HMChart

Version: 04.06.2017

2D-Charts mit Animation unter Microsoft Windows, Linux und Mac OS X (X11)

Tilman Küpper (tilman.kuepper@hm.edu)

Inhalt

1. HMChart zum Programmierprojekt hinzufügen

HMChart ermöglicht die Programmierung einfacher 2D-Charts in den Programmiersprachen C und C++ unter Microsoft Windows und dem X Window System (X11). Die X11-Version kann sowohl unter Linux als auch unter Mac OS X genutzt werden. Die Charts werden in separaten Fenstern angezeigt, der Einsatz von HMChart ist daher – gerade auch – aus Konsolenanwendungen heraus möglich.

Microsoft Visual Studio (Betriebssystem: Microsoft Windows)

Falls die Entwicklungsumgebung Microsoft Visual Studio genutzt wird, sind lediglich die zwei Dateien **chart.h** und **chart-windows.c** zum Projekt hinzuzufügen. Die folgende Abbildung zeigt Microsoft Visual Studio 2015 mit einem geöffneten Projekt. Auf der linken Seite ist der Projektmappen-Explorer sichtbar, in dem die beiden genannten Dateien aufgelistet sind.

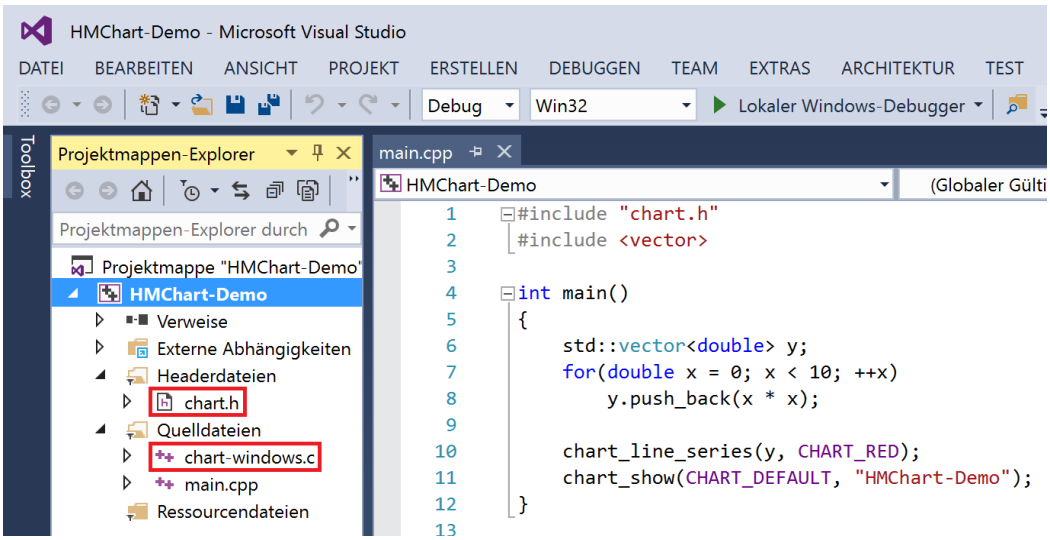


Abbildung 1 – Microsoft Windows, Benutzeroberfläche von Microsoft Visual Studio 2015

Qt Creator (Betriebssysteme: Microsoft Windows, Linux, Mac OS X)

Falls die Entwicklungsumgebung Qt Creator genutzt wird, sind zunächst die zwei Dateien **chart.h** und **chart-windows.c** (Microsoft Windows) bzw. **chart.h** und **chart-x11.c** (Mac OS X und Linux) zum Projekt hinzuzufügen. Anschließend müssen die folgenden Einträge in der Projektdatei (.pro-Datei) ergänzt werden, siehe auch Abbildung 2:

- Microsoft Windows: `LIBS += -luser32 -lgdi32 -lcomdlg32`
- Mac OS X:
```
INCLUDEPATH += /opt/X11/include/
LIBS += -L/opt/X11/lib/ -lX11 -lm
```
- Linux: `LIBS += -lX11 -lm`

Bitte beachten: HMChart benötigt auf Mac-OS-X-Rechnern das X Window System (X11). Zusätzlich zur Entwicklungsumgebung (Qt Creator, Xcode…) ist dazu X11/XQuartz zu installieren. Es kann von der folgenden Webseite heruntergeladen werden: www.xquartz.org/

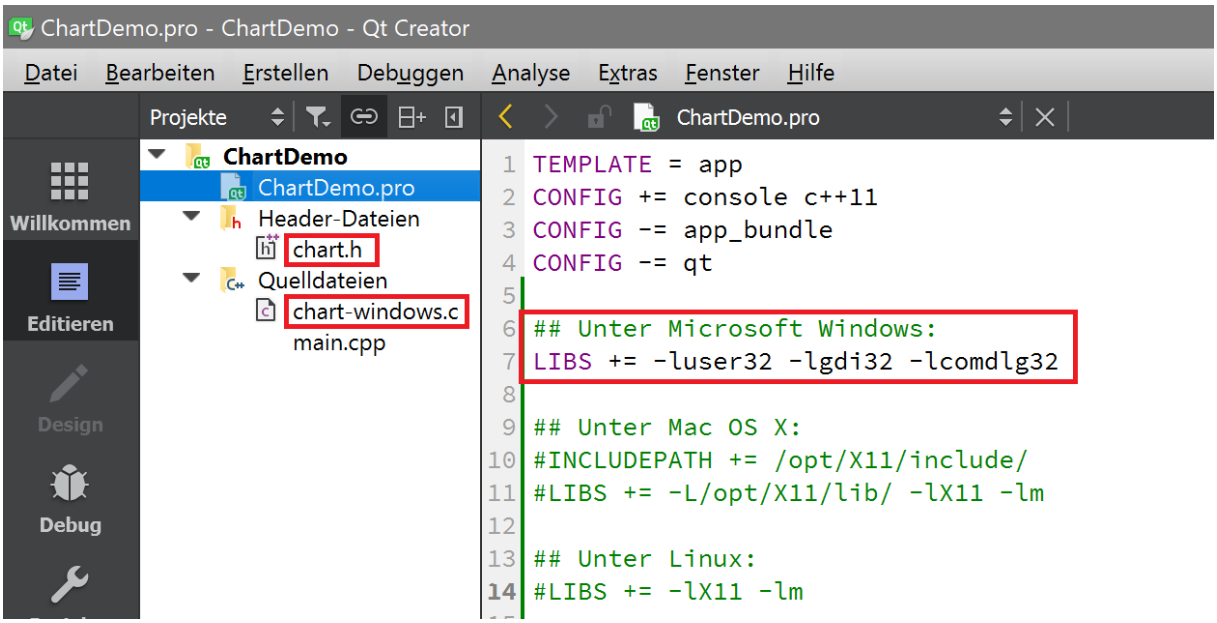


Abbildung 2 – Qt Creator mit einer geöffneten Chart-Projektdatei

XCode (Betriebssystem: Mac OS X)

Falls die Entwicklungsumgebung Xcode (Mac OS X) genutzt wird, sind zunächst die zwei Dateien **chart.h** und **chart-x11.c** zum Projekt hinzuzufügen. Anschließend müssen auf der Seite „Build Settings (All)“ die folgenden Einstellungen hinzugefügt werden:

- Other Linker Flags: `-L/opt/X11/libs/ -lX11 -lm`
- Header Search Paths: `/opt/X11/include/`

Bitte beachten: HMChart benötigt auf Mac-OS-X-Rechnern das X Window System (X11). Zusätzlich zur Entwicklungsumgebung (Qt Creator, Xcode…) ist dazu X11/XQuartz zu installieren. Es kann von der folgenden Webseite heruntergeladen werden: www.xquartz.org/

Erstellen von HMChart-Projekten über die Kommandozeile

Die Programmerstellung unter Linux und Mac OS X geschieht häufig direkt über die Kommandozeile, also ohne Verwendung einer grafischen Entwicklungsumgebung. Unter Linux können Compiler und Linker mit den folgenden Kommandos aufgerufen werden:

```
gcc -Wall -c my-own-program.c
gcc -Wall -c chart-x11.c
gcc -Wall -o my-own-program *.o -lX11 -lm
```

