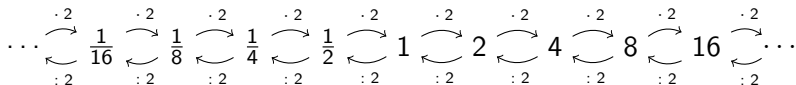


Binärdarstellung von Zahlen

Theorie

4. September 2025

Zweierpotenzen



Auswendig lernen: $2^{-10}, 2^{-9}, \dots, 2^{-1}, 2^0, 2^1, \dots, 2^9, 2^{10}$

Rechenoperationen dritter Stufe

- ▶ Beim **Potenzieren** wird die Potenz gesucht:

Rechenoperationen dritter Stufe

- ▶ Beim **Potenzieren** wird die Potenz gesucht:

$$2^3 = 8 \quad \text{Basis}^{\text{Exponent}} = \text{Potenz}$$

Rechenoperationen dritter Stufe

- ▶ Beim **Potenzieren** wird die Potenz gesucht:

$$2^3 = 8 \quad \text{Basis}^{\text{Exponent}} = \text{Potenz}$$

- ▶ Beim **Radizieren** wird die Basis gesucht:

Rechenoperationen dritter Stufe

- ▶ Beim **Potenzieren** wird die Potenz gesucht:

$$2^3 = 8 \quad \text{Basis}^{\text{Exponent}} = \text{Potenz}$$

- ▶ Beim **Radizieren** wird die Basis gesucht:

$$\sqrt[3]{8} = 2 \quad \text{Wurzelexponent} \sqrt{\text{Potenz}} = \text{Basis}$$

Rechenoperationen dritter Stufe

- ▶ Beim **Potenzieren** wird die Potenz gesucht:

$$2^3 = 8 \quad \text{Basis}^{\text{Exponent}} = \text{Potenz}$$

- ▶ Beim **Radizieren** wird die Basis gesucht:

$$\sqrt[3]{8} = 2 \quad \text{Wurzelexponent} \sqrt{\text{Potenz}} = \text{Basis}$$

- ▶ Beim **Logarithmieren** wird der Exponent gesucht:

Rechenoperationen dritter Stufe

- ▶ Beim **Potenzieren** wird die Potenz gesucht:

$$2^3 = 8 \quad \text{Basis}^{\text{Exponent}} = \text{Potenz}$$

- ▶ Beim **Radizieren** wird die Basis gesucht:

$$\sqrt[3]{8} = 2 \quad \text{Wurzelexponent} \sqrt{\text{Potenz}} = \text{Basis}$$

- ▶ Beim **Logarithmieren** wird der Exponent gesucht:

$$\log_2(8) = 3 \quad \log_{\text{Basis}}(\text{Numerus}) = \text{Logarithmus}$$

[sprich: **Der Logarithmus von 8 zur Basis 2 ist 3**]

Beispiele

(a) $2^8 =$

(b) $2^{-3} =$

(c) $\sqrt[3]{125} =$

(d) $\sqrt[10]{1024} =$

(e) $\log_7(49) =$

(f) $\log_2(16) =$

(g) $\log_5(125) =$

(h) $\log_{10}(100) =$

(i) $\log_{10}(10) =$

(j) $\log_{10}(1) =$

(k) $\log_{10}(0.1) =$

(l) $\log_{10}(0.01) =$

(m) $\log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$

(n) $\log_1(1) =$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} =$$

$$(c) \sqrt[3]{125} =$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} =$$

$$(e) \log_7(49) =$$

$$(f) \log_2(16) =$$

$$(g) \log_5(125) =$$

$$(h) \log_{10}(100) =$$

$$(i) \log_{10}(10) =$$

$$(j) \log_{10}(1) =$$

$$(k) \log_{10}(0.1) =$$

$$(l) \log_{10}(0.01) =$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} =$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} =$$

$$(e) \log_7(49) =$$

$$(f) \log_2(16) =$$

$$(g) \log_5(125) =$$

$$(h) \log_{10}(100) =$$

$$(i) \log_{10}(10) =$$

$$(j) \log_{10}(1) =$$

$$(k) \log_{10}(0.1) =$$

$$(l) \log_{10}(0.01) =$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} =$$

$$(e) \log_7(49) =$$

$$(f) \log_2(16) =$$

$$(g) \log_5(125) =$$

$$(h) \log_{10}(100) =$$

$$(i) \log_{10}(10) =$$

$$(j) \log_{10}(1) =$$

$$(k) \log_{10}(0.1) =$$

$$(l) \log_{10}(0.01) =$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} = 2$$

$$(e) \log_7(49) =$$

$$(f) \log_2(16) =$$

$$(g) \log_5(125) =$$

$$(h) \log_{10}(100) =$$

$$(i) \log_{10}(10) =$$

$$(j) \log_{10}(1) =$$

$$(k) \log_{10}(0.1) =$$

$$(l) \log_{10}(0.01) =$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} = 2$$

$$(e) \log_7(49) = 2$$

$$(f) \log_2(16) =$$

$$(g) \log_5(125) =$$

$$(h) \log_{10}(100) =$$

$$(i) \log_{10}(10) =$$

$$(j) \log_{10}(1) =$$

$$(k) \log_{10}(0.1) =$$

$$(l) \log_{10}(0.01) =$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} = 2$$

$$(e) \log_7(49) = 2$$

$$(f) \log_2(16) = 4$$

$$(g) \log_5(125) =$$

$$(h) \log_{10}(100) =$$

$$(i) \log_{10}(10) =$$

$$(j) \log_{10}(1) =$$

$$(k) \log_{10}(0.1) =$$

$$(l) \log_{10}(0.01) =$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} = 2$$

$$(e) \log_7(49) = 2$$

$$(f) \log_2(16) = 4$$

$$(g) \log_5(125) = 3$$

$$(h) \log_{10}(100) =$$

$$(i) \log_{10}(10) =$$

$$(j) \log_{10}(1) =$$

$$(k) \log_{10}(0.1) =$$

$$(l) \log_{10}(0.01) =$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} = 2$$

$$(e) \log_7(49) = 2$$

$$(f) \log_2(16) = 4$$

$$(g) \log_5(125) = 3$$

$$(h) \log_{10}(100) = 2$$

$$(i) \log_{10}(10) =$$

$$(j) \log_{10}(1) =$$

$$(k) \log_{10}(0.1) =$$

$$(l) \log_{10}(0.01) =$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} = 2$$

$$(e) \log_7(49) = 2$$

$$(f) \log_2(16) = 4$$

$$(g) \log_5(125) = 3$$

$$(h) \log_{10}(100) = 2$$

$$(i) \log_{10}(10) = 1$$

$$(j) \log_{10}(1) =$$

$$(k) \log_{10}(0.1) =$$

$$(l) \log_{10}(0.01) =$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} = 2$$

$$(e) \log_7(49) = 2$$

$$(f) \log_2(16) = 4$$

$$(g) \log_5(125) = 3$$

$$(h) \log_{10}(100) = 2$$

$$(i) \log_{10}(10) = 1$$

$$(j) \log_{10}(1) = 0$$

$$(k) \log_{10}(0.1) =$$

$$(l) \log_{10}(0.01) =$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} = 2$$

$$(e) \log_7(49) = 2$$

$$(f) \log_2(16) = 4$$

$$(g) \log_5(125) = 3$$

$$(h) \log_{10}(100) = 2$$

$$(i) \log_{10}(10) = 1$$

$$(j) \log_{10}(1) = 0$$

$$(k) \log_{10}(0.1) = -1$$

$$(l) \log_{10}(0.01) =$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} = 2$$

$$(e) \log_7(49) = 2$$

$$(f) \log_2(16) = 4$$

$$(g) \log_5(125) = 3$$

$$(h) \log_{10}(100) = 2$$

$$(i) \log_{10}(10) = 1$$

$$(j) \log_{10}(1) = 0$$

$$(k) \log_{10}(0.1) = -1$$

$$(l) \log_{10}(0.01) = -2$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) =$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) 2^8 = 64$$

$$(b) 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \sqrt[10]{1024} = 2$$

$$(e) \log_7(49) = 2$$

$$(f) \log_2(16) = 4$$

$$(g) \log_5(125) = 3$$

$$(h) \log_{10}(100) = 2$$

$$(i) \log_{10}(10) = 1$$

$$(j) \log_{10}(1) = 0$$

$$(k) \log_{10}(0.1) = -1$$

$$(l) \log_{10}(0.01) = -2$$

$$(m) \log_2\left(\frac{1}{32}\right) = -5$$

$$(n) \log_1(1) =$$

Beispiele

$$(a) \ 2^8 = 64$$

$$(b) \ 2^{-3} = \frac{1}{8}$$

$$(c) \ \sqrt[3]{125} = 5$$

$$(d) \ \sqrt[10]{1024} = 2$$

$$(e) \ \log_7(49) = 2$$

$$(f) \ \log_2(16) = 4$$

$$(g) \ \log_5(125) = 3$$

$$(h) \ \log_{10}(100) = 2$$

$$(i) \ \log_{10}(10) = 1$$

$$(j) \ \log_{10}(1) = 0$$

$$(k) \ \log_{10}(0.1) = -1$$

$$(l) \ \log_{10}(0.01) = -2$$

$$(m) \ \log_2\left(\frac{1}{32}\right) = -5$$

$$(n) \ \log_1(1) = \text{nicht def.}$$

- ▶ $\lfloor x \rfloor$ ist die grösste ganze Zahl, die kleiner oder gleich x ist.
- ▶ $\lceil x \rceil$ ist die kleinste ganze Zahl, die grösser oder gleich x ist.

Beispiele:

(a) $\lfloor 1.7 \rfloor =$

(b) $\lceil 1.7 \rceil =$

(c) $\lfloor -1.7 \rfloor =$

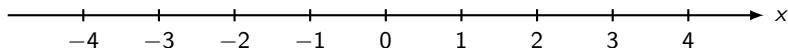
(d) $\lceil -1.7 \rceil =$

(e) $\lfloor 3 \rfloor =$

(f) $\lceil 3 \rceil =$

(g) $\lfloor -3 \rfloor =$

(h) $\lceil -3 \rceil =$



- ▶ $\lfloor x \rfloor$ ist die grösste ganze Zahl, die kleiner oder gleich x ist.
- ▶ $\lceil x \rceil$ ist die kleinste ganze Zahl, die grösser oder gleich x ist.

Beispiele:

(a) $\lfloor 1.7 \rfloor = 1$

(b) $\lceil 1.7 \rceil =$

(c) $\lfloor -1.7 \rfloor =$

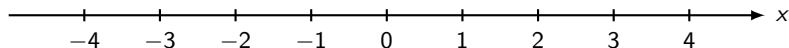
(d) $\lceil -1.7 \rceil =$

(e) $\lfloor 3 \rfloor =$

(f) $\lceil 3 \rceil =$

(g) $\lfloor -3 \rfloor =$

(h) $\lceil -3 \rceil =$



- ▶ $\lfloor x \rfloor$ ist die grösste ganze Zahl, die kleiner oder gleich x ist.
- ▶ $\lceil x \rceil$ ist die kleinste ganze Zahl, die grösser oder gleich x ist.

