

Einführung in die Programmierung

Wintersemester 2012/13

Prof. Dr. Günter Rudolph

Lehrstuhl für Algorithm Engineering

Fakultät für Informatik

TU Dortmund

Kapitel 16: GUI-Programmierung

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
- Größere Anwendung: Grafik (→ nächste Vorlesung)

GUI-Programmierung

Kapitel 16

GUI = Graphical User Interface (grafische Benutzerschnittstelle)

Funktionalität wird durch Programm-Bibliothek bereit gestellt

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

hier: Qt 4.7.3 („Quasar toolkit“) → <ftp://ftp.qt-project.org/qt/source/qt-win-opensource-4.7.3-vs2008.exe>

aktuell: Qt 5.0.0 (abwärtskompatibel?) → <http://www.qt-project.org>

Warum?

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

GUI-Programmierung

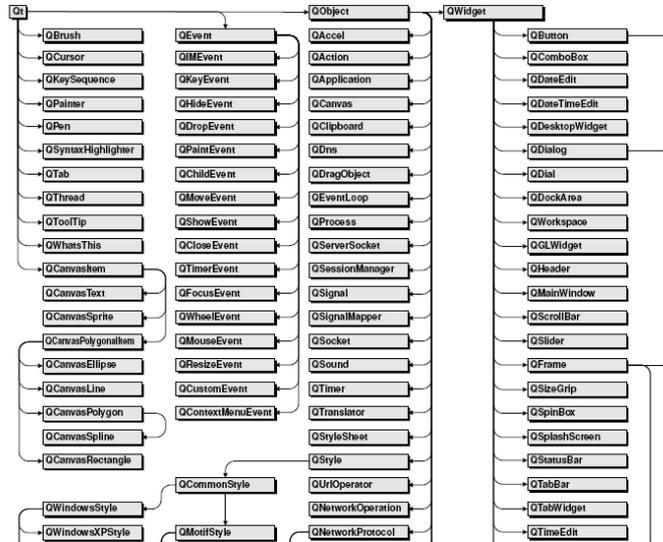
Kapitel 16

Qt

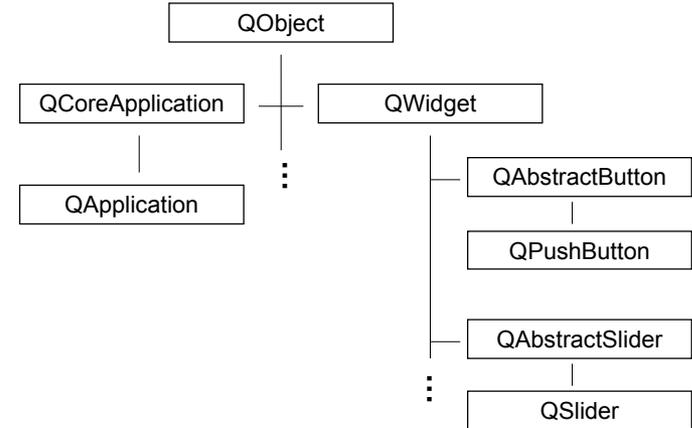
- System übergreifende Bibliothek
- stellt Objekte und Funktionen zur Verfügung, mit denen unabhängig vom Betriebssystem (Linux/Unix, Windows, MacOS) Programme erstellt werden können
- Hauptverwendungszweck: Graphische Benutzeroberflächen (GUIs) für unterschiedliche Betriebssysteme erstellen, ohne den Code für jedes System neu zu schreiben
- Oberfläche KDE (Linux/Mac), Google Earth, Skype basiert auf Qt

Qt Klassen

ca. 500



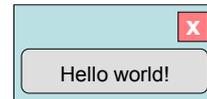
Qt Klassen (Ausschnitt)



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

```
#include <QApplication.h>
#include <QPushButton.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
    QApplication app(argc, argv);
    QPushButton hello("Hello world!", 0);
    hello.resize(100, 30);
    hello.show();
    return app.exec();
}
```



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

Erzeuge Button, 0=kein Elternfenster

Größe in Pixel

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.h>
#include <QPushButton.h>

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

    QApplication app(argc, argv);

