

## Gleichungen höheren Grades $x^3 + x^2 - 10x + 8 = 0$

Wie wir wissen, kann eine quadratische Gleichung  $x^2 + px + q = 0$  mit einer Formel gelöst werden. Im 16. Jh. fanden Tartaglia und von ihm unabhängig del Ferro eine Lösungsformel für Gleichungen 3. Grades. Die Gleichung

$$x^3 + rx^2 + sx + t = 0$$

kann durch Einsetzen von  $x = y - \frac{r}{3}$  auf die Form

$$y^3 - 3py - 2q = 0$$

gebracht werden. Eine Lösung lautet:

$$y_1 = \sqrt[3]{q + \sqrt{q^2 - p^3}} + \sqrt[3]{q - \sqrt{q^2 - p^3}}$$

Eine ähnlich komplizierte Formel entdeckte Ferrari für Gleichungen 4. Grades. 1824 konnte der norwegische Mathematiker Niels Hendrik Abel (1802-1829) beweisen, dass es für Gleichungen vom Grad  $n \geq 5$  keine Lösungsformel geben kann. Evariste Galois (1811-1832) entwickelte eine allgemeine Theorie der algebraischen Gleichungen, die sich als außerordentlich fruchtbar erwies. Galois fiel in einem Duell.

Eine quadratische Gleichung wie  $x^2 - x - 12 = 0$  kann, wenn die Lösungen  $x_1 = -3$  und  $x_2 = 4$  bekannt sind, auf die Form  $(x + 3)(x - 4) = 0$  gebracht werden.

Die Gleichung  $x^3 + x^2 - 10x + 8 = 0$  könnte gelöst werden, wäre die Zerlegung des Polynoms  $x^3 + x^2 - 10x + 8$  in Linearfaktoren  $x^3 + x^2 - 10x + 8 = (x - 2)(x - 1)(x + 4)$  bekannt.

Wie erhalten wir aber diese Zerlegung?

Aus  $x^3 + x^2 - 10x + 8 = (x - 2)(x - 1)(x + 4)$  ist zu erkennen, dass  $x^3 + x^2 - 10x + 8$  durch  $(x - 2)$  geteilt werden kann:

$$\frac{x^3 + x^2 - 10x + 8}{x - 2} = (x - 1)(x + 4)$$

Wenn also die Gleichung  $x^3 + x^2 - 10x + 8 = 0$  vorliegt und eine Lösung z.B.  $x_1 = 2$  bekannt ist, führen wir eine Polynomdivision durch:

$$\begin{array}{r} (x^3 + x^2 - 10x + 8) : (x - 2) = x^2 + 3x - 4 \\ -(x^3 - 2x^2) \\ \hline 3x^2 - 10x \\ -(3x^2 - 6x) \\ \hline -4x + 8 \\ -(-4x + 8) \\ \hline 0 \end{array}$$

Es ist also:

$$(x^3 + x^2 - 10x + 8) = (x - 2) \cdot (x^2 + 3x - 4)$$

Die restlichen Lösungen  $x_2 = 1$  und  $x_3 = -4$  ergeben sich durch Lösen der quadratischen Gleichung  $x^2 + 3x - 4 = 0$ .

*Nützlich für die gezielte Suche der 1. Lösung:  
Die (ganzahligen) Lösungen teilen 8.*

Zur weiteren Übung:

a)  $x^3 + 5x^2 - 26x - 120 = 0, \quad x_1 = 5$

b)  $2x^3 + 4x^2 - 58x + 84 = 0, \quad x_1 = 2$

c)  $x^3 - 7x - 6 = 0$

d)  $x^4 + 5x^2 - 36 = 0$

Die (übrigen) Lösungen:

a)  $x_2 = -6, \quad x_3 = -4$

b)  $x_2 = 3, \quad x_3 = -7$

c)  $x_1 = 3, \quad x_2 = -2, \quad x_3 = -1$

d)  $x_{1/2} = \pm 2$  (biquadratisch,  $x^2 = z, z_1 = 4, z_2 = -9$ )