Beispiele:

(a) $\lfloor 1.7 \rfloor = 1$

(b) $\lceil 1.7 \rceil = 2$

(c) $\lfloor -1.7 \rfloor =$

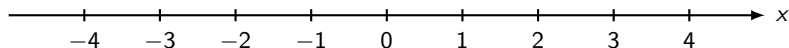
(d) $\lceil -1.7 \rceil =$

(e) $\lfloor 3 \rfloor =$

(f) $\lceil 3 \rceil =$

(g) $\lfloor -3 \rfloor =$

(h) $\lceil -3 \rceil =$



- ▶ $\lfloor x \rfloor$ ist die grösste ganze Zahl, die kleiner oder gleich x ist.
- ▶ $\lceil x \rceil$ ist die kleinste ganze Zahl, die grösser oder gleich x ist.

Beispiele:

(a) $\lfloor 1.7 \rfloor = 1$

(b) $\lceil 1.7 \rceil = 2$

(c) $\lfloor -1.7 \rfloor = -2$

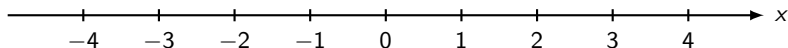
(d) $\lceil -1.7 \rceil =$

(e) $\lfloor 3 \rfloor =$

(f) $\lceil 3 \rceil =$

(g) $\lfloor -3 \rfloor =$

(h) $\lceil -3 \rceil =$



- ▶ $\lfloor x \rfloor$ ist die grösste ganze Zahl, die kleiner oder gleich x ist.
- ▶ $\lceil x \rceil$ ist die kleinste ganze Zahl, die grösser oder gleich x ist.

Beispiele:

(a) $\lfloor 1.7 \rfloor = 1$

(b) $\lceil 1.7 \rceil = 2$

(c) $\lfloor -1.7 \rfloor = -2$

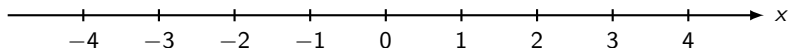
(d) $\lceil -1.7 \rceil = -1$

(e) $\lfloor 3 \rfloor =$

(f) $\lceil 3 \rceil =$

(g) $\lfloor -3 \rfloor =$

(h) $\lceil -3 \rceil =$



- ▶ $\lfloor x \rfloor$ ist die grösste ganze Zahl, die kleiner oder gleich x ist.
- ▶ $\lceil x \rceil$ ist die kleinste ganze Zahl, die grösser oder gleich x ist.

Beispiele:

(a) $\lfloor 1.7 \rfloor = 1$

(b) $\lceil 1.7 \rceil = 2$

(c) $\lfloor -1.7 \rfloor = -2$

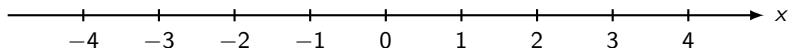
(d) $\lceil -1.7 \rceil = -1$

(e) $\lfloor 3 \rfloor = 3$

(f) $\lceil 3 \rceil =$

(g) $\lfloor -3 \rfloor =$

(h) $\lceil -3 \rceil =$



- ▶ $\lfloor x \rfloor$ ist die grösste ganze Zahl, die kleiner oder gleich x ist.
- ▶ $\lceil x \rceil$ ist die kleinste ganze Zahl, die grösser oder gleich x ist.

Beispiele:

(a) $\lfloor 1.7 \rfloor = 1$

(b) $\lceil 1.7 \rceil = 2$

(c) $\lfloor -1.7 \rfloor = -2$

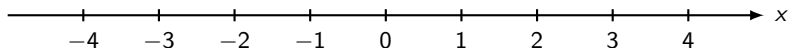
(d) $\lceil -1.7 \rceil = -1$

(e) $\lfloor 3 \rfloor = 3$

(f) $\lceil 3 \rceil = 3$

(g) $\lfloor -3 \rfloor =$

(h) $\lceil -3 \rceil =$



- ▶ $\lfloor x \rfloor$ ist die grösste ganze Zahl, die kleiner oder gleich x ist.
- ▶ $\lceil x \rceil$ ist die kleinste ganze Zahl, die grösser oder gleich x ist.

Beispiele:

(a) $\lfloor 1.7 \rfloor = 1$

(b) $\lceil 1.7 \rceil = 2$

(c) $\lfloor -1.7 \rfloor = -2$

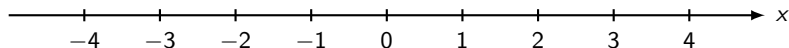
(d) $\lceil -1.7 \rceil = -1$

(e) $\lfloor 3 \rfloor = 3$

(f) $\lceil 3 \rceil = 3$

(g) $\lfloor -3 \rfloor = -3$

(h) $\lceil -3 \rceil =$



- ▶ $\lfloor x \rfloor$ ist die grösste ganze Zahl, die kleiner oder gleich x ist.
- ▶ $\lceil x \rceil$ ist die kleinste ganze Zahl, die grösser oder gleich x ist.

Beispiele:

(a) $\lfloor 1.7 \rfloor = 1$

(b) $\lceil 1.7 \rceil = 2$

(c) $\lfloor -1.7 \rfloor = -2$

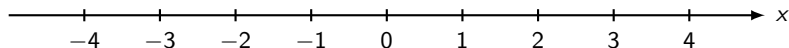
(d) $\lceil -1.7 \rceil = -1$

(e) $\lfloor 3 \rfloor = 3$

(f) $\lceil 3 \rceil = 3$

(g) $\lfloor -3 \rfloor = -3$

(h) $\lceil -3 \rceil = -3$



Sind a und b natürliche Zahlen und $b \neq 0$, so definieren wir den **Divisionsrest** $a \bmod b$ [sprich: „ a modulo b “] wie folgt:

$$a \bmod b = a - \left\lfloor \frac{a}{b} \right\rfloor \cdot b$$

Beispiele

(a) $7 \bmod 3 =$

(b) $14 \bmod 5 =$

(c) $9 \bmod 13 =$

(d) $18 \bmod 6 =$

(d) $0 \bmod 4 =$

Beispiele

$$(a) \quad 7 \bmod 3 = 7 - \left\lfloor \frac{7}{3} \right\rfloor \cdot 3 = 7 - 2 \cdot 3 = 1$$

$$(b) \quad 14 \bmod 5 =$$

$$(c) \quad 9 \bmod 13 =$$

$$(d) \quad 18 \bmod 6 =$$

$$(d) \quad 0 \bmod 4 =$$

Beispiele

$$(a) \quad 7 \bmod 3 = 7 - \left\lfloor \frac{7}{3} \right\rfloor \cdot 3 = 7 - 2 \cdot 3 = 1$$

$$(b) \quad 14 \bmod 5 = 14 - \left\lfloor \frac{14}{5} \right\rfloor \cdot 5 = 14 - 2 \cdot 5 = 4$$

$$(c) \quad 9 \bmod 13 =$$

$$(d) \quad 18 \bmod 6 =$$

$$(d) \quad 0 \bmod 4 =$$

Beispiele

$$(a) \quad 7 \bmod 3 = 7 - \left\lfloor \frac{7}{3} \right\rfloor \cdot 3 = 7 - 2 \cdot 3 = 1$$

$$(b) \quad 14 \bmod 5 = 14 - \left\lfloor \frac{14}{5} \right\rfloor \cdot 5 = 14 - 2 \cdot 5 = 4$$

$$(c) \quad 9 \bmod 13 = 9 - \left\lfloor \frac{9}{13} \right\rfloor \cdot 13 = 9 - 0 \cdot 13 = 9$$

$$(d) \quad 18 \bmod 6 =$$

$$(d) \quad 0 \bmod 4 =$$

Beispiele

$$(a) \quad 7 \bmod 3 = 7 - \left\lfloor \frac{7}{3} \right\rfloor \cdot 3 = 7 - 2 \cdot 3 = 1$$

$$(b) \quad 14 \bmod 5 = 14 - \left\lfloor \frac{14}{5} \right\rfloor \cdot 5 = 14 - 2 \cdot 5 = 4$$

$$(c) \quad 9 \bmod 13 = 9 - \left\lfloor \frac{9}{13} \right\rfloor \cdot 13 = 9 - 0 \cdot 13 = 9$$

$$(d) \quad 18 \bmod 6 = 18 - \left\lfloor \frac{18}{6} \right\rfloor \cdot 6 = 18 - 3 \cdot 6 = 0$$

$$(d) \quad 0 \bmod 4 =$$

Beispiele

$$(a) \quad 7 \bmod 3 = 7 - \left\lfloor \frac{7}{3} \right\rfloor \cdot 3 = 7 - 2 \cdot 3 = 1$$

$$(b) \quad 14 \bmod 5 = 14 - \left\lfloor \frac{14}{5} \right\rfloor \cdot 5 = 14 - 2 \cdot 5 = 4$$

$$(c) \quad 9 \bmod 13 = 9 - \left\lfloor \frac{9}{13} \right\rfloor \cdot 13 = 9 - 0 \cdot 13 = 9$$

$$(d) \quad 18 \bmod 6 = 18 - \left\lfloor \frac{18}{6} \right\rfloor \cdot 6 = 18 - 3 \cdot 6 = 0$$

$$(d) \quad 0 \bmod 4 = 0 - \left\lfloor \frac{0}{4} \right\rfloor \cdot 4 = 0 - 0 = 0$$

Alphabete

Ein **Alphabet** Σ ist eine endliche, nicht leere Menge von Symbolen.

Beispiele:

- ▶ $\Sigma = \{a, b, \dots, z\}$ (lateinische Kleinbuchstaben)
- ▶ $\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$ (Menge der Ziffern im Dezimalsystem)
- ▶ $\Sigma = \{0, 1\}$ (binäres Alphabet)

Wörter

Ist Σ ein Alphabet und k eine natürliche Zahl, dann ist ein **Wort** w der Länge k eine Folge von k Symbolen aus Σ . *Beispiele:*

- ▶ 011010 (Wort der Länge 6 aus dem binären Alphabet)
- ▶ abcd da (Wort der Länge 6 aus dem Kleinbuchstaben-Alphabet)

Das spezielle Wort, das aus keinem Symbol besteht (also die Länge $k = 0$ hat), wird **das leere Wort** genannt und mit ε bezeichnet.

Betragszeichen $|w|$ um ein Wort w bezeichnen die Länge eines Worts. *Beispiele:*

$$(a) \quad |0101| = 4$$

$$(b) \quad |\varepsilon| = 0$$

$$(c) \quad |\text{ACGTTTCG}| =$$

$$7$$

Anzahl der Wörter der Länge k

Wie viele Wörter der Länge k lassen sich aus einem Alphabet Σ mit n Zeichen bilden?

- ▶ Für das 1-te Element gibt es n Auswahlmöglichkeiten
- ▶ Für das 2-te Element gibt es n Auswahlmöglichkeiten
- ▶ ...
- ▶ Für das k -te Element gibt es n Auswahlmöglichkeiten

insgesamt:

$$\underbrace{n \cdot n \cdot n \cdot \dots \cdot n}_{k \text{ Faktoren}} = n^k \text{ Möglichkeiten}$$

Beispiele

Wie viele Wörter der Länge k mit Zeichen aus Σ gibt es?

