

Das Qwt Handbuch

Andreas Nicolai andreas.nicolai@gmx.de

Version 1.0.0, Mai 2025

Inhaltsverzeichnis

| | |
|--|-----------|
| Über dieses Handbuch | 1 |
| 1. Überblick über die Qwt Bibliothek | 1 |
| 1.1. Entwicklungsgeschichte | 2 |
| 1.1.1. Download der Bibliothek | 2 |
| 1.2. Widget-Konzept und Erscheinungsbild | 2 |
| 1.3. Besitzer/Eigentümer-Konzept des QwtPlot-Widgets | 2 |
| 1.4. Zeichenobjekte und deren Achsenabhängigkeit | 3 |
| 1.5. Vererbungskonzept | 3 |
| 1.6. Verwendung der Designer Plugins | 3 |
| 2. Erste Schritte und ein interaktives Diagramm | 3 |
| 2.1. Programmröhrbau | 3 |
| 2.1.1. QMake Projektdatei | 3 |
| 2.1.2. Minimalistisches Hauptprogramm | 4 |
| 2.2. Diagrammelemente hinzufügen | 5 |
| 2.2.1. Linie hinzufügen | 5 |
| 2.2.2. Legende hinzufügen | 6 |
| 2.2.3. Diagrammtitel hinzufügen | 7 |
| 2.2.4. Diagrammraster hinzufügen | 7 |
| 2.2.5. Achsenkonfiguration | 8 |
| 2.2.6. Logarithmische Achsen | 9 |
| 2.2.7. Markierungslinien | 9 |
| 2.3. Interaktion mit dem Diagramm | 10 |
| 2.3.1. Zoomfunktionalität mit QwtPlotZoomer | 10 |
| 2.3.2. Plotausschnitt verschieben mit QwtPlotPanner | 11 |
| 3. Liniendiagramme | 11 |
| 4. Legende | 11 |
| 5. Markierungslinien | 11 |
| 6. Plotachsen | 11 |
| 6.1. Allgemeine Achsenformatierung | 12 |
| 7. QwtText und Sonderformatierungen | 12 |
| 7.1. MathML | 12 |
| 8. Interaktiver Zoom und Verschieben von Diagrammausschnitten | 12 |
| 9. Anpassung/Styling der Qwt Komponenten | 12 |
| 10. Exportieren und Drucken | 12 |
| 10.1. Exportieren des Plots als Pixelgrafik | 12 |
| 10.1.1. Erstellen einer 1-zu-1 Kopie des Plotwidgets | 12 |
| 10.1.2. Kopie in die Zwischenablage | 12 |
| 10.1.3. QwtPlot mit anderer Auflösung abspeichern | 12 |
| 10.1.4. Diagrammelemente skalieren (DPI ändern) | 13 |
| 10.2. Exportieren des Plots als Vektorgrafik | 13 |
| 10.3. Drucken | 13 |
| 11. Fortgeschrittene Themen | 13 |
| 11.1. Objekte aus dem QwtPlot loslösen | 13 |
| 12. Download/Installation/Erstellung der Qwt Bibliothek | 14 |
| 12.1. Download fertiger Pakete | 14 |
| 12.1.1. Linux | 14 |
| 12.2. Erstellung aus dem Quelltext | 14 |
| 12.2.1. Windows | 14 |
| 12.2.2. Windows - MinGW32 | 14 |
| 12.2.3. Linux/Mac | 15 |
| 12.3. Qt Designer Plugins | 15 |
| 12.4. Verwendung des Plots in eigenen Programmen | 15 |
| 12.4.1. Windows | 15 |
| 12.4.2. Linux/Mac | 15 |
| 12.5. Das QwtPlot in eine Designer-Oberfläche/ui-Datei integrieren | 15 |
| 12.5.1. Definition eines Platzhalterwidgets | 15 |
| 12.5.2. Verwendung der Designer-Plugins | 16 |
| 13. Über den Autor | 16 |

Über dieses Handbuch

Dieses Projekt ergänzt die API-Dokumentation zur Qwt-Bibliothek und bietet sowas wie ein Programmiererhandbuch mit vielen Details zu den Internas der Bibliothek. Der Fokus liegt aber ganz klar auf der **QwtPlot** Diagrammkomponente. Das Buch schreibe ich in Deutsch, aber Dank der modernen Webseiten-Übersetzer kann man das bestimmt auch locker in vielen anderen Sprachen lesen :) Das ist übrigens schon die 2. Auflage (komplett neu überarbeitet), weil es zum Zeitpunkt der ersten Ausgabe noch kein tolles AsciiDoc gab und ich irgendwie beim Textschreiben hängen geblieben bin.

Die Texte und Bilder stehen unter der Creative-Commons BY-NC Lizenz (siehe Lizenztext im Qwt Handbuch Repository <https://github.com/ghorwin/QwtBook>), können also frei verwendet, modifiziert und angepasst werden, aber bitte nicht publiziert oder zum Training von kommerziellen KI-Systemen benutzt werden. Alle Quelltextbeispiele, sowohl im Text, als auch in den herunterladbaren Tutorial/Beispiel-Quelltextarchiven, stehen unter der MIT-Lizenz und können damit in open-source wie auch kommerziellen Projekten genutzt werden.



Häufig wird das **QwtPlot** ja benutzt, um ein eigenes Postprocessing oder Visualisierungstool zu schreiben. Vielleicht lohnt sich hier der Blick auf das kostenfreie *PostProc 2*, welches wir an der TU Dresden entwickelt haben und das intern ein angepasstes und erweitertes **QwtPlot** verwendet. Das Programm ist spezialisiert auf die Visualisierung von dynamischer Simulationsergebnissen und Messdaten/Zeitreihen und man kann da einen guten Eindruck davon bekommen, was mit **QwtPlot** alles machbar ist. *Postproc 2* wird weiter aktiv gepflegt und kann hier heruntergeladen werden: <https://bauklimatik-dresden.de/software/postproc2/>.

Viel Spaß bei der Lektüre - und falls noch Inhalte fehlen, einfach Geduld haben und später wiederkommen (oder im Github-Repo ein Issue anlegen). Und schaut Euch vielleicht auch meine anderen Tutorials unter <https://schneggenport.de> an!

— Andreas Nicolai

1. Überblick über die Qwt Bibliothek

Qwt - Qt Widgets for Technical Applications ist eine Open-Source Bibliothek für technische Anwendungen und stellt bestimmte Widgets für Anzeigen und Kontrollkomponenten bereit. Die wohl wichtigste Komponente der Qwt Bibliothek ist das **QwtPlot**, eine sehr flexible und mächtige Diagrammkomponente.

