

# Mathematikaufgaben

## > Funktionen

### > Ganz rationale Funktionen

**Aufgabe:** Bestimme alle Nullstellen der ganz rationalen Funktion:

$$f(x) = \frac{x^2}{4}(x-4)(x+3).$$

**Lösung:** I. Allgemein errechnen sich für eine ganz rationale Funktion (Polynomfunktion) n. Grades mit:

$$f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0$$

die Nullstellen durch Auflösen der Gleichung:

$$f(x) = a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_2 x^2 + a_1 x + a_0 = 0 \quad (*)$$

nach der Variablen x (n als natürliche Zahl oder 0, reelle Zahlen  $a_0, \dots, a_n$ ). Dies kann geschehen durch Ausklammern (und Polynomdivision), durch Substitution und nicht zuletzt vermöge der Formeln für lineare und quadratische Gleichungen, also durch:

$$ax + b = 0 \Rightarrow x = -\frac{b}{a}$$

(lineare Gleichung,  $a \neq 0$ )

und:

$ax^2 + bx + c = 0$			
$a \neq 0, b = 0$	$a \neq 0, c = 0$	$a \neq 0, b \neq 0, c \neq 0$	$a = 1, b = p, c = q$
$ax^2 + c = 0$ $ax^2 = -c$ $x^2 = -\frac{c}{a}$ $x = \pm \sqrt{-\frac{c}{a}}$	$ax^2 + bx = 0$ $x(ax + b) = 0$ $x = 0 \vee ax + b = 0$ $x = 0 \vee ax = -b$ $x = 0 \vee x = -\frac{b}{a}$	$ax^2 + bx + c = 0$ $x_{1,2} = \frac{-b \pm \sqrt{b^2 - 4ac}}{2a}$	$x^2 + px + q = 0$ $x_{1,2} = -\frac{p}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{p}{2}\right)^2 - q}$
Rein quadratische Gleichung: 0 Lösungen (bei $-\frac{c}{a} < 0$ ), 1 Lösung (bei $c=0$ ), 2 Lösungen (bei $-\frac{c}{a} > 0$ )	Gemischt quadratische Gleichung (Ausklammern): 2 Lösungen	Gemischt quadratische Gleichung (abc-Formel): $D = b^2 - 4ac$ als Diskriminante -> 0 Lösungen (bei $D < 0$ ) 1 Lösung (bei $D = 0$ ) 2 Lösungen (bei $D > 0$ )	Gemischt quadratische Gleichung (pq-Formel): $D = \left(\frac{p}{2}\right)^2 - q$ als Diskriminante -> 0 Lösungen (bei $D < 0$ ) 1 Lösung (bei $D = 0$ ) 2 Lösungen (bei $D > 0$ )

(quadratische Gleichung)

Biquadratische Gleichungen werden auf Grund der Substitution  $z = x^2$  auf eine quadratische Gleichung zurückgeführt:

$$ax^4 + bx^2 + c = 0 \Rightarrow az^2 + bz + c = 0$$

mit Lösungen:  $x = \pm\sqrt{z_1}$ ,  $x = \pm\sqrt{z_2}$ , falls definiert. Für bikubische Gleichungen gilt dasselbe vermöge der Substitution  $z = x^3$ :

$$ax^6 + bx^3 + c = 0 \Rightarrow az^2 + bz + c = 0$$

mit Lösungen:  $x = \sqrt[3]{z_1}$ ,  $x = \sqrt[3]{z_2}$ . Enthält jeder Summand der ganz rationalen Funktion eine Potenz von  $x$ , wobei  $x^k$  die kleinste Potenz sei ( $k$  als natürliche Zahl), so lässt sich Letztere auf Grund von:

$$a_n x^n + a_{n-1} x^{n-1} + \dots + a_k x^k = x^k (a_n x^{n-k} + a_{n-1} x^{n-1-k} + \dots + a_k) = 0$$

in der Gleichung (\*) ausklammern, so dass der Satz vom Nullprodukt greift und die zwei Gleichungen:

$$\begin{aligned} x^k &= 0 \Rightarrow x = 0 \\ a_n x^{n-k} + a_{n-1} x^{n-1-k} + \dots + a_k &= 0 \end{aligned}$$

gelten. Hat die ganz rationale Funktion die Form eines Produktes, so dass etwa die Gleichung:

$$f(x) = a_n (x - x_1)(x - x_2) \cdot \dots \cdot (x^2 + p_1 x + q_1)(x^2 + p_2 x + q_2) \cdot \dots = 0 \quad (**)$$

gültig ist, so ist ebenfalls für (\*\*) der Satz vom Nullprodukt anzuwenden und jeder der Faktoren gleich 0 zu setzen. Auftreten können auch Potenzgleichungen vom Typ

$$\begin{aligned} x^n - a = 0 \Rightarrow x^n = a \Rightarrow x &= (\pm)^n \sqrt[n]{a} \\ & \text{(n ungerade bzw. gerade),} \end{aligned}$$

die durch Ziehen der n-ten Wurzel zu lösen sind.

