Einführung in die Programmierung

Wintersemester 2019/20
https://ls11-www.cs.tu-dortmund.de/teaching/ep1920vorlesung

Dr.-Ing. Horst Schirmeier
(mit Material von Prof. Dr. Günter Rudolph)

Arbeitsgruppe Eingebettete Systemsoftware (LS 12)
und Lehrstuhl für Algorithm Engineering (LS11)

Fakultät für Informatik

TU Dortmund

Inhalt

- Was ist eine GUI? Was ist Qt?
- Erste Schritte: „Hello World!“
- Signals & Slots: SpinBoxSlider
- Anwendung: Temperaturumrechnung
  - Lösung ohne GUI (Ein- und Ausgabe an Konsole)
  - Lösung mit GUI

GUI = **G**raphical **U**ser **I**nterface (grafische Benutzerschnittstelle)

Funktionalität wird durch Programm-Bibliothek bereitgestellt

- z.B. als Teil der MFC (*Microsoft Foundation Classes*)
- z.B. X-Window System, Version 11 (X11)

hier: Qt 5.12.2 („**Q**uasar **t**oolkit“) → `https://www.qt.io/download`

(aktuell: Qt 5.14)

Warum?

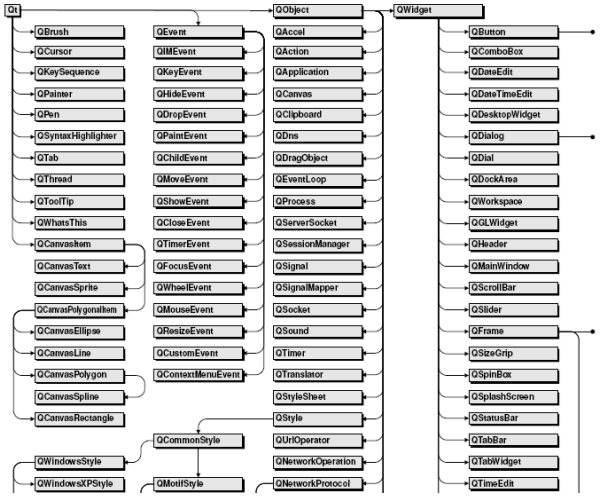
1. Plattform-unabhängig: läuft unter Linux/Unix, Windows, MacOS, Android, u.a.
2. Für nicht-kommerziellen Einsatz frei verfügbar (unter GPL),
   allerdings ohne Support u.a. Annehmlichkeiten

Qt (gesprochen: „Cute“)

- systemübergreifende Bibliothek
- stellt Objekte und Funktionen zur Verfügung,
  mit denen **unabhängig vom Betriebssystem**
  (Linux/Unix, Windows, MacOS, Android, u.a.)
  Programme erstellt werden können
- Hauptverwendungszweck:
  Graphische Benutzeroberflächen (GUIs) für unterschiedliche
  Betriebssysteme erstellen, ohne den Code für jedes System
  neu zu schreiben
- Software, die auf Qt basiert: Oberfläche KDE (Linux/Mac), Google Earth,
  Skype, TeamViewer, Telegram Desktop, VirtualBox, Wolfram Mathematica, …

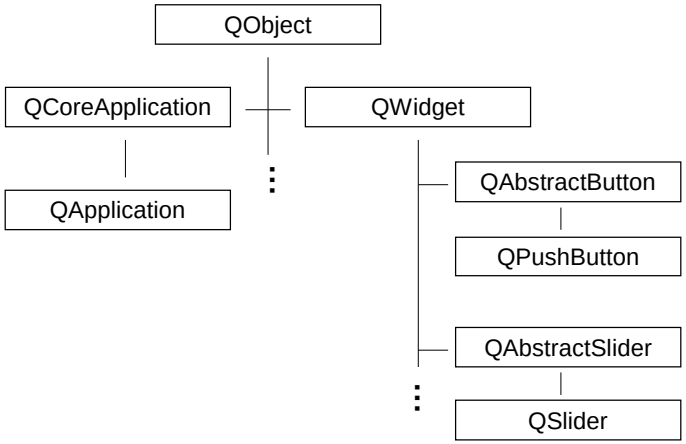
Qt-Klassen

> 1000



Liste aller Qt-C++-Klassen: https://doc.qt.io/qt-5/classes.html

Qt-Klassen (Ausschnitt)



Button („Schaltfläche“) mit Text „Hello World!“

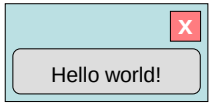
```
#include <QApplication>
#include <QPushButton>

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

  QPushButton hello("Hello world!", 0);

  hello.show();

  return app.exec();
}
```

Jedes Programm hat **genau eine** Instanz von **`QApplication`**

Erzeuge Button, 0=kein Elternfenster

Button darstellen!