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

    hello.resize(100, 30);
    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.
- Technisch 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 ausstößt, 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

```
#include <QApplication.h>
#include <QPushButton.h>
#include <QWidget.h>

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

    QWidget window;
    window.resize(200, 120);
    QPushButton hello("Hello world!", &window);
    QObject::connect(&hello, SIGNAL(clicked()),
                    &app, SLOT(quit()));

    hello.setGeometry(10, 40, 180, 40);

    window.show();

    return app.exec();
}
```

`hello`
ist Teil von
`window`



Button und Label als Teile eines Fensters

```
#include <QApplication.h>
#include <QPushButton.h>
#include <QLabel.h>
#include <QWidget.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
    QApplication app(argc, argv);
    QWidget window;
    window.resize(200, 120);
    QLabel hello("Hello world!", &window);
    QPushButton quit("quit", &window);
    QObject::connect(&quit, SIGNAL(clicked()),
                    &app, SLOT(quit()));
};
hello.setGeometry(10, 10, 180, 40);
quit.setGeometry(10, 60, 180, 40);
window.show();
return app.exec();
}
```

QLabel zum
Beschriften des
Fensterinneren



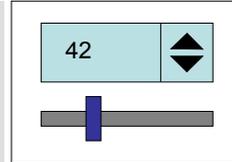
Slider verbunden mit SpinBox

```
#include <QApplication.h>
#include <QSlider.h>
#include <QSpinBox.h>
#include <QWidget.h>

int main(int argc, char *argv[]) {
    QApplication app(argc, argv);
    QWidget window;
    window.resize(200, 120);

    QSpinBox spinBox(&window);
    spinBox.setGeometry(10, 10, 180, 40);
    spinBox.setRange(0, 130);

    QSlider slider(Qt::Horizontal, &window);
    slider.setGeometry(10, 60, 180, 40);
    slider.setRange(0, 130);
}
```



Gewünschtes Verhalten:

SpinBox wirkt auf Slider und umgekehrt.

Fortsetzung nächste Folie ...

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

$$x \text{ [}^\circ\text{C]} = \frac{9}{5}x + 32 \text{ [}^\circ\text{F]}$$

$$y \text{ [}^\circ\text{F]} = \frac{5}{9}(x - 32) \text{ [}^\circ\text{C]}$$

Lösung ohne GUI:

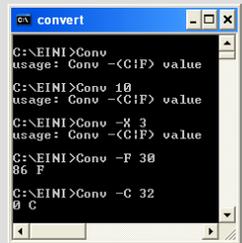
1. Einlesen einer Zahl
2. Angabe der Konvertierungsrichtung
3. Ausgabe

Lösung ohne GUI

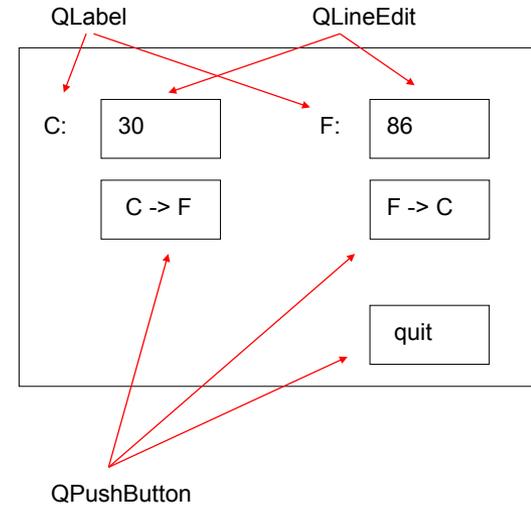
```
#include <iostream>
#include <cstring>

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;
    return 0;
}
```

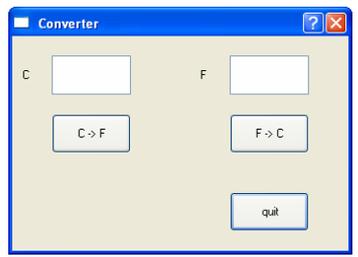


Lösung mit GUI



```
#include "Converter.h"

int main(int argc, char *argv[]) {
    QApplication app(argc, argv);
    Converter conv(&app);
    conv.show();
    return app.exec();
}
```



