TU Hamburg-Harburg – Institut für Zuverlässiges Rechnen
Prof. Dr. S.M. Rump und Mitarbeiter, Wintersemester 2016/2017

Prozedurale Programmierung, Übungsblatt 07

letzter Abgabetermin 15. Dezember 2016

1. Mäuselabyrinth

   Eine Maus befindet sich in einem Labyrinth und sucht einen Ausgang. Sie kann dabei nur senkrechte und waagerechte Schritte machen, ist jedoch in der Lage, Felder zu markieren und Markierungen wieder zu entfernen. Das Labyrinth wird durch ein zweidimensionales `char`-Array mit M Zeilen und N Spalten dargestellt, hier $M = N = 11$. Mauern werden mit `'*'`-Symbolen und Wege durch Leerzeichen gekennzeichnet, siehe Abbildung 1. Das `'o'` in der Mitte symbolisiert die Maus.

Norden

	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	*	*				*		*			*	
	*		*	*				*			*	
	*			*		*			*		*	
	*	*		*			*				*	
Westen	*					o	*		*	*	*	Osten
	*		*		*	*	*		*			
	*		*	*					*		*	
	*		*		*		*	*	*		*	
			*								*	
	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

Süden

Abbildung 1: Labyrinth.

   (a) Schreiben Sie eine rekursive Funktion `int maus(int x, int y)`, welche die folgende Suchstrategie implementiert:

      i. Markiere das Feld (x, y) auf dem sich die Maus befindet mit `'o'`.
      ii. Ist (x, y) ein Ausgang (Randfeld), gebe den Wert 1 ("Ausgang gefunden") zurück.
      iii. Andernfalls versuche nacheinander nach Norden, Osten, Süden und Westen zu laufen. Ist das Feld frei und unbesucht (Leerzeichen), so laufe in diese Richtung durch einen rekursiven Aufruf (Schritt i. mit neuem (x, y)), sonst gebe den Wert 0 ("Ausgang nicht gefunden / Kein Schritt möglich") zurück.
      iv. Führt ein rekursiver Aufruf zu einem Ausgang, so gebe auch den Wert 1 zurück.
      v. Führt kein rekursiver Aufruf zu einem Ausgang, so gebe auch den Wert 0 zurück und lösche die Markierung `'o'`.
      vi. Gebe das gelöste Labyrinth in der Konsole aus.

   (3 Punkte)

   (b) Nutzen Sie Funktionen aus den Übungsblättern 05 und 06! Zeichnen Sie das gelöste Labyrinth mit dem Weg der Maus in einer BMP-Datei.

   (1 Punkt)

2. Die Mandelbrot-Menge

Eines der bekanntesten Fraktale ist die Mandelbrot-Menge[1]. Ihre Visualisierung in Abbildung 2 ist auch als "Apfelmännchen" bekannt.

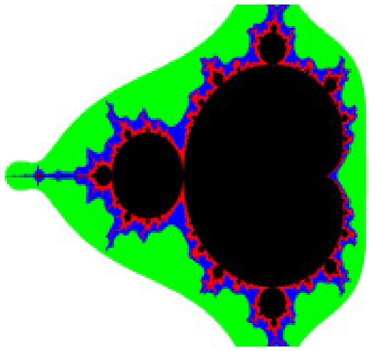

Abbildung 2: "Apfelmännchen".

Die Mandelbrot-Menge $\mathbb{M}$ besteht aus allen komplexen Zahlen $c = x + iy \in \mathbb{C}$, für welche die rekursiv definierte Folge

$$z_{n+1} := z_n^2 + c, \qquad \text{mit} \qquad z_0 := 0 \tag{1}$$

beschränkt bleibt. Die graphische Darstellung der Mandelbrot-Menge erfolgt in der komplexen Zahlenebene. Dabei werden die Punkte der Menge schwarz und der Rest farbig dargestellt.

Wie findet man heraus, ob eine komplexe Zahl $c = x + iy$ in $\mathbb{M}$ liegt oder nicht?

Zuerst werden zu einer Zahl $c \in \mathbb{C}$ rekursiv die Folgenglieder z_n, $n \leq$ `n_max` bestimmt. Die Rekursion wird abgebrochen, wenn entweder die maximale Anzahl `n_max` rekursiver Aufrufe erreicht ist oder der Betrag von z_n größer oder gleich 2 ist. Wird die maximale Rekursionstiefe `n_max` erreicht, so nimmt man an, dass die Zahl c innerhalb der Mandelbrot-Menge liegt. Der entsprechende Punkt (x, y) zu c wird dann in der graphischen Darstellung schwarz eingefärbt. Wird die Rekursion vorzeitig wegen $|z_n| \geq 2$ abgebrochen, so bekommt der entsprechende Punkt eine Farbe, die der Iterationszahl entspricht.

(a) Schreiben Sie eine rekursive Funktion, welche für die übergebenen Punkte $c \in \mathbb{C}$ und $z_0 = 0$ die Folgenglieder der komplexen Folge (1) bestimmt und die maximal erreichte Rekursionstiefe n zurückgibt. Als Abbruchbedingung soll die beschriebene Bedingung $|z_n| \geq 2$ oder $n >$ `n_max` dienen.

(3 Punkte)

(b) Nutzen Sie Funktionen aus den Übungsblättern 05 und 06! Die Bildpunkte der komplexen Zahlenebene im Bereich $\{-2 \leq x \leq 1,\ -1 \leq iy \leq 1\}$ sollen auf ein BMP abgebildet werden. Ermitteln Sie für jeden Bildpunkt mittels der in (a) geschriebenen Funktion eine Rekursionstiefe n zu jedem Bildpunkt. Abhängig von n soll dann eine Farbe gewählt werden.

(3 Punkte)

[1] `https://de.wikipedia.org/wiki/Mandelbrot-Menge`