



Die **Addition** zweier komplexen Zahlen entspricht (wie bei den reellen Zahlen) dem Aneinanderhängen von zwei Pfeilen.

Die **Multiplikation** zweier komplexen Zahlen entspricht einer Streckung (wie bei den reellen Zahlen) mit einer zusätzlichen Rotation. Konkret werden die Argumente addiert und die Beträge multipliziert.

Wird mit einer komplexen Zahl  $c$  mit Betrag 1 multipliziert, entspricht dies einer Drehung um den Ursprung mit dem Argument von  $c$ .

**✂ Aufgabe 15.30**

- a) Schreiben Sie die komplexe Zahl  $c$  mit Betrag 1 und Argument  $45^\circ$  in der Form  $a + bi$ .
- b) Schreiben Sie die komplexe Zahl  $c$  mit Betrag  $r$  und Argument  $\varphi$  in der Form  $a + bi$ .

**✂ Aufgabe 15.31** Bestimmen Sie alle 12 komplexen Lösungen von  $x^{12} = 1$ . *Hinweis: Überlegen Sie sich, was das Potenzieren geometrisch bedeutet.*

**15.10.2 Die Mandelbrotmenge**

Für jede komplexe Zahl  $c$  wird mit  $z = 0$  gestartet und folgende Berechnung wiederholt:

$$z := z^2 + c$$

**✂ Aufgabe 15.32** Was passiert mit dem Betrag von  $z$  wenn  $|z| > 2$  und  $|c| < 2$ ?

**Definition 15.4** Mandelbrotmenge

Die Mandelbrotmenge ist die Menge aller komplexen Zahlen  $c$  für die die wiederholte Anwendung der Formel  $z := z^2 + c$  (Start mit  $z = 0$ ) den Betrag von  $z$  **nicht** beliebig anwachsen lässt.

**Vorgehen:** Starte mit einem  $c$  und  $z = 0$ . Zähle, wie viel mal  $z := z^2 + c$  gerechnet werden kann bevor  $|z| > 2$ . Nach einer gegebenen Anzahl Wiederholungen, brich ab.

Färbe  $c$  mit der Farbe ein, deren Nummer der Anzahl Wiederholungen entspricht.