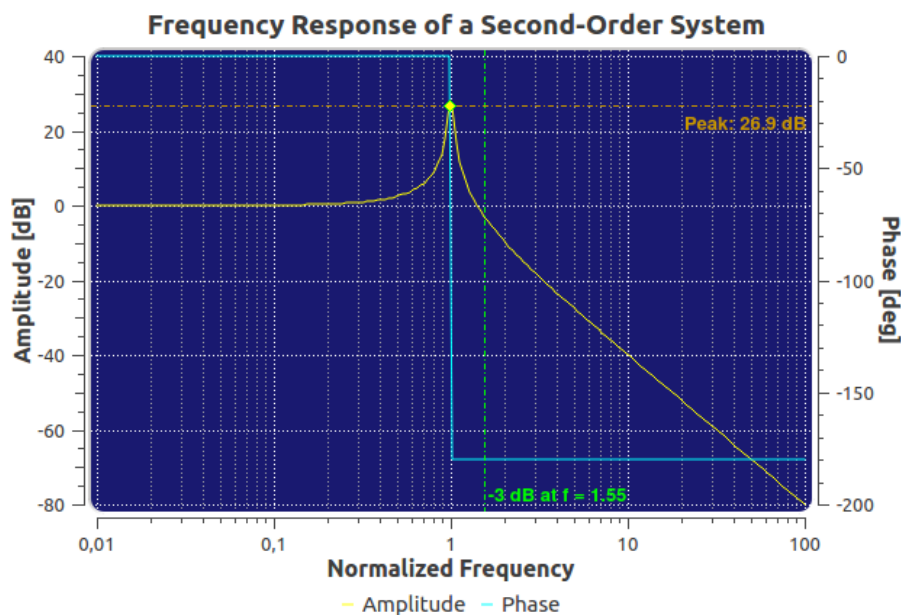


Abbildung 1. Beispiel für die QwtPlot-Komponente

Die Qwt Bibliothek steht unter einer Open-Source-Lizenz, wurde und wird aktiv vom Entwickler *Uwe Rathmann* gepflegt und wird auf SourceForge.net gehostet:

- Qwt Webseite (englisch)
- Qwt SourceForge Projektseite

1.1. Entwicklungsgeschichte

- die erste Version der Qwt-Bibliothek stammt noch aus dem Jahr 1997 von Josef Wilgen
- seit 2002 wird die Bibliothek von *Uwe Rathmann* entwickelt und gepflegt
- Version 5 ist wohl am weitesten verbreitet (erstes Release vom 26.02.2007)
- Version 6 (erstes Release vom 15.04.2011, kein Qt3 Support mehr) enthält wesentliche API-Änderungen
- aktuelle stabile Version 6.3.0 (Stand Mai 2025)
- im trunk gibt es zum Teil bereits wesentlich mehr und fortgeschrittene Funktionen

1.1.1. Download der Bibliothek

Die Qwt Bibliothek kann von der Qwt SourceForge Projektseite als Quelltextarchiv geladen werden. Unter Linux wird Qwt bei vielen Distributionen als Paket gehalten. Genau genommen gibt es mehrere Pakete für die unterschiedlichen Qwt-Bibliotheksversionen bzw. Qt Versionen. Details zur Installation und Verwendung der Bibliothek gibt es im Kapitel 12.

1.2. Widget-Konzept und Erscheinungsbild

Die Qwt Bibliothek liefert Komponenten, welche analog zu den normalen Qt-Widgets in Desktopanwendungen verwendet werden können. Die Komponenten verwenden die Qt Palette, sodass die Qwt-Widgets in die jeweilige Oberfläche passen. Dadurch integrieren sich die Widgets nahtlos in Programmoberflächen. Einzelne Komponenten des **QwtPlot** unterstützen auch Styles. So ermöglichen z.B. Abrundungseffekte beim Plot-Widget das Immitieren klassischer Anzeigen.

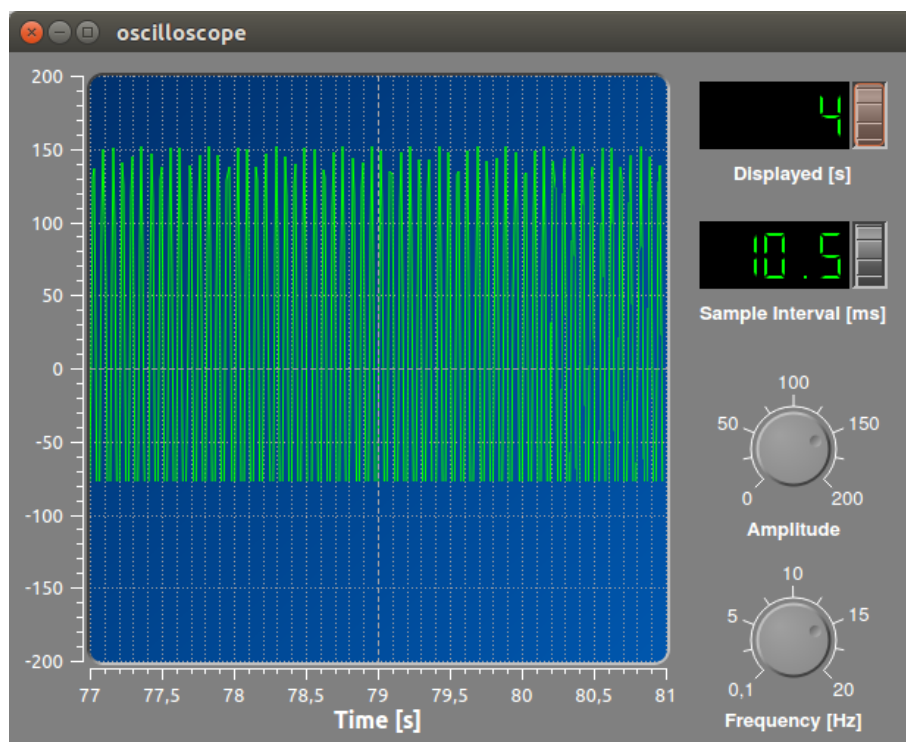


Abbildung 2. QwtPlot mit abgerundeten Ecken

Details zum Styling und zur Anpassung des Erscheinungsbildes sind im Kapitel 9 zu finden.

1.3. Besitzer/Eigentümer-Konzept des QwtPlot-Widgets

Eine grundlegende Eigenschaft der **QwtPlot**-Klasse ist die Besitzübernahme hinzugefügter Elemente. Dies gilt allgemein für alle Elemente des Plots (Linien, Marker, Legende, ...). D.h. nach Übertragung der Eigentümerschaft kümmert sich das **QwtPlot** um das Aufräumen des Speichers.

