

## Übungen (12)

- 1) a) Wiederholen Sie Definition und fundamentale Gesetzmäßigkeiten für Potenzen mit natürlichen Zahlen als Exponenten (Skript 1.d., S. 2–3).

Überprüfen Sie Ihre Kenntnisse an den folgenden Aufgabenteilen.

b) Zeigen Sie:

$$\text{i) } 2^{21} - 2^{20} = 2^{20}, \quad \text{ii) } 4^{21} - 2 \cdot 4^{20} = 2^{41}, \quad \text{iii) } \frac{2^{101} - 2^{100}}{2^{101} + 2^{100}} = \frac{1}{3}.$$

- c) Welche der folgenden Gleichungen sind allgemeingültig, welche nicht?

$$\begin{array}{ll} \text{i) } a^5 + b^5 = (a + b)^5 & \text{ii) } (-a^4)^3 = (-a^3)^4 \\ \text{iii) } \frac{a^5}{b^3} = a^2 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^3 & \text{iv) } [(-a)^4]^3 = [(-a)^3]^4 \end{array}$$

- 2) a) Wiederholen Sie Definition und Gesetzmäßigkeiten für Potenzen mit negativen Exponenten (Skript 3.e., S. 15–16).

Überprüfen Sie Ihre Kenntnisse an den folgenden Aufgabenteilen.

b) Berechnen Sie:

$$\text{i) } (2^{121} - 2^{120}) \cdot (2^{-121} + 2^{-120}) = \quad , \quad \text{ii) } (3^{135} - 3^{133}) \cdot (3^{-133} - 3^{-135}) = \quad .$$

- c) Welche der folgenden Gleichungen sind allgemeingültig und welche nicht?

$$\begin{array}{ll} \text{i) } a^3 : b^3 = a^{-3} \cdot b^{-3} & \text{ii) } (-a^4)^{-3} = -\frac{1}{a^{12}} \\ \text{iii) } \frac{a^3}{b^5} = b^{-2} \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^3, & \text{iv) } \frac{1}{a^{-2} + b^{-2}} = \frac{a^2 b^2}{a^2 + b^2}. \end{array}$$

- 3) a) Welche der beiden Zahlen  $y, z$  ist größer? Begründen Sie Ihre Antwort.

$$\text{i) } y = (9^9)^9, z = 9^{(9^9)}, \quad \text{ii) } y = 4^{(4^4)}, z = 2^{(2^9)}. \quad \text{iii) } y = \left(\frac{1}{5}\right)^{(5^4)}, z = 5^{(-4^5)}$$

- b) Welche der folgenden Gleichungen sind allgemeingültig und welche nicht?

$$\begin{array}{ll} \text{i) } a^3 < b^2 \text{ für } 0 < a < b, & \text{ii) } \left(\frac{1}{a}\right)^4 > \left(\frac{1}{a}\right)^3 \text{ für } 0 < a < 1, \\ \text{iii) } a^{-4} > a^{-3} \text{ für } 1 < a, & \text{iv) } a^{-3} < \frac{1}{b^3} \text{ für } 0 < b < a. \end{array}$$

- 4) Berechnen Sie:

$$\begin{array}{llllll} \text{a) } \sqrt[3]{8} \cdot \sqrt[3]{5} \cdot \sqrt[3]{25} & \text{b) } \sqrt[4]{\frac{81}{16}} & \text{c) } \sqrt[4]{\frac{49^2}{16}} & \text{d) } \sqrt[5]{8 \cdot (-4)} & \text{e) } \sqrt[5]{-(-4)^3 + (-2)^5} \\ \text{f) } \sqrt[3]{4} \cdot \sqrt[3]{2} & \text{g) } \sqrt[5]{16} \cdot \sqrt[5]{64} & & & \end{array}$$

- 5) Lösen Sie:

$$\text{a) } \frac{8}{x-1} = (x-1)^2 \quad \text{b) } \frac{4}{(x+1)^2} = \frac{(x+1)^2}{4} \quad \text{c) } \sqrt[3]{x^2} = 2 \quad \text{d) } -x^3 - 2 = x^3 + 14$$

- 6) Berechnen Sie:

$$\begin{array}{llll} \text{a) } \sqrt{\sqrt{27}}, & \text{b) } 49^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt[3]{7}, & \text{c) } \frac{25^{\frac{1}{4}}}{5^{\frac{1}{3}}}, & \text{d) } \sqrt[5]{2} \cdot \sqrt[3]{4}. \\ \text{e) } \sqrt{\sqrt[3]{a^2}}, & \text{f) } (\sqrt[3]{x^2})^n, & \text{g) } \sqrt{\frac{\sqrt[3]{a^2}}{\sqrt{a}}}. \end{array}$$

