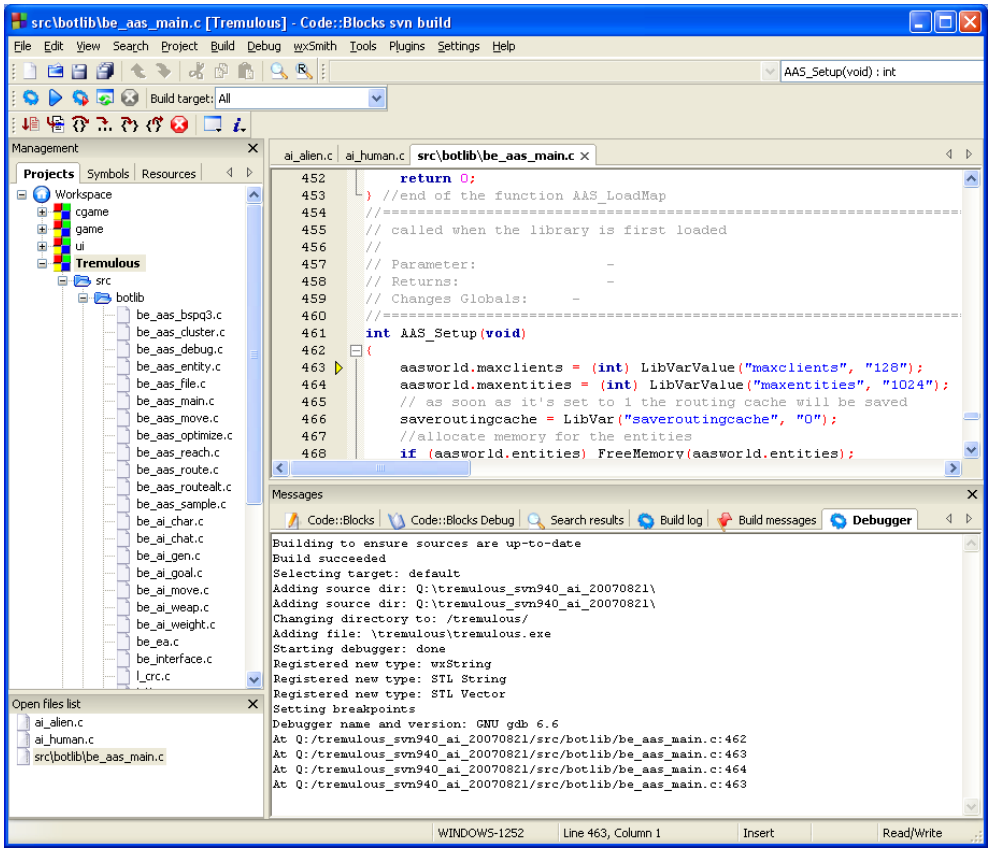


Abbildung 1.5: Code Blocks
http://www.aftermoon.net/img/20070905_codeblocks_tremulous.png

