

# Das Qwt Handbuch

Andreas Nicolai [andreas.nicolai@gmx.de](mailto:andreas.nicolai@gmx.de)

Version 1.0.0, Mai 2025

# Inhaltsverzeichnis

<b>Über dieses Handbuch</b>	<b>1</b>
<b>1. Überblick über die Qwt Bibliothek</b>	<b>1</b>
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. Qwt Designer Plugins	3
<b>2. Erste Schritte und ein interaktives Diagramm</b>	<b>3</b>
2.1. Programmrohbau	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	7
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
<b>3. QWT Widgets und Eingabekomponenten</b>	<b>11</b>
3.1. Schieberegler (Slider)	11
3.2. Drehräder/Einstellräder und	12
3.3. Drehknöpfe	12
3.4. Analoge Zeiger-Anzeigen	13
<b>4. Allgemeine Grundlagen des QwtPlot</b>	<b>13</b>
4.1. Aufbau und Elemente der Diagrammkomponente	14
4.1.1. Achsen und Koordinatensystem	14
4.1.2. Diagrammelemente	14
<b>5. Kurvendiagramme</b>	<b>15</b>
5.1. Liniendiagramm	15
5.2. Stäbchen (Sticks)	16
5.3. Stufendiagramme	17
5.4. Punkte (Dots)	17
5.5. Keine Linie	18
5.6. Symbole/Punkte	19
5.6.1. Symbolstile/Eingebauten Symbolformen	19
5.6.2. Nutzerdefinierte Formen via QPainterPath	20
5.6.3. SVG-Symbole	21
5.6.4. Bild-Symbole (Pixmap)	22
5.7. Intervallkurven	22
<b>6. Legende</b>	<b>22</b>
<b>7. Markierungslinien</b>	<b>22</b>
<b>8. Plotachsen</b>	<b>22</b>
8.1. Allgemeine Achsenformatierung	23
8.2. Skalen	23
<b>9. QwtText und Sonderformatierungen</b>	<b>23</b>
9.1. MathML	23
<b>10. Interaktiver Zoom und Verschieben von Diagrammausschnitten</b>	<b>23</b>
<b>11. Anpassung/Styling der Qwt Komponenten</b>	<b>23</b>
11.1. Allgemeines zu Farbpaletten	23
11.2. Rahmen und Zeichenfläche des Diagramms	23
11.2.1. Farbe und Rahmen des Plots	23
11.2.2. Zeichenfläche	24

<b>12. Exportieren und Drucken</b>	<b>24</b>
12.1. Exportieren des Plots als Pixelgrafik	25
12.1.1. Erstellen einer 1-zu-1 Kopie des Plotwidgets	25
12.1.2. Kopie in die Zwischenablage	25
12.1.3. QwtPlot mit anderer Auflösung abspeichern	25
12.1.4. Diagrammelemente skalieren (DPI ändern)	26
12.2. Exportieren des Plots als Vektorgrafik	26
12.3. Drucken	26
<b>13. Fortgeschrittene Themen</b>	<b>26</b>
13.1. Objekte aus dem QwtPlot loslösen	26
<b>14. Download/Installation/Erstellung der Qwt Bibliothek</b>	<b>26</b>
14.1. Download fertiger Pakete	27
14.1.1. Windows/Mac	27
14.1.2. Linux	27
14.2. Erstellung aus dem Quelltext	27
14.2.1. Windows	27
14.2.2. Linux/Mac	28
14.3. Qt Designer Plugins	28
14.4. Verwendung des Plots in eigenen Programmen	28
14.4.1. Windows	28
14.4.2. Linux/Mac	28
14.5. Das QwtPlot in eine Designer-Oberfläche/ui-Datei integrieren	28
14.5.1. Definition eines Platzhalterwidgets	28
14.5.2. Verwendung der Designer-Plugins	29
<b>15. Über den Autor</b>	<b>30</b>

# Über dieses Handbuch

Dieses Projekt ergänzt die API-Dokumentation zur Qwt-Bibliothek und bietet sowas wie ein Programmierhandbuch mit vielen Details zu den Internas der Bibliothek. Der Fokus liegt aber ganz klar auf der **QwtPlot** Diagrammkomponente. 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 hängengeblieben bin.

Die englische Version und die PDF-Variante gibt's hier: <https://ghorwin.github.io/qwtbook>.

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 dynamischen 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 kostenfrei 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.

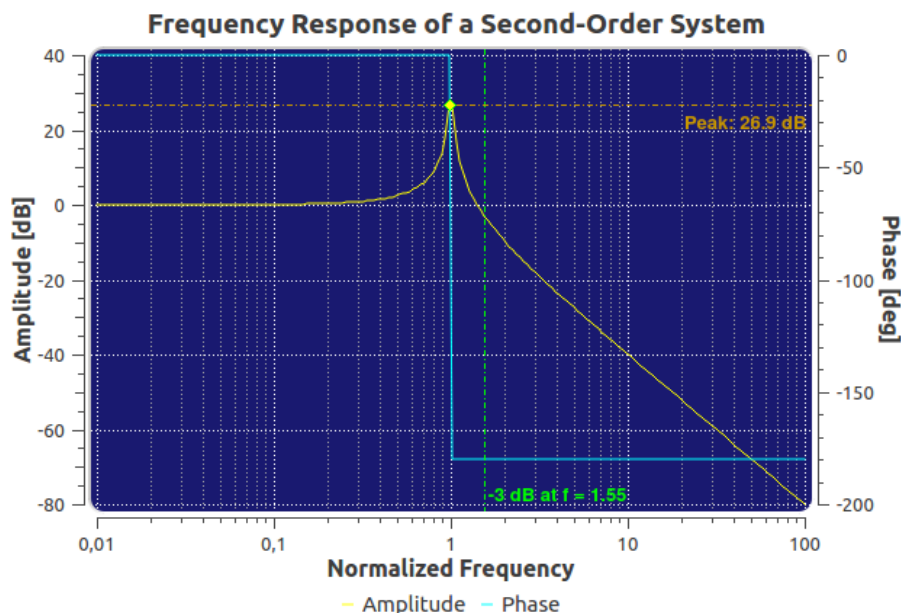


Abbildung 1. Beispiel für die QwtPlot-Komponente

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 14.