Kontrolle an **`QApplication`** übergeben



Button („Schaltfläche“) mit Text „Hello World!“

- Was geschieht, wenn Button gedrückt wird? → Anscheinend nichts!
- **Tatsächlich:** Klasse **`QPushButton`** bemerkt die Aktion, wurde aber nicht instruiert, was sie dann machen soll!
- **Möglich:** eine Aktion in einem Objekt einer anderen Klasse auslösen

Klasse QObject

```
static bool connect(
  const QObject *sender,     // Wer sendet?
  const char *signal,        // Bei welcher Aktion?
  const QObject *receiver,   // Wer empfängt?
  const char *member,        // Welche Aktion ausführen?
  Qt::ConnectionType type = Qt::AutoCompatConnection
);
```

Button („Schaltfläche“) mit Text „Hello World!“, Programmende sobald gedrückt

```
#include <QApplication>
#include <QPushButton>

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

  QPushButton hello("Hello world!", 0);
  QObject::connect(&hello, SIGNAL(clicked()),
                   &app,   SLOT(quit())
  );
  hello.show();

  return app.exec();
}
```

Wenn **hello** angeklickt wird, dann soll in **app** die Methode **quit** ausgeführt werden.

Signals and Slots

Qt-spezifisch!

- Bereitstellung von Inter-Objekt-Kommunikation
- **Idee:** Objekte, die nichts voneinander wissen, können miteinander **verbunden** werden
- Jede von QObject abgeleitete Klasse kann **Signals** deklarieren, die von Funktionen der Klasse ausgestoßen werden.
- Jede von QObject abgeleitete Klasse kann **Slots** definieren. Slots sind Funktionen, die mit Signals assoziiert werden können.
- Technische Umsetzung: Makro Q_OBJECT in Klassendeklaration
- Signals und Slots von Objektinstanzen können **miteinander verbunden** werden:

  Signal S von Objekt A verbunden mit Slot T von Objekt B →
  Wenn A Signal S auslöst, so wird Slot T von B ausgeführt.

Signals and Slots

Qt-spezifisch!

- Ein **Signal** kann mit mehreren **Slots** verbunden werden.

  → Ein Ereignis löst mehrere Aktionen aus.

- Ein **Slot** kann mit mehreren **Signals** verbunden werden.

  → Verschiedene Ereignisse können gleiche Aktion auslösen.

- **Signals** können auch **Parameter** an die **Slots** übergeben.

  → Parametrisierte Aktionen.

- **Signals** können mit **Signals** verbunden werden.

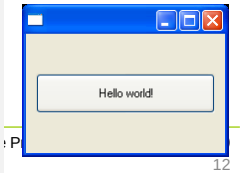
  → Weitergabe / Übersetzung von Signalen.

Button als Teil eines Fensters, in dem Widgets vertikal angeordnet werden

```
#include <QApplication>
#include <QWidget>
#include <QVBoxLayout>
#include <QPushButton>
int main(int argc, char *argv[]) {
  QApplication app(argc, argv);
  QWidget window;

  QVBoxLayout layout;
  window.setLayout(&layout);

  QPushButton hello("Hello world!", &window);
  QObject::connect(&hello, SIGNAL(clicked()),
                   &app,   SLOT(quit())
  );
  layout.addWidget(&hello);

  window.show();
  return app.exec();
}
```

QVBoxLayout: vertikales Anordnen von Widgets innerhalb **window**

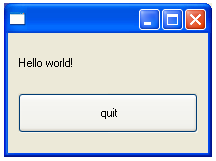
hello gehört zu **window** und wird von **layout** positioniert



Button und **Label** als Teile eines Fensters

```
#include <QApplication>
#include <QWidget>
#include <QVBoxLayout>
#include <QLabel>
#include <QPushButton>
int main(int argc, char *argv[]) {
  QApplication app(argc, argv);
  QWidget window;
  QVBoxLayout layout;
  window.setLayout(&layout);

  QLabel hello("Hello world!", &window);
  layout.addWidget(&hello);
  QPushButton quit("Quit", &window);
  QObject::connect(&quit, SIGNAL(clicked()),
                   &app,    SLOT(quit())
  );
  layout.addWidget(&quit);

  window.show();
  return app.exec();
}
```

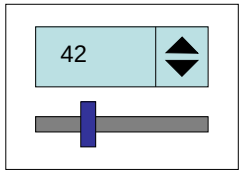
QLabel zum Beschriften des Fensterinneren