So wird die GUI aussehen!

```
#include <QApplication.h>
#include <QObject.h>
#include <QDialog.h>
#include <QPushButton.h>
#include <QLineEdit.h>
#include <QLabel.h>

class Converter : public QDialog {
    Q_OBJECT
private:
    QApplication *theApp;
    QPushButton *quit, *f2c, *c2f;
    QLineEdit *editC, *editF;
    QLabel *labelC, *labelF;
public:
    Converter(QApplication *app);
    ~Converter();
public slots:
    void slotF2C();
    void slotC2F();
};
```

Was ist das?

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

Spracherweiterung?

```
#include <QMessageBox.h>
#include "Converter.h"

Converter::Converter(QApplication *app) : theApp(app) {
    quit = new QPushButton("quit", this);
    f2c = new QPushButton("F -> C", this);
    c2f = new QPushButton("C -> F", this);
    editC = new QLineEdit(this);
    editF = new QLineEdit(this);
    labelF = new QLabel("F", this);
    labelC = new QLabel("C", this);

    setWindowTitle("Converter");
    resize(340, 220);
    editC->setGeometry( 40, 20, 80, 40);
    editF->setGeometry( 220, 20, 80, 40);
    c2f->setGeometry( 40, 80, 80, 40);
    f2c->setGeometry( 220, 80, 80, 40);
    quit->setGeometry( 220, 160, 80, 40);
    labelC->setGeometry( 10, 20, 20, 40);
    labelF->setGeometry(190, 20, 20, 40);
}
```

GUI Objekte anlegen

GUI Objekte positionieren

```
QWidget::connect(quit, SIGNAL(clicked()), app, SLOT(quit()));
QWidget::connect(c2f, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(slotC2F()));
QWidget::connect(f2c, SIGNAL(clicked()), this, SLOT(slotF2C()));
}
```

```
Converter::~Converter() {
    delete quit;
    delete f2c;
    delete c2f;
    delete editC;
    delete editF;
    delete labelC;
    delete labelF;
}
```

GUI Objekte freigeben

Kommunikation zwischen GUI Objekte einrichten

```
void Converter::slotC2F() {
    editC->selectAll();
    QString s = editC->selectedText();
    bool ok;
    double val = s.toDouble(&ok);
    if (!ok) QMessageBox::information(
        this, "invalid input", "please enter numbers"
    );
    val = 9 * val / 5 + 32;
    editF->setText(QString("%1").arg(val, 0, 'f', 1));
}

void Converter::slotF2C() {
    editF->selectAll();
    QString s = editF->selectedText();
    bool ok;
    double val = s.toDouble(&ok);
    if (!ok) QMessageBox::information(
        this, "invalid input", "please enter numbers"
    );
    val = 5 * (val - 32) / 9;
    editC->setText(QString("%1").arg(val, 0, 'f', 1));
}
```

Fehlerbehandlung
unschön
↓
Ausnahmen
wären eleganter!

Auszug aus Verzeichnisstruktur nach Installation von Qt 4.7.3:

- Qt
 - 4.7.3
 - qt
 - bin
 - include
 - lib
- Wurzel der Installation
Version (= 4.7.3)
Beginn von Qt
ausführbare Programme
Header-Dateien
Bibliotheken

Stand:
Januar 2013

Dem Compiler muss gesagt werden,

• wo er die Header-Dateien zum Compilieren finden kann:

```
C:\Qt\4.7.3\qt\include;C:\Qt\4.7.3\qt\include\QtGui
```

• wo er die statischen Bibliotheken zum Linken finden kann:

```
C:\Qt\4.7.3\qt\lib
```

• welche Bibliotheken er zum Linken verwenden soll: **d** → debug

```
QtCore4.lib QtGui4.lib bzw. QtCored4.lib QtGuid4.lib u.v.a.
```

Aufruf des Meta Object Compilers:

```
"$(VADER_QT)\bin\moc.exe" -DUNICODE -DWIN32 -
DQT_LARGEFILE_SUPPORT -DQT_CORE_LIB -DQT_GUI_LIB "-
I$(VADER_QT)\include" "-I$(VADER_QT)\include\qtmain"
"-I$(VADER_QT)\include\QtCore" "-I$(VADER_QT)\QtGui"
"-I." $(InputPath) -o "moc_$(InputName).cpp"
```

Was passiert dort?