(a) $\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}, k = 5$

(b) $\Sigma = \{A, B, C, \dots, Z\}, k = 2$

(c) $\Sigma = \{0, 1\}, k = 8$

Beispiele

Wie viele Wörter der Länge k mit Zeichen aus Σ gibt es?

(a) $\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}, k = 5$

Es gibt $10^5 = 100\,000$ Wörter

(b) $\Sigma = \{A, B, C, \dots, Z\}, k = 2$

(c) $\Sigma = \{0, 1\}, k = 8$

Beispiele

Wie viele Wörter der Länge k mit Zeichen aus Σ gibt es?

(a) $\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}, k = 5$

Es gibt $10^5 = 100\,000$ Wörter

(b) $\Sigma = \{A, B, C, \dots, Z\}, k = 2$

Es gibt $26^2 = 676$ Wörter

(c) $\Sigma = \{0, 1\}, k = 8$

Beispiele

Wie viele Wörter der Länge k mit Zeichen aus Σ gibt es?

(a) $\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}, k = 5$

Es gibt $10^5 = 100\,000$ Wörter

(b) $\Sigma = \{A, B, C, \dots, Z\}, k = 2$

Es gibt $26^2 = 676$ Wörter

(c) $\Sigma = \{0, 1\}, k = 8$

Es gibt $2^8 = 256$ Wörter

Formale Sprachen

Eine **formale Sprache** L über einem Alphabet Σ ist eine Teilmenge der Menge aller Wörter, die aus den Zeichen von Σ gebildet werden können.

Beispiele formaler Sprachen

- (a) Die Menge aller Wörter der Länge 4 aus $\Sigma = \{0, 1\}$ mit einer geraden Anzahl Einsen.

Beispiele formaler Sprachen

- (a) Die Menge aller Wörter der Länge 4 aus $\Sigma = \{0, 1\}$ mit einer geraden Anzahl Einsen.

$$L = \{0000, 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100, 1111\}$$

Beispiele formaler Sprachen

- (a) Die Menge aller Wörter der Länge 4 aus $\Sigma = \{0, 1\}$ mit einer geraden Anzahl Einsen.

$$L = \{0000, 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100, 1111\}$$

- (b) Die Menge aller zweistelligen Zahlen mit Ziffern aus $\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$.

Beispiele formaler Sprachen

- (a) Die Menge aller Wörter der Länge 4 aus $\Sigma = \{0, 1\}$ mit einer geraden Anzahl Einsen.

$$L = \{0000, 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100, 1111\}$$

- (b) Die Menge aller zweistelligen Zahlen mit Ziffern aus $\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$.

$$L = \{10, 11, 12, \dots, 19, 20, 21, \dots, 98, 99\}$$

Beispiele formaler Sprachen

- (a) Die Menge aller Wörter der Länge 4 aus $\Sigma = \{0, 1\}$ mit einer geraden Anzahl Einsen.

$$L = \{0000, 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100, 1111\}$$

- (b) Die Menge aller zweistelligen Zahlen mit Ziffern aus $\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$.

$$L = \{10, 11, 12, \dots, 19, 20, 21, \dots, 98, 99\}$$

- (c) Die Menge aller Wörter aus den Zeichen von $\Sigma = \{I, V, X, L, C, D, M\}$, die eine römische Zahl darstellen.

Beispiele formaler Sprachen

- (a) Die Menge aller Wörter der Länge 4 aus $\Sigma = \{0, 1\}$ mit einer geraden Anzahl Einsen.

$$L = \{0000, 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100, 1111\}$$

- (b) Die Menge aller zweistelligen Zahlen mit Ziffern aus $\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$.

$$L = \{10, 11, 12, \dots, 19, 20, 21, \dots, 98, 99\}$$

- (c) Die Menge aller Wörter aus den Zeichen von $\Sigma = \{I, V, X, L, C, D, M\}$, die eine römische Zahl darstellen.

$$L = \{I, II, III, IV, V, \dots\}$$

Beispiele formaler Sprachen

- (a) Die Menge aller Wörter der Länge 4 aus $\Sigma = \{0, 1\}$ mit einer geraden Anzahl Einsen.

$$L = \{0000, 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100, 1111\}$$

- (b) Die Menge aller zweistelligen Zahlen mit Ziffern aus $\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$.

$$L = \{10, 11, 12, \dots, 19, 20, 21, \dots, 98, 99\}$$

- (c) Die Menge aller Wörter aus den Zeichen von $\Sigma = \{I, V, X, L, C, D, M\}$, die eine römische Zahl darstellen.

$$L = \{I, II, III, IV, V, \dots\}$$

- (c) Die Menge der Morsezeichen mit $\Sigma = \{., -\}$.

Beispiele formaler Sprachen

- (a) Die Menge aller Wörter der Länge 4 aus $\Sigma = \{0, 1\}$ mit einer geraden Anzahl Einsen.

$$L = \{0000, 0011, 0101, 0110, 1001, 1010, 1100, 1111\}$$

- (b) Die Menge aller zweistelligen Zahlen mit Ziffern aus $\Sigma = \{0, 1, 2, \dots, 9\}$.

$$L = \{10, 11, 12, \dots, 19, 20, 21, \dots, 98, 99\}$$

- (c) Die Menge aller Wörter aus den Zeichen von $\Sigma = \{I, V, X, L, C, D, M\}$, die eine römische Zahl darstellen.

$$L = \{I, II, III, IV, V, \dots\}$$

- (c) Die Menge der Morsezeichen mit $\Sigma = \{., -\}$.

$$L = \{., -, \cdot\cdot, \cdot-, -\cdot, --, \text{ usw.}\}$$

Codes

Ein **Code** ist eine Abbildung, die jedem Wort w_1 einer Sprache L_1 umkehrbar eindeutig ein Wort w_2 einer Sprache L_2 zuordnet. Dabei darf auch $L_1 = L_2$ gelten.

Beispiel 2.1

Der Morsecode ordnet den 26 lateinischen Buchstaben, den 10 Ziffern und einigen Sonderzeichen jeweils eine eindeutige Folge von Punkten und Strichen zu.

A	·—
B	—...
⋮	⋮
Z	—...·

0	————
1	·————
⋮	⋮
9	————·

.	·—·—·—
,	—...—
⋮	⋮
@	·—·—·—

Beispiel 2.2

Bei einer monoalphabetischen Substitutionschiffre werden Wörter der Länge 1 (Zeichen) durch andere Wörter der Länge 1 ersetzt.

Klartextalphabet: ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Geheimtextalphabet: YPATCEDJLBFZKOSUNGHXIQMVRW

DASISTEINEGEHEIMEBOTSCHAFT

TYHLHXCLODCJCLKCPSXHAJYEX

Ist dieser Code sicher?

Beispiel 2.2

Bei einer monoalphabetischen Substitutionschiffre werden Wörter der Länge 1 (Zeichen) durch andere Wörter der Länge 1 ersetzt.

Klartextalphabet: ABCDEFGHIJKLMNOPQRSTUVWXYZ

Geheimtextalphabet: YPATCEDJLBFZKOSUNGHXIQMVRW

DASISTEINEGEHEIMEBOTSCHAFT

TYHLHXCLODCJCLKCPSXHAJYEX

Ist dieser Code sicher?

Nein, denn die Zeichenhäufigkeiten bleiben erhalten. Siehe:

<https://de.wikipedia.org/wiki/Buchstabenhäufigkeit>

Beispiel 2.3

Polizeicodes (USA):

https://en.wikipedia.org/wiki/Police_code

Das Bit

Ein *Bit* (von engl. binary digit) ist die Informationsmenge, die durch eine Binärziffer dargestellt werden kann. Beispiele:

- ▶ die Position eines Ein-Aus-Schalters
- ▶ die Antwort auf eine Ja-Nein-Frage
- ▶ die Information, ob eine Aussage wahr oder falsch ist

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1		
2		
3		
...		
n		

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1	0, 1	
2		
3		
...		
n		

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1	0, 1	$2^1 = 2$
2		
3		
...		
n		

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1	0, 1	$2^1 = 2$
2	00, 01, 10, 11	
3		
...		
n		

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1	0, 1	$2^1 = 2$
2	00, 01, 10, 11	$2^2 = 4$
3		
...		
n		

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1	0, 1	$2^1 = 2$
2	00, 01, 10, 11	$2^2 = 4$
3	000, 001, ..., 111	
...		
n		

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1	0, 1	$2^1 = 2$
2	00, 01, 10, 11	$2^2 = 4$
3	000, 001, ..., 111	$2^3 = 8$
...		
n		

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1	0, 1	$2^1 = 2$
2	00, 01, 10, 11	$2^2 = 4$
3	000, 001, ..., 111	$2^3 = 8$
...	...	
n		

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1	0, 1	$2^1 = 2$
2	00, 01, 10, 11	$2^2 = 4$
3	000, 001, ..., 111	$2^3 = 8$
...	...	...
n		

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1	0, 1	$2^1 = 2$
2	00, 01, 10, 11	$2^2 = 4$
3	000, 001, ..., 111	$2^3 = 8$
...	...	...
n	...	

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1	0, 1	$2^1 = 2$
2	00, 01, 10, 11	$2^2 = 4$
3	000, 001, ..., 111	$2^3 = 8$
...	...	...
n	...	2^n

Informationsmenge

Anzahl Bit	Zustände	Anzahl Zustände
1	0, 1	$2^1 = 2$
2	00, 01, 10, 11	$2^2 = 4$
3	000, 001, ..., 111	$2^3 = 8$
...	...	...
n	...	2^n

Um aus der Anzahl der Zustände a die Anzahl Bits n zu berechnen, muss der Zweierlogarithmus von a bestimmt werden.

$$2^n = a \quad \Leftrightarrow \quad n = \log_2 a$$

Falls a keine Zweierpotenz ist muss das Resultat aufgerundet werden, da keine halben Bits möglich sind. Dann gilt:

$$n = \lceil \log_2 a \rceil$$

Beispiel 2.4

Die 6 Augenzahlen eines Spielwürfels sollen binär codiert werden.
Wie viele Bits sind dafür mindestens nötig?

Augenzahl	Binärcode
	
	
	
	
	
	

Beispiel 2.4

Die 6 Augenzahlen eines Spielwürfels sollen binär codiert werden.
Wie viele Bits sind dafür mindestens nötig?

Augenzahl	Binärcode
	000
	
	
	
	
	

Beispiel 2.4

Die 6 Augenzahlen eines Spielwürfels sollen binär codiert werden.
Wie viele Bits sind dafür mindestens nötig?

Augenzahl	Binärcode
	000
	001
	
	
	
	

Beispiel 2.4

Die 6 Augenzahlen eines Spielwürfels sollen binär codiert werden.
Wie viele Bits sind dafür mindestens nötig?

Augenzahl	Binärcode
	000
	001
	010
	
	
	

Beispiel 2.4

Die 6 Augenzahlen eines Spielwürfels sollen binär codiert werden.
Wie viele Bits sind dafür mindestens nötig?

Augenzahl	Binärcode
	000
	001
	010
	011
	
	

Beispiel 2.4

Die 6 Augenzahlen eines Spielwürfels sollen binär codiert werden.
Wie viele Bits sind dafür mindestens nötig?