Unter Mac OS X:

```
gcc -I/opt/X11/Include/ -Wall -c my-own-program.c
gcc -I/opt/X11/Include/ -Wall -c chart-x11.c
gcc -L/opt/X11/lib/ -Wall -o my-own-program *.o -lX11 -lm
```

Bitte beachten: HMChart benötigt auf Mac-OS-X-Rechnern das X Window System (X11). Zusätzlich zur Entwicklungsumgebung (Qt Creator, Xcode…) ist dazu X11/XQuartz zu installieren. Es kann von der folgenden Webseite heruntergeladen werden: www.xquartz.org/

2. Beispiele

2.1. Einfache Liniengrafik

```
/* Folgende Datei zum Projekt hinzufügen / Add this file to project: */
/*     --> chart-windows.c (Microsoft Windows)                       */
/*     --> chart-x11.c (für Linux u. Mac OS X)                       */

#include "chart.h"

int main(void)
{
    /* Haus */
    chart_moveto(2, 0);
    chart_lineto(2, 2, CHART_BLUE); chart_lineto(1, 3, CHART_BLUE);
    chart_lineto(0, 2, CHART_BLUE); chart_lineto(2, 2, CHART_BLUE);
    chart_lineto(0, 0, CHART_BLUE); chart_lineto(0, 2, CHART_BLUE);
    chart_lineto(2, 0, CHART_BLUE); chart_lineto(0, 0, CHART_BLUE);

    /* Garten */
    chart_moveto(-1.0, -0.05); chart_lineto( 3.0, -0.05, CHART_GREEN);
    chart_moveto(-1.5, -0.10); chart_lineto( 3.5, -0.10, CHART_GREEN);

    /* Chart anzeigen */
    chart_show(CHART_NOBACKGROUND | CHART_NOGRID, "Haus vom Nikolaus");
    return 0;
}
```

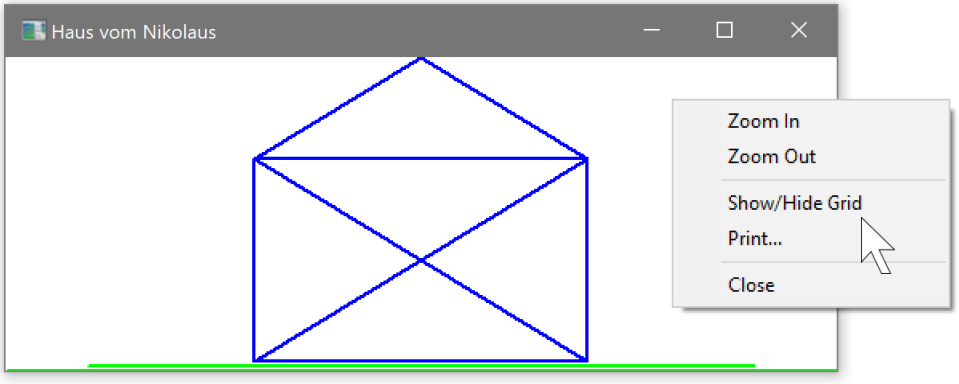


Abbildung 3 – Einfache Liniengrafik

2.2. Punkte und Linien

```
/* Folgende Datei zum Projekt hinzufügen / Add this file to project: */
/*     --> chart-windows.c (Microsoft Windows)                       */
/*     --> chart-x11.c (für Linux u. Mac OS X)                       */

#include "chart.h"
#include "math.h"

int main(void)
{
    double x, y;

    /* Startposition fuer Sinuskurve */
    x = -5; y = sin(x); chart_moveto(x, y);

    /* Sinuskurve zeichnen */
    for(x = -5; x < 5; x += 0.1)
    {
        y = sin(x);
        chart_lineto(x, y, CHART_BLUE);
    }

    /* Startposition fuer Kosinuskurve */
    x = -5; y = cos(x); chart_moveto(x, y);

    /* Kosinuskurve zeichnen */
    for(x = -5; x < 5; x += 0.1)
    {
        y = cos(x);
        chart_lineto(x, y, CHART_GREEN);
    }

    /* Verlauf von sin(x) * cos(x) mit Punkten zeichnen */
    for(x = -5; x < 5; x += 0.1)
    {
        y = sin(x) * cos(x);
        chart_point(x, y, CHART_RED);
    }

    /* Chart anzeigen */
    chart_show(CHART_DEFAULT, "Sinus, Kosinus");
    return 0;
}
```

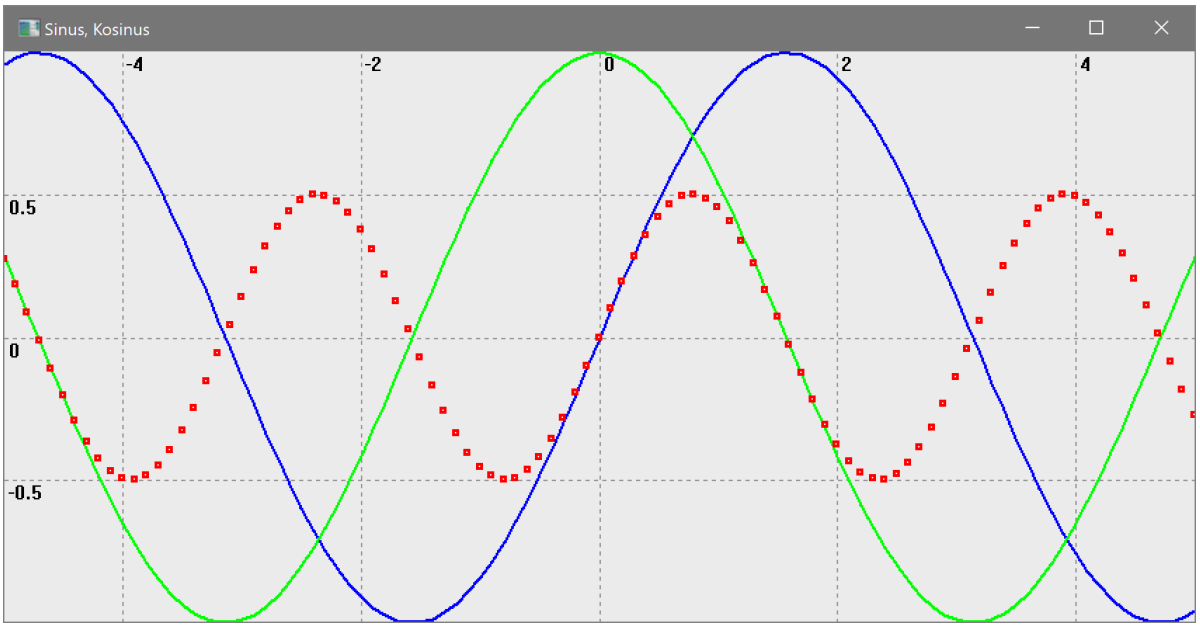


Abbildung 4 – Punkte und Linien

2.3. Einstellung der Achsenbeschriftung

```
/* Folgende Datei zum Projekt hinzufügen / Add this file to project: */
/*      --> chart-windows.c (Microsoft Windows)                      */
/*      --> chart-x11.c (für Linux u. Mac OS X)                      */

#include "chart.h"
#include "math.h"

int main(void)
{
    double t, u;
    double omega = 2 * 3.1416 * 50;
    double effektivwert = 230;

    /* Sinuskurve zeichnen */
    for(t = 0; t < 100; t += 0.1)
    {
        u = sqrt(2) * effektivwert * sin(omega * t / 1000.0);
        chart_lineto(t, u, CHART_RED);
    }

    /* Format fuer x- und y-Achse uebergeben (wie bei printf) */
    chart_axis_fmt("%.1f ms", "%.1f Volt");

    /* Chart darstellen */
    chart_show(CHART_DEFAULT, "Spannungsverlauf in der Steckdose");
    return 0;
}
```