II. Wir setzen zur Bestimmung der Nullstellen die Funktion  $f(x) = \frac{x^2}{4}(x-4)(x+3) = 0$  und erhalten die (umzuformende) Gleichung:

$$\frac{x^2}{4}(x-4)(x+3) = 0 \quad \text{(Satz vom Nullprodukt)}$$

$$\frac{x^2}{4} = 0, \quad x-4 = 0, \quad x+3 = 0$$

so dass sich drei einfache Gleichungen (quadratische Gleichung, lineare Gleichungen) ergeben:

$$\frac{x^2}{4} = 0 \quad | \cdot 4$$

$$x^2 = 0 \quad | \sqrt{\quad}$$

$$x = 0$$

$$x-4 = 0 \quad | +4$$

$$x = 4$$

$$\begin{aligned} x+3 &= 0 \quad | -3 \\ x &= -3 \end{aligned}$$

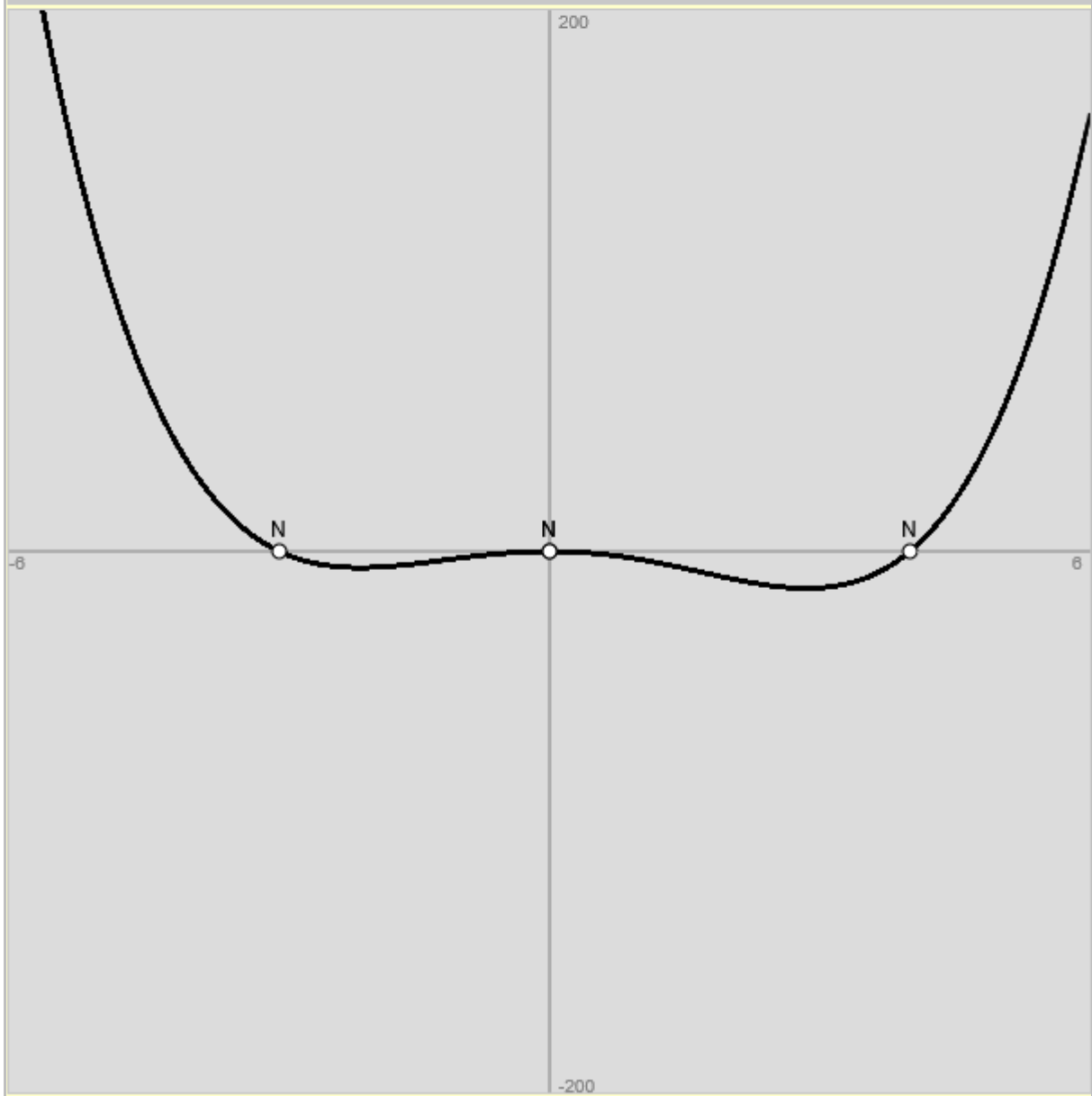
Mit  $x = -3$ ,  $x = 0$  und  $x = 4$  haben wir die drei Nullstellen der Funktion  $f(x) = \frac{x^2}{4}(x-4)(x+3)$  erhalten, also:  $N_1(-3|0)$ ,  $N_2(0|0)$ ,  $N_3(4|0)$ .

III. Der nachstehende Graph der Funktion  $f(x) = \frac{x^2}{4}(x-4)(x+3)$  weist die drei Nullstellen der ganz rationalen Zuordnung aus:

Ganz rationale Funktion:  $f(x) = 0.25 \cdot \text{Math.pow}(x,2) \cdot (x-4) \cdot (x+3)$

**Wertetabelle:**

x	f(x)	Nullstellen
-3	0 (0)	Nullstelle N(-3 0)
0	0 (0)	Nullstelle N(0 0)
4	0 (0)	Nullstelle N(4 0)



www.michael-buhlmann.de / 11.2016 / Aufgabe 289