



Programmieren 3 AI – Praktikum

Übungsblatt 9

2 Punkte

Sebastian Flothow

2011-12-12

Abnahme: 2011-12-19

Zur Abnahme ist die persönliche Anwesenheit erforderlich. Bearbeiten Sie die Aufgaben so, dass Sie nicht nur funktionierenden Code vorzuweisen haben, sondern diesen auch erläutern und Fragen dazu beantworten können. Zusätzlich sind die Lösungen am Tag der Abnahme per Email an sebastian@flothow.de einzusenden; dies dient u.a. der Prüfung auf eventuelle Plagiate.

Statten Sie Ihr Projektverzeichnis mit einer Qt-Projektdatei aus, die Compiler-Warnungen aktiviert. Rufen Sie vor dem Packen `make distclean` auf (d.h. die eingesandten Archive sollen nur Quelltexte enthalten, keine Kompilate).

Senden Sie Ihre Abgabe als `tar.gz`-Archiv(e). Diese müssen so gepackt sein, dass jedes Archiv genau ein Verzeichnis enthält, dessen Name (bis auf das Suffix) mit dem des Archivs übereinstimmt; ein solches Archiv kann durch einen Aufruf der Form `tar -czf verzeichnis.tar.gz verzeichnis` erzeugt werden.

Beim Kompilieren der Programme dürfen keine Fehler oder Warnungen auftreten.

Die Mandelbrot-Menge

Die *Mandelbrot-Menge* (nach Benoît Mandelbrot, 1924–2010) ist eine Teilmenge der komplexen Zahlen. Eine Zahl $c \in \mathbb{C}$ ist Element der Mandelbrot-Menge genau dann wenn die Folge

$$\begin{aligned}z_0 &= 0 \\z_{n+1} &= z_n^2 + c\end{aligned}$$

beschränkt ist.

Wird die Mandelbrot-Menge in der Gaußschen Zahlenebene graphisch dargestellt, entsteht eine erfreulich anzusehende Form, deren Rand sehr komplex geformt ist und bei vergrößerter Darstellung von Ausschnitten immer neue, selbstähnliche Strukturen offenbart. Die graphische Darstellung lässt sich noch erquicklicher gestalten, indem man die nicht zur Mandelbrot-Menge gehörenden Punkte, für die die Folge also divergiert, abhängig von der Geschwindigkeit des Wachstums der Folge unterschiedlich einfärbt.

Eine einfache Methode, eine Darstellung der Mandelbrot-Menge zu berechnen, ist der in Listing 1 in Pseudocode gegebene Escape Time Algorithm. Dieser prüft für eine komplexe Zahl c , für welches n die Folge z_n erstmals die Schwelle t überschreitet; je kleiner dieses n , desto schneller wächst z_n . Da die Schwelle, wenn sie korrekt gewählt wurde, von den Punkten der Mandelbrot-Menge nie erreicht wird, muss die Anzahl der berechneten Folgenglieder durch ein n_{max} begrenzt werden. Indem jedem Anzeigepixel entsprechend seinen Koordinaten eine komplexe Zahl zugeordnet und der Escape Time Algorithm ausgeführt wird, wird jedem Pixel ein n bzw. eine darüber gewählte Farbe zugewiesen.

Listing 1: Escape Time Algorithm

```

1 Seien  $c \in \mathbb{C}$  der einzufärbende Punkt,  $t \in \mathbb{R}$  eine Schwelle für den Betrag
   von  $z_n$  ab der Divergenz angenommen wird,  $n_{max} \in \mathbb{N}$  eine Obergrenze für
   die Iterationshäufigkeit.
2
3  $z \leftarrow 0$ 
4  $n \leftarrow 0$ 
5
6 while  $|z| < t$  and  $n < n_{max}$ 
7      $z \leftarrow z^2 + c$ 
8      $n \leftarrow n + 1$ 
9
10 Farbe des Pixels abhängig von  $n$  wählen

```

Aufgabe 1

Laden Sie das Archiv `Blatt9.tar.gz` herunter und entpacken es. Öffnen Sie die Datei `Blatt9/doc/html/annotated.html` mit einem Browser Ihrer Wahl und lesen Sie die Dokumentation der im Archiv enthaltenen Klassen und Interfaces. Betrachten Sie dann auch die Quelltexte.

(a) Schreiben Sie ein einfaches Programm, das per `ComplexFractalRenderer` ein Fraktal rendert und in einem Fenster anzeigt. Verwenden Sie als „Fraktal“ zum Testen zunächst die Klasse `DummyFractal` sowie für die Einfärbung `GrayColorMapper`. Rufen Sie `ComplexFractalRenderer::render` ohne Parameter auf, so dass die Default-Werte verwendet werden. Ihr Programm sollte ein Fenster ähnlich dem in Abb. 1 anzeigen.