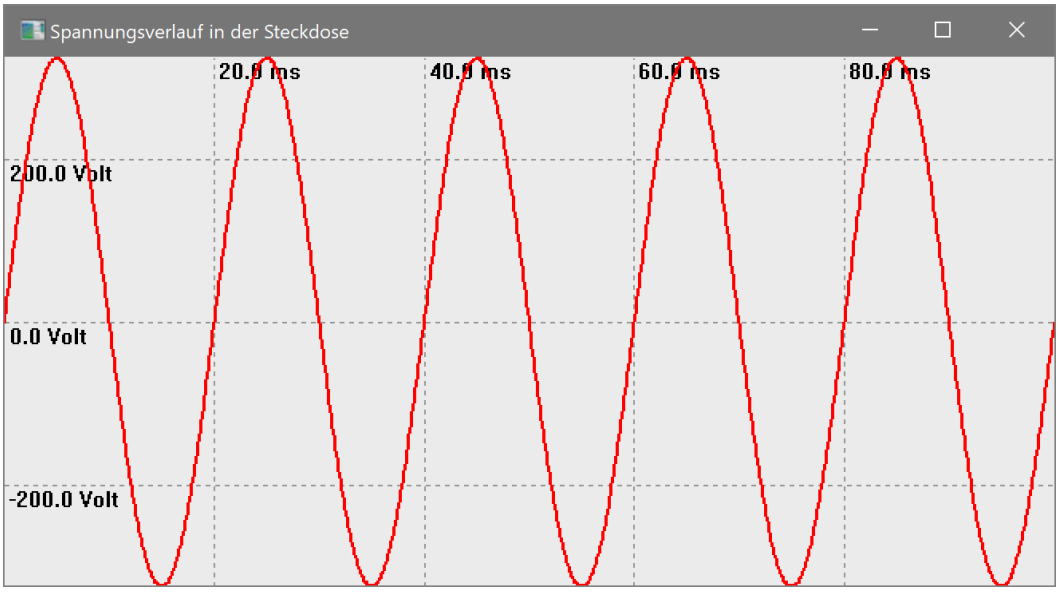


Abbildung 5 – Einstellung der Achsenbeschriftung

2.4. Manuelle Achsenskalierung

```
/* Folgende Datei zum Projekt hinzufügen / Add this file to project: */
/*      --> chart-windows.c (Microsoft Windows)                      */
/*      --> chart-x11.c (für Linux u. Mac OS X)                      */

#include "chart.h"
#include <math.h>

int main(void)
{
    /* Funktion y = x * sin(1.0 / x) grafisch darstellen */
    double x = -1.0, y = x * sin(1.0 / x);
    chart_moveto(x, y);
    for(x = -1.0; x < 1.0; x += 0.00002)
    {
        y = x * sin(1.0 / x);
        chart_lineto(x, y, CHART_BLUE);
    }

    /* Der x-Bereich hat eigentlich eine Ausdehnung von -1.0 ... 1.0 */
    chart_axis_xlimit(-0.05, 0.15);

    /* Der y-Bereich hat eigentlich eine Ausdehnung von -0.842 ... 0.842 */
    chart_axis_ylimit(-0.075, 0.075);

    /* Manuelle Skalierung mittels CHART_XLIMIT, CHART_YLIMIT aktivieren */
    chart_show(CHART_XLIMIT | CHART_YLIMIT, "Manuelle Achsenskalierung");
    return 0;
}
```

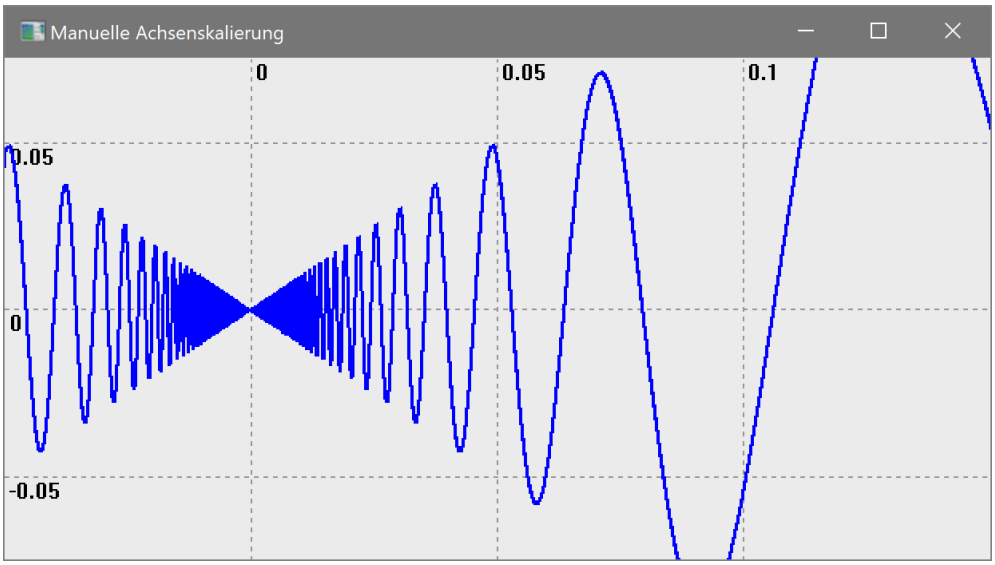


Abbildung 6 – Manuelle Achsenskalierung

2.5. Animation aus mehreren Einzelbildern

```
/* Folgende Datei zum Projekt hinzufügen / Add this file to project: */
/*     --> chart-windows.c (Microsoft Windows)                       */
/*     --> chart-x11.c (für Linux u. Mac OS X)                       */

#include "chart.h"

int main(void)
{
    /* Erstes Einzelbild: blaues Viereck */
    chart_lineto(1.5,  1.5, CHART_BLUE);
    chart_lineto(3.0,  0.0, CHART_BLUE);
    chart_lineto(1.5, -1.5, CHART_BLUE);
    chart_lineto(0.0,  0.0, CHART_BLUE);
    chart_end_of_frame();

    /* Zweites Einzelbild: rotes Dreieck */
    chart_lineto(1.5,  1.5, CHART_RED);
    chart_lineto(1.5, -1.5, CHART_RED);
    chart_lineto(0.0,  0.0, CHART_RED);
    chart_end_of_frame();

    /* Jedes Einzelbild wird 500 msec dargestellt */
    chart_frame_timer(500);
    chart_show(CHART_DEFAULT, "Animation");
    return 0;
}
```