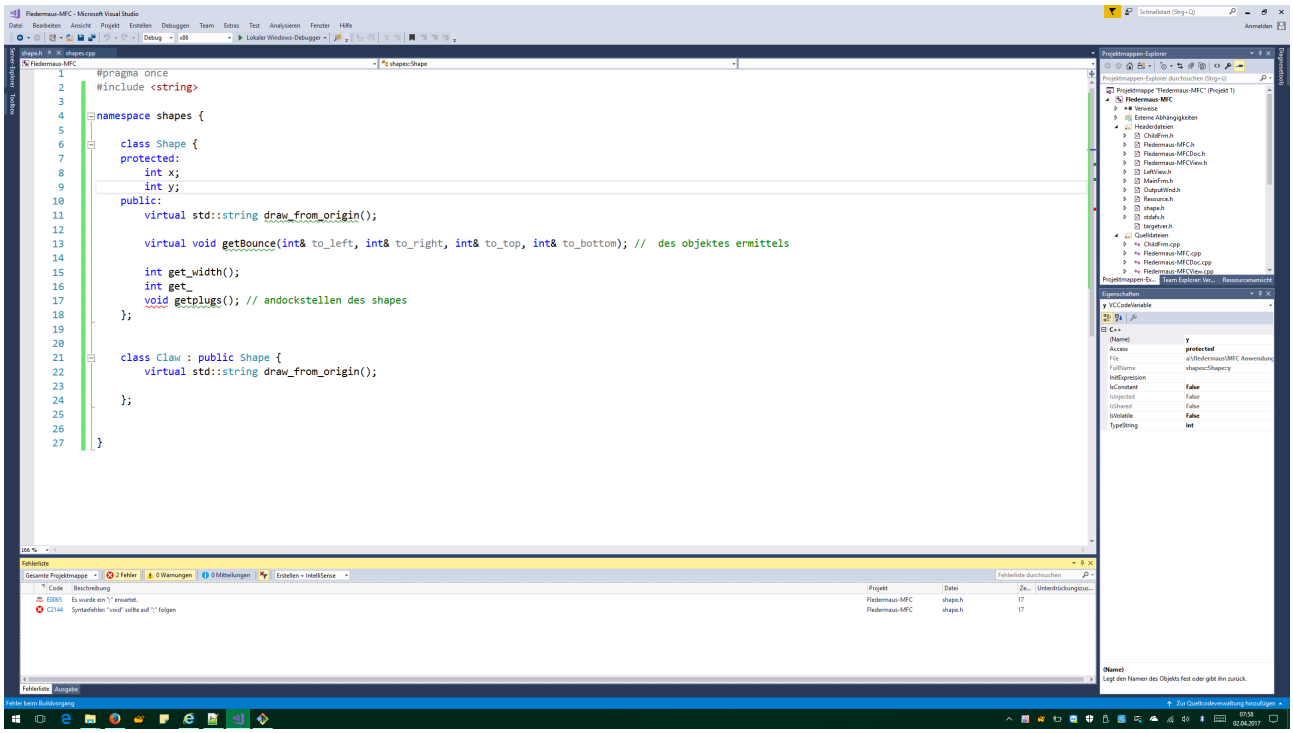


Abbildung 1.6: Visual Studio Community

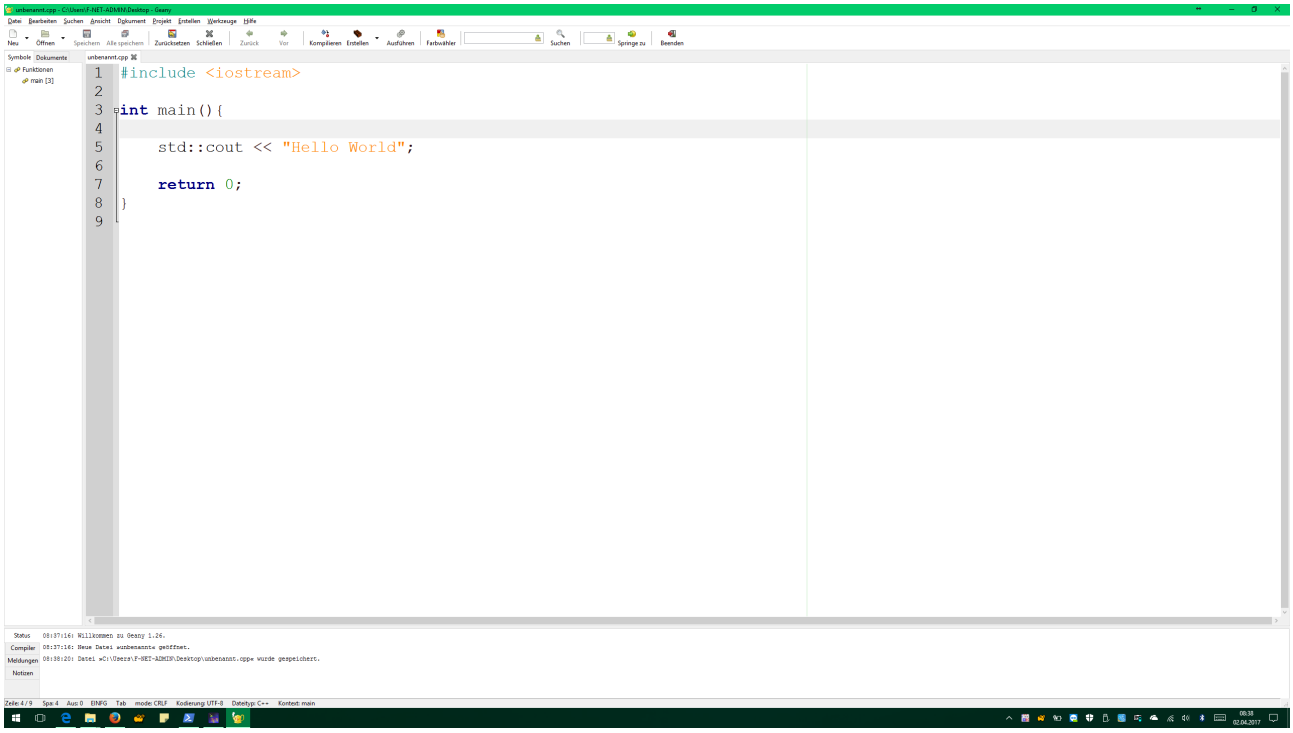


Abbildung 1.7: Geany

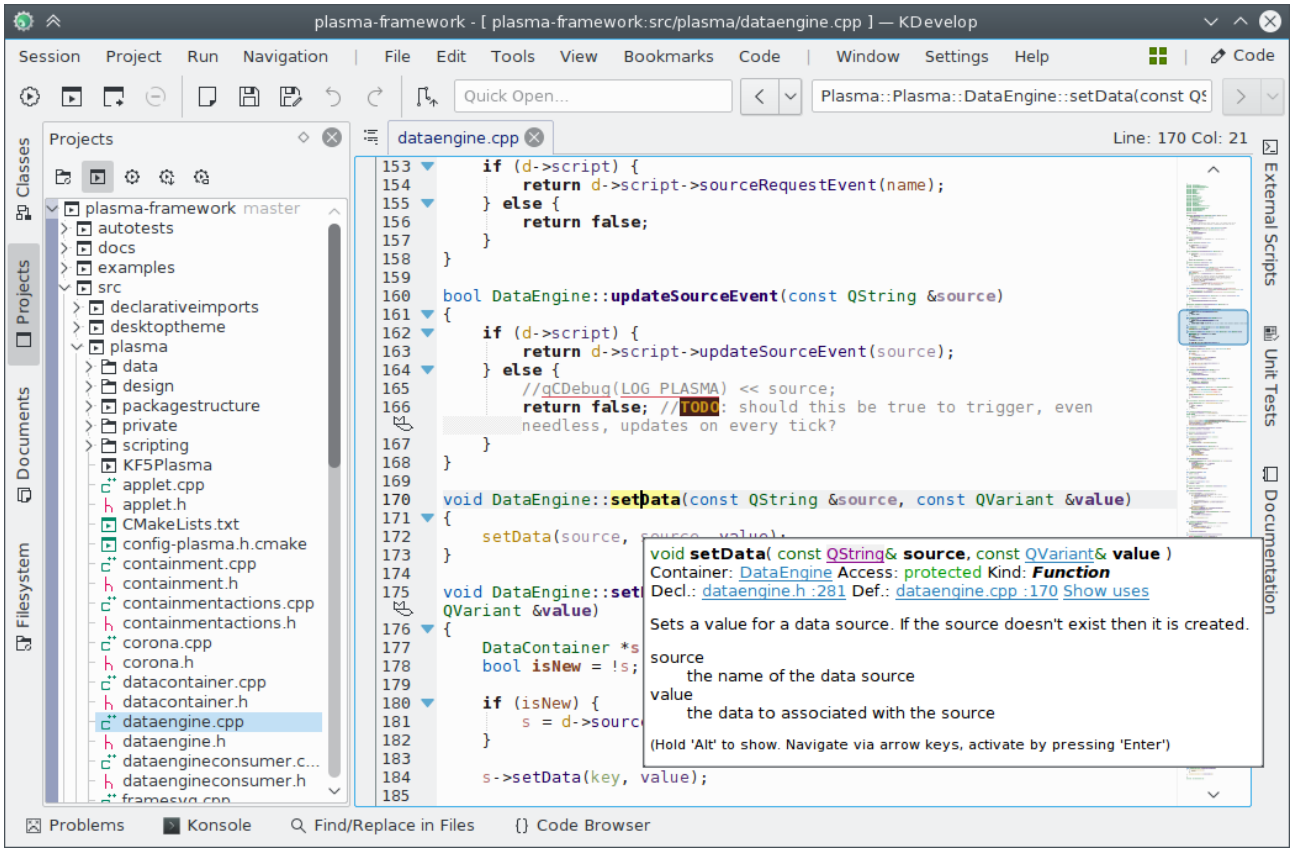


Abbildung 1.8: KDevelop
https://www.kdevelop.org/sites/www.kdevelop.org/files/inline-images/kdevelop5-breeze_2.png

1.6 The Hello World

1.6.1 Das erste kleine Programm

Unser erstes C++ Programm

```
#include <iostream>
// "Einbinden" d.h. 1-zu-1-Einfuegen des Headers iostream.h

int main(int argc, char* argv[])
// main-Funktion: Einstiegspunkt der Anwendung
// count: Anzahl der uebergebenen Parameter
// arg: Pointer auf ein Array von Pointern auf C-Style-Strings (die Parameter)
// Parameter der main-Funktion duerfen in der Signatur auch weggelassen werden.

// Parameter der main-Funktion
{   // Beginn vom Anweisungsblock der main-Funktion

        std::cout << "Hello World" << std::endl;
        // Ausgabe von "Hello World" und Zeilenumbruch
        // genauer:
        /*
        * implizite Klammerung:
        * ((std::cout) << "Hello World") << (std::endl);
        * std              ... ein Namensraum