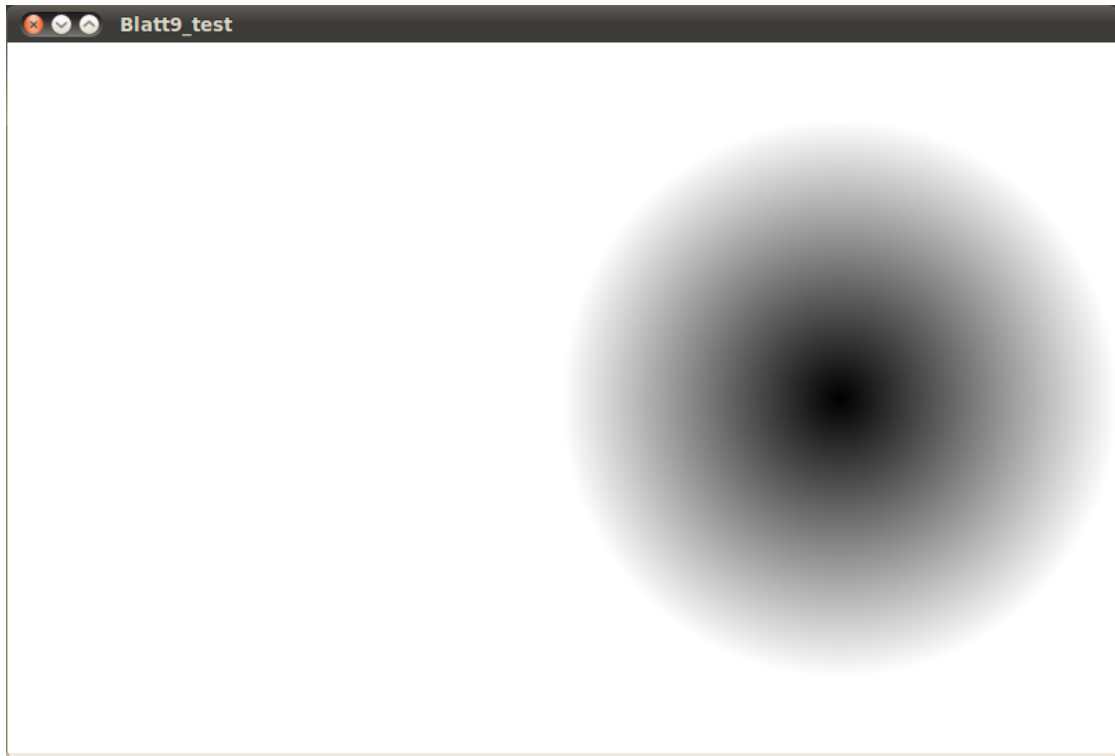


Abbildung 1: Screenshot DummyFractal

(b) Schreiben Sie eine Klasse `Mandelbrotmenge`, die das Interface `ComplexFractal` implementiert. Setzen Sie darin den in Listing 1 gegebenen Escape Time Algorithm um mit $t = 4$, $n_{max} = 50$. Achten Sie darauf die Spezifikation von `ComplexFractal` exakt zu befolgen, Sie müssen also einen Weg finden das durch den Algorithmus bestimmte n auf den vorgesehenen Wertebereich abzubilden.

Lassen Sie dann Ihr Programm anstelle des Dummy-Fraktals die Mandelbrotmenge rendern und anzeigen; das Ergebnis könnte so aussehen wie in Abb. 2 .

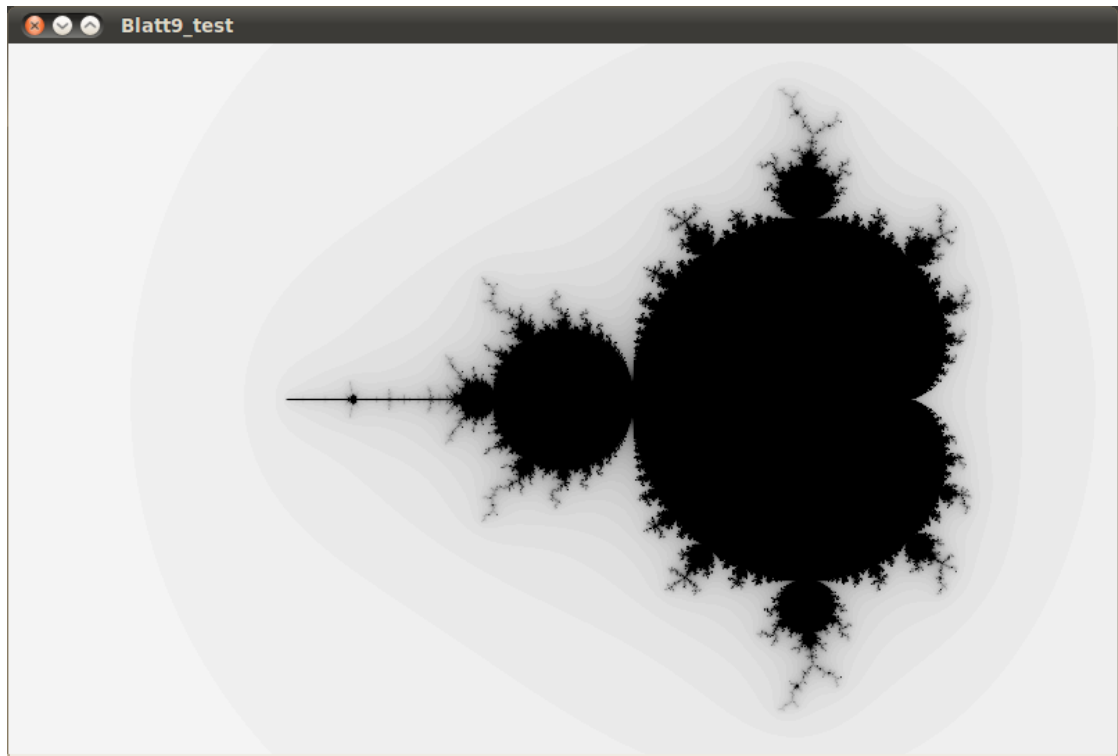


Abbildung 2: Screenshot der Mandelbrotmenge