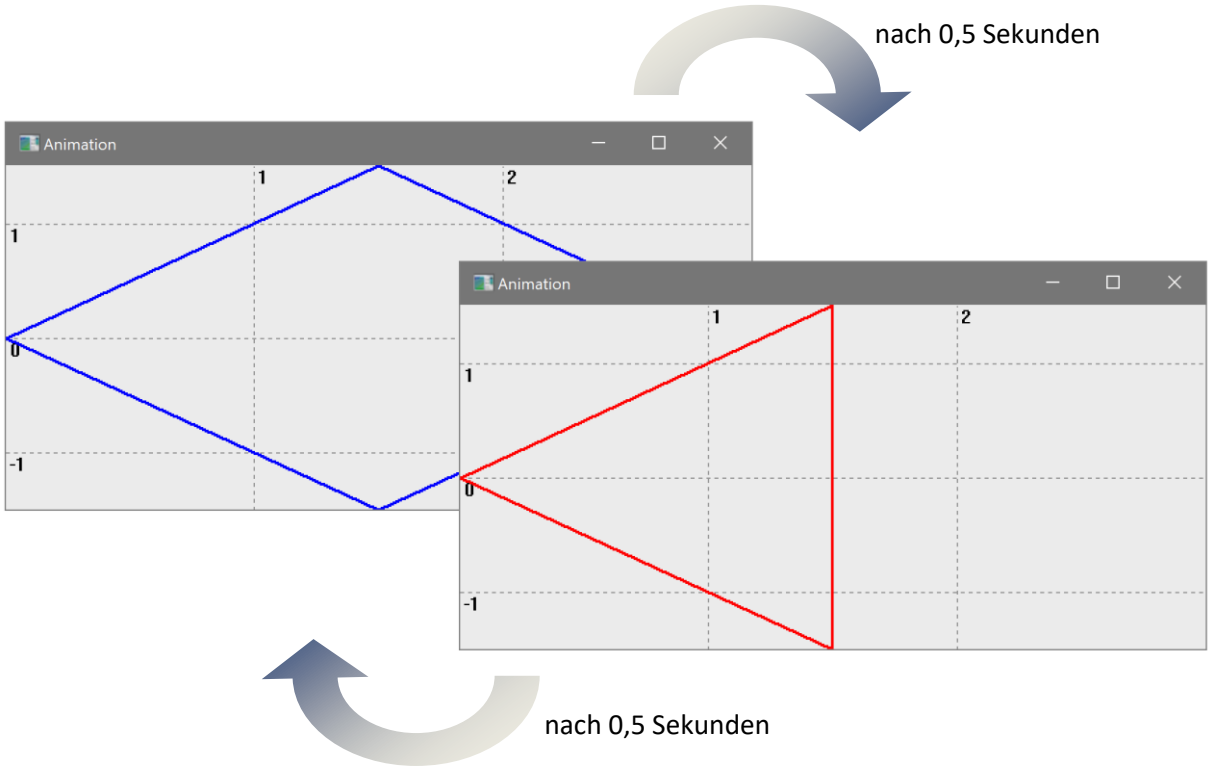


Abbildung 7 – Animation aus mehreren Einzelbildern

2.6. Kurven oder Punktesequenzen in einem Zug zeichnen

```
/* Folgende Datei zum Projekt hinzufügen / Add this file to project: */
/*     --> chart-windows.c (Microsoft Windows)                       */
/*     --> chart-x11.c (für Linux u. Mac OS X)                       */

#include "chart.h"
#include <math.h>
#define DELTA 0.1
#define DIM 50

int main(void)
{
    int i;
    double x1[DIM], y1[DIM], y2[DIM];
    double z[] = { -2, -1, 0, 1, 2, 3 };

    for(i = 0; i < DIM; ++i)
    {
        double x = i * DELTA;
        x1[i] = x; y1[i] = x * sin(x); y2[i] = x * cos(x);
    }

    /* Linienzug mit "DIM" Koordinaten zeichnen */
    chart_line_series(DIM, x1, y1, CHART_GREEN);

    /* Punktesequenz mit "DIM" Punkten zeichnen */
    chart_point_series(DIM, x1, y2, CHART_RED);

    /* Die x-Koordinaten können entfallen, in diesem
     * Fall werden sie zu 0, 1, 2, 3 usw. gesetzt. */
    chart_point_series1(6, z, CHART_BLUE);

    /* Chart darstellen */
    chart_show(CHART_DEFAULT | CHART_NOBACKGROUND,
               "Kurven in einem Zug zeichnen");
    return 0;
}
```

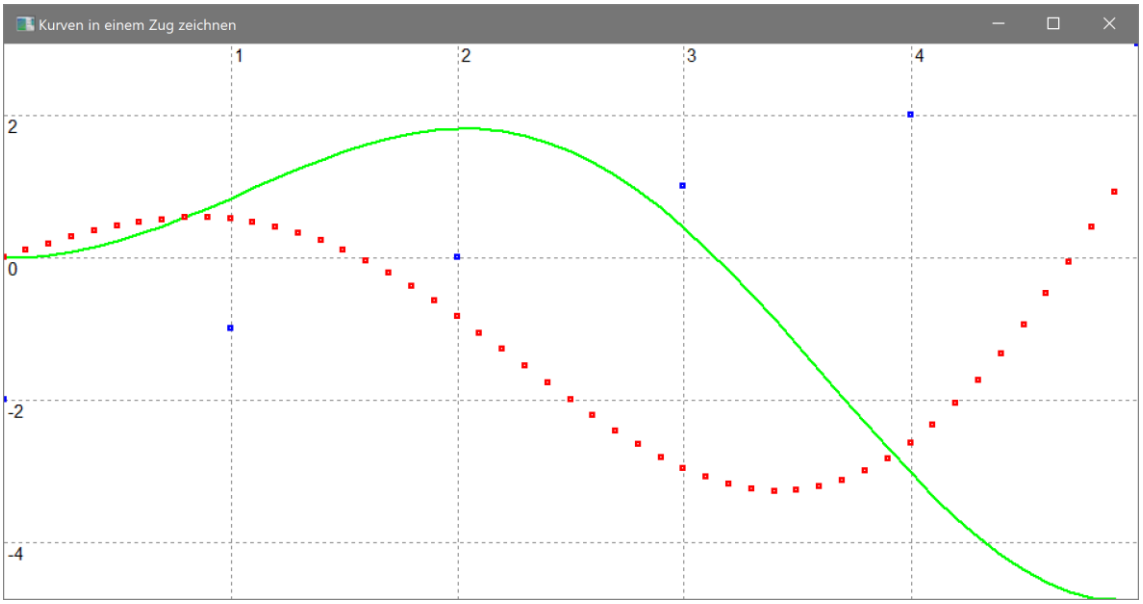


Abbildung 8 – Kurven in einem Zug zeichnen

2.7. Hintergrundfarbe einstellen

```
// Folgende Datei zum Projekt hinzufügen / Add this file to project:
//      --> chart-windows.c (Microsoft Windows)
//      --> chart-x11.c (für Linux u. Mac OS X)

#include "chart.h"
#include <stdlib.h>

int main(void)
{
    /* Bunte Punkte auf schwarzem Hintergrund */
    chart_clear();
    chart_background(0, 0, 0);

    for(int i = 0; i < 5000; ++i)
    {
        double x = 2.0 * rand() / RAND_MAX - 1.0;
        double y = 2.0 * rand() / RAND_MAX - 1.0;
        int col = rand() % 5;
        if(x * x + y * y < 1) chart_point(x, y, col);
    }

    chart_show(CHART_NOGRID, "Bunte Punkte auf schwarzem Hintergrund");
    return 0;
}
```