Augenzahl	Binärcode
	000
	001
	010
	011
	100
	

Beispiel 2.4

Die 6 Augenzahlen eines Spielwürfels sollen binär codiert werden.
Wie viele Bits sind dafür mindestens nötig?

Augenzahl	Binärcode
	000
	001
	010
	011
	100
	101

Bezeichnungen

8 Bits = 1 Byte

SI-Präfixe

10^3 Byte =

10^6 Byte =

10^9 Byte =

10^{12} Byte =

10^{15} Byte =

10^{18} Byte =

10^{21} Byte =

10^{24} Byte =

Das SI (Système international d'unités) ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Grössen.

SI-Präfixe

10^3 Byte = 1 Kilobyte (kB)

10^6 Byte =

10^9 Byte =

10^{12} Byte =

10^{15} Byte =

10^{18} Byte =

10^{21} Byte =

10^{24} Byte =

Das SI (Système international d'unités) ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Grössen.

SI-Präfixe

10^3 Byte = 1 Kilobyte (kB)

10^6 Byte = 1 Megabyte (MB)

10^9 Byte =

10^{12} Byte =

10^{15} Byte =

10^{18} Byte =

10^{21} Byte =

10^{24} Byte =

Das SI (Système international d'unités) ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Größen.

SI-Präfixe

10^3 Byte = 1 Kilobyte (kB)

10^6 Byte = 1 Megabyte (MB)

10^9 Byte = 1 Gigabyte (GB)

10^{12} Byte =

10^{15} Byte =

10^{18} Byte =

10^{21} Byte =

10^{24} Byte =

Das SI (Système international d'unités) ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Grössen.

SI-Präfixe

10^3 Byte = 1 Kilobyte (kB)

10^6 Byte = 1 Megabyte (MB)

10^9 Byte = 1 Gigabyte (GB)

10^{12} Byte = 1 Terabyte (TB)

10^{15} Byte =

10^{18} Byte =

10^{21} Byte =

10^{24} Byte =

Das SI (Système international d'unités) ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Grössen.

SI-Präfixe

10^3 Byte = 1 Kilobyte (kB)

10^6 Byte = 1 Megabyte (MB)

10^9 Byte = 1 Gigabyte (GB)

10^{12} Byte = 1 Terabyte (TB)

10^{15} Byte = 1 Petabyte (PB)

10^{18} Byte =

10^{21} Byte =

10^{24} Byte =

Das SI (Système international d'unités) ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Größen.

SI-Präfixe

10^3 Byte = 1 Kilobyte (kB)

10^6 Byte = 1 Megabyte (MB)

10^9 Byte = 1 Gigabyte (GB)

10^{12} Byte = 1 Terabyte (TB)

10^{15} Byte = 1 Petabyte (PB)

10^{18} Byte = 1 Exabyte (EB)

10^{21} Byte =

10^{24} Byte =

Das SI (Système international d'unités) ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Grössen.

SI-Präfixe

10^3 Byte = 1 Kilobyte (kB)

10^6 Byte = 1 Megabyte (MB)

10^9 Byte = 1 Gigabyte (GB)

10^{12} Byte = 1 Terabyte (TB)

10^{15} Byte = 1 Petabyte (PB)

10^{18} Byte = 1 Exabyte (EB)

10^{21} Byte = 1 Zettabyte (ZB)

10^{24} Byte =

Das SI (Système international d'unités) ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Grössen.

SI-Präfixe

10^3 Byte = 1 Kilobyte (kB)

10^6 Byte = 1 Megabyte (MB)

10^9 Byte = 1 Gigabyte (GB)

10^{12} Byte = 1 Terabyte (TB)

10^{15} Byte = 1 Petabyte (PB)

10^{18} Byte = 1 Exabyte (EB)

10^{21} Byte = 1 Zettabyte (ZB)

10^{24} Byte = 1 Yottabyte (YB)

Das SI (Système international d'unités) ist das am weitesten verbreitete Einheitensystem für physikalische Grössen.

IEC-Präfixe

1024 Byte =

1024 KiB =

1024 MiB =

1024 GiB =

1024 TiB =

1024 PiB =

1024 EiB =

1024 ZiB =

Die IEC (International Electrotechnical Commission) ist eine internationale Normungsorganisation für Normen im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik mit Sitz in Genf.

IEC-Präfixe

1024 Byte = 1 Kilobinary Byte (KiB)

1024 KiB =

1024 MiB =

1024 GiB =

1024 TiB =

1024 PiB =

1024 EiB =

1024 ZiB =

Die IEC (International Electrotechnical Commission) ist eine internationale Normungsorganisation für Normen im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik mit Sitz in Genf.

IEC-Präfixe

1024 Byte = 1 Kilobinary Byte (KiB)

1024 KiB = 1 Megabinary Byte (MiB)

1024 MiB =

1024 GiB =

1024 TiB =

1024 PiB =

1024 EiB =

1024 ZiB =

Die IEC (International Electrotechnical Commission) ist eine internationale Normungsorganisation für Normen im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik mit Sitz in Genf.

IEC-Präfixe

1024 Byte = 1 Kilobinary Byte (KiB)

1024 KiB = 1 Megabinary Byte (MiB)

1024 MiB = 1 Gigabinary Byte (GiB)

1024 GiB =

1024 TiB =

1024 PiB =

1024 EiB =

1024 ZiB =

Die IEC (International Electrotechnical Commission) ist eine internationale Normungsorganisation für Normen im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik mit Sitz in Genf.

IEC-Präfixe

1024 Byte = 1 Kilobinary Byte (KiB)

1024 KiB = 1 Megabinary Byte (MiB)

1024 MiB = 1 Gigabinary Byte (GiB)

1024 GiB = 1 Terabinary Byte (TiB)

1024 TiB =

1024 PiB =

1024 EiB =

1024 ZiB =

Die IEC (International Electrotechnical Commission) ist eine internationale Normungsorganisation für Normen im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik mit Sitz in Genf.

IEC-Präfixe

1024 Byte = 1 Kilobinary Byte (KiB)

1024 KiB = 1 Megabinary Byte (MiB)

1024 MiB = 1 Gigabinary Byte (GiB)

1024 GiB = 1 Terabinary Byte (TiB)

1024 TiB = 1 Petabinary Byte (PiB)

1024 PiB =

1024 EiB =

1024 ZiB =

Die IEC (International Electrotechnical Commission) ist eine internationale Normungsorganisation für Normen im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik mit Sitz in Genf.

IEC-Präfixe

1024 Byte	=	1 Kilobinary Byte (KiB)
1024 KiB	=	1 Megabinary Byte (MiB)
1024 MiB	=	1 Gigabinary Byte (GiB)
1024 GiB	=	1 Terabinary Byte (TiB)
1024 TiB	=	1 Petabinary Byte (PiB)
1024 PiB	=	1 Exabinary Byte (EiB)
1024 EiB	=	
1024 ZiB	=	

Die IEC (International Electrotechnical Commission) ist eine internationale Normungsorganisation für Normen im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik mit Sitz in Genf.

IEC-Präfixe

1024 Byte	=	1 Kilobinary Byte (KiB)
1024 KiB	=	1 Megabinary Byte (MiB)
1024 MiB	=	1 Gigabinary Byte (GiB)
1024 GiB	=	1 Terabinary Byte (TiB)
1024 TiB	=	1 Petabinary Byte (PiB)
1024 PiB	=	1 Exabinary Byte (EiB)
1024 EiB	=	1 Zettabinary Byte (ZiB)
1024 ZiB	=	

Die IEC (International Electrotechnical Commission) ist eine internationale Normungsorganisation für Normen im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik mit Sitz in Genf.

IEC-Präfixe

1024 Byte	=	1 Kilobinary Byte (KiB)
1024 KiB	=	1 Megabinary Byte (MiB)
1024 MiB	=	1 Gigabinary Byte (GiB)
1024 GiB	=	1 Terabinary Byte (TiB)
1024 TiB	=	1 Petabinary Byte (PiB)
1024 PiB	=	1 Exabinary Byte (EiB)
1024 EiB	=	1 Zettabinary Byte (ZiB)
1024 ZiB	=	1 Yottabinary Byte (YiB)

Die IEC (International Electrotechnical Commission) ist eine internationale Normungsorganisation für Normen im Bereich der Elektrotechnik und Elektronik mit Sitz in Genf.

Faustformel für die Umrechnung

$$2^{10} = 1024 \approx 1000 = 10^3$$

Aus der Gebrauchsanweisung einer USB-Harddisk

Ein Gigabyte (GB) bedeutet $10^9 = 1\,000\,000\,000$ Byte und ein Terabyte (TB) bedeutet $10^{12} = 1\,000\,000\,000\,000$ Byte unter Verwendung von Zehnerpotenzen. Das Computerbetriebssystem zeigt die Speicherkapazität jedoch in der Form von “2 hoch” als

1 GiB = $2^{30} = 1\,073\,741\,824$ Byte und

1 TiB = $2^{40} = 1\,099\,511\,627\,776$ Byte

an, was zu einem geringeren Wert führt. Die verfügbare Speicherkapazität variiert je nach Dateigrösse, Formatierung, Einstellungen, Software und Betriebssystem sowie anderen Faktoren.

Das Dezimalsystem ist ein Stellenwertsystem (Positionssystem) zur Basis 10. Das bedeutet, dass eine Ziffer neben ihrem eigenen Wert noch einen Wert erhält, der durch ihre Position innerhalb der Zahl gegeben ist.

Beispiel 3.1

Wie bildet man eine Zahl aus ihren Ziffern?

Dezimalziffer	6	9	3
Stellenwert			

Beispiel 3.1

Wie bildet man eine Zahl aus ihren Ziffern?

Dezimalziffer	6	9	3
Stellenwert			10^0

Beispiel 3.1

Wie bildet man eine Zahl aus ihren Ziffern?

Dezimalziffer	6	9	3
Stellenwert		10^1	10^0

Beispiel 3.1

Wie bildet man eine Zahl aus ihren Ziffern?

Dezimalziffer	6	9	3
Stellenwert	10^2	10^1	10^0

Beispiel 3.1

Wie bildet man eine Zahl aus ihren Ziffern?

Dezimalziffer	6	9	3
Stellenwert	10^2	10^1	10^0
			1

Beispiel 3.1

Wie bildet man eine Zahl aus ihren Ziffern?

Dezimalziffer	6	9	3
Stellenwert	10^2	10^1	10^0
		10	1

Beispiel 3.1

Wie bildet man eine Zahl aus ihren Ziffern?

Dezimalziffer	6	9	3
Stellenwert	10^2	10^1	10^0
	100	10	1

Beispiel 3.1

Wie bildet man eine Zahl aus ihren Ziffern?