## 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.

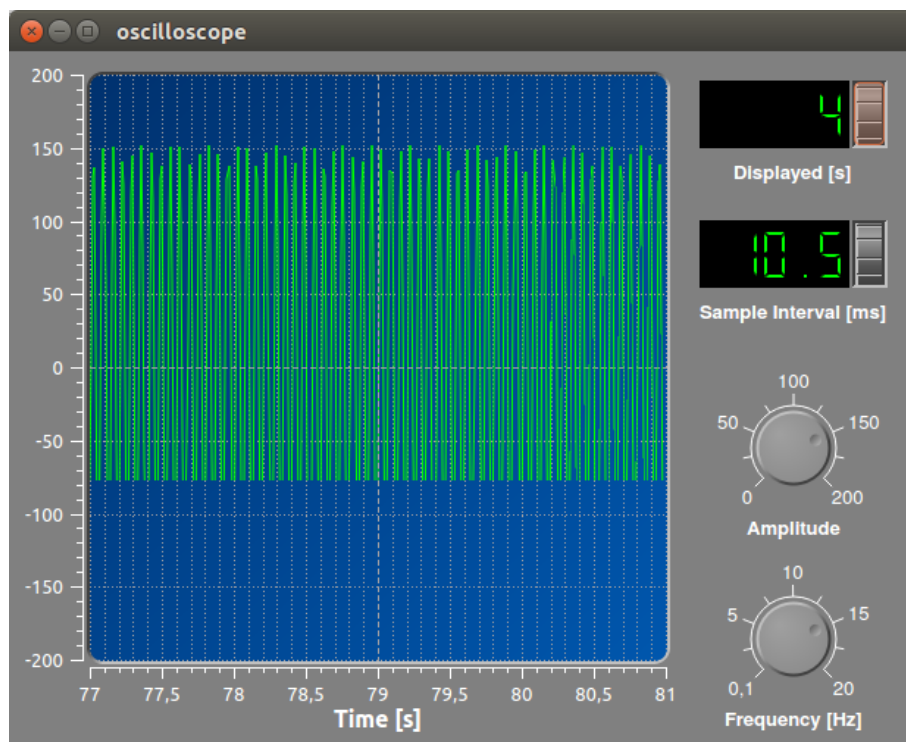


Abbildung 2. QwtPlot mit abgerundeten Ecken

Details zum Styling und zur Anpassung des Erscheinungsbildes sind im Kapitel 11 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 13.1 beschrieben wird). Daher ist es sinnvoll, bei veränderlichen Diagrammelementen einen Mechanismus zur jeweiligen Neuerstellung eines Zeichenobjekts vorzusehen (Factory-Konzept).

## 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. Qwt Designer Plugins

Die Qwt Bibliothek bringt Plugins für Qt Designer bzw. Qt Creator 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.



Die API der Qt Designer Plugins hat sich in jüngeren Qt Creator-Versionen geändert, weswegen die Qwt Designer Plugins mit aktuellen Qt und Qt Creator Versionen nicht mehr funktionieren selbst wenn man die mit den passenden Bibliotheksversionen kompiliert.

Auch 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 14.5.

## 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 14.

```
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 14.2).



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).

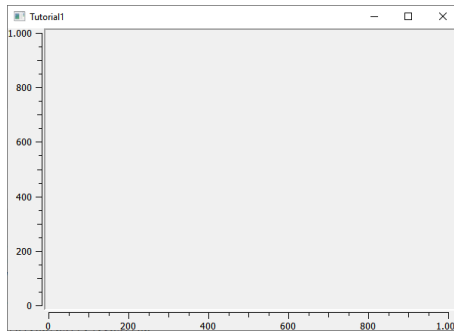


Abbildung 3. Das nackte Plotwidget

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 5 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.

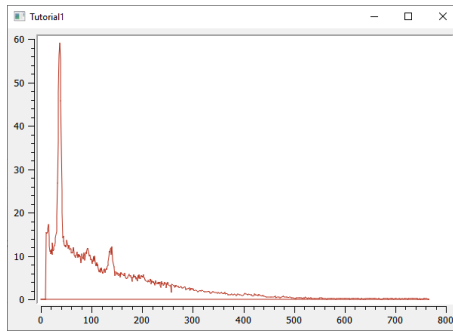


Abbildung 4. Diagramm mit Linie

### 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 6 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 9.1).

### 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 Stifte (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.

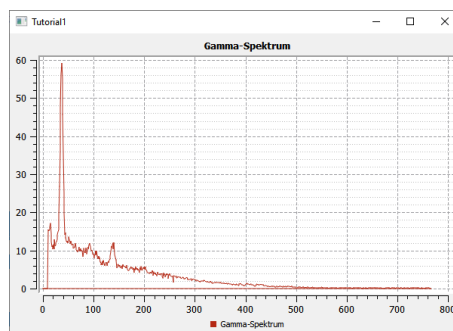


Abbildung 5. Diagramm mit Linie, Legende, Titel und Gitterlinien

## 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 8.

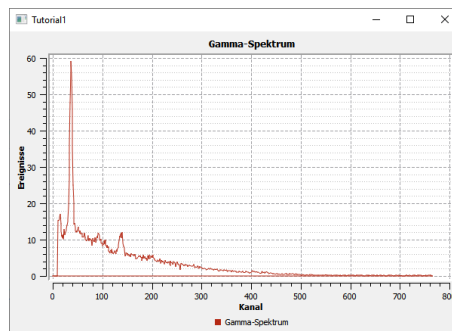


Abbildung 6. Vollständig formatiertes Diagramm

Die Achsen passen sich standardmäßig automatisch an den Wertebereich der angezeigten Kurven an. Das kann man natürlich auch ändern, siehe Kapitel 8.

### 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 8 beschreibt die Details der `ScaleEngine` und gibt weitere Beispiele.

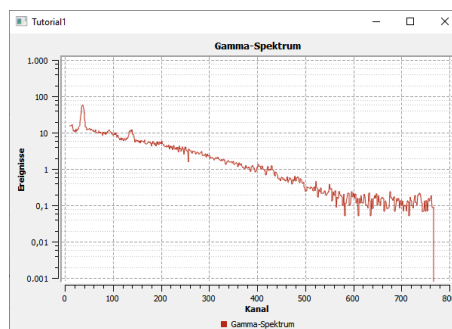


Abbildung 7. Diagramm mit logarithmischer Y-Achse

### 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
```

```

QtPlotMarker * marker = new QtPlotMarker("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(QtPlotMarker::VLine);
marker->setLabel(QtText("207,50 keV"));
marker->attach(&plot); // plot takes ownership

```

Auch bei den Markern gibt es vielfältige Einstellungsmöglichkeiten, siehe Kapitel 7.