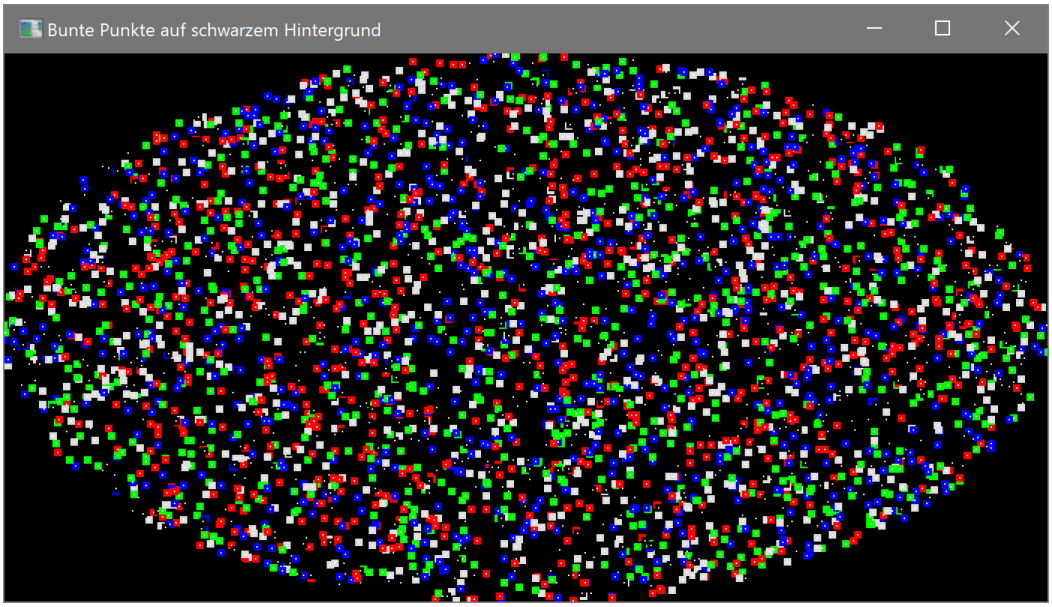


Abbildung 9 – Hintergrundfarbe einstellen

2.8. Programmierung in C++

```
// Folgende Datei zum Projekt hinzufügen / Add this file to project:
//      --> chart-windows.c (Microsoft Windows)
//      --> chart-x11.c (für Linux u. Mac OS X)

#include "chart.h"
#include <math.h>
#include <vector>
using namespace std;

int main()
{
    vector<double>  x_vec;  // Vektor mit x-Koordinaten
    vector<double> y1_vec;  // Vektor mit Sinuswerten
    vector<double> y2_vec;  // Vektor mit Kosinuswerten
    for(double x = -5.0; x < 5.0; x += 0.1)
    {
        double y1 = sin(x);
        double y2 = cos(x);
        x_vec .push_back(x );
        y1_vec.push_back(y1);
        y2_vec.push_back(y2);
    }

    // C++-Container können direkt an chart_line_series()
    // und chart_point_series() übergeben werden!
    chart_line_series (x_vec, y1_vec, CHART_RED );
    chart_point_series(x_vec, y2_vec, CHART_BLUE);
    chart_show(CHART_DEFAULT, "C++-Demo");
}
```

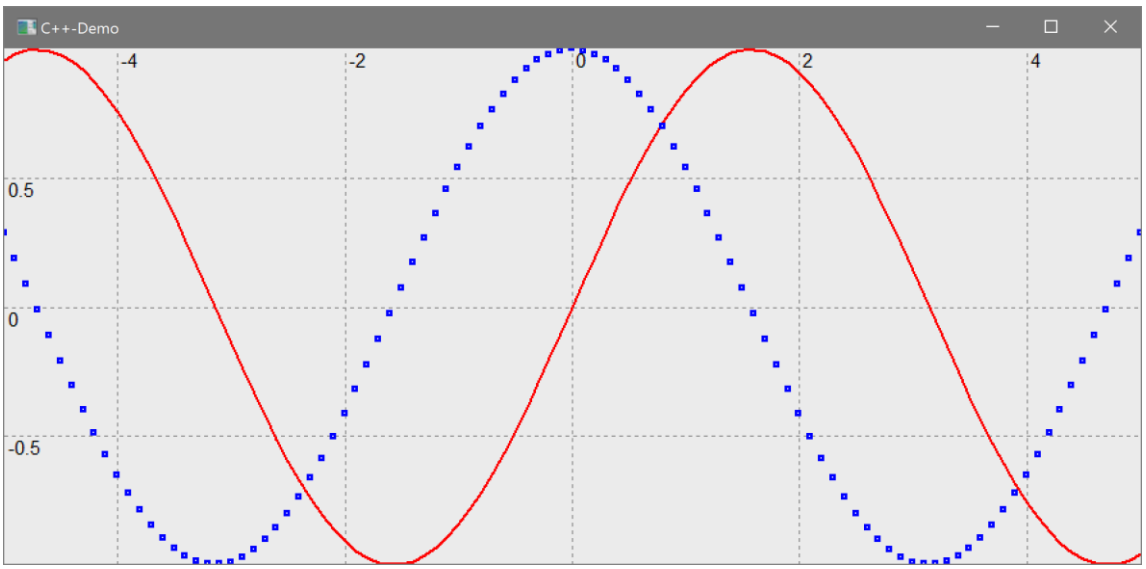


Abbildung 10 – Programmierung in C++

3. Funktionsübersicht

- `void chart_moveto(double x, double y);`

  Aktuelle Ausgabeposition setzen.

- `void chart_lineto(double x, double y, int color);`

  Linie von der aktuellen Ausgabeposition zum angegebenen Punkt zeichnen. Für den Parameter "color" sind folgende Werte möglich: CHART_BLACK, CHART_RED, CHART_GREEN, CHART_BLUE und CHART_GRAY.

- `void chart_point(double x, double y, int color);`

  Markierung am angegebenen Punkt ausgeben. Für den Parameter "color" sind folgende Werte möglich: CHART_BLACK, CHART_RED, CHART_GREEN, CHART_BLUE und CHART_GRAY.

- `void chart_clear(void);`

  Alle Linien und Punkte löschen, Ausgabeposition auf (0; 0) setzen.

- `void chart_axis_fmt(const char *xfmt, const char *yfmt);`

  Formatstrings zur Beschriftung der x- und y-Achsen einstellen, Default = "%g". Die Formatstrings sehen aus wie bei der Bibliotheksfunktion "printf" (Ein Beispielprogramm findet sich im Abschnitt "Einstellung der Achsenbeschriftung" dieser Dokumentation).

- `void chart_axis_xlimit(double xmin, double xmax);`

  Manuelle Achsenskalierung: Minimal-/Maximalwerte für die x-Achse angeben. Um die manuelle Achsenskalierung für die x-Achse zu aktivieren, muss beim Aufruf von "chart_show" die Option "CHART_XLIMIT" angegeben sein.

- `void chart_axis_ylimit(double ymin, double ymax);`

  Manuelle Achsenskalierung: Minimal-/Maximalwerte für die y-Achse angeben. Um die manuelle Achsenskalierung für die y-Achse zu aktivieren, muss beim Aufruf von "chart_show" die Option "CHART_YLIMIT" angegeben sein.

- `void chart_show(int options, const char *title);`

  Chart anzeigen und abwarten, bis der Anwender das Chart-Fenster wieder schließt.

  Für den Parameter "options" sind die Werte CHART_DEFAULT, CHART_XLIMIT, CHART_YLIMIT, CHART_NOBACKGROUND, CHART_NOGRID, CHART_XZOOM_OFF und CHART_YZOOM_OFF erlaubt. Diese können auch kombiniert werden: So wird mittels (CHART_NOGRID | CHART_NOBACKGROUND) ein Chart ohne Hintergrund und Koordinatensystem angezeigt.

  Mit CHART_XLIMIT und CHART_YLIMIT wird die automatische Achsenskalierung deaktiviert. Der darstellbare Bereich wird dann mit chart_axis_xlimit() und chart_axis_ylimit() eingestellt.

  Mit CHART_XZOOM_OFF und CHART_YZOOM_OFF kann die Zoom-Funktionalität in X- oder Y-Richtung oder auch vollständig deaktiviert werden. Zum vollständigen Deaktivieren ist (CHART_XZOOM_OFF | CHART_YZOOM_OFF) an chart_show() zu übergeben.

- `void chart_line_series(size_t n, const double *x, const double *y, int color);`

  Eine komplette Kurve aus "n" aufeinanderfolgenden x- bzw. y-Koordinaten wird in einem Zug dargestellt. Die aktuelle Ausgabeposition befindet sich anschließend am letzten Stützpunkt der Kurve. Für den Parameter "color" sind die folgenden Werte möglich: CHART_BLACK, CHART_RED, CHART_GREEN, CHART_BLUE und CHART_GRAY. (Der Aufrufer dieser Funktion muss sicherstellen, dass die Parameter "x" und "y" jeweils auf den Beginn eines Vektors mit "n" double-Werten zeigen!)

- `void chart_point_series(size_t n, const double *x, const double *y, int col);`

  Eine Punktesequenz aus "n" aufeinanderfolgenden x- bzw. y-Koordinaten wird in einem Zug dargestellt. Die aktuelle Ausgabeposition wird durch den Aufruf dieser Funktion nicht verändert. Für den Parameter "col" sind die folgenden Werte möglich: CHART_BLACK, CHART_RED, CHART_GREEN, CHART_BLUE und CHART_GRAY. (Der Aufrufer muss sicherstellen, dass die Parameter "x" und "y" jeweils auf den Beginn eines Vektors mit "n" double-Werten zeigen!)