Dezimalziffer	6	9	3
Stellenwert	10^2	10^1	10^0
	100	10	1

$$693 = 3 \cdot 10^0 + 9 \cdot 10^1 + 6 \cdot 10^2$$

Beispiel 3.2

Wie gewinnt man die Ziffern aus einer Zahl?

$$\begin{array}{rclcl} 693 & : & 10 & = & \text{Rest} \\ & & 10 & = & \text{Rest} \\ & & 10 & = & \text{Rest} \end{array}$$

Beispiel 3.2

Wie gewinnt man die Ziffern aus einer Zahl?

$$\begin{array}{rclcl} 693 & : & 10 & = & \textcolor{red}{69} \text{ Rest} \\ & & 10 & = & \text{Rest} \\ & & 10 & = & \text{Rest} \end{array}$$

Beispiel 3.2

Wie gewinnt man die Ziffern aus einer Zahl?

$$\begin{array}{rclcl} 693 & : & 10 & = & \text{69} \quad \text{Rest } 3 \\ & : & 10 & = & \text{Rest} \\ & : & 10 & = & \text{Rest} \end{array}$$

Beispiel 3.2

Wie gewinnt man die Ziffern aus einer Zahl?

$$693 : 10 = 69 \text{ Rest } 3$$

$$69 : 10 = \text{Rest}$$

$$: 10 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.2

Wie gewinnt man die Ziffern aus einer Zahl?

$$693 : 10 = 69 \text{ Rest } 3$$

$$69 : 10 = 6 \text{ Rest }$$

$$: 10 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.2

Wie gewinnt man die Ziffern aus einer Zahl?

$$693 : 10 = 69 \text{ Rest } 3$$

$$69 : 10 = 6 \text{ Rest } 9$$

$$: 10 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.2

Wie gewinnt man die Ziffern aus einer Zahl?

$$693 : 10 = 69 \text{ Rest } 3$$

$$69 : 10 = 6 \text{ Rest } 9$$

$$6 : 10 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.2

Wie gewinnt man die Ziffern aus einer Zahl?

$$693 : 10 = 69 \text{ Rest } 3$$

$$69 : 10 = 6 \text{ Rest } 9$$

$$6 : 10 = 0 \text{ Rest }$$

Beispiel 3.2

Wie gewinnt man die Ziffern aus einer Zahl?

$$693 : 10 = 69 \text{ Rest } 3$$

$$69 : 10 = 6 \text{ Rest } 9$$

$$6 : 10 = 0 \text{ Rest } 6$$

Das Binärsystem ist ein Stellenwertsystem zur Basis 2.

Bekanntlich werden Zahlen im Dezimalsystem aus den zehn Ziffern 0 bis 9 gebildet. Entsprechend werden Zahlen im Binärsystem aus den zwei Ziffern 0 und 1 gebildet.

Wenn nicht aus dem Kontext hervorgeht, welche Basis einer Zahl zu grunde liegt, kennzeichnet man sie mit einem entsprechenden Index.

Beispiele: 101_{10} , 101_2 oder 235_6 .

Beispiel 3.3

Analog zum Beispiel 3.1 erhalten wir:

$$1011_2 =$$

Beispiel 3.3

Analog zum Beispiel 3.1 erhalten wir:

$$1011_2 = 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3 =$$

Beispiel 3.3

Analog zum Beispiel 3.1 erhalten wir:

$$1011_2 = 1 \cdot 2^0 + 1 \cdot 2^1 + 0 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^3 = 1 + 2 + 8 = 11_{10}$$

Beispiel 3.4

Rechne die Binärzahl 10000101_2 ins Dezimalsystem um.

$$10000101_2 =$$

Beispiel 3.4

Rechne die Binärzahl 10000101_2 ins Dezimalsystem um.

$$10000101_2 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^2$$

Beispiel 3.4

Rechne die Binärzahl 10000101_2 ins Dezimalsystem um.

$$10000101_2 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^0$$

Beispiel 3.4

Rechne die Binärzahl 10000101_2 ins Dezimalsystem um.

$$10000101_2 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^0 =$$

Beispiel 3.4

Rechne die Binärzahl 10000101_2 ins Dezimalsystem um.

$$10000101_2 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^0 = 128 + 4 + 1 =$$

Beispiel 3.4

Rechne die Binärzahl 10000101_2 ins Dezimalsystem um.

$$10000101_2 = 1 \cdot 2^7 + 1 \cdot 2^2 + 1 \cdot 2^0 = 128 + 4 + 1 = 133$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

293	:	2	=	Rest
	:	2	=	Rest
	:	2	=	Rest
	:	2	=	Rest
	:	2	=	Rest
	:	2	=	Rest
	:	2	=	Rest
	:	2	=	Rest
	:	2	=	Rest
	:	2	=	Rest

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$\begin{array}{rclcl} 293 & : & 2 & = & 146 \text{ Rest} \\ & & 2 & = & \text{Rest} \\ & & 2 & = & \text{Rest} \\ & & 2 & = & \text{Rest} \\ & & 2 & = & \text{Rest} \\ & & 2 & = & \text{Rest} \\ & & 2 & = & \text{Rest} \\ & & 2 & = & \text{Rest} \\ & & 2 & = & \text{Rest} \\ & & 2 & = & \text{Rest} \end{array}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest }$$

$$9 : 2 = \text{Rest }$$

$$4 : 2 = \text{Rest }$$

$$2 : 2 = \text{Rest }$$

$$1 : 2 = \text{Rest }$$

$$0 : 2 = \text{Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = \text{Rest}$$

$$4 : 2 = \text{Rest}$$

$$2 : 2 = \text{Rest}$$

$$1 : 2 = \text{Rest}$$

$$0 : 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

$$0 : 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

$$0 : 2 = 0 \text{ Rest }$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

$$0 : 2 = 0 \text{ Rest } 0$$

Beispiel 3.5

Die Umrechnung erfolgt analog zum Beispiel 3.2.

$$293 : 2 = 146 \text{ Rest } 1$$

$$146 : 2 = 73 \text{ Rest } 0$$

$$73 : 2 = 36 \text{ Rest } 1$$

$$36 : 2 = 18 \text{ Rest } 0$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

$$0 : 2 = 0 \text{ Rest } 0$$

Reste von unten nach oben gelesen: $293_{10} = 100100101_2$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

47 : 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = \quad \text{Rest}$$

$$: 2 = \quad \text{Rest}$$

$$: 2 = \quad \text{Rest}$$

$$: 2 = \quad \text{Rest}$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1$$

$$5 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1$$

$$5 : 2 = 2 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1$$

$$5 : 2 = 2 \text{ Rest } 1$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1$$

$$5 : 2 = 2 \text{ Rest } 1$$

$$2 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1$$

$$5 : 2 = 2 \text{ Rest } 1$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1$$

$$5 : 2 = 2 \text{ Rest } 1$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1$$

$$5 : 2 = 2 \text{ Rest } 1$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1$$

$$5 : 2 = 2 \text{ Rest } 1$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest }$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1$$

$$5 : 2 = 2 \text{ Rest } 1$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

Beispiel 3.6

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 47 im Binärsystem?

$$47 : 2 = 23 \text{ Rest } 1$$

$$23 : 2 = 11 \text{ Rest } 1$$

$$11 : 2 = 5 \text{ Rest } 1$$

$$5 : 2 = 2 \text{ Rest } 1$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

$$47 = 101111_2$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

148 : 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

148 : 2 = 74 Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

: 2 = Rest

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest }$$

$$9 : 2 = \text{Rest }$$

$$4 : 2 = \text{Rest }$$

$$2 : 2 = \text{Rest }$$

$$1 : 2 = \text{Rest }$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = \text{Rest}$$

$$4 : 2 = \text{Rest}$$

$$2 : 2 = \text{Rest}$$

$$1 : 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = \text{Rest}$$

$$: 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest }$$

$$: 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest }$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

Beispiel 3.7

Welche Darstellung hat die Dezimalzahl 148 im Binärsystem?

$$148 : 2 = 74 \text{ Rest } 0$$

$$74 : 2 = 37 \text{ Rest } 0$$

$$37 : 2 = 18 \text{ Rest } 1$$

$$18 : 2 = 9 \text{ Rest } 0$$

$$9 : 2 = 4 \text{ Rest } 1$$

$$4 : 2 = 2 \text{ Rest } 0$$

$$2 : 2 = 1 \text{ Rest } 0$$

$$1 : 2 = 0 \text{ Rest } 1$$

$$148 = 10010100_2$$

Für das (Sechzehnersystem) benötigen wir sechzehn Ziffern. Da wir im Dezimalsystem aber nur zehn Ziffern zur Verfügung haben, verwenden wir für die fehlenden Ziffern die ersten sechs Buchstaben unseres Alphabets.

10er-System	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
16er-System	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F

Gross- und Kleinschreibung wird nicht unterschieden.

In der Informatik werden Hexadezimalzahlen zur Kennzeichnung das Präfix `0x` oder das Suffix `h` beigefügt.

$(1A53_{16} = 0x1A53 = 1A53h)$

Beispiel 3.8

Hexadezimalzahl	1	5	E
Stellenwert			

Beispiel 3.8

Hexadezimalzahl	1	5	E
Stellenwert			$16^0 = 1$

Beispiel 3.8

Hexadezimalzahl	1	5	E
Stellenwert		$16^1 = 16$	$16^0 = 1$

Beispiel 3.8

Hexadezimalzahl	1	5	E
Stellenwert	$16^2 = 256$	$16^1 = 16$	$16^0 = 1$

Beispiel 3.8

Hexadezimalzahl	1	5	E
Stellenwert	$16^2 = 256$	$16^1 = 16$	$16^0 = 1$

$$15E_{16} = 14 \cdot 1 + 5 \cdot 16 + 1 \cdot 256 = 350_{10}$$

Beispiel 3.9

1610	:	16	=	Rest
	:	16	=	Rest
	:	16	=	Rest

Beispiel 3.9

$$\begin{array}{rclcl} 1610 & : & 16 & = & 100 \text{ Rest} \\ & & 16 & = & \text{Rest} \\ & & 16 & = & \text{Rest} \end{array}$$

Beispiel 3.9

$$\begin{array}{rclcl} 1610 & : & 16 & = & 100 \text{ Rest } A \\ & & 16 & = & \text{Rest} \\ & & 16 & = & \text{Rest} \end{array}$$

Beispiel 3.9

$$1610 : 16 = 100 \text{ Rest } A$$

$$100 : 16 = \text{Rest}$$

$$: 16 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.9

$$1610 : 16 = 100 \text{ Rest } A$$

$$100 : 16 = 6 \text{ Rest }$$

$$: 16 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.9

$$1610 : 16 = 100 \text{ Rest } A$$

$$100 : 16 = 6 \text{ Rest } 4$$

$$: 16 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.9

$$1610 : 16 = 100 \text{ Rest } A$$

$$100 : 16 = 6 \text{ Rest } 4$$

$$6 : 16 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.9

$$1610 : 16 = 100 \text{ Rest } A$$

$$100 : 16 = 6 \text{ Rest } 4$$

$$6 : 16 = 0 \text{ Rest }$$

Beispiel 3.9

$$1610 : 16 = 100 \text{ Rest } A$$

$$100 : 16 = 6 \text{ Rest } 4$$

$$6 : 16 = 0 \text{ Rest } 6$$

Beispiel 3.9

$$1610 : 16 = 100 \text{ Rest } A$$

$$100 : 16 = 6 \text{ Rest } 4$$

$$6 : 16 = 0 \text{ Rest } 6$$

$$1610_{10} = 64A_{16}$$

Da die Zahl 16 eine Potenz von 2 ist, sind die Umrechnungen zwischen dem Hexadezimal- und dem Binärsystem besonders einfach. Da jede Hexadezimalzahl durch genau vier Binärziffern dargestellt werden kann, teilen wir jede Binärzahl von rechts nach links in Vierergruppen ein. Fehlende Stellen links werden durch Nullen aufgefüllt. Dann wandelt man jede Vierergruppe in die entsprechende Hexadezimalzahl um.

