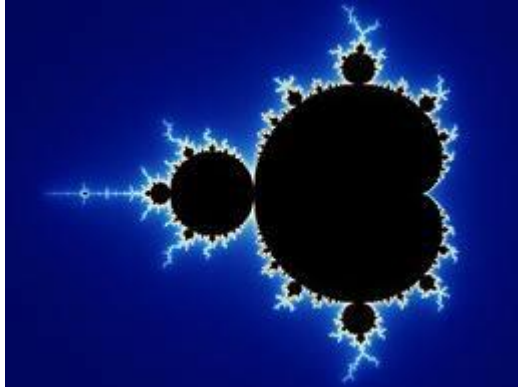


Mandelbrotmenge



Rekursion:

$$z_{n+1} = z_n^2 + c \quad \text{(Komplexe Zahlen, Punkte im 2-dim KOSY)}$$

Ein Punkt c gehört dann zur Mandelbrotmenge, wenn sich die Punkte z_n nicht unendlich vom Ursprung entfernen, wenn mit $z_0 = 0$ begonnen wird.

Umgeschrieben auf reelle Zahlen:

$$x_{n+1} = x_n^2 - y_n^2 + c_x$$

$$y_{n+1} = 2x_n y_n + c_y$$

Mandelbrotmenge

$$z_{n+1} = z_n^2 + c$$

$$x_{n+1} = x_n^2 - y_n^2 + c_x$$

Teste:

$$y_{n+1} = 2x_n y_n + c_y$$

- $c = 0$ (Start mit $z_0 = 0$)

$$z_1 = 0, z_2 = 0, \dots$$

$c = 0$ gehört zur Mandelbrotmenge.

- $c = 1$ (Start mit $z_0 = 0$)

$$z_1 = 1, z_2 = 2, z_3 = 5, \dots$$

$c = 1$ gehört nicht zur Mandelbrotmenge.

- $c = -1$ (Start mit $z_0 = 0$)

$$z_1 = -1, z_2 = 0, z_3 = -1, \dots$$

$c = -1$ gehört zur Mandelbrotmenge.

Für beliebige Zahlen ist aber nicht ohne Weiteres klar, ob der Algorithmus terminiert oder nicht.

Vorgehen (für jedes c):

- Implementiere die Rekursion iterativ.
- Wird ein gewisser Abstand (hier 2) zum Ursprung überschritten, zählt c nicht zur Mandelbrotmenge.
- Wird eine gewisse Zahl (hier 1000) von Iterationsschritten erreicht, ohne den Abstand zu überschreiten, zählt c zur Mandelbrotmenge.

Öffne die Mandelbrot-Vorlage (Moodle) und implementiere die fehlenden Stellen. Die Punkte werden als Quadrate der Seitenlänge 1 gezeichnet.

```
public boolean istMandelbrot(double c_x, double c_y) {  
    double x_neu = 0;  
    double y_neu = 0;  
    int m = 0;  
    while ((x_neu*x_neu+y_neu*y_neu <=abstand*abstand)  
            &&(m<maxIter)){  
        double x_alt = x_neu;  
        double y_alt = y_neu;  
        x_neu = x_alt*x_alt - y_alt*y_alt+c_x;  
        y_neu = 2 * x_alt * y_alt + c_y;  
        m++;  
    }  
    return (m>=maxIter);  
}
```

```
public void mandelbrotmengeZeichnen(){
    for (int i=0; i<200;i++) {
        double c_x = ((double) i)/ 100.0-1.4;
        for (int j = 0; j<200; j++) {
            double c_y = ((double) j)/100.0-1.0;
            if (istMandelbrot(c_x, c_y)) {
                Quadrat p = new Quadrat(50+i, 50+j, 1);
                p.setzeFarbe("magenta");
                p.sichtbarMachen();
            }
        }
    }
}
```

Mandelbrot: <http://www.youtube.com/watch?v=3yE4d7O17wE>

<http://www.youtube.com/watch?v=9G6uO7ZHtK8&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=foxD6ZQInIU&feature=relmfu>

<http://www.youtube.com/watch?v=0jGaio87u3A&feature=related>

<http://www.youtube.com/watch?v=is-dFvEZDIA&feature=related>