        * ::               ... scope-Operator (Bereichsoperator)
        * cout:            ... gepufferter Standardausgabestream
        * <<               ... Ausgabeoperator (auch bitshift-Operator)
        * "Hello World"    ... C-Style-String Literal
        * endl             ... Objekt aus dem std Namensraum, das einen Zeilenumbruch ('\n')
    erzeugt.
        * ;                ... Abschluss einer einzelnen Anweisung
        */

        for(int i = 0; i < argc; ++i ){
                std::cout << i << ". Parameter:  " << argv[i] << '\n';
        } // Beipiel fuer die Ausgabe der Komandozeilenargumente
        // argv[0] ist der Name der executable Datei

        return 0; // Rueckgabewert 0 "erfolgreich (ohne Fehler) beendet"
}
```

Im Falle der `main`-Funktion ist es auch möglich das **return statement** (`return 0;`) wegzulassen. Dann wird implizit 0 als Funktionswert zurückgegeben. Die Funktionssignatur der `main`-Funktion darf auch in `int main(int argc, char** argv)` geändert werden. Der erste Arrayeintrag von `argv` enthält übrigens immer einen Zeiger auf den Namen (ohne Dateiendung), unter dem das Programm abgespeichert wurde. Damit ist `argc` stets mindestens 1.

1.6.2 Ein paar Werkzeuge

Bevor wir in Kapitel 2 einsteigen und das gesamte (naja *fast*) C++ von Grund auf kennenlernen wollen, sollten Sie noch einige nützliche Werkzeuge kennen, damit Sie neu gelernte Dinge auch ohne große Probleme ausprobieren können.

... und ein paar Hilfsmittel ...

```
#include <iostream>


#define debug // Benutzung bedingter Compilierung zum Debugging

int main(int argc, char* argv[]){

        int zahl = 0;
        std::cout << "Wie alt bist du?\n"; // eine simple Ausgabe
        std::cin >> zahl; // eine simple Eingabe
        std::cout << "Okay!\n\n";

#ifndef debug
        //folgende Zeile compiliert nicht:
        std::cout << << "In 7 Jahren bist du " << 7 + zahl << " Jahre alt." << '\n';
#endif //debug

        std::cout << "Tsch" << static_cast<char>(0x81) << "ss\n";
        //https://de.wikipedia.org/wiki/Codepage_850

        std::cin.sync();
        std::cin.get(); // warted auf Enter zum fortfahren.

        /*
        Das ist
        ein mehrzeiliger
        Kommentar
        */

        // Das ist ein einzeiliger Kommentar.
}
```