- Der moc wird aufgerufen (moc.exe)
 - Es werden Präprozessor Definitionen angelegt („-Dxxx“)
 - Es werden Verzeichnisse zum Standard Include Pfad hinzugefügt („-Ixxx“)
 - Es wird angegeben was übersetzt werden soll (\$(InputPath) → VS Makro)
 - Es wird angegeben, wie das Resultat heißen soll
- Eigentlich genau das selbe wie beim Aufruf des „normalen“ Compilers!

Auszug aus Verzeichnisstruktur nach Installation von Qt 4.7.3:

- Qt	Wurzel der Installation
- 4.7.3	Version (= 4.7.3)
- qt	Beginn von Qt
- bin	ausführbare Programme
- include	Header-Dateien
- lib	Bibliotheken

Stand:
Januar 2013

Dem *Laufzeitsystem* muss gesagt werden,

- wo es die dynamischen Bibliotheken finden kann:

```
C:\Qt\4.7.3\qt\bin
```

muss u.a. in der Umgebungsvariable `path` stehen

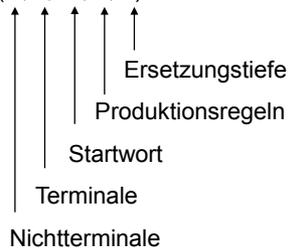
Für Linux-basierte Systeme ist das Prinzip gleich!
Nur die Pfade sehen etwas anders aus.

Lindenmayer-Systeme (L-Systeme) nach Aristid Lindenmayer, theoret. Biologe, Ungarn

Intention: axiomatische Theorie zur biologischen Entwicklung

Formalismus: Ersetzungssysteme ähnlich zu formalen Grammatiken

Quintupel: (N, T, ω , P, n)



hier:

< 6
1 Regel: $F \rightarrow \dots$
beliebig aus $N \cup T$
+ - | []
F

Vorgehensweise (gemäß unserer Einschränkungen): Schritt 1

setze $s = \omega$ (Startwort)

while ($n > 0$)

initialisiere leere Variable t

laufe von links nach rechts über s:

falls Terminal dann nach t kopieren

falls Nichtterminal F dann rechte Seite der Produktionsregel nach t kopieren

setze $s = t$

setze $n = n - 1$

endwhile

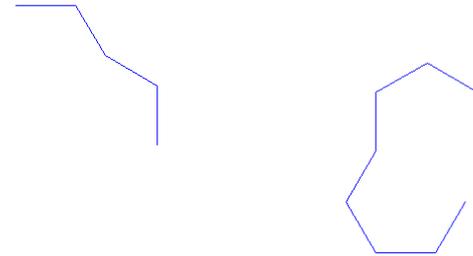
Bsp: ($\{F\}, \{+, -, [,], | \}, F+F, \{F \rightarrow F-F\}, 2$)