- `void chart_line_series1(size_t n, const double *y, int color);`

  Variante von chart_line_series(), es wird allerdings nur eine Liste von y-Koordinaten übergeben. Die x-Koordinaten werden automatisch vergeben: 0, 1, 2, 3 usw...
- `void chart_point_series1(size_t n, const double *y, int color);`

  Variante von chart_point_series(), es wird allerdings nur eine Liste von y-Koordinaten übergeben. Die x-Koordinaten werden automatisch vergeben: 0, 1, 2, 3 usw...
- `void chart_frame_timer(int msec);`

  Bei einem animierten Chart kann durch chart_frame_timer() eingestellt werden, wie lange jedes Einzelbild (sog. Frame) auf dem Bildschirm angezeigt wird, siehe auch: chart_end_of_frame(). Minimal können 100 msec, maximal 10000 msec eingestellt werden.
- `void chart_end_of_frame(void);`

  Es wird ein animiertes Chart aufgebaut, das aus mehreren Einzelbildern (sog. Frames) besteht. Der Aufruf von chart_end_of_frame() bewirkt, dass ein weiteres Einzelbild zum Chart hinzugefügt wird – nachfolgende Aufrufe von chart_point(), chart_moveto(), chart_lineto() beziehen sich auf das neue Einzelbild. Die Ausgabeposition wird von chart_end_of_frame() auf (0; 0) zurückgesetzt.

  Beispiel: Soll eine Animation erstellt werden, die aus lediglich zwei Einzelbildern besteht, so werden zunächst die Punkte und Linien des ersten Einzelbildes mittels chart_point() usw. definiert. Es folgt der Aufruf von chart_end_of_frame(). Nun werden die Punkte und Linien des zweiten Einzelbildes definiert und schließlich chart_show() zur Anzeige auf dem Bildschirm aufgerufen. Beide Einzelbilder werden automatisch abwechselnd angezeigt, die Geschwindigkeit der Animation kann mittels chart_frame_timer() eingestellt werden.
- `void chart_grid_threshold(int width, int height);`

  Unterschreitet die Breite bzw. Höhe des Charts eine bestimmte Grenze, wird die Zahl der vertikalen bzw. horizontalen Gitterlinien verringert. Mittels chart_grid_threshold() können diese Grenzen eingestellt werden.
- `void chart_background(unsigned char r, unsigned char g, unsigned char b);`

  Hintergrundfarbe einstellen (Standardfarbe = Hellgrau). In den Parametern r, g und b werden die Rot-, Grün- und Blau-Anteile der gewünschten Farbe übergeben (jeweils im Bereich 0...255).

3.1. Zusätzliche Funktionen in C++

- ```
  template <class Vector>
  void chart_point_series(const Vector& xvec, const Vector& yvec, int color);
  ```
- ```
  template <class Vector>
  void chart_point_series(const Vector& yvec, int color);
  ```

  Eine Punktesequenz aus aufeinanderfolgenden x- bzw. y-Koordinaten wird in einem Zug dargestellt. Die x- bzw. y-Koordinaten sind in C++-Containerklassen gespeichert. Die aktuelle Ausgabeposition wird durch den Aufruf dieser Funktion nicht verändert. Für den Parameter "color" sind die folgenden Werte möglich: CHART_BLACK, CHART_RED, CHART_GREEN, CHART_BLUE und CHART_GRAY. Die x-Koordinaten müssen nicht angegeben werden, siehe chart_point_series1().

- ```
  template <class Vector>
  void chart_line_series(const Vector& xvec, const Vector& yvec, int color);
  ```
- ```
  template <class Vector>
  void chart_line_series(const Vector& yvec, int color);
  ```

  Eine komplette Kurve aus aufeinanderfolgenden x- bzw. y-Koordinaten wird in einem Zug dargestellt. Die x- bzw. y-Koordinaten sind in C++-Containerklassen gespeichert. Die aktuelle Ausgabeposition wird durch den Aufruf dieser Funktion nicht verändert. Für den Parameter "color" sind die folgenden Werte möglich: CHART_BLACK, CHART_RED, CHART_GREEN, CHART_BLUE und CHART_GRAY. Die x-Koordinaten müssen nicht angegeben werden, siehe chart_line_series1().

4. Hinweise

- In der **Windows-Version** öffnet sich durch Klick mit der rechten Maustaste ein Popup-Menü. Hier stehen Menüpunkte zum Vergrößern („Zoom In“) und Verkleinern („Zoom Out“), zum Ein- und Ausblenden der Gitterlinien und Achsenbeschriftungen („Show/Hide Grid“), zum Drucken („Print…“) und zum Schließen des Chart-Fensters zur Verfügung. Zum Vergrößern der Ansicht kann auch mit der linken Maustaste direkt an die gewünschte Position im Chart geklickt werden.

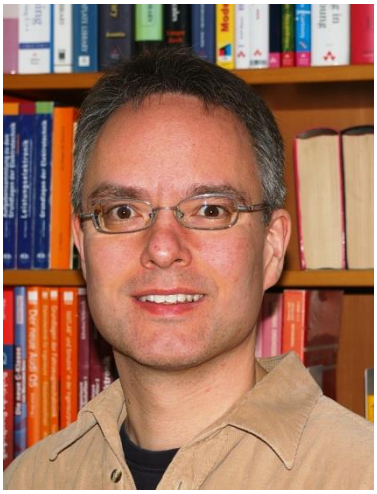
- In der **X11-Version** (unter **Linux** und **Mac OS X**) existiert kein Popup-Menü. Stattdessen können die folgenden Funktionen direkt per Tastendruck gewählt werden: Gitterlinien ein-/ausblenden (Taste „g“), Chart schließen (Taste „q“). Die Betätigung der linken Maustaste führt wie bei der Windows-Version zur Vergrößerung der Ansicht („Zoom In“), die Betätigung der rechten Maustaste stellt dagegen direkt die ursprüngliche Ansicht wieder her („Zoom Out“).

- Die Programmierschnittstelle ist bewusst einfach gehalten. So sind zum Einsatz von HMChart keine Zeiger oder „Chart-Handles“ erforderlich. Charts müssen auch nicht „angelegt“ oder nach der Verwendung wieder „freigegeben“ werden. Dies wurde durch die Speicherung des aktuellen Chart-Zustands (inkl. aller dargestellten Linien und Punkte) in statischen, globalen Variablen erreicht, wodurch sich folgende Einschränkungen ergeben:

  - Die gleichzeitige Anzeige mehrerer Charts innerhalb einer Applikation ist nicht möglich,
  - HMChart ist nicht threadsicher.

- In einem Chart können bis zu 100.000 Objekte (Punkte, Linien usw.) gleichzeitig dargestellt werden. Reicht dies nicht aus, so kann die maximale Objekt-Anzahl durch Definition der symbolischen Konstante CHART_MAX_OBJECTS auf einen höheren Wert gesetzt werden (siehe Quelldatei **chart-windows.c** bzw. **chart-x11.c**, ca. Zeile 55).

5. Kontakt, Lizenz



Tilman Küpper
tilman.kuepper@hm.edu

Hochschule München
Fakultät für Maschinenbau, Fahrzeugtechnik, Flugzeugtechnik
Dachauer Straße 98 b
D-80335 München

http://kuepper.userweb.mwn.de/

Anhang A: Charts in Benutzeroberflächen integrieren

Unter dem Betriebssystem Microsoft Windows ist es möglich, Charts direkt in existierende Benutzeroberflächen zu integrieren anstatt sie – wie sonst üblich – in separaten Fenstern zu öffnen. Dazu ist allerdings etwas „Handarbeit“ notwendig.

Beispielhaft wird in diesem Anhang gezeigt, wie eine **MFC-Dialogapplikation mit integriertem Chart** erstellt werden kann. Als Entwicklungsumgebung kommt Microsoft Visual Studio 2015 zum Einsatz.

1. Schritt: Neue MFC-Anwendung anlegen

Mit dem MFC-Anwendungs-Assistenten wird eine neue MFC-Anwendung angelegt. Der Name der Applikation lautet **ChartDemo**, der Anwendungstyp ist: **Auf Dialogfeldern basierend**. Alle übrigen Einstellungen im Anwendungs-Assistenten bleiben unverändert.