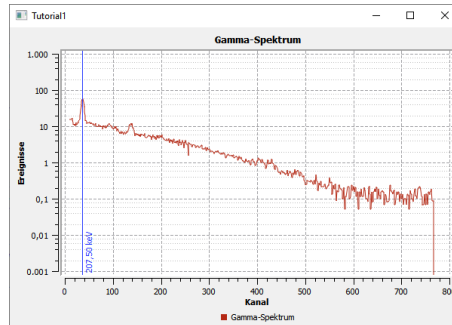


Abbildung 8. Diagramm mit logarithmischer Y-Achse und vertikaler Peak-Markierung

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

## 2.3. Interaktion mit dem Diagramm

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

### 2.3.1. Zoomfunktionalität mit QtPlotZoomer

Die Zoom-Funktionalität wird über die Klasse **QtPlotZoomer** hinzugefügt (Header **QtPlotZoomer** bzw. **qwt\_plot\_zoomer.h**):

```

// Zoomer hinzufügen
// Achtung: NICHT QtPlot selbst als 3 Argument übergeben, sonder das canvas()
QtPlotZoomer * zoomer = new QtPlotZoomer(QtPlot::xBottom, QtPlot::yLeft, plot.canvas()); // plot takes ownership
zoomer->setTrackerMode( QtPlotPicker::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(QtPlotPicker::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 **QtPlot** 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 **QtPlotZoomer**-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 **QtPlotZoomer::setZoomBase()** aufrufen. Details dazu gibt es im Kapitel 10.

Im Quelltext gibt es noch eine Besonderheit. Während die bisherigen Plotelemente immer mit Memberfunktionen der **QtPlot**-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 der 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.

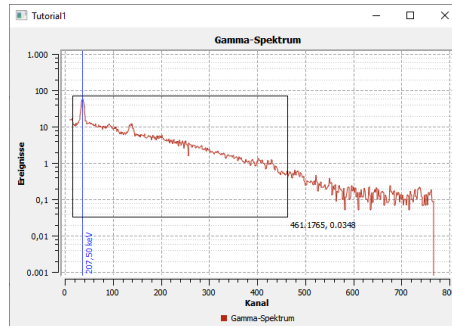


Abbildung 9. Diagramm mit aufgezoogenem Zoom-Rechteck

### 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 Bildschirmgehalten 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 14.5 beschrieben.

## 3. QWT Widgets und Eingabekomponenten

Neben dem `QwtPlot` gibt es in der Qwt-Bibliothek noch eine Reihe anderer Eingabekomponenten, die in diesem Kapitel kurz vorgestellt werden. Viele dieser Komponenten sind klassischen Anzeigen und Einstellrädern in wissenschaftlich/technischen Geräten nachempfunden.

Für die Anzeige der Skalen verwenden die nachfolgend vorgestellten Komponenten intern zur Darstellung der Skalen die in `[sec::axisScales]` näher beschriebenen Skalenberechnungs- und -zeichenklassen.

### 3.1. Schieberegler (Slider)

Die Klasse `QwtSlider` erlaubt die Darstellung verschiedener Schieberegler, welche mit der Maus oder Tastatur (Cursortasten) bedient werden können. Im Gegensatz zur `QSlider` Klasse können die Skalen viel flexibler und auch nichtlinear definiert werden.

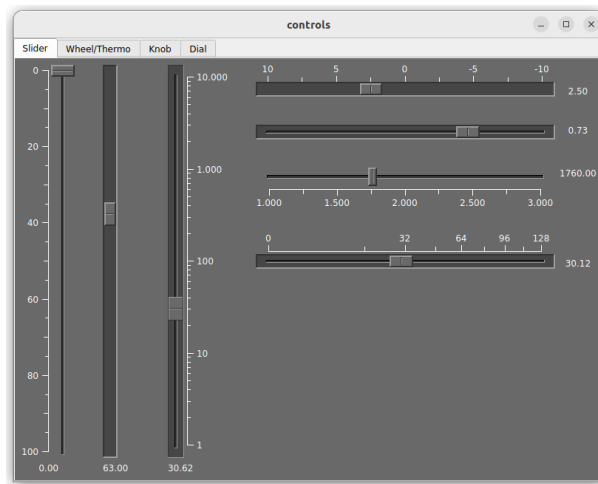


Abbildung 10. Beispiele für `QwtSlider`

Das Beispiel im Screenshot oben ist in der Qwt-Bibliothek als Beispiel `controls` enthalten.

### 3.2. Drehräder/Einstellräder und

Die Klasse `QwtWheel` zeigt ein horizontales oder vertikales Einstellrad. Die Klasse `QwtThermo` zeigt eine Balkenanzeige, allerdings mit einer flexibel hinterlegbaren Farbtabelle. Dies erlaubt z.B. Farbverläufe oder Farbsprünge bei Übersteigen bestimmter Schwellwerte.

Qt selbst bietet für eine Balkenanzeige die Klasse `QProgressBar` an, welches sich aber im Erscheinungsbild an den jeweiligen Plattformstil für Fortschrittsbalken orientiert und auch keine Skalen bietet.

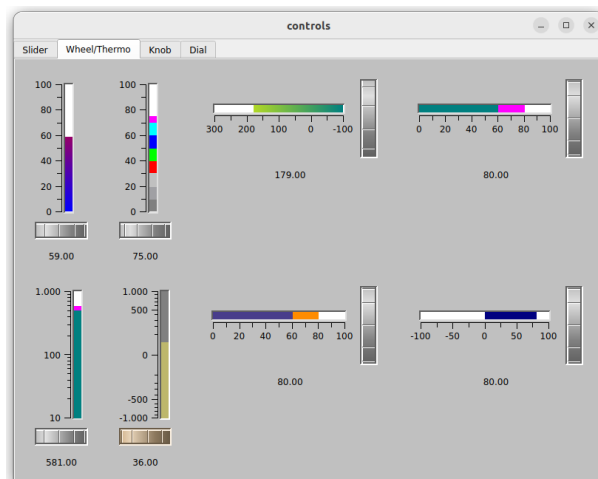


Abbildung 11. Beispiele für `QwtWheel` und `QwtThermo`

Das Beispiel im Screenshot oben ist in der Qwt-Bibliothek als Beispiel `controls` enthalten.

### 3.3. Drehknöpfe

Die Klasse `QwtKnob` zeigt einen Drehknopf, mit ebenso flexibel konfigurierbaren Skaleneinheiten. Die Qt-Klasse `QDial` bietet ebenso ein Einstellrad, jedoch wiederum viel simpler und mit weniger Einstellungsmöglichkeiten hinsichtlich der Skalendarstellung und -skalierung.

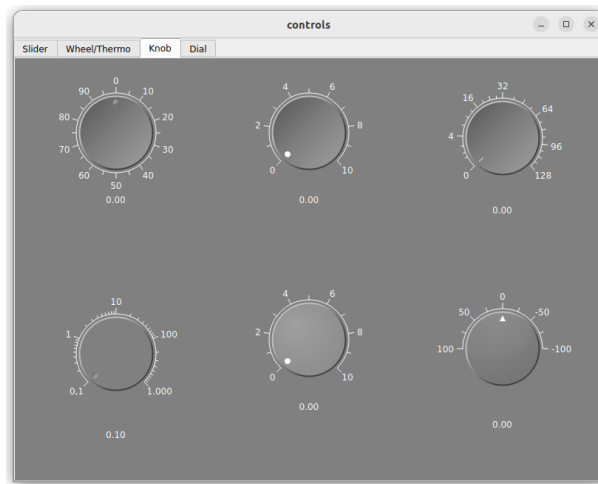


Abbildung 12. Beispiele für QwtKnob

Das Beispiel im Screenshot oben ist in der Qwt-Bibliothek als Beispiel `controls` enthalten.

### 3.4. Analoge Zeiger-Anzeigen

Die Klasse `QwtDial` zeichnet analoge Zeigeranzeigen, die aber auch mit der Maus/Tastatur verändert werden können (wenn man das aktiviert). Die Anzeigen lassen sich farblich sehr individuell konfigurieren.



Abbildung 13. Beispiele für QwtDial

Das Beispiel im Screenshot oben ist in der Qwt-Bibliothek als Beispiel `controls` enthalten.

Bemerkenswert ist vielleicht noch, dass die Anzeigenadel selbst unabhängig von der Klasse `QwtDial` durch eine separate Klasse implementiert wird. Als Standard wird hier `QwtDialSimpleNeedle` verwendet, wie im Screenshot oben. Man kann sich hier aber auch austoben, und selber beliebige Anzeigenadeln entwerfen und integrieren.

## 4. Allgemeine Grundlagen des QwtPlot

Das `QwtPlot` ist sicher die nützlichste und am weitesten bekannte Komponente der Qwt Bibliothek. Im Gegensatz zu vielen anderen Qt-Diagrammkomponenten, kann man mit dem `QwtPlot` wirklich sehr flexibel (und effizient) alle möglichen Diagrammtypen erstellen und anzeigen.



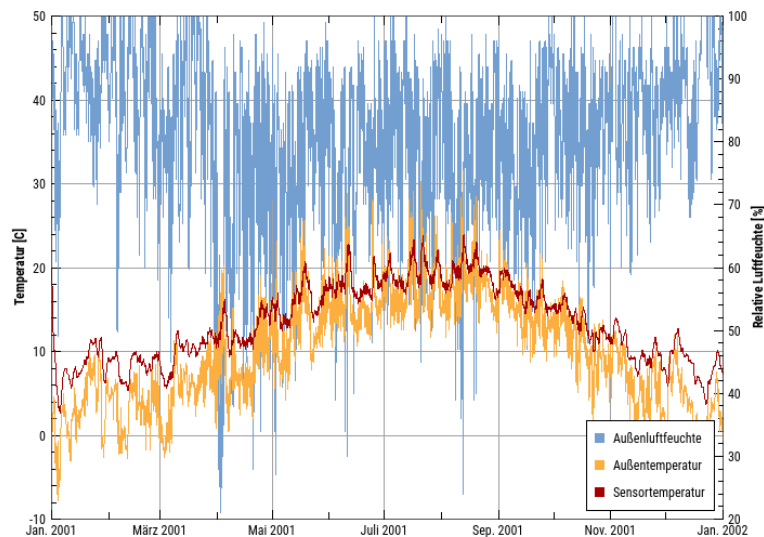


Abbildung 14. Beispiel für ein typisches `QtPlot` mit zwei y-Achsen und innenliegender Legende.

Bevor ab Kapitel 5 die einzelnen Diagrammtypen vorgestellt werden, geht es in diesem Kapitel um die wesentlichen Grundlagen.

## 4.1. Aufbau und Elemente der Diagrammkomponente

Das `QtPlot` besteht aus einem Titel, umliegenden Achsen, Legenden und der eigentlichen Zeichenfläche. Alle diese Elemente können konfiguriert und sichtbar/unsichtbar geschaltet werden.

### 4.1.1. Achsen und Koordinatensystem

Das Diagramm selbst ist ein kartesisches Diagramm mit maximal 4 Achsen, identifiziert über folgende Enumerationswerte:

- `QtPlot::xBottom`
- `QtPlot::xTop`
- `QtPlot::yLeft`
- `QtPlot::yRight`

Diese Achsen haben primär die Aufgabe, zwischen den Koordinaten des Plots (x,y) und Bildschirmkoordinaten umzurechnen. Jede der vier Achsen kann individuell konfiguriert werden, welches sich auf die min/max-Werte und die Achsenskalierung auswirkt.

### 4.1.2. Diagrammelemente

Innerhalb der Zeichenfläche kann man nun die verschiedensten Elemente zeichnen, bspw.:

- Linien,
- Balken,
- Symbole,
- Markierungen,
- Legendeneinträge,
- Gitterraster,
- ... und viele weitere

Alle diese Objekte sind von der Basisklasse `QtPlotItem` abgeleitet und teilen sich dadurch gewisse gemeinsame Eigenschaften.

In einem Diagramm kann man alle möglichen Elemente kombinieren, also auch Liniendiagramme mit Balken, Symbolen und Markierungen darstellen.



Die Zeichenreihenfolge, also welches Zeichenelement ein anderes überdeckt, bestimmt das `z`-Attribut. Dies wird über die Funktionen `QwtPlotItem::setZ(...)` und `QwtPlotItem::z()` kontrolliert.

Die Positionierung der Diagrammelemente erfolgt über die Plotkoordinaten. Die Umrechnung in Bildschirmkoordinaten bzw. die konkrete Position auf der Zeichenfläche wird mittels der jeweils zugeordneten `x`- und `y`-Achse gemacht. Da es nun jeweils zwei `x`- und `y`-Achsen gibt, braucht man also bei Anzeige eines Diagrammelements an einem bestimmten `x,y`-Datenpunkt zwingend eine Zuordnung zu *einer* `x`- und *einer* `y`-Achse. Diese Eigenschaft setzt man den einzelnen Zeichenelementen, wobei standardmäßig `xBottom` und `yLeft` ausgewählt sind.



Die Zuordnung eines Zeichenelements zu einer Achse erfolgt mit den Memberfunktionen `QwtPlotItem::setAxes(...)`, `QwtPlotItem::setXAxis(...)`, `QwtPlotItem::setYAxis(...)`.

Alle Zeichenelemente werden *grundsätzlich* auf dem Heap mit `new` erstellt und mittels der Memberfunktion `QwtPlotItem::attach(...)` dem eigentlichen `QwtPlot` hinzugefügt.



Beim Aufruf von `attach()` wird das Zeichenelement in die Obhut des `QwtPlot` übergeben, welches sich dann um das Aufräumen des Speichers kümmert. Möchte man das Zeichenelement wieder zurückerhalten, ruft man die Memberfunktion `detach()` auf. Damit übernimmt man dann selbst wieder die Verantwortung für das Speicherbereinigen.

Das `QwtPlotItem` deklariert und implementiert auch die virtuellen Funktionen für das Zeichnen sowie Berechnen wichtiger Layoutdaten. Dies wird aber später in den fortgeschrittenen Kapiteln noch genauer erklärt. Nun aber zu den individuellen Zeichenelementen und daraus erstellten Diagrammtypen.

## 5. Kurvendiagramme

Die wohl häufiges Diagrammart werden wohl Kurvendiagramme sein. Kurvendiagramme bzw. Liniendiagramme sind parametrische Kurven, bei denen die einzelnen Punkte nacheinander gezeichnet werden, und im Fall von Liniendiagrammen durch Linien verbunden werden. Weder `x`- noch `y`-Werte müssen monoton steigen.

Das Zeichenelement `QwtPlotCurve` wird jedoch nicht nur für Liniendiagramme im klassischen Sinn benutzt, sondern auch für Stufen, Stäbchen, Punkt/Symbol-Diagramme und so weiter. Alle diese Varianten haben jedoch gemein, dass sie als Daten einen `x`- und einen `y`-Vector mit Daten in Plotkoordinaten erwarten.

Der individuelle Stil der Kurve wird mit der Funktion `QwtPlotCurve::setStyle()` festgelegt. Je nach Stil können/müssen weitere Parameter festgelegt werden. In den folgenden Abschnitten werden die möglichen Diagrammtypen für jeweils die gleichen `x/y`-Daten im Vergleich gezeigt.

Tabelle 1. Testdaten für die nachfolgenden Diagramme

<b>x</b>	<b>y</b>
1	5
2	4
5	8
6	8
10	4
12	5
15	8
16	9
17	11

### 5.1. Liniendiagramm

Konfiguration einer `QwtPlotCurve` als Linie:

```
QwtPlotCurve *curve = new QwtPlotCurve();
curve->setStyle(QwtPlotCurve::Lines);
```

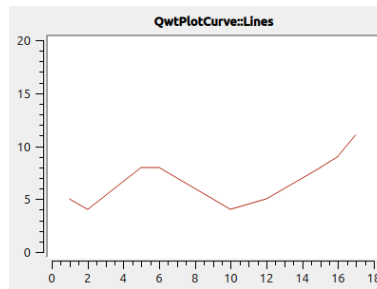


Abbildung 15. Liniendiagramm

## 5.2. Stäbchen (Sticks)

Konfiguration einer `QwtPlotCurve` als vertikale Stäbchen:

```
QwtPlotCurve *curve = new QwtPlotCurve();
curve->setStyle(QwtPlotCurve::Lines);
curve->setOrientation(Qt::Vertical);
```

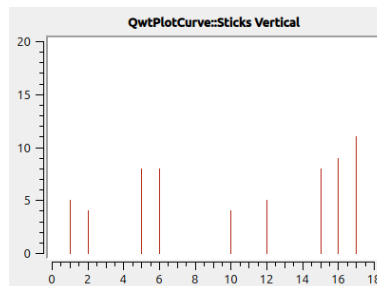


Abbildung 16. Vertikale Stäbchen

Alternativ kann man die Stäbchen auch horizontal zeichnen. Dazu muss man zusätzlich die Ausrichtung mit `QwtPlotSeriesItem::setOrientation()` setzen:

```
QwtPlotCurve *curve = new QwtPlotCurve();
curve->setStyle(QwtPlotCurve::Lines);
curve->setOrientation(Qt::Horizontal);
```

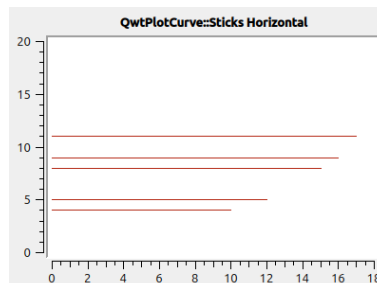


Abbildung 17. Horizontale Stäbchen

### 5.3. Stufendiagramme

Wenn die Daten nicht linear verbunden werden sollen, sondern eher Stufen darstellen, kann man den Linientyp **Steps** verwenden. Das Zusatz-Attribut `QwtPlotCurve::Inverted` gibt dabei an, ob die Stufe am Ende des Intervalls oder Anfang des Intervalls sein soll. Kurvenattribute werden mit `QwtPlotCurve::setCurveAttribute()` gesetzt:

```
QwtPlotCurve *curve = new QwtPlotCurve();
curve->setStyle(QwtPlotCurve::Steps);
curve->setCurveAttribute(QwtPlotCurve::Inverted, false);
```

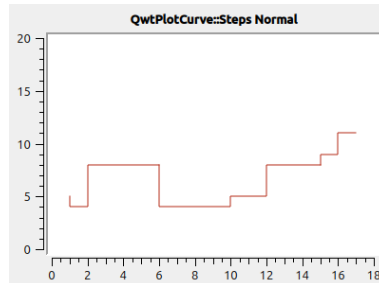


Abbildung 18. Stufendiagramm (normal)

Betrachtet man die Eingangsdaten:

```
x  y
1  5
2  4
5  8
...
```

so fällt auf, dass im ersten Intervall, also zwischen  $x=1..2$ , der Wert  $y=4$  gezeichnet wird und an der Stelle  $x=1$  die Verbindungslinie zwischen  $y=5$  und  $y=4$  gezeichnet wird.

Will man direkt den ersten y-Wert im ersten Intervall zeichnen (das wäre eher die natürliche Erwartungshaltung), so muss man das Attribut **Inverted** setzen:

```
QwtPlotCurve *curve = new QwtPlotCurve();
curve->setStyle(QwtPlotCurve::Steps);
curve->setCurveAttribute(QwtPlotCurve::Inverted, true);
```

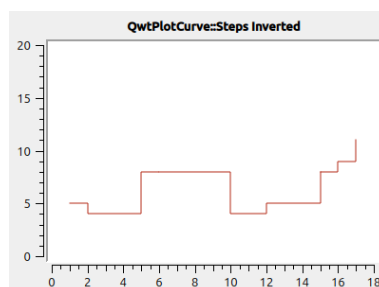


Abbildung 19. Stufendiagramm (invertiert)

### 5.4. Punkte (Dots)

Man kann an den jeweiligen x,y-Koordinaten auch einfach nur Punkte (auch nur einzelne Pixel) zeichnen. Das geht *sehr schnell* verglichen mit dem Zeichnen von Symbolen (siehe Kapitel 5.6) und kann für größere Punktwolken verwendet werden.



Bei der Verwendung von `QwtPlotCurve::Dots` sollte man bei heute üblichen Bildschirmauflösungen immer einen `QPen` mit größerer Breite einstellen, da mein *einzelne Pixel* sonst nur noch schwer sehen kann. Für die Visualisierung großer Punktwolken (> 100000 Pixel) kann die Verwendung von einzelnen Pixeln durchaus noch einen Mehrwert bieten. Für alle besonderen Formen (Kreuze, Rauten, Ringe, Sterne, ...) ist die Verwendung von Symbolen (siehe Kapitel 5.6) sinnvoll.

```
QwtPlotCurve *curve = new QwtPlotCurve();
curve->setStyle(QwtPlotCurve::Dots);
curve->setPen(QColor(180,40,20), 4); // width of 4 makes points better visible
```

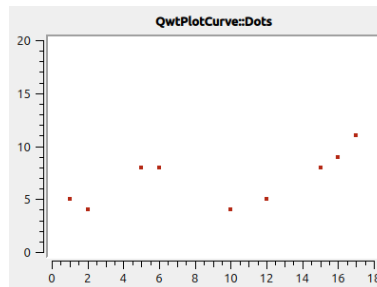


Abbildung 20. Punktediagramm



Bei der Visualisierung von Punktwolken kann es hilfreich sein, Transparenz/Alphablending zu benutzen. Dazu einfach bei der Zeichenfarbe noch einen Alphawert kleiner als 255 setzen.

```
QwtPlotCurve *curve = new QwtPlotCurve();
curve->setStyle(QwtPlotCurve::Dots);
curve->setPen(QColor(0,40,180,32), 2); // 2 pixels wide, alpha value 32
```

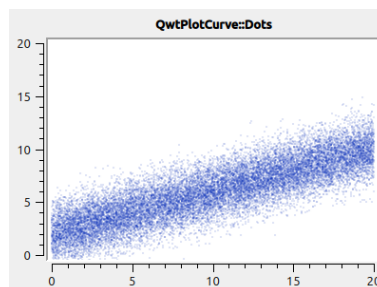


Abbildung 21. Punktwolke mit halbtransparenten Punkten



Wenn man ein Liniendiagramm mit Visualisierung von Stützstellen erhalten will, so kann man natürlich *zwei* Linien ins Diagramm einfügen: eine mit Stil `QwtPlotCurve::Lines` und die zweite mit Stil `QwtPlotCurve::Dots` darüber, d.h. mit höherem z-Wert, zeichnen. Dann muss man aber auch zwei mal die Daten ins Diagramm geben und man erhält auch zwei Legendeneinträge (die kann man zwar abschalten, siehe Kapitel 6, aber trotzdem). Besser ist hier die Verwendung von nur einer Kurve und Symbolen an den Stützstellen (siehe Kapitel 5.6).

## 5.5. Keine Linie

Möchte man eine Kurve ausschließlich mit Symbolen zeichnen (siehe nachfolgendes Kapitel), so kann man das Zeichnen des Linienzugs auch komplett ausstellen:

```
curve->setStyle(QwtPlotCurve::NoLine);
```

## 5.6. Symbole/Punkte

An den jeweiligen x,y-Koordinaten einer Kurve kann man auch Symbole zeichnen. Dafür bietet die Qwt-Bibliothek die Klasse `QwtSymbol` an.

Ein Symbol fügt man zu eine Kurve wie folgt hinzu:

```
// Symbol hinzufügen
QwtSymbol * symbol = new QwtSymbol(QwtSymbol::Ellipse);
symbol->setSize(8);
symbol->setPen(QColor(0,0,160), 2);
symbol->setBrush(QColor(120,170,255));
curve->setSymbol(symbol); // Curve takes ownership of symbol
```

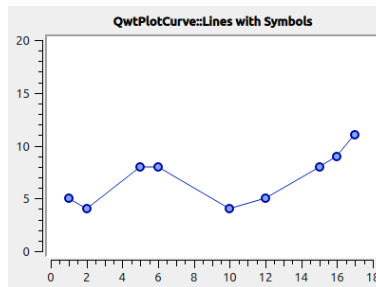


Abbildung 22. Liniendiagramm mit ausgefüllten Kreissymbolen

Zuerst wird das zu verwendende Symbol auf dem Heap mit `new` erzeugt. Der Konstruktor übernimmt den Typ des Symbols (siehe auch Galerie unten). Man kann das aber auch später über `QwtSymbol::setStyle()` setzen.

Wichtig ist auch die Größe des Symbols, gesetzt mittels `QwtSymbol::setSize()` in Pixeln. Diese Größe skaliert das Symbol je nach Form.

Außerdem wichtig sind die Eigenschaften Pen und Brush (`QwtSymbol::setPen()` und `QwtSymbol::setBrush()`). Der Pen wird für das Zeichnen des Umrisses verwendet und der Brush, so gesetzt, für das Ausfüllen der Form. Manche Symbole wie das Kreuz sind nicht ausgefüllt, daher hat hier der Brush keine Wirkung.

Schließlich wird das Symbol der Kurve mit `QwtPlotCurve::setSymbol()` gegeben.



Beim Aufruf von `QwtPlotCurve::setSymbol()` übernimmt die Plot-Kurve die Verantwortung für's Speicheraufräumen.

Die Symbolklasse ist ziemlich mächtig und kann verschiedenste Symbole zeichnen:

- vorgefertigte Formen wie Kreise, Rechtecke, Kreuze, etc. (Stil `QwtSymbol::Ellipse...QwtSymbol::Hexagon`)
- nutzerdefinierte Bilder/Pixmap (Stil `QwtSymbol::Pixmap`)
- spezifische Grafiken gekapselt in Klasse `QwtGraphic` und erzeugt durch eine Anzahl von `QwtPainterCommand` Anweisungen (Stil `QwtSymbol::Graphic`) (siehe auch [sec:qwtGraphic])
- SVG-Dokumente (Stil `QwtSymbol::SvgDocument`)
- nutzerdefinierte Formen, welche durch einen `QPainterPath` definiert sind (Stil `QwtSymbol::Path`)

### 5.6.1. Symbolstile/Eingebauten Symbolformen

Es gibt zahlreiche eingebaute Symbolformen (fett gedruckt im Diagrammtitel ist jeweils der `QwtSymbol::Style` Enumerationsname):

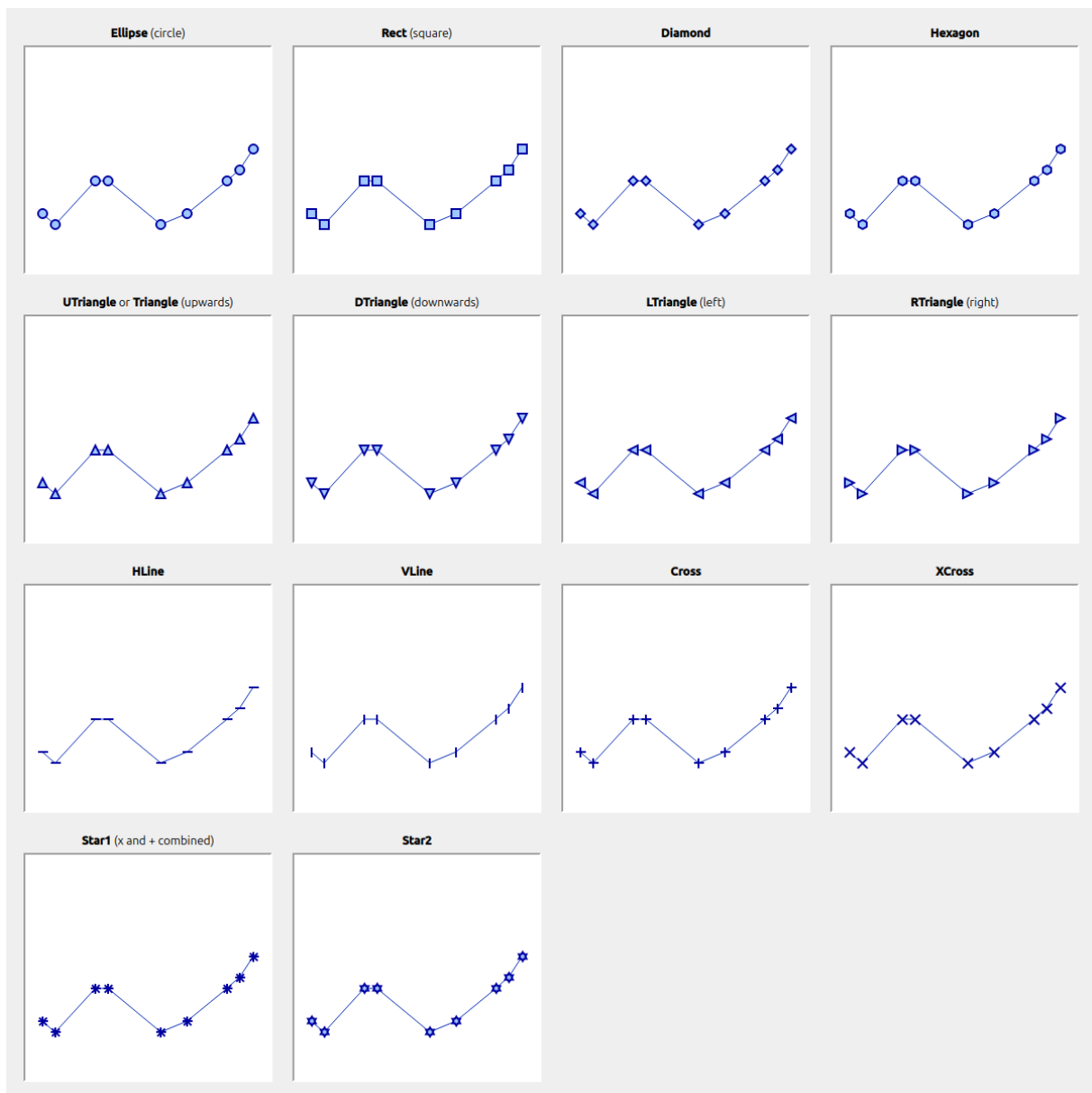


Abbildung 23. Eingebaute Symboltypen/Stile und deren Enumerationstypen

### 5.6.2. Nutzerdefinierte Formen via QPainterPath

Man kann beliebige eigene Symbolformen setzen, indem man die Klasse `QPainterPath` verwendet. Folgendes Beispiel generiert ein Glühlampensymbol:

```
// Symbol hinzufügen
QwtSymbol * symbol = new QwtSymbol(QwtSymbol::Path);
QPainterPath p;
p.addEllipse(QRectF(-10,-10,20,20));
p.moveTo(-7,-7);
p.lineTo(7,7);
p.moveTo(7,-7);
p.lineTo(-7,7);
symbol->setPath(p);
symbol->setPen(QColor(0,0,120), 2);
symbol->setBrush(QColor(160,200,255));
curve->setSymbol(symbol); // Curve takes ownership of symbol
```

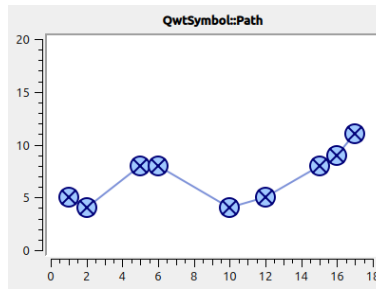


Abbildung 24. Eigenes Symbol definiert mittels QPainterPath



Wenn man eine nicht-rechteckige Geometrie mit QPainterPath definiert, sollte man beim Ändern der Größe mittels `QwtSymbol::setSize()` die Variante mit den zwei Argumenten aufrufen, also `QwtSymbol::setSize(width,height)`. Die Variante mit nur einem Argument transformiert den Pfad onst auf ein Quadrat. Da man üblicherweise keine nicht-quadratischen Formen als Symbol definiert, dürfte das aber nur selten ein Problem sein.

### 5.6.3. SVG-Symbole

Man kann eigene SVG-Dateien rendern und anzeigen lassen. Dafür muss man nur eine SVG-Datei einlesen/definieren und als Symbol setzen:

```
QwtSymbol * symbol = new QwtSymbol(QwtSymbol::SvgDocument);
QFile f("symbol.svg");
f.open(QFile::ReadOnly);
QTextStream strm(&f);
QByteArray svgDoc = strm.readAll().toLatin1();
symbol->setSvgDocument(svgDoc);
curve->setSymbol(symbol); // Curve takes ownership of symbol
```



Auch hier ist beim Festlegen der Größe wieder auf das Seitenverhältnis zu achten und zumeist die Variante `QwtSymbol::setSize(width,height)` zu verwenden.

Manchmal liegt der Ankerpunkt des SVG-Bildes nicht im Zentrum, wie in obigem Beispiel:

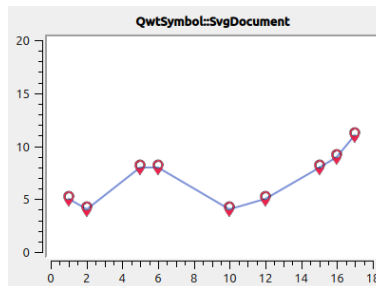


Abbildung 25. Zentriertes SVG-Symbol, welches eigentlich aber nach oben verschoben sein sollte

Man kann den Ankerpunkt bzw. den Zentrierpunkt des Symbols aber mit `QwtSymbol::setPinPoint()` ändern. Die Koordinaten des PinPoint werden dabei von links/oben des SVG-Bildes gemessen:

```
...
QRect br = symbol->boundingRect(); // size of symbol
symbol->setPinPoint(QPointF(br.width()/2-1,br.height()-3));
```



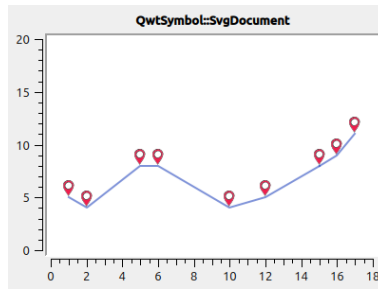


Abbildung 26. SVG-Symbol mit korrekter Ausrichtung des "Stecknadel"-Punktes



Man kann die manuell gesetzten Ankerpunkt auch wieder mit `QwtSymbol::setPinPointEnabled(false)` deaktivieren.

#### 5.6.4. Bild-Symbole (Pixmap)

Alternativ zu eigenen Vektorgrafiksymbolen kann man auch beliebige Bilder als Symbole verwenden. Dies geschieht analog zu den SVG-Symbolen:

```
QwtSymbol * symbol = new QwtSymbol(QwtSymbol::Pixmap);
QwtText t("QwtSymbol::Pixmap");
QPixmap pixmap;
pixmap.load("symbol.png");
symbol->setPixmap(pixmap);
QRect br = symbol->boundingRect(); // size of symbol
symbol->setPinPoint(QPointF(br.width()/2,br.height()-1));
curve->setSymbol(symbol); // Curve takes ownership of symbol
```

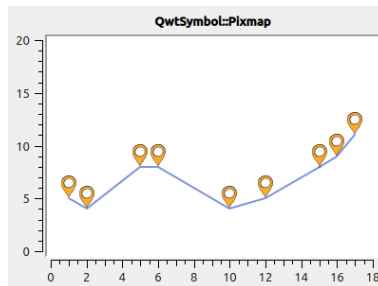


Abbildung 27. Pixmap-Symbol, auch mit manuell festgelegtem "Stecknadel"-Punkt

### 5.7. Intervallkurven

Eine spezielle Kurvenart ist die *Intervallkurve*, bereitgestellt über die Klasse `QwtPlotIntervalCurve`.

## 6. Legende

## 7. Markierungslinien

## 8. 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`

## 8.1. Allgemeine Achsenformatierung

## 8.2. Skalen

## 9. QwtText und Sonderformatierungen

### 9.1. MathML

## 10. Interaktiver Zoom und Verschieben von Diagrammausschnitten

## 11. Anpassung/Styling der Qwt Komponenten

### 11.1. Allgemeines zu Farbpaletten

Die Qwt-Komponenten verwenden die Qt Palette und deren Farbbrollen für die Einfärbung.

### 11.2. Rahmen und Zeichenfläche des Diagramms

Beim `QwtPlot` können verschiedene Elemente angepasst werden. Nachfolgend ist ein `QwtPlot` zu sehen, welches in einem äußeren Widget (dunkelgrau) eingebettet ist. Die hellgraue Fläche ist das eigentliche `QwtPlot`:

![[Rahmen und Zeichenfläche]](imgs/plotStylingOverview.png)

Im Screenshot sind die wichtigsten Attribute markiert:

1. Innenabstand (siehe `QWidget::setContentsMargins()`)
2. Rahmen (hauptsächlich für den Druck wichtig)
3. Hintergrund des Plot-Widgets
4. Zeichenfläche (engl. *Canvas*) (betrifft Hintergrundfarbe und Rahmen)

#### 11.2.1. Farbe und Rahmen des Plots

Die Farbe des äußeren Bereichs des Plots wird über die Paletteneigenschaft des `QwtPlot` kontrolliert. Standardmäßig wird der äußere Rand des Plot-Widgets transparent gezeichnet, d.h. die Farbe des darunterliegenden Widgets ist sichtbar. Um eine eigene Farbe zu setzen, muss daher `setAutoFillBackground(true)` aufgerufen werden:

```
QPalette pal = plot.palette();
// Die QPalette::Window Farbbrolle definiert die Einfärbung
// des äußeren Plotbereichs
pal.setColor(QPalette::Window, QColor(196,196,220));
plot->setPalette(pal);
// die Eigenschaft "autoFillBackground" muss dafür eingeschaltet sein
plot->setAutoFillBackground(true);
```

![[(imgs/plotStyling1.png)]]

**Hinweis:** In Abschnitt [Gradient als Plot-Hintergrund](customization/#gradient-als-plot-

hintergrund) wird beschrieben, wie man einen Farbverlauf im Plothintergrund umsetzt, und diesen bei Größenänderung entsprechend anpasst.

Der Rahmen wird wie bei einem normalen Widget angepasst:

```
plot->setFrameStyle(QFrame::Box | QFrame::Sunken);
```

Normalerweise ist ein solcher Rahmen nicht notwendig für die Bildschirmdarstellung oder für das Einbetten des QwtPlot in eine Programmoberfläche. Der Rahmen ist jedoch häufig beim [Export/Druck](export) des Widgets sinnvoll.

### 11.2.2. Zeichenfläche

Die Zeichenfläche kann eingefärbt werden:

```
plot->setCanvasBackground(Qt::darkGray);
```



Der Randabstand zwischen Achsenbeschriftung und Titel zum Rand kann definiert werden:

```
plot->setContentsMargins(15,10,35,5);
```



Die Rahmen um die Zeichenfläche kann durch Anpassen des Zeichenflächenobjekts (**QwtPlotCanvas**) verändert werden. **QwtPlotCanvas** ist von **QFrame** abgeleitet, wodurch es entsprechend angepasst werden kann. Es wird einfach neues Objekt erstellt, konfiguriert und dem Plot übergeben (das QwtPlot wird neuer Besitzer des Zeichenflächenobjekts):

```
QwtPlotCanvas * canvas = new QwtPlotCanvas(&plot);
canvas->setPalette(Qt::white);
canvas->setFrameStyle(QFrame::Box | QFrame::Plain );
canvas->setLineWidth(1);
plot->setCanvas(canvas);
```



Einfacher geht es durch Setzen des Stylesheets für das Canvas-Widget (siehe Qt-Widgets Dokumentation, welche Attribute unterstützt werden):

```
plot->canvas()->setStyleSheet(
    "border: 1px solid Black;"
    "border-radius: 15px;"
    "background-color: qlineargradient( x1: 0, y1: 0, x2: 0, y2: 1,"
    "stop: 0 LemonChiffon, stop: 1 PaleGoldenrod );"
);
```



## 12. 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.

## 12.1. Exportieren des Plots als Pixelgrafik

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

### 12.1.1. 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");
```