Einmal hinzugefügte Elemente werden nicht wieder losgelöst werden (bzw. nur über einen Trick, wie im Kapitel 11.1 beschrieben wird). Daher ist es sinnvoll, bei veränderlichen Diagrammelementen einen Mechanismus zur jeweiligen Neuerstellung eines Zeichenobjekts vorzusehen

1.4. Zeichenobjekte und deren Achsenabhängigkeit

Ein wesentliches Designmerkmal beim **QwtPlot** ist die Möglichkeit, beliebige Zeichenobjekte (Kurven, Marker, Legende, ...) dem Plot zu übergeben. Damit sich diese Zeichenobjekte (engl. *PlotItem*) am Koordinatengitter ausrichten können, wird ihnen eine Achsenabhängigkeit gegeben. Dadurch erhalten diese Zeichenobjekte eine Information, wann immer sich die Achsenskalierung ändert (durch Zoomen, oder Änderung der Wertebereiche etc.).

Diese Funktionalität definiert die zentrale Bedeutung der (bis zu) 4 Achsen im Diagramm. Deswegen sind diese auch fest im **QwtPlot** verankert und werden nicht wie andere Zeichenobjekte beliebig hinzugefügt.

1.5. Vererbungskonzept

Grundsätzlich ist das **QwtPlot** und die beteiligten Klassen auf maximale Anpassungsfähigkeit ausgelegt, d.h. es wird (fast) überall Polymorphie unterstützt. Wenn die eingebaute Funktionalität nicht zureichend ist, kann man einfach immer die entsprechende Klasse ableiten und die jeweils anzupassende Funktion re-implementieren und verändern. Dies wird anhand von Beispielen in den individuellen Kapiteln des Handbuchs beschrieben.

1.6. Verwendung der Designer Plugins

Die Qwt Bibliothek bringt Plugins für QtDesigner mit, welche das Einfügen von Qwt-Komponenten in ui-Dateien erleichtert. Es lassen sich jedoch keine QwtPlot-Eigenschaften festlegen oder Kurven hinzufügen. Die eigentliche Anpassung und Ausgestaltung des Plots erfolgt im Quelltext. Deswegen wird die Konfiguration und Anpassung des **QwtPlot** in diesem Handbuch ausschließlich durch normale API-Aufrufe demonstriert.



Soll das **QwtPlot** auch ohne Designer-Plugins im grafischen QtDesigner-Editor eingefügt werden, kann man einfach ein QWidget einfügen und dieses als Platzhalter für die **QwtPlot**-Klasse definieren, siehe Kapitel 12.5.

Eine Beschreibung, wie die Designer-plugins erstellt und in Qt Creator/Designer integriert werden ist im Kapitel 12.3 beschrieben.

2. Erste Schritte und ein interaktives Diagramm

Um mit der Qwt-Bibliothek warm zu werden, erstellen wir in einem einfachen Beispiel ein interaktives Diagramm mit der **QwtPlot**-Komponente. Der komplette Beispielquelltext ist als 7z-Archiv herunterladbar: tutorial1.7z

2.1. Programmrohbau

2.1.1. QMake Projektdatei

Wir beginnen mit der qmake-Projektdatei, in der wir den Pfad für die Header-Dateien der Bibliothek und die zu linkende Bibliothek festlegen. Hier gehe ich davon aus, dass Qwt aus dem 6.3.0er Quelltextarchiv gebaut und lokal in die Standardverzeichnisse (C:\qwt-6.3.0 unter Windows und /usr/local/qwt-6.3.0 unter Linux/Mac) installiert wurde. Infos über das Compilieren der Bibliothek aus dem Quelltext und Installation gibt es in Kapitel 12.

```
TARGET    = Tutorial1
QT        += core gui widgets
CONFIG    += c++11

win32 {
    # Pfad zu den Qwt Headerdateien hinzufügen
    INCLUDEPATH += C:/qwt-6.3.0/include
    CONFIG(debug, debug|release) {
        QWTLIB = qwtd
    }
    else {
        QWTLIB = qwt
    }
    # Linkerpfad
```

```
LIBS += -LC://qwt-6.3.0/lib -l$QWTLIB
}
else {
    # Pfad zu den Qwt Headerdateien hinzufügen
    INCLUDEPATH += /usr/local/qwt-6.3.0/include/
    # Linkerpfad, unter Linux wird standardmäßig nur die release-Version der Lib gebaut und installiert
    LIBS += -L/usr/local/qwt-6.3.0/lib -lqwt
}

SOURCES += main.cpp
```

Dies ist eine .pro-Datei für eine Qwt-6.3.0-Installation aus dem Quelltext mit Standardeinstellungen (siehe Kapitel 12.2).



Beachte, dass die im Debug-Modus kompilierte Qwt-Bibliothek ein angehängtes *d* hat. Unter Linux wird standardmäßig nur die release-Version gebaut und installiert, daher braucht man hier die Fallunterscheidung nicht.

2.1.2. Minimalistisches Hauptprogramm

Für die Verwendung des `QwtPlot` braucht man nur eine sehr minimalistische `main.cpp`.

Hauptprogramm, in dem nur das nackte Plot selbst erstellt und angezeigt wird

```
#include <QApplication>

#include <QwtPlot>

int main(int argc, char *argv[]) {
    QApplication a(argc, argv);
    QwtPlot plot;
    plot.resize(800,500);
    plot.show();
    return a.exec();
}
```



Wenn man das Programm kompiliert hat und ausführen will, beklagt sich Windows über eine fehlende DLL. Dazu in den Projekteinstellungen, unter "Ausführen", im Abschnitt "Umgebung" die PATH-Variable bearbeiten und dort den Pfad `C:\qwt-6.3.0\lib` hinzufügen.

Das Programm zeigt ein ziemlich langweiliges (und hässliches) Diagrammfenster (später wird das noch ansehnlicher gestaltet).

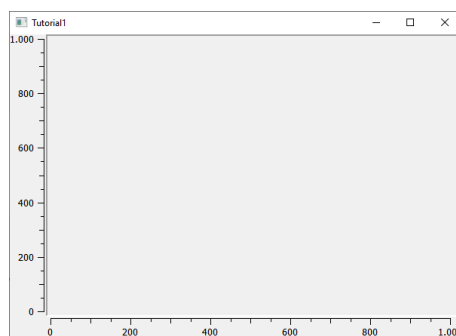


Abbildung 3. Das nackte Plotwidget



Ein Hinweis zu den Header-Dateien der Qwt-Bibliothek.