Slider verbunden mit **SpinBox**

```
#include <QApplication>
#include <QWidget>
#include <QVBoxLayout>
#include <QSpinBox>
#include <QSlider>
int main(int argc, char *argv[]) {
  QApplication app(argc, argv);
  QWidget window;

  QVBoxLayout layout;
  window.setLayout(&layout);

  QSpinBox spinBox(&window);
  spinBox.setRange(0, 130);
  layout.addWidget(&spinBox);

  QSlider slider(Qt::Horizontal, &window);
  slider.setRange(0, 130);
  layout.addWidget(&slider);
```

Fortsetzung nächste Folie …



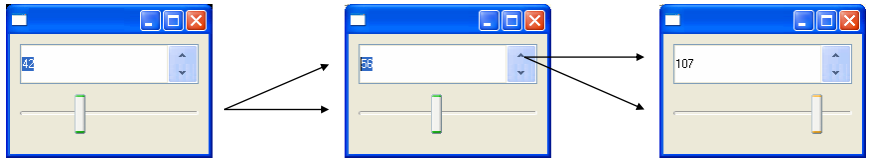
Gewünschtes Verhalten:

SpinBox wirkt auf Slider und umgekehrt.

Slider verbunden mit **SpinBox**

Fortsetzung

```
  QObject::connect(&spinBox, SIGNAL(valueChanged(int)),
                   &slider,    SLOT(setValue(int)));
  QObject::connect(&slider,  SIGNAL(valueChanged(int)),
                   &spinBox,   SLOT(setValue(int)));
  spinBox.setValue(42);

  window.show();
  return app.exec();
}
```



Anwendung: Temperaturumrechnung

$$x\,[°C] = \frac{9}{5}x + 32\,[°F]$$

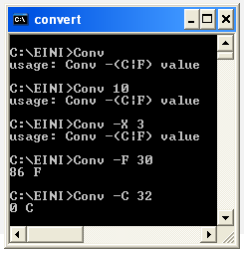
$$y\,[°F] = \frac{5}{9}(y - 32)\,[°C]$$

Lösung ohne GUI:

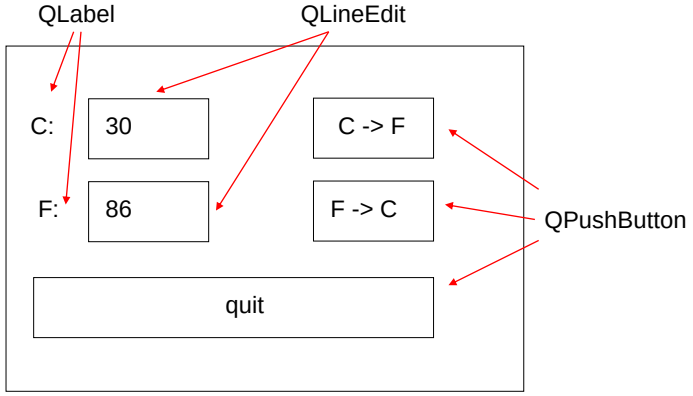
1. Einlesen einer Zahl
2. Angabe der Konvertierungsrichtung
3. Ausgabe

Lösung ohne GUI

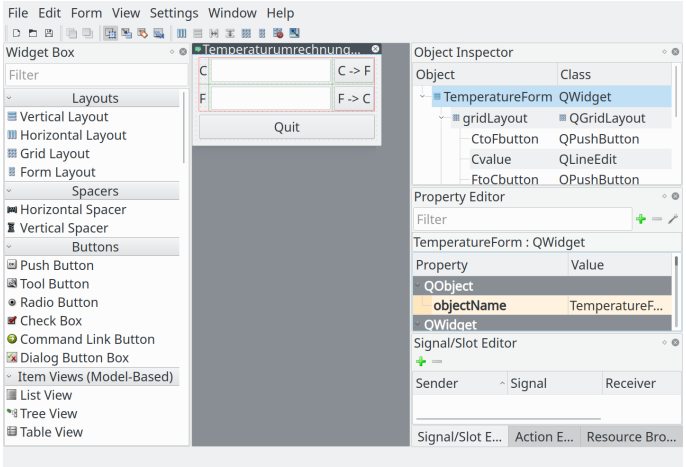
```
#include <iostream>
#include <cstring>
using namespace std;

int main(int argc, char *argv[]) {
  if (argc != 3 || strlen(argv[1]) != 2 || argv[1][0] != '-'
  || (argv[1][1] != 'C' && argv[1][1] != 'F')) {
    cerr << "usage: " << argv[0] << " -(C|F) value\n";
    exit(1);
  }
  double val = atof(argv[2]);
  if (argv[1][1] == 'C')
    val = 5 * (val - 32) / 9;
  else
    val = 9 * val / 5 + 32;
  cout << val << " " << argv[1][1] << endl;
}
```