Objekt	Funktionalität
`cin`	Standardeingabe, standardmäßig Eingabe von Tastatur
`cout`	(gepufferte) Standardausgabe
`cerr`	ungepufferte Standardfehlerausgabe
`clog`	gepufferte Standardfehlerausgabe
Achtung: Diese Streamobjekte liegen alle im Namensraum `std` und werden nach einem `#include <iostream>` erst verfügbar	

1.6.3 Programmierstil

Bevor es richtig losgeht, möchte ich noch ein paar Worte über den Programmierstil loswerden. Im Grunde genommen dürfen Sie Ihren C++-Code schreiben, wie sie wollen, solange Sie die Spezifikationen von c++ einhalten. Es gibt auch nicht *den einen* Programmierstil, der sich durchgesetzt hat. Sie schreiben aber einen viel leserlicheren, einfacher wartbaren und für das Auge schöneren Code, wenn Sie beim programmieren **konsistent bleiben**, was einige Aspekte betrifft:

Einrückungen	tabs or spaces
Anweisungen pro Zeile	eine, ...
Bezeichner	snake_case, camelCase, PascalCase kurz, prägnant, aussagekräftig

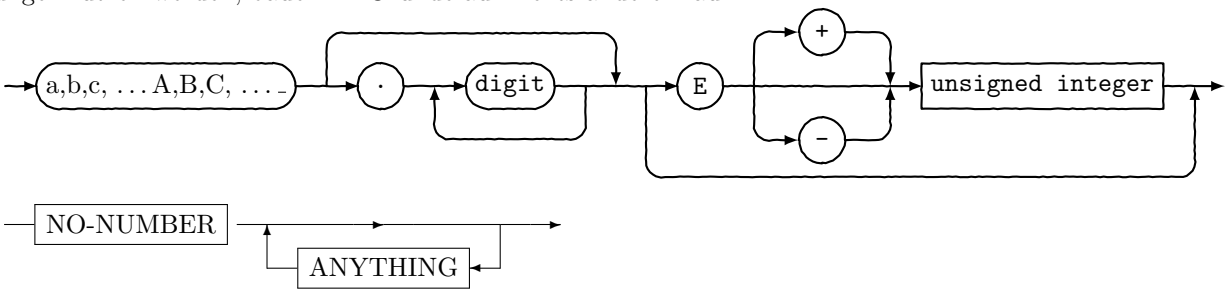
Einige IDEs können Sie sogar mehr oder weniger dabei unterstützen, in dem Sie sich um die **Quelltextformatierung** kümmern. Dies ist gerade bei Projekten mit vielen Entwicklern hilfreich, da so ziemlich effizient für einheitliches Quelltextlayout gesorgt werden kann.

Kapitel 2

Datentypen in C++

2.1 primitive Datentypen

Zu aller erst ist es wichtig, dass Sie mit den **eingebauten Datentypen**, auch genannt **primitive Datentypen** vertraut sind. Aus diesen setzen sich dann alle höheren Datentypen wie zum Beispiel Klassen zusammen. Auch sämtliche (oftmals relativ komplexe) Klassen aus der C++ Standardbibliothek, welche Sie zunehmend immer häufiger nutzen werden, bauen im Grunde auf nichts anderem auf.



Typ	Synonym	Größe						
		Datenmodelle bzw. Programmiermodelle						
						WIN	unixoide, Mac	
		IP16	LP32	ILP32	LLP64	LP64	ILP64	SILP64
`short int`	`short`	16	16	16	16	16	16	64

das ist der text

```
| a   b   c    d |
```

2.2 Einige Operatoren

2.3 Casts

2.4 Zusammengesetzte Datentypen

2.4.1 Arrays

2.4.2 Records und Klassen

2.4.3 Containerklassen

2.5 Klassen

2.5.1 Konstruktoren

2.5.2 Vererbung

2.5.3 Polymorphie

Kapitel 3

Strukturierte Programmierung

Kapitel 4

Zusätzliche Features

4.1 Templates

4.2 Exceptions

4.3 Multithreading