Analog zu Qt Klassen werden die Qwt-Klassen über den gleichnamigen Header eingebunden, also:

```
#include <QwtPlot>      // für Klasse QwtPlot
#include <QwtPlotCurve> // für Klasse QwtPlotCurve
#include <QwtLegend>    // für Klasse QwtLegend
// ...
```

Diese Header-Dateien sind aber nur Wrapper um die eigentlichen Include-Dateien, mit dem Benennungsschema:

```
#include <qwt_plot.h>      // für Klasse QwtPlot
#include <qwt_plot_curve.h> // für Klasse QwtPlotCurve
#include <qwt_legend.h>    // für Klasse QwtLegend
// ...
```

In früheren Versionen der Qwt-lib (auch der Debian-Paket-Version `libqwt-qt5-dev`) wurden die Wrapper-Headerdateien nach dem neuen Namensschema nicht installiert, sodass man die originalen `qwt_XXX.h` Includes verwenden muss. Wenn man also auch ältere Qwt-Versionen unterstützen möchte, bzw. unter Linux die Paketversion verwenden will, sollte die originalen Headerdateinamen verwenden.

2.2. Diagrammelemente hinzufügen

2.2.1. Linie hinzufügen

Als erstes fügen wir eine Linie bzw. Diagrammkurve hinzu (Header `QwtPlotCurve` bzw. `qwt_plot_curve.h`):

Hauptprogramm mit einer Linie

```
#include <QApplication>

#include <QwtPlot>
#include <QwtPlotCurve>

int main(int argc, char *argv[]) {
    QApplication a(argc, argv);
    QwtPlot plot;
    plot.resize(500,300);

    // etwas Abstand zwischen Rand und Achsentiteln
    plot.setContentsMargins(8,8,8,8);
    // Hintergrund der Zeichenfläche soll weiß sein
    plot.setCanvasBackground( Qt::white );

    // Daten zum Darstellen einlesen
    QVector<double> x, y;
    QFile f("spektrum.tsv"); // Datei enthält 2 Spalten
    f.open(QFile::ReadOnly);
    QTextStream strm(&f);
    strm.readLine(); // Kopfzeile überspringen
    while (!strm.atEnd()) {
        double xval, yval;
        strm >> xval >> yval;
        x.append(xval);
        y.append(yval);
    }

    QwtPlotCurve *curve = new QwtPlotCurve();
    curve->setPen(QColor(180,40,20), 0);
    curve->setTitle("Gamma-Spektrum");
    curve->setRenderHint( QwtPlotItem::RenderAntialiased, true ); // Antialiasing verwenden
    curve->setSamples(x, y);
}
```

```

curve->attach(&plot); // Plot takes ownership

plot.show();
return a.exec();
}

```

Im erweiterten Hauptprogramm wird zunächst der Header für die `QwtPlotCurve` eingebunden. Das Kurvenobjekt selbst wird mit `new` auf dem Heap erstellt. Die Daten der Kurve lesen wir aus einer Textdatei (2 Spalten, mit Kopfzeile) aus. Die Datei `spektrum.tsv` ist im Archiv des Tutorialquelltextes enthalten.



Grundsätzlich gilt beim `QwtPlot`: Alle Plotelemente *müssen* via `new` auf dem Heap erstellt werden und dem Plot dann übergeben werden. Dieses wird dann Besitzer und gibt den Speicher frei. Deshalb dürfen Linien, Legende, Marker etc. *niemals* als Stack-Variablen erstellt werden, sonst gibt es (je nach Destruktoraufreihenfolge) einen Speicherzugriffsfehler.

Attribute wie Linienfarbe, Titel (wird später in der Legende angezeigt), und Antialiasing werden gesetzt (im Kapitel 3 werden alle Eigenschaften von Linien im Detail erläutert).

Die Funktion `setSamples()` setzt die Daten der Linie. Wichtig ist hier, dass die übergebenen Vektoren die gleiche Länge haben. Es handelt sich um eine parametrische Kurve, d.h. weder x noch y Werte müssen monoton sein oder sonstwelchen Regeln folgen. Jedes x,y Wertepaar definiert einen Punkt und diese Punkte werden mit der Linie verbunden.

Die Funktion `attach()` fügt das `QwtPlotCurve`-Objekt zum Diagramm hinzu.



Beim Hinzufügen der Linie mittels `attach()` zum Diagramm wird das Plot neuer Eigentümer und kümmert sich um das Aufräumen des Speichers. Man muss also nicht mehr manuell `delete` für das `QwtPlotCurve`-Objekt aufrufen.

Zusätzlich zu dem Code, welcher die Linie hinzufügt, wurden noch 2 kleine Anpassungen am Erscheinungsbild vorgenommen:

- Ränder wurden mittels `setContentsMargins()` hinzugefügt (siehe auch `QWidget::setContentsMargins()`)
- der Hintergrund der Zeichenfläche (*canvas*) wurde weiß gefärbt.

Das Ergebnis sieht schon eher nach Diagramm aus.

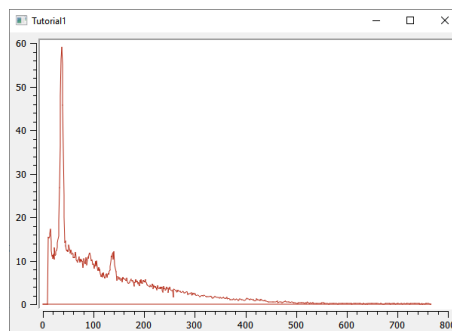


Abbildung 4. Diagramm mit Linie

2.2.2. Legende hinzufügen

Als nächstes wird eine Legende eingefügt (Header `QwtLegend` bzw. `qwt_legend.h`):

```

// Legende anzeigen
QwtLegend * legend = new QwtLegend();
QFont legendFont;
legendFont.setPointSize(8);
legend->setFont(legendFont);
plot.insertLegend( legend , QwtPlot::BottomLegend); // plot takes ownership

```


Auch hier wird oben wieder der Header für die Klasse `QwtLegend` eingebunden.

Die Legende bekommt hier noch einen veränderten Font. Das weitere Anpassen der Legende wird in Kapitel 4 beschrieben.

Die Legende kann links, rechts, oberhalb oder unterhalb der Zeichenfläche liegen, oder in der Zeichenfläche selbst. Die Platzierung wird beim Aufruf von `insertLegend()` festgelegt.

Das Plot nimmt beim Aufruf von `insertLegend()` wiederum Besitz vom Legendenobjekt und kümmert sich um das Aufräumen des Speichers.