Lösung mit GUI

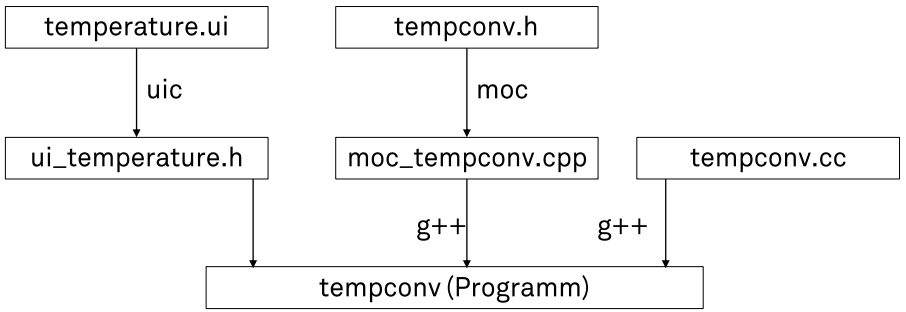


UI-Erstellung mit Qt Designer



temperature.ui


```
# tempconv.pro (qmake project file)
TEMPLATE += app
QT += widgets
FORMS += temperature.ui
HEADERS += tempconv.h
SOURCES += tempconv.cc
```



```
#include <QLineEdit>
#include "ui_temperature.h"

class TempConv : public QWidget {
    Q_OBJECT
public:
    explicit TempConv(QWidget *parent
                      = nullptr);

private slots:
    void on_CtoFbutton_clicked();
    void on_FtoCbutton_clicked();
    void on_quitButton_clicked();

private:
    Ui::TemperatureForm ui;
    QLineEdit *cvalue, *fvalue;
};
```

Was ist das?

Spracherweiterung?

Erst Aufruf von **moc** (*meta object compiler*), der generiert zusätzlichen C++ Code, dann Aufruf des C++ Compilers!


```
#include <QWidget>
#include <QMessageBox>
#include <iostream>
#include "tempconv.h"

TempConv::TempConv(QWidget *parent) : QWidget(parent)
{
    ui.setupUi(this);
    cvalue = findChild<QLineEdit *>("Cvalue");
    fvalue = findChild<QLineEdit *>("Fvalue");
}
```



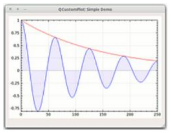
```
void TempConv::on_CtoFbutton_clicked() {
    QString s = cvalue->text();
    bool ok;
    double val = s.toDouble(&ok);
    if (ok) {
        val = 9.0 / 5.0 * val + 32;
        fvalue->setText(QString("%1").arg(val, 0, 'f', 1));
    } else {
        QMessageBox::information(this, "invalid input",
            "please enter numbers");
    }
}
void TempConv::on_FtoCbutton_clicked() {
/* analog mit fvalue / cvalue und
   der umgekehrten Berechnung */
}
```



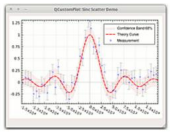
```
void TempConv::on_quitButton_clicked()
{
    QCoreApplication::quit();
}

int main(int argc, char **argv)
{
    QApplication app(argc, argv);
    TempConv tv;
    tv.show();
    return app.exec();
}
```

Qt-Widgets für wissenschaftliche Anwendungen: QCustomPlot

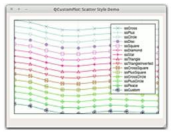
- qcustomplot.com



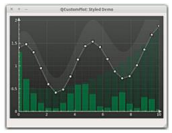
A simple decaying sine function with fill and its exponential envelope in red



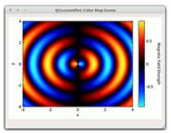
sinc function with data points, corresponding error bars and a 2-sigma confidence band



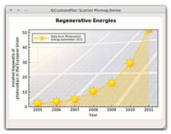
A demonstration of several scatter point styles



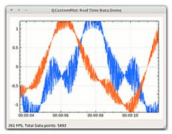
Demonstrating QCustomPlot's versatility in styling the plot



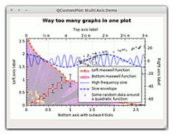
A 2D color map with color scale. Color scales can be dragged and zoomed just like axes



Pixmap scatter points and a multi-lined axis label, as well as a plot title at the top



Real time generated data and time bottom axis



Multiple plot styles with different key/value axes and pi tick labeling at top axis