## Übungen (12) — Lösungen

- 1) a) Für natürliche Zahlen  $k \in \mathbb{N}$  und beliebige reelle Zahlen  $a \in \mathbb{R}$  definiert man die  $k$ -te Potenz  $a^k$  als Produkt aus  $k$  gleichen Faktoren  $a$ :

$$a^k = \underbrace{a \cdot \dots \cdot a}_{k\text{-mal}}.$$

Daraus ergaben sich die fundamentalen Regeln (für  $a \in \mathbb{R}$ ,  $k, l \in \mathbb{N}$ ):

$$a^k \cdot a^l = a^{k+l}, \quad a^k \cdot b^k = (ab)^k, \quad (a^k)^l = a^{kl}.$$

- b) i)  $2^{21} - 2^{20} = 2^{1+20} - 2^{20} = 2 \cdot 2^{20} - 2^{20} = (2 - 1) \cdot 2^{20} = 2^{20}$ .  
 ii)  $4^{21} - 2 \cdot 4^{20} = 4 \cdot 4^{20} - 2 \cdot 4^{20} = (4 - 2) \cdot 4^{20} = 2 \cdot (2^2)^{20} = 2 \cdot 2^{40} = 2^{41}$ .  
 iii)  $\frac{2^{101} - 2^{100}}{2^{101} + 2^{100}} = \frac{2^{100} \cdot (2 - 1)}{2^{100} \cdot (2 + 1)} = \frac{1}{3}$ .  
 c) i) ist falsch, denn  $(1 + 1)^5 = 2^5 \neq 1^5 + 1^5 = 2$ .  
 ii) falsch, denn:  $(-a^4)^3 = (-1)^3 \cdot a^{4 \cdot 3} = -a^{12}$  und  $(-a^3)^4 = (-1)^4 \cdot a^{3 \cdot 4} = a^{12}$ .  
 iii) ist allgemeingültig, denn:  $\frac{a^5}{b^3} = \frac{a^2 \cdot a^3}{b^3} = a^2 \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^3$ .  
 iv) ist allgemeingültig, denn  $[(-a)^4]^3 = [a^4]^3 = a^{12}$  und  $[(-a)^3]^4 = [-a^3]^4 = a^{12}$ .

- 2) a) Man definiert für  $a \in \mathbb{R}$   $a^0 = 1$  und für  $a \neq 0$ :  $a^{-k} = \frac{1}{a^k}$ .

Dieser Ansatz ergibt sich aus der obigen Formel  $a^k \cdot a^l = a^{k+l}$ . Setzt man darin  $k = 0$ , so kommt man zur genannten Definition von  $a^0$ , während sich für  $l = -k$  die Definition für  $a^{-k}$  ergibt. Der entscheidende Sachverhalt ist, dass bei diesen erweiterten Definitionen die oben genannten fundamentalen Gesetzmäßigkeiten für Potenzen für Basen  $a \neq 0$  und beliebige Exponenten  $k \in \mathbb{Z}$  gültig bleiben!

Es gilt dann insbesondere: Für  $a \neq 0$ :  $\frac{a^k}{a^l} = a^{k-l}$ .

- b) i)  $(2^{121} - 2^{120}) \cdot (2^{-121} + 2^{-120}) = 2^0 - 2^{-1} + 2^1 - 2^0 = \frac{3}{2}$ .  
 ii)  $(3^{135} - 3^{133}) \cdot (3^{-133} - 3^{-135}) = 3^2 - 1 - 1 + 3^{-2} = \frac{64}{9}$ .  
 c) i) ist nicht allgemeingültig, denn  $2^3 : 1^3 = 8 \neq 2^{-3} \cdot 1^{-3} = \frac{1}{8}$ .  
 ii) ist allgemeingültig, denn  $(-a^4)^{-3} = \frac{1}{(-a^4)^3} = \frac{1}{-a^{12}} = -\frac{1}{a^{12}}$ .  
 iii) ist allgemeingültig, denn  $b^{-2} \cdot \left(\frac{a}{b}\right)^3 = \frac{1}{b^2} \cdot \frac{a^3}{b^3} = \frac{a^3}{b^5}$ .  
 iv) ist ebenfalls allgemeingültig, denn  $\frac{1}{a^{-2} + b^{-2}} = \frac{a^2 b^2}{(a^{-2} + b^{-2}) \cdot a^2 b^2} = \frac{a^2 b^2}{b^2 + a^2}$ .
- 3) a) i)  $z > y$ , denn wegen  $81 = 9^2 < 9^9$  ist  $y = (9^9)^9 = 9^{81} < 9^{(9^9)} = z$ .  
 ii)  $y = z$ , denn  $4^4 = (2^2)^4 = 2^8$ , also  $y = 4^{(4^4)} = 4^{(2^8)} = 2^{2 \cdot 2^8} = 2^{(2^9)} = z$ .  
 iii)  $z < y$ , denn aus  $4^5 = 1024 > 5^4 = 625$  folgt  $5^{(4^5)} > 5^{(5^4)}$  und damit  $z = 5^{(-4^5)} = \frac{1}{5^{(4^5)}} < \frac{1}{5^{(5^4)}} = \left(\frac{1}{5}\right)^{(5^4)} = y$ .