### 12.1.2. 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());
```

### 12.1.3. 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:

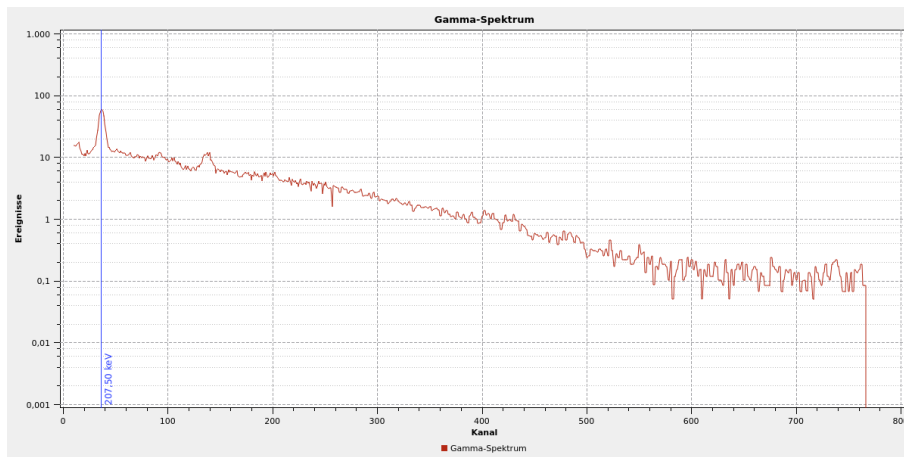


Abbildung 28. Plot in höherer Auflösung abgespeichert

#### 12.1.4. Diagrammelemente skalieren (DPI ändern)

TODO

### 12.2. Exportieren des Plots als Vektorgrafik

TODO

### 12.3. Drucken

TODO

## 13. 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!

### 13.1. 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

## 14. Download/Installation/Erstellung der Qwt Bibliothek

## 14.1. Download fertiger Pakete

### 14.1.1. Windows/Mac

Auf diesen Plattformen würde ich immer das Bauen aus dem Quelltext empfehlen, da das hinreichend einfach ist (siehe Kapitel 14.2 unten).

### 14.1.2. Linux

Unter Linux kann man auf die Pakete des Paketmanagers zurückgreifen.

#### Debian/Ubuntu

Beispielsweise für Ubuntu 24.04:

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

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

Für's Deployment eigener Programme und als Abhängigkeit eigener Pakete reicht es, dass Paket `libqwt-qt5-6` zu installieren.

## 14.2. Erstellung aus dem Quelltext

### 14.2.1. Windows

- Release `qwt-6.3.0.zip` herunterladen und entpacken.
- Datei `qwtconfig.pro` bearbeiten und Optionen ein-/ausschalten
- Kommandozeile mit Qt Umgebungsvariablen öffnen, z.B.: *Startmenu Qt 5.15.2 (MinGW 8.1.0 64-bit)*, oder alternativ in der Commandozeile die benötigten Umgebungsvariablen setzen.
- Ins Verzeichnis mit der `qwt.pro` wechseln

In der Commandozeile wird erwartet, dass:

- der Compiler ausführbar d.h. im Suchpfad ist
- der QTPATH gesetzt ist

#### MinGW32/64

Es wird eine MinGW32/64 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.

### Visual Studio Compiler

Es gibt verschiedene Compilerversionen, wobei 2017, 2019, 2022 oder VSCode aktuell üblich sind. Eine vorbereitete Kommandozeile öffnet man am Besten über den vorbereiteten Startmenü-Link, welcher für 2019 ungefähr so heißt: *Entwickler-Eingabeaufforderung für VS 2019*



Man muss hier darauf achten, dass man die richtige Variante wählt, also x86 oder x64.

Alternativ kann man auch eine normale Kommandozeile öffnen und danach die Compilerpfade und Optionen setzen. Hier hilft es, die normalerweise über das Startmenü verknüpfte Batchdatei auszuführen:

```
"%ProgramFiles(x86)%\Microsoft Visual Studio\2019\Community\Common7\Tools\VsDevCmd.bat" -arch=amd64
```

Gebaut wird mit jom:

```
:: Makefile erstellen
qmake qwt.pro
:: Bibliothek und Plugin/Beispiele bauen
nmake
:: Bibliothek installieren
nmake install
```

### Installationsverzeichnis/Relevante Pfade

Sofern nicht in der Datei `qwtconfig.pri` ein anderer Installationspräfix in der Variable `QWT_INSTALL_PREFIX` eingestellt wurde, ist die Bibliothek nach dem Erstellen 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)
```

#### 14.2.2. Linux/Mac

### 14.3. Qt Designer Plugins

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

### 14.4. Verwendung des Plots in eigenen Programmen

#### 14.4.1. Windows

#### 14.4.2. Linux/Mac

### 14.5. 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 Qt-Designer-Plugins verwenden.

#### 14.5.1. Definition eines Platzhalterwidgets

Zur Erklärung wird im Qt Designer ein einfaches Widget entworfen:

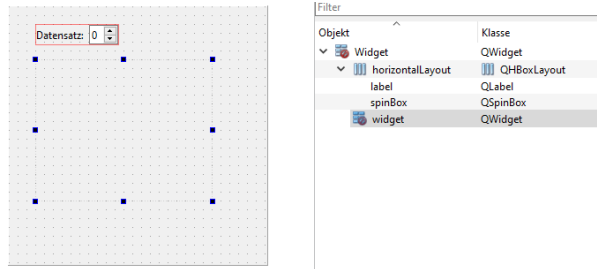
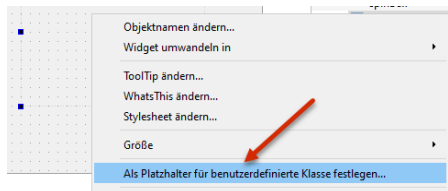
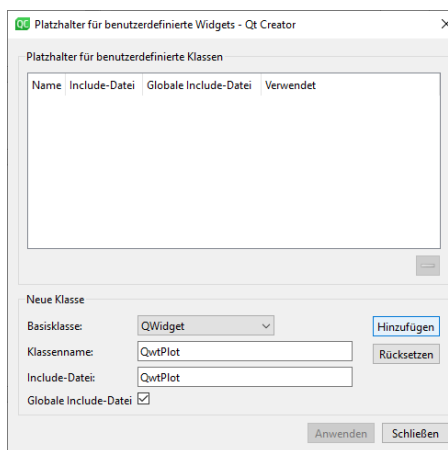


Abbildung 29. Widget mit Platzhalter-Widget für das Diagramm

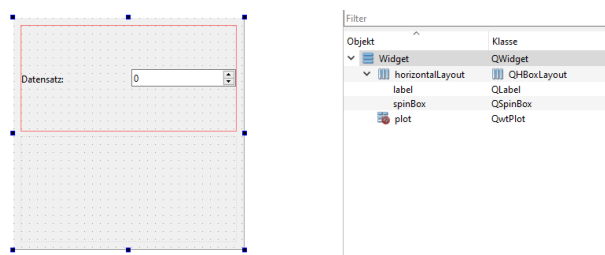
Unter der Spinbox wurde ein **QWidget** eingefügt. Dieses soll nun als Platzhalter für das **QwtPlot** dienen. Dazu im Kontextmenü des Widgets die Option "Als Platzhalter für benutzerdefinierte Klasse festlegen..." auswählen:



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.

### 14.5.2. 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.

## 15. Über den Autor

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