2.2.3. Diagrammtitel hinzufügen

```
// Titel hinzufügen
QwtText text("Gamma-Spektrum");
QFont titleFont;
titleFont.setBold(true);
titleFont.setPointSize(10);
text.setFont(titleFont);
plot.setTitle(text);
```

Die Klasse `QwtText` (Header `QwtText` bzw. `qwt_text.h`) kapselt einen `QString` und ergänzt Funktionalität zum Rendern von mathematischen Symbolen mittels MathML (siehe Kapitel 7.1).

2.2.4. Diagrammraster hinzufügen

Gitterlinien werden durch das Zeichenobjekt `QwtPlotGrid` gezeichnet (Header `QwtPlotGrid` bzw. `qwt_plot_grid.h`):

```
// Haupt- und Nebengitter anzeigen
QwtPlotGrid *grid = new QwtPlotGrid();
QPen gridPen(Qt::gray);
gridPen.setStyle(Qt::DashLine);
grid->setMajorPen(gridPen);
// Minor grid
grid->enableYMin( true );
gridPen.setColor(Qt::lightGray);
gridPen.setStyle(Qt::DotLine);
grid->setMinorPen(gridPen);
grid->attach( &plot ); // plot takes ownership
```

Das Raster selbst kann hinsichtlich der Stifts (`QPen`) für das Haupt- und Nebengitter angepasst werden. Die Funktion `enableYMin()` schaltet das Nebengitter für die Y-Achse ein. Wie auch bei den Plotkurven übergibt `attach()` das `QwtPlotGrid` Objekt an das `QwtPlot`, welches sich dann um die Speicherverwaltung kümmert.



Ein Raster wird standardmäßig an eine x- und y-Achse gebunden, wobei man aber auch die Gitterlinien für eine der Achsen ausblenden kann. Wenn man z.B. ein Diagramm mit 2 y-Achsen hat und für jede ein Gitterraster anzeigen möchte (auch wenn das meistens verwirrend aussieht), dann braucht man zwei `QwtPlotGrid`-Objekte.

Inzwischen sieht das Diagramm schon ganz ansehnlich aus.

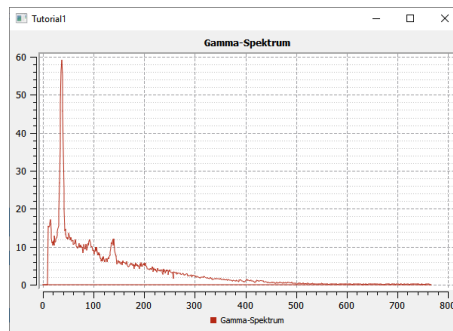


Abbildung 5. Diagramm mit Linie, Legende, Titel und Gitterlinien

2.2.5. Achsenkonfiguration

Das `QwtPlot` hat 4 Achsen eingebaut, genannt:

- `QwtPlot::yLeft` und `QwtPlot::yRight`
- `QwtPlot::xBottom` und `QwtPlot::xTop`

Standardmäßig sind die Achsen `xBottom` und `yLeft` sichtbar, wie im bisher verwendeten Plot.

Jedes Zeichenelement im Plot (Kurven, Marker, ...) wird einer oder mehrerer Achsen zugeordnet. In unserem Einführungsbeispiel verwendet die `QwtPlotCurve` standardmäßig die Achsen `xBottom` und `yLeft`.

Die Achsen können wie folgt konfiguriert werden.

```
// Achsen formatieren
QFont axisFont;
axisFont.setPointSize(8);
axisFont.setBold(true);
QFont axisLabelFont;
axisLabelFont.setPointSize(8);
// X-Achse
QwtText axisTitle("Kanal");
axisTitle.setFont(axisFont);
// Titel Text und Font setzen
plot.setAxisTitle(QwtPlot::xBottom, axisTitle);
// Font für Achsenzahlen setzen
plot.setAxisFont(QwtPlot::xBottom, axisLabelFont);
// Y-Achse
axisTitle.setText("Ereignisse");
plot.setAxisTitle(QwtPlot::yLeft, axisTitle);
plot.setAxisFont(QwtPlot::yLeft, axisLabelFont);
```

Der Titel jeder Achse wird wiederum über ein `QwtText`-Objekt (enthält Text und Font) gesetzt. Der Font für die Zahlen an den Achsen selbst wird über `setAxisFont()` geändert.

Die Achsen selbst lassen sich vielfältig anpassen, siehe Kapitel 6.

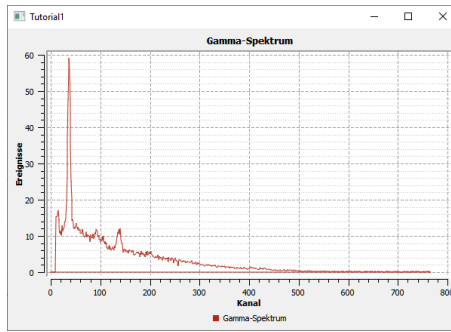


Abbildung 6. Vollständig formatiertes Diagramm

Die Achsen passen sich standardmäßig automatisch an den Wertebereich der angezeigten Kurven an. Das kann man natürlich auch ändern, siehe Kapitel 6.

2.2.6. Logarithmische Achsen

Das `QwtPlot` kann auch logarithmische Achsen verwenden. Dazu muss man eine andere Skalenberechnungsklasse einbinden, die `QwtLogScaleEngine` (Header `QwtLogScaleEngine` bzw. `qwt_scale_engine.h`):

```
// Logarithmische Y-Achse
QwtLogScaleEngine * logScale = new QwtLogScaleEngine();
plot.setAxisScaleEngine(QwtPlot::yLeft, logScale); // plot takes ownership
// manuelle Achsenlimits festlegen, da autoscale bei log-Achsen nicht sinnvoll funktioniert
plot.setAxisScale(QwtPlot::yLeft, 1e-3, 1000);
```

Beim Aufruf von `setAxisScaleEngine()` nimmt das Plot wiederum das Objekt in Besitz und kümmert sich dann um das Speicheraufräumen.

Kapitel 6 beschreibt die Details der `ScaleEngine` und gibt weitere Beispiele.