$F+F \rightarrow F-F+F-F \rightarrow F-F-F-F+F-F-F-F$

Vorgehensweise (gemäß unserer Einschränkungen): Schritt 2

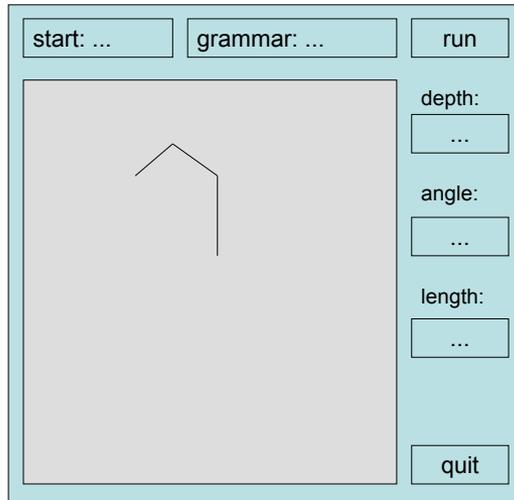
sei s das erhaltene Wort nach n Ersetzungsrunden
 setze (x_0, y_0, α_0) als Startwert fest, setze $k = 0, \lambda =$ Schrittweite, $\beta =$ Winkel
 laufe über s von links nach rechts
 falls F: $(x_{k+1}, y_{k+1}, \alpha_{k+1}) = (x_k + \lambda \cos \alpha_k, y_k + \lambda \sin \alpha_k, \alpha_k)$;
 zeichne Linie von (x_k, y_k) nach (x_{k+1}, y_{k+1})
 falls +: $(x_{k+1}, y_{k+1}, \alpha_{k+1}) = (x_k, y_k, \alpha_k + \beta)$;
 falls -: $(x_{k+1}, y_{k+1}, \alpha_{k+1}) = (x_k, y_k, \alpha_k - \beta)$;
 falls |: $(x_{k+1}, y_{k+1}, \alpha_{k+1}) = (x_k, y_k, \alpha_k - 180^\circ)$;
 falls [: **push** (x_k, y_k, α_k) ; $(x_{k+1}, y_{k+1}, \alpha_{k+1}) = (x_k, y_k, \alpha_k)$;
 falls]: $(x_{k+1}, y_{k+1}, \alpha_{k+1}) = \text{top}()$; **pop** ()
 setze $k = k + 1$

Bsp: $F+F \rightarrow F-F+F--F \rightarrow F--F--F--F+F--F--F--F$ $\beta = 30^\circ$



... noch nicht spektakulär ...

Planung der GUI



class Canvas :
public QWidget
 sorgt für die Darstellung
 eines L-Systems

class Window :
public QWidget
 verwaltet alle Controls

```
class Window : public QWidget {
    Q_OBJECT
public:
    Window(QApplication *aApp);
    ~Window();

public slots:
    void run();

protected:
    QApplication *fApp;
    QLineEdit *fStart, *fGrammar, *fLength;
    QPushButton *fRun, *fQuit;
    QSpinBox *fDepth, *fAngle;
    QLabel *fLabelStart, *fLabelGrammar, *fLabelLength,
           *fLabelDepth, *fLabelAngle;
    QSlider *fSliderH, *fSliderV;
    Canvas *fCanvas;
};
```

Datei
 Window.h

erfordert Aufruf des
 Präprozessors moc vor
 eigentlicher C++
 Compilierung

Auszug aus Verzeichnisstruktur nach Installation von Qt 4.7.3

```
- Qt           Wurzel der Installation
- 4.7.3       Version (= 4.7.3)
- qt          Beginn von Qt
- bin         ausführbare Programme
- include     Header-Dateien
- lib         Bibliotheken
```

Aufruf des Prä-Compilers `moc` vor eigentlicher C++ Compilation:

→ als *pre-build event* oder ähnliches eintragen bzw. explizit aufrufen:

```
C:\Qt\4.7.3\qt\bin\moc -o WindowMeta.cpp Window.h
```

Datei, die erzeugt wird
Datei, die slot enthält

```
class Canvas : public QWidget {
    Q_OBJECT

public:
    Canvas(QWidget *aParent = 0);
    void draw(QString &aStart, QString &aGrammar, int aDepth,
              QString &aLength, int aAngle, int aPosX, int aPosY);

protected:
    void paintEvent(QPaintEvent *aEvent); // überschrieben

private:
    QString fStart, fGrammar;
    int fDepth, fLength, fAngle;
    QPoint fStartPos;
    QRectF exec(QString &aRule, QPainter *aPainter);
};
```

Implementierung der Klassen

⇒ live demo ... (mit MS Visual Studio 2008)

Demo mit Beispielen

```
start: F           grammar: F → F[-F]F[+F] [F]
degrees 20         length 5         depth 5

start: F-F-F-F-F   grammar: F+F-F-FF+F+F-F
degrees 90         length 5         depth 5

start: F-F-F-F-F-F grammar: F+F--F+F
degrees 60         length 5         depth 4

start: F           grammar: FF-[-F+F+F]+[+F-F-F]
degrees 20         length 4         depth 4

start: F           grammar: F[+F]F[-F]F
degrees 20         length 4         depth 4
```