

## Tweedegraadsvergelijkingen in de complexe getallen

Wiskundigen zijn dikwijls erg enthousiast over complexe getallen omdat ze de wiskunde vereenvoudigen. Dit lijkt voor sommigen misschien moeilijk te geloven, maar we zullen het proberen aan te tonen door het oplossen van tweedegraadsvergelijkingen opnieuw te bestuderen nu we stilaan vertrouwd raken met de complexe getallen.

In de tweede graad werd reeds gezien hoe je tweedegraadsvergelijkingen oplost:

**Opmerking 1** (Vierkantsvergelijkingen  $ax^2 + bx + c = 0$  oplossen in  $\mathbb{R}$ ).

### Eigenschap 1.

Een (reële) tweedegraadsvergelijking van de vorm  $ax^2 + bx + c$ , met  $a, b, c \in \mathbb{R}$  en  $a \neq 0$  heeft als **discriminant** het (reële) getal  $D = b^2 - 4ac$ , en heeft als oplossingen

als  $D < 0$ : geen reële oplossingen

als  $D = 0$ : precies een reële oplossing, namelijk  $x_1 = -\frac{b}{2a}$

als  $D > 0$ : precies twee reële oplossingen, namelijk  $x_1 = \frac{-b + \sqrt{D}}{2a}$  en  $x_2 = \frac{-b - \sqrt{D}}{2a}$

Bovendien zijn de volgende uitspraken equivalent:

- (a)  $x_1$  en  $x_2$  zijn oplossingen van de vergelijking  $ax^2 + bx + c = 0$
- (b)  $x_1$  en  $x_2$  zijn nulpunten van de functie  $f(x) = ax^2 + bx + c$
- (c)  $x_1$  en  $x_2$  zijn snijpunten van de kromme  $y = ax^2 + bx + c$  met de  $x$ -as
- (d)  $ax^2 + bx + c = a(x - x_1)(x - x_2)$  (ontbinden in factoren)
- (e)  $x_1 + x_2 = -\frac{b}{a}$  en  $x_1 \cdot x_2 = \frac{c}{a}$  (som en product van de wortels)

Een negatieve discriminant stelde in de tweede graad een probleem, want uit negatieve getallen kan je in de reële getallen geen vierkantswortels trekken. Bij complexe getallen verdwijnt dat probleem:

### Eigenschap 2.

Een (reële) tweedegraadsvergelijking van de vorm  $ax^2 + bx + c$ , met  $a, b, c \in \mathbb{R}$  en  $a \neq 0$  heeft altijd twee complex toegevoegde oplossingen, namelijk

$$x_1 = \frac{-b + \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a} \quad \text{en} \quad x_2 = \frac{-b - \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$$

die echter samenvallen als  $b^2 - 4ac = 0$ , en dan gelijk worden aan  $x_1 = x_2 = -\frac{b}{2a}$ .

Het begrip discriminant wordt dus in zekere zin overbodig (of minstens veel minder belangrijk).

### Voorbeeld 1.

1. De wortels van de vergelijking  $x^2 + 4 = 0$  zijn  $x_1 = 2i$  en  $x_2 = -2i$ .

2. De wortels van de vergelijking  $x^2 + x + 1 = 0$  zijn  $x_{1,2} = \frac{-1 \pm i\sqrt{3}}{2}$

**Oefening 1.** Bereken de wortels van volgende vergelijkingen.

1.  $x^2 + 2x + 3 = 0$

2.  $2x^2 + 3x + 4 = 0$

## Tweedegraadsvergelijkingen in de complexe getallen

---

**Oefening 2.** Ontbind volgende veeltermen in lineaire factoren.

1.  $x^2 + 2x + 3$

2.  $2x^2 + 3x + 4$

---