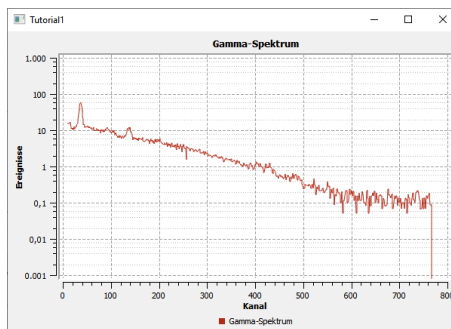


Abbildung 7. Diagramm mit logarithmischer Y-Achse

2.2.7. Markierungslinien

Ein weiteres Zeichenelement, das man hin und wieder braucht, sind horizontale oder vertikale Markierungslinien. Beispielhaft fügen wir eine solche Linie mal dem Plot hinzu (Header `QwtPlotMarker` bzw. `qwt_plot_marker.h`):

```
// Vertikale, gestrichelte Plot-Markierung einfügen
QwtPlotMarker * marker = new QwtPlotMarker("207,50 keV");
marker->setLabelOrientation(Qt::Vertical); // Vertikale Linie
marker->setLabelAlignment(Qt::AlignRight | Qt::AlignBottom); // Label unten und rechts von der Linie
marker->setValue(36, 0); // bei vertikalen Linien muss die x-Koordinate festgelegt werden
QPen markerPen(QColor(40,60,255));
markerPen.setStyle(Qt::SolidLine);
marker->setLinePen(markerPen);
marker->setLineStyle(QwtPlotMarker::VLine);
```

```
marker->setLabel(QwtText("207,50 keV"));
marker->attach(&plot); // plot takes ownership
```

Auch bei den Markern gibt es vielfältige Einstellungsmöglichkeiten, siehe Kapitel 5.

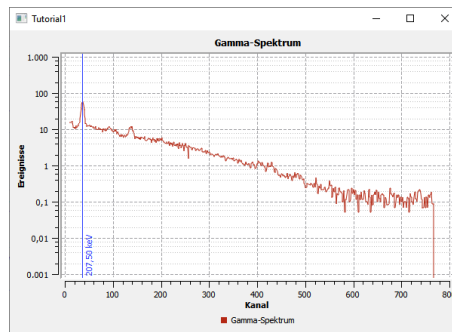


Abbildung 8. Diagramm mit logarithmischer Y-Achse und vertikaler Peak-Markierung

Nun ist das Diagramm selbst fertig und wir widmen uns der Nutzerinteraktion.

2.3. Interaktion mit dem Diagramm

Das `QwtPlot` bietet die üblichen Interaktionsmöglichkeiten für den Anwender, wie z.B. Herein- und Herauszoomen, oder Verschieben des Plotausschnitts.

2.3.1. Zoomfunktionalität mit `QwtPlotZoomer`

Die Zoom-Funktionalität wird über die Klasse `QwtPlotZoomer` hinzugefügt (Header `QwtPlotZoomer` bzw. `qwt_plot_zoomer.h`):

```
// Zoomer hinzufügen
// Achtung: NICHT QwtPlot selbst als 3 Argument übergeben, sonder das canvas()
QwtPlotZoomer * zoomer = new QwtPlotZoomer(QwtPlot::xBottom, QwtPlot::yLeft, plot.canvas()); // plot takes ownership
zoomer->setTrackerMode( QwtPlotPicker::AlwaysOn ); // Kurvenwerte unterm Cursor anzeigen
```

Wenn man mit der Maus über das Diagramm fährt, sieht man bereits einen veränderten Cursor und dank des Aufrufs `setTrackerMode(QwtPlotPicker::AlwaysOn)` sieht man nun auch die x- und y-Werte (des Achsen `xBottom` und `yLeft`) unter dem Cursor.

Hineinzoomen kann man, indem man die Linke Maustaste gedrückt hält, und ein Zoom-Rechteck aufzieht. Das kann man auch mehrmals hintereinander machen. Das `QwtPlot` merkt sich intern diese Zoomstufen. Herauszoomen kann durch Klick auf die rechte Maustaste, wobei immer eine Zoomstufe hinausgezoomt wird.



Die äußerste Zoomstufe wird im Konstruktor der `QwtPlotZoomer`-Klasse basierend auf den aktuellen Wertebereichen der bereits hinzugefügten Kurven bestimmt. Sollte man die Werte der Kurven nachträglich ändern, oder den Zoomer hinzufügen, bevor man dem Plot Kurven gegeben hat, so kann man die Funktion `QwtPlotZoomer::setZoomBase()` aufrufen. Details dazu gibt es im Kapitel 8.

Im Quelltext gibt es noch eine Besonderheit. Während die bisherigen Plotelemente immer mit Memberfunktionen der `QwtPlot`-Klasse hinzugefügt wurde, bzw. mittels `attach()`, wird das Zoomerobjekt analog zu Qt Klassen als Kindobjekt der Zeichenfläche gegeben und registriert sich darüber als interaktives Element bei Plot.



Es ist wichtig darauf zu achten, dass man beim Konstruktor der Klasse `QwtPlotZoomer` als 3. Argument das Canvas-Objekt des Plots übergibt. Dieses erhält man mit der Funktion `QwtPlot::canvas()`. Wenn man hier stattdessen das Plot selbst übergibt, führt dies zu einem Speicherzugriffsfehler.

Im Konstruktor der `QwtPlotZoomer` Klasse registriert sich das Objekt als Kind des Canvas-Widgets, wodurch das QObject-System sich um die Speicherverwaltung kümmert. Man muss also das `QwtPlotZoomer` Objekt nicht freigeben.

Damit das Zoomer weiß, welche Achsen beim Zoom manipuliert werden sollen, muss man die x- und y-Achse im Konstruktor angeben. Möchte man z.B. beide y-Achsen gleichzeitig zoomen, braucht man zwei `QwtPlotZoomer`-Objekte.

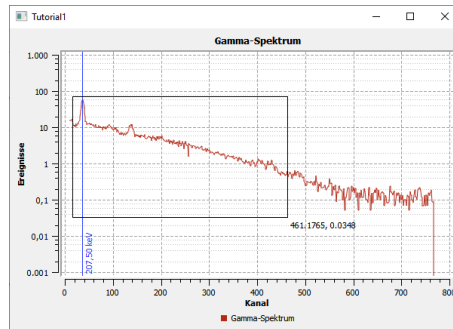


Abbildung 9. Diagramm mit aufgezoogenem Zoom-Rechteck

2.3.2. Plotausschnitt verschieben mit `QwtPlotPanner`

Wenn man Ausschnitt eines hineingezoomten Plots interaktiv verschieben möchte, kann man den `QwtPlotPanner` hinzufügen (Header `QwtPlotZoomer` bzw. `qwt_plot_zoomer.h`):

```
// Panner hinzufügen, wie auch beim PlotZoomer muss das Canvas-Objekt als Argument übergeben werden
QwtPlotPanner * panner = new QwtPlotPanner(plot.canvas()); // plot takes ownership
panner->setMouseButton(Qt::MidButton); // Mittlere Maustaste verschiebt
```

Wie beim `QwtPlotZoomer` wird das Objekt als Kindobjekt des Canvas-Widgets hinzugefügt. Üblich ist das Verschieben von Bildschirmhalten mit gedrückter mittlerer Maustaste, also legt man das mit `setMouseButton()` fest.