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

											1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

										0	1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

									0	0	1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

								1	0	0	1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

							0	1	0	0	1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

						0	0	1	0	0	1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

					1	0	0	1	0	0	1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

				1	1	0	0	1	0	0	1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

			1	1	1	0	0	1	0	0	1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

		1	1	1	1	0	0	1	0	0	1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
								9			

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
				C				9			

Beispiel 3.10

Wandle die Binärzahl 1111001001_2 in eine Hexadezimalzahl um:

0	0	1	1	1	1	0	0	1	0	0	1
3				C				9			

Beispiel 3.11

Stelle die Hexadezimalzahl F4E7 als Binärzahl dar:

Beispiel 3.11

Stelle die Hexadezimalzahl F4E7 als Binärzahl dar:

F				4				E				7			

Beispiel 3.11

Stelle die Hexadezimalzahl F4E7 als Binärzahl dar:

F				4				E				7			
												0	1	1	1

Beispiel 3.11

Stelle die Hexadezimalzahl F4E7 als Binärzahl dar:

F				4				E				7			
								1	1	1	0	0	1	1	1

Beispiel 3.11

Stelle die Hexadezimalzahl F4E7 als Binärzahl dar:

F				4				E				7			
				0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1

Beispiel 3.11

Stelle die Hexadezimalzahl F4E7 als Binärzahl dar:

F				4				E				7			
1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	1	1

Das Oktalsystem ist das Zahlensystem zur Basis 8, das aus den Ziffern 0, 1, ..., 6, 7 besteht.

Oktalzahlen werden in der Informatik manchmal durch eine vorangestellte Null oder ein nachgestelltes kleines „o“ gekennzeichnet, was jedoch leicht zu Verwechslungen führen kann.

Beispiel: $371_8 = 0371 = 371_o$

Beispiel 3.12

Oktalziffer	1	0	2	7
Stellenwert				

Beispiel 3.12

Oktalziffer	1	0	2	7
Stellenwert				8^0

Beispiel 3.12

Oktalziffer	1	0	2	7
Stellenwert			8^1	8^0

Beispiel 3.12

Oktalziffer	1	0	2	7
Stellenwert		8^2	8^1	8^0

Beispiel 3.12

Oktalziffer	1	0	2	7
Stellenwert	8^3	8^2	8^1	8^0

Beispiel 3.12

Oktalziffer	1	0	2	7
Stellenwert	8^3	8^2	8^1	8^0
				1

Beispiel 3.12

Oktalziffer	1	0	2	7
Stellenwert	8^3	8^2	8^1	8^0
			8	1

Beispiel 3.12

Oktalziffer	1	0	2	7
Stellenwert	8^3	8^2	8^1	8^0
		64	8	1

Beispiel 3.12

Oktalziffer	1	0	2	7
Stellenwert	8^3	8^2	8^1	8^0
	512	64	8	1

Beispiel 3.12

Oktalziffer	1	0	2	7
Stellenwert	8^3	8^2	8^1	8^0
	512	64	8	1

$$1027_8 = 7 \cdot 1 + 2 \cdot 8 + 0 \cdot 64 + 1 \cdot 512 = 535$$

Beispiel 3.13

843 : 8 = Rest

: 8 = Rest

: 8 = Rest

: 8 = Rest

Beispiel 3.13

$$843 : 8 = 105 \text{ Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.13

$$\begin{array}{rclcl} 843 & : & 8 & = & 105 \text{ Rest } 3 \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \end{array}$$

Beispiel 3.13

$$843 : 8 = 105 \text{ Rest } 3$$

$$105 : 8 = \text{Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.13

$$843 : 8 = 105 \text{ Rest } 3$$

$$105 : 8 = 13 \text{ Rest }$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.13

$$843 : 8 = 105 \text{ Rest } 3$$

$$105 : 8 = 13 \text{ Rest } 1$$

$$13 : 8 = \text{Rest}$$

$$1 : 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.13

$$843 : 8 = 105 \text{ Rest } 3$$

$$105 : 8 = 13 \text{ Rest } 1$$

$$13 : 8 = \text{Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.13

$$843 : 8 = 105 \text{ Rest } 3$$

$$105 : 8 = 13 \text{ Rest } 1$$

$$13 : 8 = 1 \text{ Rest }$$

$$: 8 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.13

$$843 : 8 = 105 \text{ Rest } 3$$

$$105 : 8 = 13 \text{ Rest } 1$$

$$13 : 8 = 1 \text{ Rest } 5$$

$$: 8 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.13

$$843 : 8 = 105 \text{ Rest } 3$$

$$105 : 8 = 13 \text{ Rest } 1$$

$$13 : 8 = 1 \text{ Rest } 5$$

$$1 : 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.13

$$843 : 8 = 105 \text{ Rest } 3$$

$$105 : 8 = 13 \text{ Rest } 1$$

$$13 : 8 = 1 \text{ Rest } 5$$

$$1 : 8 = 0 \text{ Rest }$$

Beispiel 3.13

$$843 : 8 = 105 \text{ Rest } 3$$

$$105 : 8 = 13 \text{ Rest } 1$$

$$13 : 8 = 1 \text{ Rest } 5$$

$$1 : 8 = 0 \text{ Rest } 1$$

Beispiel 3.13

$$843 : 8 = 105 \text{ Rest } 3$$

$$105 : 8 = 13 \text{ Rest } 1$$

$$13 : 8 = 1 \text{ Rest } 5$$

$$1 : 8 = 0 \text{ Rest } 1$$

$$843_{10} = 1513_8$$

Beispiel 3.14

Rechne 473_8 ins Dezimalsystem um:

Beispiel 3.14

Rechne 473_8 ins Dezimalsystem um:

$$473_8 =$$

Beispiel 3.14

Rechne 473_8 ins Dezimalsystem um:

$$473_8 = 3 \cdot 1$$

Beispiel 3.14

Rechne 473_8 ins Dezimalsystem um:

$$473_8 = 3 \cdot 1 + 7 \cdot 8$$

Beispiel 3.14

Rechne 473_8 ins Dezimalsystem um:

$$473_8 = 3 \cdot 1 + 7 \cdot 8 + 4 \cdot 64 =$$

Beispiel 3.14

Rechne 473_8 ins Dezimalsystem um:

$$473_8 = 3 \cdot 1 + 7 \cdot 8 + 4 \cdot 64 = 315$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

:	8	=	Rest
:	8	=	Rest
:	8	=	Rest
:	8	=	Rest

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$\begin{array}{rclcl} 1217 & : & 8 & = & \text{Rest} \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \end{array}$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$\begin{array}{rclcl} 1217 & : & 8 & = & 152 \text{ Rest} \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \end{array}$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$\begin{array}{rclcl} 1217 & : & 8 & = & 152 \text{ Rest } 1 \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \\ & : & 8 & = & \text{Rest} \end{array}$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$1217 : 8 = 152 \text{ Rest } 1$$

$$152 : 8 = \text{Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$1217 : 8 = 152 \text{ Rest } 1$$

$$152 : 8 = 19 \text{ Rest }$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$1217 : 8 = 152 \text{ Rest } 1$$

$$152 : 8 = 19 \text{ Rest } 0$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$1217 : 8 = 152 \text{ Rest } 1$$

$$152 : 8 = 19 \text{ Rest } 0$$

$$19 : 8 = \text{Rest}$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$1217 : 8 = 152 \text{ Rest } 1$$

$$152 : 8 = 19 \text{ Rest } 0$$

$$19 : 8 = 2 \text{ Rest }$$

$$: 8 = \text{ Rest }$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$1217 : 8 = 152 \text{ Rest } 1$$

$$152 : 8 = 19 \text{ Rest } 0$$

$$19 : 8 = 2 \text{ Rest } 3$$

$$: 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$1217 : 8 = 152 \text{ Rest } 1$$

$$152 : 8 = 19 \text{ Rest } 0$$

$$19 : 8 = 2 \text{ Rest } 3$$

$$2 : 8 = \text{Rest}$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$1217 : 8 = 152 \text{ Rest } 1$$

$$152 : 8 = 19 \text{ Rest } 0$$

$$19 : 8 = 2 \text{ Rest } 3$$

$$2 : 8 = 0 \text{ Rest } 2$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$1217 : 8 = 152 \text{ Rest } 1$$

$$152 : 8 = 19 \text{ Rest } 0$$

$$19 : 8 = 2 \text{ Rest } 3$$

$$2 : 8 = 0 \text{ Rest } 2$$

Beispiel 3.15

Rechne 1217_{10} ins Oktalsystem um:

$$1217 : 8 = 152 \text{ Rest } 1$$

$$152 : 8 = 19 \text{ Rest } 0$$

$$19 : 8 = 2 \text{ Rest } 3$$

$$2 : 8 = 0 \text{ Rest } 2$$

$$1217_{10} = 2301_8$$

Da die Basis 8 des Oktalsystems eine Potenz der Basis 2 des Binärsystems ist, sind die beiden Systeme in einer gewissen Weise miteinander verwandt. Das erleichtert das Umrechnen zwischen diesen Systemen.

Wollen wir eine Binärzahl *direkt* ins Oktalsystem umwandeln, teilen wir ihre Ziffern von rechts nach links in Dreiergruppen ein. Fehlende Stellen links füllen wir mit Nullen auf. Da $001_2 = 1_8$, $010_2 = 2_8$, $\dots$, $111_2 = 7_8$, kann man jede Dreiergruppe aus Binärzahlen in die entsprechende Oktalzahl umwandeln.

Beispiel 3.16

Wandle die Binärzahl 010110011 ohne Umrechnung ins Dezimalsystem in eine Oktalzahl um.

0	1	0	1	1	0	0	1	1

Beispiel 3.16

Wandle die Binärzahl 010110011 ohne Umrechnung ins Dezimalsystem in eine Oktalzahl um.

0	1	0	1	1	0	0	1	1
						3		

Beispiel 3.16

Wandle die Binärzahl 010110011 ohne Umrechnung ins Dezimalsystem in eine Oktalzahl um.

0	1	0	1	1	0	0	1	1
			6			3		

Beispiel 3.16

Wandle die Binärzahl 010110011 ohne Umrechnung ins Dezimalsystem in eine Oktalzahl um.

0	1	0	1	1	0	0	1	1
2			6			3		

Beispiel 3.17

Die Umrechnung in die andere Richtung ist ebenso einfach. Rechne als Beispiel die Oktalzahl 3756_8 in eine Binärzahl um.

3			7			5			6		

Beispiel 3.17

Die Umrechnung in die andere Richtung ist ebenso einfach. Rechne als Beispiel die Oktalzahl 3756_8 in eine Binärzahl um.