2. Schritt: HMChart-Klasse zum Projekt hinzufügen

Zunächst werden – wie bereits in der Einleitung gezeigt – die beiden Dateien **chart.h** und **chart-windows.c** zum Projekt hinzugefügt. Da HMChart in der Programmiersprache C implementiert wurde, können vorkompilierte (C++-)Headerdateien hier nicht verwendet werden. Sie werden daher abgeschaltet: Projekt → Eigenschaften → C/C++ → Vorkompilierte Header → Vorkompilierte Header nicht verwenden.

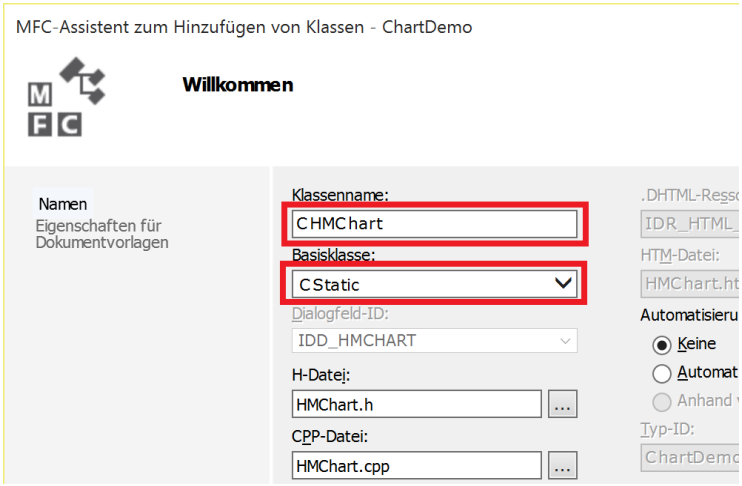


Abbildung A1 – MFC-Klasse CHMChart erzeugen

Nun wird der Klassenassistent geöffnet (Strg+Umschalt+x) und eine neue MFC-Klasse **CHMChart** erzeugt (Klasse hinzufügen → MFC-Klasse), welche später im Dialogfenster die Darstellung des Charts übernimmt, siehe Abbildung A1. Als Basisklasse wird **CStatic** ausgewählt.

3. Schritt: Meldungs-Handler zur Klasse CHMChart hinzufügen

Der Klassenassistent wird ein weiteres Mal geöffnet, um vier Meldungs-Handler für die Windows-Meldungen **WM_PAINT**, **WM_CLOSE**, **WM_LBUTTONDOWN** und **WM_RBUTTONDOWN** zur neu erzeugten Klasse **CHMChart** hinzuzufügen, siehe Abbildung A2.

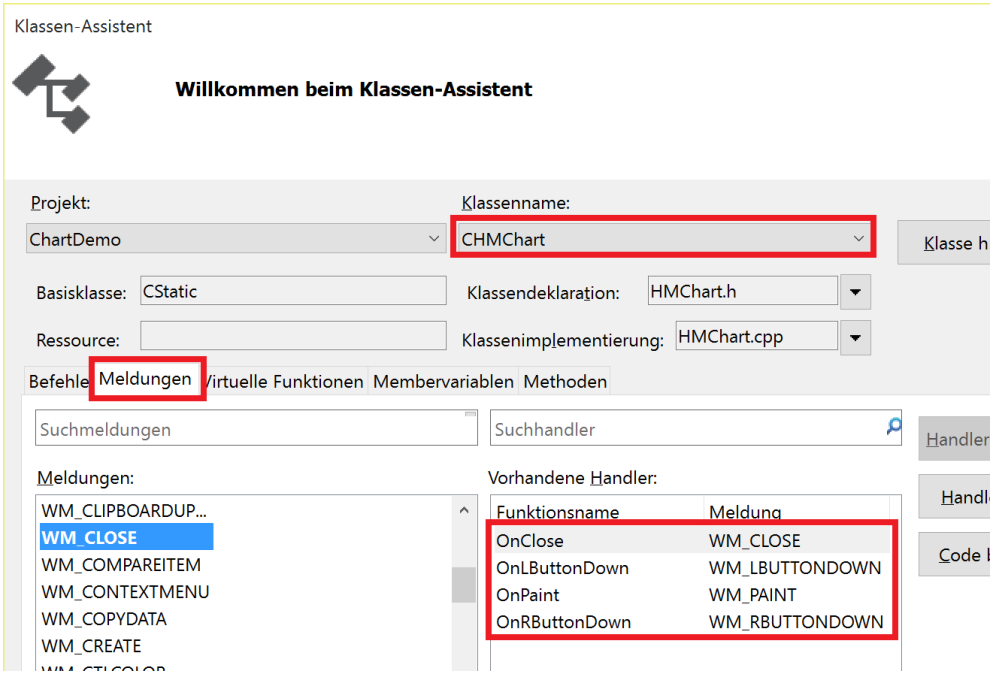


Abbildung A2 – Meldungs-Handler zur Klasse CHMChart hinzufügen

Fügen Sie nun die folgenden Deklarationen zu Beginn der Headerdatei **HMChart.h** ein:

```
#include "chart.h"

extern "C"
{
    void xxx_chart_paint_hdc(RECT rc, HDC hdc);
    void xxx_chart_set_options(int options);
    void xxx_chart_lbutton(HWND hwnd, int mouse_x, int mouse_y);
    void xxx_chart_rbutton(HWND hwnd, int mouse_x, int mouse_y);
    void xxx_chart_next_frame(HWND hwnd);
}
```

Und die folgenden Definitionen zur Datei **HMChart.cpp** hinzu:

```
// CHMChart-Meldungshandler
void CHMChart::OnPaint()
{
    CPaintDC dc(this);  // device context for painting
    CRect rc;

    GetClientRect(rc);
    HRGN hrgn = CreateRectRgn(rc.left, rc.top, rc.right, rc.bottom);
    SelectClipRgn(dc, hrgn);
    DeleteObject(hrgn);

    HBRUSH white = CreateSolidBrush(RGB(255, 255, 255));
    FillRect(dc, &rc, white);
    DeleteObject(white);
    xxx_chart_paint_hdc(rc, dc);
}

void CHMChart::OnLButtonDown(UINT nFlags, CPoint point)
{
    xxx_chart_lbutton(m_hWnd, point.x, point.y);
}
```

```
void CHMChart::OnRButtonDown(UINT nFlags, CPoint point)
{
    xxx_chart_rbutton(m_hWnd, point.x, point.y);
}

void CHMChart::OnClose()
{
    // CStatic::OnClose();    ...auskommentiert!
}
```

4. Schritt: Chart zur Benutzeroberfläche hinzufügen

Erstellen Sie im Dialogeditor ein neues Element des Typs **Static Text** an derjenigen Position, wo später das Chart erscheinen soll. Als **ID** für das neue Element wird **IDC_CHART** vergeben, die Eigenschaft **Notify** wird auf **True** gesetzt, siehe Abbildung A3. Dieser letzte Punkt ist wichtig, da sonst das Chart später nicht in der Lage ist, auf Mausklicks zu reagieren.

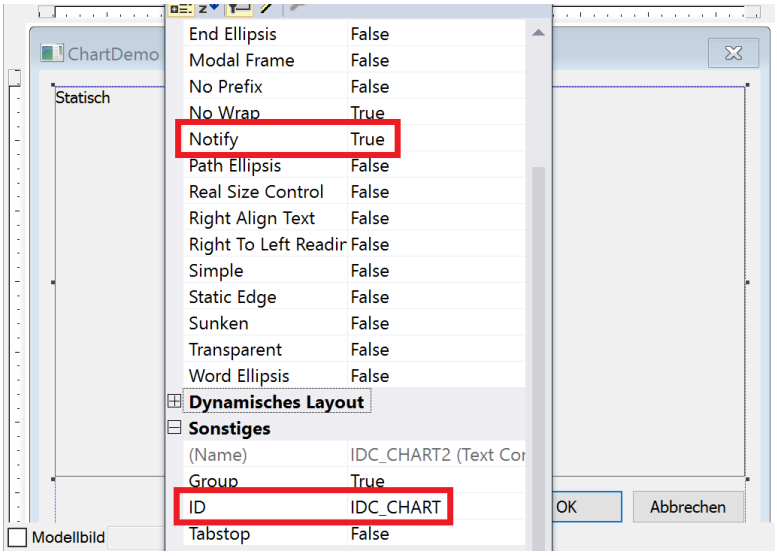


Abbildung A3 – Position des Charts in der Benutzeroberfläche festlegen

Mithilfe des **Assistenten zum Hinzufügen von Membervariablen** wird zum soeben erstellten Steuerelement **IDC_CHART** eine Membervariable definiert: Der Variablenname lautet **m_Chart**, als Variablentyp wird **CHMChart** eingetragen, siehe Abbildung A4.