Damit ist das Einstiegstutorial beendet. Mit dem `QwtPlot` kann man bereits mit wenigen Handgriffen ein voll funktionsfähiges und interaktives Diagramm erstellen. In diesem Tutorial war das `QwtPlot` gleichzeitig das Anwendungs-Widget. Wenn man das `QwtPlot` aber in bestehende Designer-Formularklassen einfügen will, gibt es verschiedene Techniken:

- die Verwendung von Platzhalter-Widgets
- die Einbindung von Qt Designer Plugins für die Qwt Bibliothek

Diese Methoden sind in Kapitel 12.5 beschrieben.

3. Liniendiagramme

4. Legende

5. Markierungslinien

6. Plotachsen

Die Achsen/Skalen eines Plots (insgesamt 4, oben, unten, links und rechts) können bereits in den mitgelieferten Klassenimplementierungen vielfältig angepasst und verändert werden. Und natürlich können die beteiligten Klassen auch abgeleitet und so beliebig modifiziert/geändert werden.

Die wichtigsten Klassen in Bezug auf die Achsen sind:

- `QwtAxis`
- `QwtAbstractScaleDraw` und die Spezialisierungen `QwtScaleDraw` und `QwtDateScaleDraw`
- `QwtScaleEngine` und die Spezialisierungen `QwtLinearScaleEngine` und `QwtLogScaleEngine`

6.1. Allgemeine Achsenformatierung

7. QwtText und Sonderformatierungen

7.1. MathML

8. Interaktiver Zoom und Verschieben von Diagrammausschnitten

9. Anpassung/Styling der Qwt Komponenten

10. Exportieren und Drucken

Neben der Anzeige auf dem Bildschirm ist das Speichern schicker Diagramme und Verwendung dieser in Berichten eine nicht unwichtige Aufgabe. Allerdings ist es nicht trivial, gute Diagramme mit sinnvollen Schriftgrößen zu exportieren. Grundsätzlich muss hier zwischen Pixelgrafik-Export und Vektorgrafik unterschieden werden.

10.1. Exportieren des Plots als Pixelgrafik

Der naheliegende Export des Plots ist eine 1-zu-1 Kopie in die Zwischenablage oder in eine Bitmapdatei (jpg, gif, png,...).

10.1.1. Erstellen einer 1-zu-1 Kopie des Plotwidgets

Jedes QWidget kann direkt in eine QPixmap gezeichnet werden. Und dieses kann dann in eine Datei gespeichert werden.

```
// Plot in QPixmap rendern
QPixmap p = plot.grab();
// QPixmap in Datei speichern
p.save("diagramm_screenshot.png");
```

10.1.2. Kopie in die Zwischenablage

Statt das QPixmap in eine Datei zu speichern, kann man das auch einfach in die Zwischenablage kopieren. Dazu `QClipboard` und `QApplication` einbinden und:

```
// Plot in QPixmap rendern
QPixmap p = plot.grab();
// QPixmap in Zwischenablage kopieren
qApp->clipboard()->setImage(p.toImage());
```

10.1.3. QwtPlot mit anderer Auflösung abspeichern

Wenn das QwtPlot mit einer anderen Auflösung/Pixelgröße als angezeigt auf dem Bildschirm abgespeichert werden soll, so verwendet man die `QwtPlotRenderer`:

```
// Render-Objekt erstellen
QwtPlotRenderer renderer;
// Statt der versenkten Box wird ein Rahmen mit Skalenstrichen gezeichnet
renderer.setLayoutFlag(QwtPlotRenderer::FrameWithScales);
// Zielgröße festlegen
QRect imageRect( 0.0, 0.0, 1200, 600 );
// Bildobjekt in der entsprechenden Größe erstellen...
QImage image( imageRect.size(), QImage::Format_ARGB32 );
// und mit weißem Hintergrund füllen
```

```
image.fill(Qt::white);

// Das Diagramm in das QImage zeichnen
QPainter painter( &image );
renderer.render( &plot, &painter, imageRect );
painter.end();

// QImage zurück in QPixmap konvertieren
QPixmap plotPixmap( QPixmap::fromImage(image) );
plotPixmap.save("diagram.png");
```

Das Diagramm aus dem Tutorial 1 (Kapitel 2) sieht dann z.B. so aus:

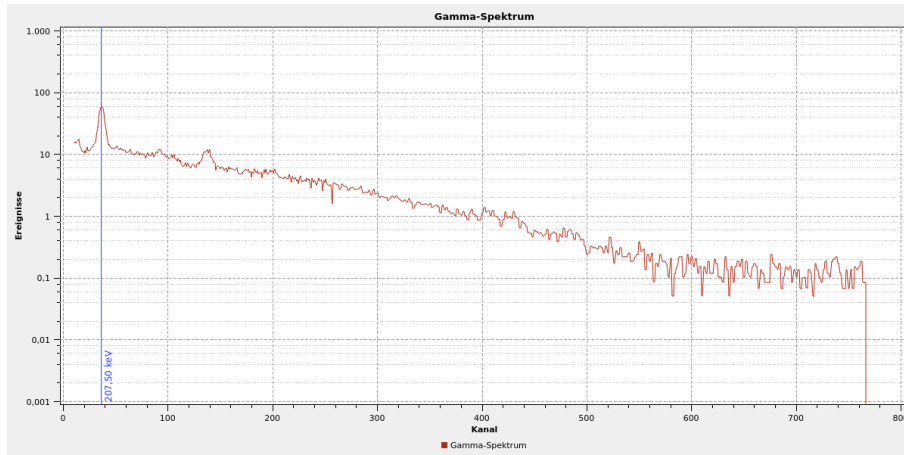


Abbildung 10. Plot in höherer Auflösung abgespeichert

10.1.4. Diagrammelemente skalieren (DPI ändern)

TODO

10.2. Exportieren des Plots als Vektorgrafik

TODO

10.3. Drucken

TODO

11. Fortgeschrittene Themen

Die nachfolgend vorgestellten Themen greifen in die internen Datenstrukturen der Qwt-Bibliotheksklassen ein und diese könnten sich in zukünftigen Bibliotheksversionen sicher noch einmal deutlich ändern. Daher sind diese Techniken mit Vorsicht zu genießen!

11.1. Objekte aus dem QwtPlot loslösen

Die API des `QwtPlot` geht davon aus, dass Objekt beim Hinzufügen/Ersetzen existierender Plotelemente das Plot als neuen Eigentümer erhalten. Sobald ein Plotelement ein vorheriges Plotelement ersetzt, löscht das `QwtPlot` das alte Objekt automatisch. Es gibt keine *release*-Funktionen, wie man die von *shared pointer*-Implementierungen kennt. Daher kann man einmal hinzugefügte Objekte nicht entfernen, anpassen und wieder neu hinzufügen.