3			7			5			6		
									1	1	0

Beispiel 3.17

Die Umrechnung in die andere Richtung ist ebenso einfach. Rechne als Beispiel die Oktalzahl 3756_8 in eine Binärzahl um.

3			7			5			6		
						1	0	1	1	1	0

Beispiel 3.17

Die Umrechnung in die andere Richtung ist ebenso einfach. Rechne als Beispiel die Oktalzahl 3756_8 in eine Binärzahl um.

3			7			5			6		
			1	1	1	1	0	1	1	1	0

Beispiel 3.17

Die Umrechnung in die andere Richtung ist ebenso einfach. Rechne als Beispiel die Oktalzahl 3756_8 in eine Binärzahl um.

3			7			5			6		
0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

											0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

										1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

									0	1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

								1	0	1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

							0	1	0	1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

						1	0	1	0	1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

					0	1	0	1	0	1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

				1	0	1	0	1	0	1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

			1	1	0	1	0	1	0	1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

		1	1	1	0	1	0	1	0	1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
									2		

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
						5		2			

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
			6			5			2		

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
3			6			5			2		

Beispiel 3.18

Stelle 11110101010_2 im Oktalsystem dar:

0	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	0
3			6			5			2		

$$011110101010_2 = 3652_8$$

Beispiel 3.19

Stelle 1037_8 im Binärsystem dar:

001|

Beispiel 3.19

Stelle 1037_8 im Binärsystem dar:

001|000|

Beispiel 3.19

Stelle 1037_8 im Binärsystem dar:

001|000|011|

Beispiel 3.19

Stelle 1037_8 im Binärsystem dar:

$001|000|011|111_2$

Um Missverständnisse bei der Darstellung binärer Zahlen zu vermeiden, vereinbaren wir folgende Begriffe:

- ▶ Das Bit, das die kleinste Zweierpotenz repräsentiert, wird **least significant bit** (LSB) genannt.
- ▶ Das Bit, das die grösste Zweierpotenz repräsentiert, wird **most significant bit** (MSB) genannt.

Da in unserer Zahlendarstellung die Stellenwerte von rechts nach links aufsteigen, vereinbaren wir, dass das LSB jeweils ganz rechts steht. Dies wird schematisch so dargestellt:

7							0
0	1	0	0	1	0	1	1

Allgemein gilt:

$$0 + 0 =$$

$$0 + 1 =$$

$$1 + 0 =$$

$$1 + 1 =$$

Der Ablauf ist wie im Dezimalsystem: von rechts nach links, mit Übertrag. Führende Leerstellen werden wie Nullen behandelt.

Allgemein gilt:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 =$$

$$1 + 0 =$$

$$1 + 1 =$$

Der Ablauf ist wie im Dezimalsystem: von rechts nach links, mit Übertrag. Führende Leerstellen werden wie Nullen behandelt.

Allgemein gilt:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 =$$

$$1 + 1 =$$

Der Ablauf ist wie im Dezimalsystem: von rechts nach links, mit Übertrag. Führende Leerstellen werden wie Nullen behandelt.

Allgemein gilt:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 =$$

Der Ablauf ist wie im Dezimalsystem: von rechts nach links, mit Übertrag. Führende Leerstellen werden wie Nullen behandelt.

Allgemein gilt:

$$0 + 0 = 0$$

$$0 + 1 = 1$$

$$1 + 0 = 1$$

$$1 + 1 = 0 \quad \text{Übertrag 1}$$

Der Ablauf ist wie im Dezimalsystem: von rechts nach links, mit Übertrag. Führende Leerstellen werden wie Nullen behandelt.

Beispiel 4.1

$$\begin{array}{r} + \\ \hline = \end{array} \qquad \begin{array}{r} = 7 \\ = 13 \\ \hline = \end{array}$$

Beispiel 4.1

$$\begin{array}{rcccccc} & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & = & 7 \\ + & & & & & & = & 13 \\ \hline = & & & & & & = & \end{array}$$

Beispiel 4.1

$$\begin{array}{rcccccccl} & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & = & 7 \\ + & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & = & 13 \\ \hline = & & & & & & = & \end{array}$$

Beispiel 4.1

$$\begin{array}{rcccccccl} & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & = & 7 \\ + & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & = & 13 \\ \hline = & & & & & 0 & = & 20 \end{array}$$

Beispiel 4.1

$$\begin{array}{rcccccccl} & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & = & 7 \\ + & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & = & 13 \\ \hline = & & & & 0 & 0 & = & 20 \end{array}$$

Beispiel 4.1

$$\begin{array}{rcccccccl} & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & = & 7 \\ + & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & = & 13 \\ \hline = & & & 1 & 0 & 0 & = & 20 \end{array}$$

Beispiel 4.1

$$\begin{array}{rcccccccl} & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & = & 7 \\ + & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & = & 13 \\ \hline = & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & = & 20 \end{array}$$

Beispiel 4.1

$$\begin{array}{rcccccccl} & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & = & 7 \\ + & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & = & 13 \\ \hline = & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & = & 20 \end{array}$$

Ansatz: Stelle der Binärdarstellung ein zusätzliches Bit voran, wobei beispielsweise 1 eine negative und 0 eine positive Zahl bedeutet.

$$0011_2 = 3_{10}$$

$$1011_2 = -3_{10}$$

Wie wir aus der 7. Klasse wissen, muss man beim Rechnen mit Vorzeichen „mühsame“ Fallunterscheidungen beachten.

Deshalb verwendet man eine andere Darstellung für negative Zahlen, mit der Computer einfacher und schneller rechnen können.

Diese Darstellungsweise soll nun vorgestellt werden.

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7				
6				
5				
4				
3				
2				
1				
0				
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6				
5				
4				
3				
2				
1				
0				
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5				
4				
3				
2				
1				
0				
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4				
3				
2				
1				
0				
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3				
2				
1				
0				
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2				
1				
0				
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1				
0				
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0				
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1				
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1				1
-2				
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1				1
-2				0
-3				
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1				1
-2				0
-3				1
-4				
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1				1
-2				0
-3				1
-4				0
-5				
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1				1
-2				0
-3				1
-4				0
-5				1
-6				
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1				1
-2				0
-3				1
-4				0
-5				1
-6				0
-7				
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1				1
-2				0
-3				1
-4				0
-5				1
-6				0
-7				1
-8				

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1				1
-2				0
-3				1
-4				0
-5				1
-6				0
-7				1
-8				0

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1			1	1
-2			1	0
-3				1
-4				0
-5				1
-6				0
-7				1
-8				0

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1			1	1
-2			1	0
-3			0	1
-4			0	0
-5				1
-6				0
-7				1
-8				0

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1			1	1
-2			1	0
-3			0	1
-4			0	0
-5			1	1
-6			1	0
-7				1
-8				0

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1			1	1
-2			1	0
-3			0	1
-4			0	0
-5			1	1
-6			1	0
-7			0	1
-8			0	0

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1		1	1	1
-2		1	1	0
-3		1	0	1
-4		1	0	0
-5			1	1
-6			1	0
-7			0	1
-8			0	0

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1		1	1	1
-2		1	1	0
-3		1	0	1
-4		1	0	0
-5		0	1	1
-6		0	1	0
-7		0	0	1
-8		0	0	0

Stelle die ganzen Zahlen von 0 bis 7 im Binärsystem mit führenden Nullen dar. Setze anschliessend die Tabelle in „natürlicher“ Weise in den Bereich der negativen Zahlen fort.

7	0	1	1	1
6	0	1	1	0
5	0	1	0	1
4	0	1	0	0
3	0	0	1	1
2	0	0	1	0
1	0	0	0	1
0	0	0	0	0
-1	1	1	1	1
-2	1	1	1	0
-3	1	1	0	1
-4	1	1	0	0
-5	1	0	1	1
-6	1	0	1	0
-7	1	0	0	1
-8	1	0	0	0

Das Einerkomplement

Das **Einerkomplement** $\bar{A}$ einer Binärzahl A erhält man durch „Flippen“ jedes Bits von A .

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5			
2			
-7			
-1			

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂		
2			
-7			
-1			

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂	1010 ₂	
2			
-7			
-1			

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂	1010 ₂	-6
2			
-7			
-1			

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂	1010 ₂	-6
2	0010 ₂		
-7			
-1			

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂	1010 ₂	-6
2	0010 ₂	1101 ₂	
-7			
-1			

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂	1010 ₂	-6
2	0010 ₂	1101 ₂	-3
-7			
-1			

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂	1010 ₂	-6
2	0010 ₂	1101 ₂	-3
-7	1001 ₂		
-1			

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂	1010 ₂	-6
2	0010 ₂	1101 ₂	-3
-7	1001 ₂	0110 ₂	
-1			

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂	1010 ₂	-6
2	0010 ₂	1101 ₂	-3
-7	1001 ₂	0110 ₂	6
-1			

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂	1010 ₂	-6
2	0010 ₂	1101 ₂	-3
-7	1001 ₂	0110 ₂	6
-1	1111 ₂		

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂	1010 ₂	-6
2	0010 ₂	1101 ₂	-3
-7	1001 ₂	0110 ₂	6
-1	1111 ₂	0000 ₂	

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Eigenschaften

Bestimme die Dezimalzahl $\bar{A}$, die zum Einerkomplement der Zahl A gehört.

Zahl A	Binärdarstellung von A	Einerkomplement von A	$\bar{A}$
5	0101 ₂	1010 ₂	-6
2	0010 ₂	1101 ₂	-3
-7	1001 ₂	0110 ₂	6
-1	1111 ₂	0000 ₂	0

► $A + \bar{A} = 1111_2 = 10000_2 - 1_2 = 2^4 - 1$

► $\bar{A} + 1 = -A \quad \text{für } -7 \leq A \leq 7$

Beispiel 4.2

$$A = 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1$$

$$\overline{A} =$$

$$A + \overline{A} =$$

Allgemein gilt für eine n -stellige Binärzahl A und ihr Einerkomplement $\overline{A}$:

Beispiel 4.2

$$A = 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1$$

$$\bar{A} = 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0$$

$$A + \bar{A} =$$

Allgemein gilt für eine n -stellige Binärzahl A und ihr Einerkomplement $\bar{A}$:

Beispiel 4.2

$$A = 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1$$

$$\bar{A} = 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0$$

$$A + \bar{A} = 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1 \ 1$$

Allgemein gilt für eine n -stellige Binärzahl A und ihr Einerkomplement $\bar{A}$:

Beispiel 4.2

$$\begin{array}{rcccccccc} A & = & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ \bar{A} & = & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ \hline A + \bar{A} & = & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{array}$$

Allgemein gilt für eine n -stellige Binärzahl A und ihr Einerkomplement $\bar{A}$:

$$A + \bar{A} = 2^n - 1$$

Das Zweierkomplement

Das **Zweierkomplement** einer Binärzahl A ist der um 1 vergrößerte Wert des Einerkomplements $\overline{A}$.