- b) i) ist falsch für  $a = 3$  und  $b = 4$ .  
 ii) ist allgemeingültig, denn  $0 < a < 1 \implies \frac{1}{a} > 1 \implies \left(\frac{1}{a}\right)^4 > \left(\frac{1}{a}\right)^3$ .  
 iii) ist falsch für  $a = 2$ , denn  $2^{-4} = \frac{1}{16}$  und  $2^{-3} = \frac{1}{8}$ .  
 iv) ist allgemeingültig, denn  $0 < b < a \implies \frac{1}{b} > \frac{1}{a} \implies a^{-3} = \left(\frac{1}{a}\right)^3 < \left(\frac{1}{b}\right)^3$ .
- 4) a)  $\sqrt[3]{8} \cdot \sqrt[3]{5} \cdot \sqrt[3]{25} = 2 \cdot \sqrt[3]{5 \cdot 5^2} = 2 \cdot 5 = 10$ .    b)  $\sqrt[4]{\frac{81}{16}} = \sqrt[4]{\frac{3^4}{2^4}} = \frac{3}{2}$ .  
 c)  $\sqrt[4]{\frac{49^2}{16}} = \sqrt[4]{\frac{7^4}{2^4}} = \frac{7}{2}$ .    d)  $\sqrt[5]{8 \cdot (-4)} = -\sqrt[5]{2^5} = -2$ .  
 e)  $\sqrt[5]{-(-4)^3 + (-2)^5} = \sqrt[5]{64 - 32} = \sqrt[5]{32} = 2$ .    f)  $\sqrt[3]{4} \cdot \sqrt[3]{2} = \sqrt[3]{8} = 2$ .  
 g)  $\sqrt[5]{16} \cdot \sqrt[5]{64} = \sqrt[5]{2^4 \cdot 2^6} = \sqrt[5]{2^{10}} = 2^2 = 4$ .
- 5) Bei dieser Aufgabe benutzen wir mehrfach, dass bei *ungeradem* Exponenten die Potenzierung und das Radizieren (Wurzelziehen) uneingeschränkt Äquivalenzumformungen sind.
- a) Es ist  $\mathbb{D} = \mathbb{R} \setminus \{+1\}$  und  $\mathbb{L} = \{3\}$ , denn über  $\mathbb{D}$  gilt

$$\frac{8}{x-1} = (x-1)^2 \iff 8 = (x-1)^3 \iff 2 = x-1 \iff x = 3.$$

- b) Hier ist  $\mathbb{D} = \mathbb{R} \setminus \{-1\}$  und  $\mathbb{L} = \{-3, +1\}$ , denn

$$\begin{aligned} \frac{4}{(x+1)^2} = \frac{(x+1)^2}{4} &\iff 16 = (x+1)^4 \iff \sqrt[4]{16} = \sqrt[4]{(x+1)^4} \\ &\iff 2 = |x+1| \iff x+1 = \pm 2 \iff x = 1 \vee x = -3. \end{aligned}$$

- d) Es ist  $\mathbb{L} = \{-\sqrt{8}, +\sqrt{8}\}$ , denn

$$\sqrt[3]{x^2} = 2 \iff x^2 = 2^3 = 8 \iff x = \pm\sqrt{8}.$$

- d) Hier ist  $\mathbb{L} = \{-2\}$ , denn

$$-x^3 - 2 = x^3 + 14 \iff -16 = 2x^3 \iff x^3 = -8 \iff x = \sqrt[3]{-8} = -2.$$

- 6) a)  $\sqrt[3]{\sqrt{27}} = \sqrt[3]{(\sqrt{3})^3} = \sqrt{3}$ .    b)  $49^{\frac{1}{3}} \cdot \sqrt[3]{7} = 7^{\frac{2}{3}} \cdot 7^{\frac{1}{3}} = 7$ .  
 c)  $\frac{25^{\frac{1}{4}}}{5^{\frac{1}{3}}} = \frac{5^{\frac{2}{4}}}{5^{\frac{1}{3}}} = 5^{\frac{1}{2} - \frac{1}{3}} = 5^{\frac{1}{6}} = \sqrt[6]{5}$ .    d)  $\sqrt[5]{2} \cdot \sqrt[3]{4} = 2^{\frac{1}{5}} \cdot 2^{\frac{2}{3}} = 2^{\frac{1}{5} + \frac{2}{3}} = 2^{\frac{13}{15}} = (\sqrt[15]{2})^{13}$ .  
 e)  $\sqrt{\sqrt[3]{a^2}} = \sqrt{(\sqrt[3]{a})^2} = |\sqrt[3]{a}| = \sqrt[3]{|a|}$ .    f)  $(\sqrt[3n]{x^2})^n = (x^2)^{\frac{1}{3n} \cdot n} = (x^2)^{\frac{1}{3}} = \sqrt[3]{x^2}$ .  
 g) Dieser Term ist nur definiert für  $a > 0$ . Dafür gilt dann:

$$\sqrt{\frac{\sqrt[3]{a^2}}{\sqrt{a}}} = \left(a^{\frac{2}{3} - \frac{1}{2}}\right)^{\frac{1}{2}} = a^{\frac{1}{12}} = \sqrt[12]{a}.$$