Die empfohlene Methode ist:

1. Plotelement neu erstellen
2. anpassen

3. das bisherige PlotElement ersetzen

Mitunter ist dies aber nicht praktikabel und man hätte gerne eine Methode, um ein existierendes Objekt loszulösen. Man kann das aber mit einem Trick dennoch machen.

TODO... erklären

12. Download/Installation/Erstellung der Qwt Bibliothek

12.1. Download fertiger Pakete

12.1.1. Linux

Unter Linux kann man auf die Pakete des Paketmanagers zurückgreifen.

Debian/Ubuntu

```
# Paket mit Headern für die Entwicklung
sudo apt install libqwt-qt5-dev
```

Headerdatei-Pfad: `/usr/include/qwt`

12.2. Erstellung aus dem Quelltext

12.2.1. Windows

- Release `qwt-6.3.0.zip` herunterladen und entpacken.
- Datei `qwtconfig.pri` bearbeiten und Optionen ein-/ausschalten
- Kommandozeile mit Qt Umgebungsvariablen öffnen: Startmenu Qt 5.15.2 (MinGW 8.1.0 64-bit)
- Ins Verzeichnis mit der `qwt.pro` wechseln

12.2.2. Windows - MinGW32

Es wird eine MinGW32 Installation mit `mingw32-make` im PATH erwartet.

```
:: Makefile erstellen
qmake qwt.pro
:: Bibliothek und Plugin/Beispiele bauen
mingw32-make -j8
:: Bibliothek installieren
mingw32-make install
```



Die `-j8` sind für das parallele Bauen auf 8 CPUs.

Sofern nicht in der Datei `qwtconfig.pri` ein anderer Installationspräfix in der Variable `QWT_INSTALL_PREFIX` eingestellt wurde, ist die Bibliothek nun unter `c:\Qwt-6.3.0` installiert:

```
c:\Qwt-6.3.0\include - Header-Dateien
c:\Qwt-6.3.0\lib     - Bibliothek/DLLs
c:\Qwt-6.3.0\doc\html - API Dokumentation (`index.html` in diesem Verzeichnis öffnen)
```


12.2.3. Linux/Mac

12.3. Qt Designer Plugins

i. wie erstellt man die Designerplugins und bekommt die in die Komponentenpalette...

12.4. Verwendung des Plots in eigenen Programmen

12.4.1. Windows

12.4.2. Linux/Mac

12.5. Das QwtPlot in eine Designer-Oberfläche/ui-Datei integrieren

Wenn man mittels Qt Designer eine Programmoberfläche baut, möchte man da vielleicht auch ein **QwtPlot** einbetten. Das kann man auf zwei verschiedene Arten machen:

1. ein QWidget als Platzhalter einfügen und zu einem Platzhalterwidget für das **QwtPlot** machen, oder
2. die Qwt-Designer-Plugins verwenden.

12.5.1. Definition eines Platzhalterwidgets

Zur Erklärung wird im Qt Designer ein einfaches Widget entworfen:

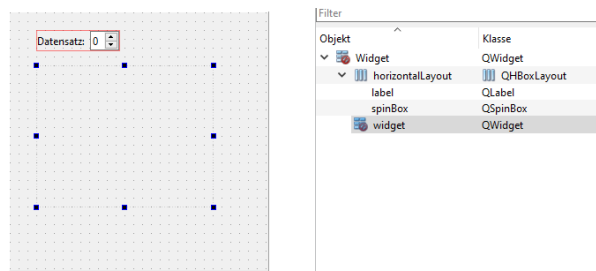
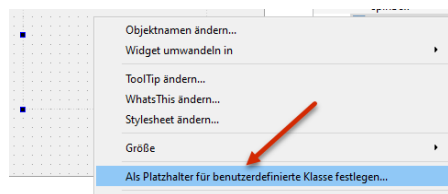
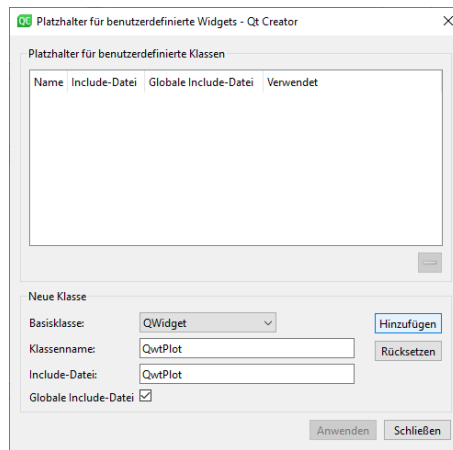


Abbildung 11. Widget mit Platzhalter-Widget für das Diagramm

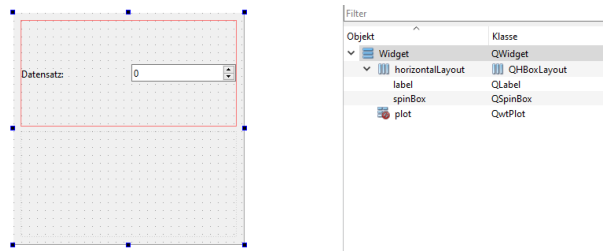
Unter der Spinbox wurde ein **QWidget** eingefügt. Dieses soll nun als Platzhalter für das **QwtPlot** dienen. Dazu im Kontextmenü des Widgets die Option "Als Platzhalter für benutzerdefinierte Klasse festlegen..." auswählen:



Und im Dialog eine neue Platzhalterklasse wie folgt definieren:



Die Eingabe mit "Hinzufügen" bestätigen und dann auf "Anwenden" klicken, um das Platzhalter-Widget in das **QwtPlot** zu wandeln. Wir benennen das noch in *plot* um, und füge das horizontale Layout und das Plotwidget in ein vertikales Layout ein:



Damit sich das Plotwidget den ganzen vertikalen Platz schnappt, wählt man das Top-Level Widget aus und scrollt in der Eigenschaftsleiste bis nach unten zu den Einstellungen für das vertikale Layout. Dort gibt man bei den Stretch-Faktoren "0,1" ein, wodurch sich das 2. Widget im Layout (das Plot) komplett ausdehnt.

12.5.2. Verwendung der Designer-Plugins

Dazu muss man die QtDesigner-Plugins zunächst erstellen und integrieren.

TODO :

Wenn man die erstmal installiert hat, kann man ein **QwtPlot** direkt aus der Komponentenpalette in den Entwurf zeihen und ist fertig.

13. Über den Autor

i. später, siehe <https://schneggenport.de>