Beispiel 4.3

$$A = 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1$$

$$\overline{A} = \quad \quad \quad (\text{Einerkomplement})$$

$$\overline{A} + 1 = \quad \quad \quad (\text{Zweierkomplement})$$

Allgemein gilt für eine n -stelligen Binärzahl A und ihr Zweierkomplement $\overline{A} + 1$:

Beispiel 4.3

$$A = 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1$$

$$\bar{A} = 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \quad (\text{Einerkomplement})$$

$$\bar{A} + 1 = \quad (\text{Zweierkomplement})$$

Allgemein gilt für eine n -stelligen Binärzahl A und ihr Zweierkomplement $\bar{A} + 1$:

Beispiel 4.3

$$A = 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1$$

$$\overline{A} = 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \quad (\text{Einerkomplement})$$

$$\overline{A} + 1 = 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \quad (\text{Zweierkomplement})$$

Allgemein gilt für eine n -stelligen Binärzahl A und ihr Zweierkomplement $\overline{A} + 1$:

Beispiel 4.3

$$A = 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 0 \ 1 \ 1$$

$$\overline{A} = 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 0 \quad (\text{Einerkomplement})$$

$$\overline{A} + 1 = 1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 1 \ 0 \ 1 \quad (\text{Zweierkomplement})$$

Allgemein gilt für eine n -stelligen Binärzahl A und ihr Zweierkomplement $\overline{A} + 1$:

$$A + (\overline{A} + 1) = 2^n$$

Zusammenfassung

Zusammenfassung

Setzt man die Binärdarstellung der nichtnegativen ganzen Zahlen systematisch in den Bereich der negativen ganzen Zahlen fort, so stellt das Zweierkomplement der Zahl A die Gegenzahl $-k$ dar.

Beispiel 4.4

Bestimme die Gegenzahl von 3 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A =$$

$$\overline{A} =$$

$$\overline{A} + 1 =$$

Beispiel 4.4

Bestimme die Gegenzahl von 3 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad +3$$

$$\overline{A} \quad =$$

$$\overline{A} + 1 \quad =$$

Beispiel 4.4

Bestimme die Gegenzahl von 3 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad +3$$

$$\overline{A} \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad -4$$

$$\overline{A} + 1 \quad =$$

Beispiel 4.4

Bestimme die Gegenzahl von 3 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad +3$$

$$\overline{A} \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad -4$$

$$\overline{A} + 1 \quad \quad \quad 1 \quad = \quad -3$$

Beispiel 4.4

Bestimme die Gegenzahl von 3 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad +3$$

$$\overline{A} \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad -4$$

$$\overline{A} + 1 \quad \quad \quad 0 \quad 1 \quad = \quad -3$$

Beispiel 4.4

Bestimme die Gegenzahl von 3 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad +3$$

$$\overline{A} \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad -4$$

$$\overline{A} + 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad = \quad -3$$

Beispiel 4.4

Bestimme die Gegenzahl von 3 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 0 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad +3$$

$$\overline{A} \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad -4$$

$$\overline{A} + 1 \quad 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad = \quad -3$$

Beispiel 4.5

Bestimme die Gegenzahl von -5 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A =$$

$$\overline{A} =$$

$$\overline{A} + 1 =$$

Beispiel 4.5

Bestimme die Gegenzahl von -5 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad -5$$

$$\overline{A} \quad =$$

$$\overline{A} + 1 \quad =$$

Beispiel 4.5

Bestimme die Gegenzahl von -5 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad -5$$

$$\overline{A} \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad 4$$

$$\overline{A} + 1 \quad =$$

Beispiel 4.5

Bestimme die Gegenzahl von -5 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad -5$$

$$\overline{A} \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad 4$$

$$\overline{A} + 1 \quad \quad \quad 1 \quad = \quad 5$$

Beispiel 4.5

Bestimme die Gegenzahl von -5 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad -5$$

$$\overline{A} \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad 4$$

$$\overline{A} + 1 \quad \quad \quad 0 \quad 1 \quad = \quad 5$$

Beispiel 4.5

Bestimme die Gegenzahl von -5 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad -5$$

$$\overline{A} \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad 4$$

$$\overline{A} + 1 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad = \quad 5$$

Beispiel 4.5

Bestimme die Gegenzahl von -5 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad -5$$

$$\overline{A} \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad 4$$

$$\overline{A} + 1 \quad 0 \quad 1 \quad 0 \quad 1 \quad = \quad 5$$

Beispiel 4.6

Bestimme die Gegenzahl von 0 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A =$$

$$\overline{A} =$$

$$\overline{A} + 1 =$$

Beispiel 4.6

Bestimme die Gegenzahl von 0 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad 0$$

$$\overline{A} \quad =$$

$$\overline{A} + 1 \quad =$$

Beispiel 4.6

Bestimme die Gegenzahl von 0 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad = \quad 0$$

$$\overline{A} \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad = \quad 7$$

$$\overline{A} + 1 \quad =$$

Beispiel 4.6

Bestimme die Gegenzahl von 0 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 = 0$$

$$\overline{A} \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 = 7$$

$$\overline{A} + 1 \quad (1) \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 = 0$$

Beispiel 4.6

Bestimme die Gegenzahl von 0 wenn die Zahlen mit vier Bit dargestellt werden.

$$A \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 = 0$$

$$\overline{A} \quad 1 \quad 1 \quad 1 \quad 1 = 7$$

$$\overline{A} + 1 \quad (1) \quad 0 \quad 0 \quad 0 \quad 0 = 0$$

Das Resultat $-0 = 0$ ist richtig, wenn man den Übertrag in der vordersten Stelle ignoriert.

Da wir jetzt eine Methode kennen, mit der man aus der Binärdarstellung der Zahl k ihre (binäre) Gegenzahl $-k$ bestimmen kann, können wir die Subtraktion einer Zahl k als Addition ihrer Gegenzahl $-k$ darstellen. Formal:

$$m - k = m + (-k)$$

Subtraktion mit positivem Ergebnis

Berechne $6 - 4 = 6 + (-4)$:

	=
+	=
=	=

Subtraktion mit positivem Ergebnis

Berechne $6 - 4 = 6 + (-4)$:

$$\begin{array}{rcll} & 0 & 1 & 1 & 0 & = & 6 \\ + & & & & & = & -4 \\ \hline = & & & & & = & 2 \end{array}$$

Subtraktion mit positivem Ergebnis

Berechne $6 - 4 = 6 + (-4)$:

$$\begin{array}{rcccccc} & 0 & 1 & 1 & 0 & = & 6 \\ + & 1 & 1 & 0 & 0 & = & -4 \\ \hline = & & & & & = & 2 \end{array}$$

Subtraktion mit positivem Ergebnis

Berechne $6 - 4 = 6 + (-4)$:

$$\begin{array}{rcccccc} & 0 & 1 & 1 & 0 & = & 6 \\ + & 1 & 1 & 0 & 0 & = & -4 \\ \hline = & & & & 0 & = & 2 \end{array}$$

Subtraktion mit positivem Ergebnis

Berechne $6 - 4 = 6 + (-4)$:

$$\begin{array}{rcccccc} & 0 & 1 & 1 & 0 & = & 6 \\ + & 1 & 1 & 0 & 0 & = & -4 \\ \hline = & & & 1 & 0 & = & 2 \end{array}$$

Subtraktion mit positivem Ergebnis

Berechne $6 - 4 = 6 + (-4)$:

$$\begin{array}{rcccccc} & 0 & 1 & 1 & 0 & = & 6 \\ + & 1 & 1 & 0 & 0 & = & -4 \\ \hline = & & 0 & 1 & 0 & = & 2 \end{array}$$

Subtraktion mit positivem Ergebnis

Berechne $6 - 4 = 6 + (-4)$:

$$\begin{array}{rcccccc} & 0 & 1 & 1 & 0 & = & 6 \\ + & 1 & 1 & 0 & 0 & = & -4 \\ \hline = & 0 & 0 & 1 & 0 & = & 2 \end{array}$$

So lange das Resultat innerhalb des Darstellungsbereichs (hier von -8 bis $+7$) liegt, darf eine allfällige Übertrags-Eins ganz links ignoriert werden.

Subtraktion mit negativem Ergebnis

Berechne $4 - 7 = 4 + (-7)$:

	=
+	=
=	=

Subtraktion mit negativem Ergebnis

Berechne $4 - 7 = 4 + (-7)$:

$$\begin{array}{rcccccl} & 0 & 1 & 0 & 0 & = & 4 \\ + & & & & & = & \\ \hline = & & & & & = & \end{array}$$

Subtraktion mit negativem Ergebnis

Berechne $4 - 7 = 4 + (-7)$:

$$\begin{array}{rcccccc} & 0 & 1 & 0 & 0 & = & 4 \\ + & 1 & 0 & 0 & 1 & = & -7 \\ \hline = & & & & & = & \end{array}$$

Subtraktion mit negativem Ergebnis

Berechne $4 - 7 = 4 + (-7)$:

$$\begin{array}{rcccccc} & 0 & 1 & 0 & 0 & = & 4 \\ + & 1 & 0 & 0 & 1 & = & -7 \\ \hline = & & & & 1 & = & -3 \end{array}$$

Subtraktion mit negativem Ergebnis

Berechne $4 - 7 = 4 + (-7)$:

$$\begin{array}{rcccccc} & 0 & 1 & 0 & 0 & = & 4 \\ + & 1 & 0 & 0 & 1 & = & -7 \\ \hline = & & & 0 & 1 & = & -3 \end{array}$$

Subtraktion mit negativem Ergebnis

Berechne $4 - 7 = 4 + (-7)$:

$$\begin{array}{rcccccc} & 0 & 1 & 0 & 0 & = & 4 \\ + & 1 & 0 & 0 & 1 & = & -7 \\ \hline = & & 1 & 0 & 1 & = & -3 \end{array}$$

Subtraktion mit negativem Ergebnis

Berechne $4 - 7 = 4 + (-7)$:

$$\begin{array}{rcccccc} & 0 & 1 & 0 & 0 & = & 4 \\ + & 1 & 0 & 0 & 1 & = & -7 \\ \hline = & 1 & 1 & 0 & 1 & = & -3 \end{array}$$

Addition von zwei negativen Zahlen

Berechne $-2 + (-3)$:

	=
+	=
=	=

Addition von zwei negativen Zahlen

Berechne $-2 + (-3)$:

$$\begin{array}{rcccccc} & 1 & 1 & 1 & 0 & = & -2 \\ + & & & & & = & \\ \hline = & & & & & = & \end{array}$$

Addition von zwei negativen Zahlen

Berechne $-2 + (-3)$:

$$\begin{array}{rcccccccl} & 1 & 1 & 1 & 0 & = & -2 \\ + & 1 & 1 & 0 & 1 & = & -3 \\ \hline = & & & & & = & \end{array}$$

Addition von zwei negativen Zahlen

Berechne $-2 + (-3)$:

$$\begin{array}{rcccccccl} & 1 & 1 & 1 & 0 & = & -2 \\ + & 1 & 1 & 0 & 1 & = & -3 \\ \hline = & & & & 1 & = & -5 \end{array}$$

Addition von zwei negativen Zahlen

Berechne $-2 + (-3)$:

$$\begin{array}{rcccccccl} & 1 & 1 & 1 & 0 & = & -2 \\ + & 1 & 1 & 0 & 1 & = & -3 \\ \hline = & & & 1 & 1 & = & -5 \end{array}$$