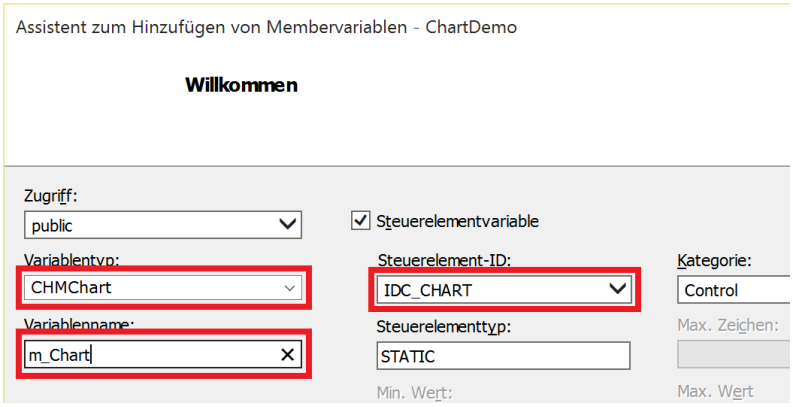


Abbildung A4 – Membervariable für das Chart-Steuerelement definieren

Die Daten, die im Chart angezeigt werden sollen, müssen noch an das Chart übergeben werden. Dies kann zum Beispiel in der Methode **CChartDemoDlg::OnInitDialog()** geschehen, welche in der Datei **ChartDemoDlg.cpp** definiert ist:

```
    // TODO: Hier zusätzliche Initialisierung einfügen
    double x, y;
    for(x = -5; x <= 5; x += 0.1)
    {
        y = x * x;
        if(x == -5)
            chart_moveto(x, y);
        else
            chart_lineto(x, y, CHART_RED);
    }

    // Auf Wunsch können auch Chart-Optionen gesetzt werden;
    // hier wird zum Beispiel der graue Hintergrund entfernt.
    xxx_chart_set_options(CHART_NOBACKGROUND);
    return TRUE;
}
```

Schließlich wird die Applikation kompiliert und ausgeführt. Abbildung A5 zeigt die fertige Benutzeroberfläche mit dem integrierten Chart. Mit den beiden Maustasten lässt sich die Ansicht vergrößern, verkleinern oder auch auf einem Drucker ausgeben.

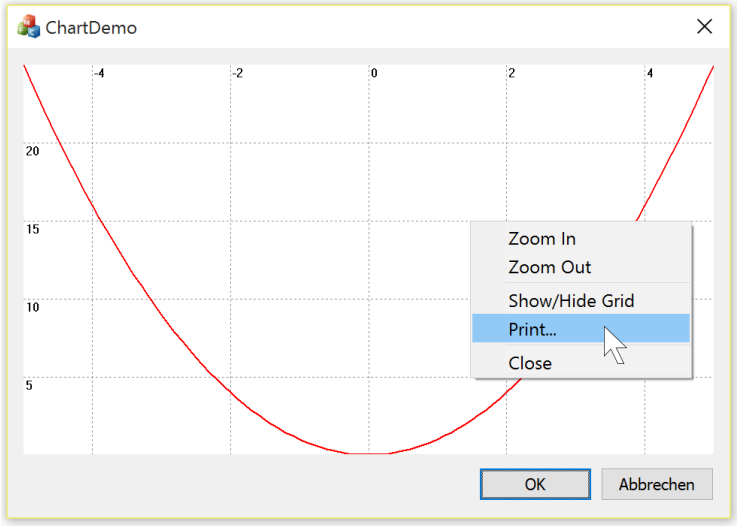


Abbildung A5 – Die fertige Benutzeroberfläche

5. Schritt: Animierte Charts

Auch animierte Charts können in bestehende Benutzeroberflächen integriert werden. Zusätzlich zu den bereits genannten Schritten muss dazu noch ein Timer aktiviert werden, welcher die „Weiterschaltung“ der einzelnen Teilbilder auslöst.

Zunächst wird mit dem Klassenassistenten (Strg+Umschalt+x) ein Handler für **WM_TIMER**-Ereignisse zum Dialogfenster hinzugefügt, siehe Abbildung A6.

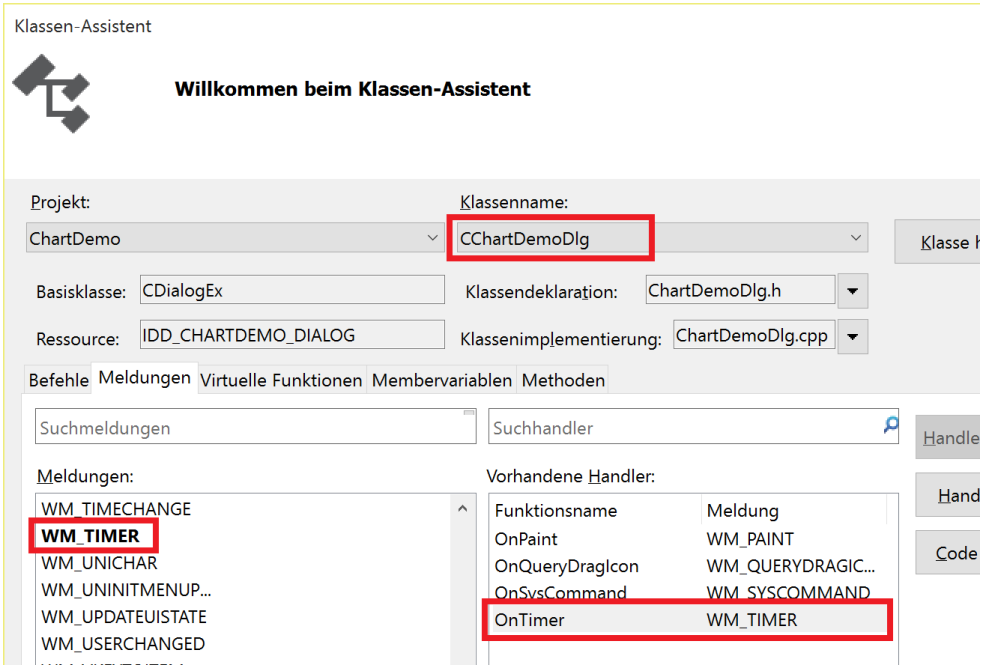


Abbildung A6 – Handler für Timer-Ereignisse hinzufügen

Die Methode **CChartDemoDlg::OnInitDialog()** in der Datei **ChartDemoDlg.cpp** wird geändert:

```
    // TODO: Hier zusätzliche Initialisierung einfügen
    for(double x1 = 0; x1 <= 5; x1 += 0.1)
        chart_lineto(x1, x1, CHART_RED);

    // Erstes Teilbild ist fertig, es folgt das zweite Teilbild...
    chart_end_of_frame();

    for(double x2 = 0; x2 <= 5; x2 += 0.1)
        chart_lineto(x2, -x2, CHART_BLUE);

    // Die Teilbilder werden alle 500 ms umgeschaltet...
    SetTimer(0, 500, 0);
    return TRUE;
}
```

Und die Implementierung der Methode **CChartDemoDlg::OnTimer()** in derselben Datei lautet:

```
void CChartDemoDlg::OnTimer(UINT_PTR nIDEvent)
{
    xxx_chart_next_frame(m_hWnd);
    // CDialogEx::OnTimer(nIDEvent);    ...auskommentiert!
}
```