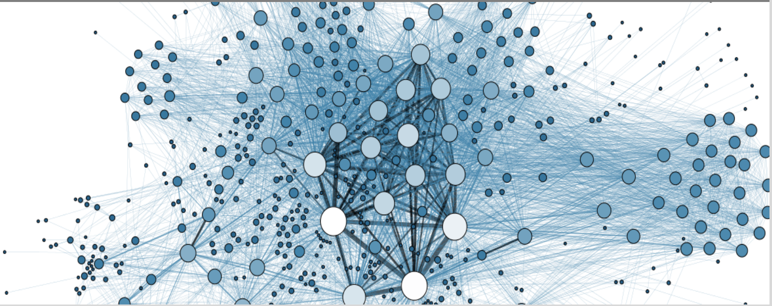
Grundbegriffe der Informatik
Tutorium 33

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu | 26.01.2017



Rückblick

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Rückblick

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

- Was ist $\Omega(f), \Theta(f), \mathcal{O}(f)$?

Rückblick

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

- Was ist $\Omega(f), \Theta(f), \mathcal{O}(f)$?
- Wieso messen wir nicht einfach Laufzeit in “Anzahl Operationen”?

Obere und untere Schranke

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Karlsruher Institut für Technologie

Obere Schranke (Worst-Case Approximation)

$$O(f) = \{g \mid \exists c \in \mathbb{R}_+ : \exists n_0 \in \mathbb{N}_0 : \forall n \geq n_0 : g(n) \leq c \cdot f(n)\}$$

Obere und untere Schranke

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Obere Schranke (Worst-Case Approximation)

$$O(f) = \{g | \exists c \in \mathbb{R}_+ : \exists n_0 \in \mathbb{N}_0 : \forall n \geq n_0 : g(n) \leq c \cdot f(n)\}$$

Untere Schranke (Best-Case Approximation)

$$\Omega(f) = \{g | \exists c \in \mathbb{R}_+ : \exists n_0 \in \mathbb{N}_0 : \forall n \geq n_0 : g(n) \geq c \cdot f(n)\}$$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Obere und untere Schranke

Obere Schranke (Worst-Case Approximation)

$$O(f) = \{g | \exists c \in \mathbb{R}_+ : \exists n_0 \in \mathbb{N}_0 : \forall n \geq n_0 : g(n) \leq c \cdot f(n)\}$$

Untere Schranke (Best-Case Approximation)

$$\Omega(f) = \{g | \exists c \in \mathbb{R}_+ : \exists n_0 \in \mathbb{N}_0 : \forall n \geq n_0 : g(n) \geq c \cdot f(n)\}$$

Average-Case Approximation

$$\Theta(f) = \{g | \exists c, c' \in \mathbb{R}_+ : \exists n_0 \in \mathbb{N}_0 : \forall n \geq n_0 : c \cdot f(n) \leq g(n) \leq c' \cdot f(n)\}$$

Obere und untere Schranke

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Obere Schranke (Worst-Case Approximation)

$$O(f) = \{g | \exists c \in \mathbb{R}_+ : \exists n_0 \in \mathbb{N}_0 : \forall n \geq n_0 : g(n) \leq c \cdot f(n)\}$$

Untere Schranke (Best-Case Approximation)

$$\Omega(f) = \{g | \exists c \in \mathbb{R}_+ : \exists n_0 \in \mathbb{N}_0 : \forall n \geq n_0 : g(n) \geq c \cdot f(n)\}$$

Average-Case Approximation

$$\Theta(f) = \{g | \exists c, c' \in \mathbb{R}_+ : \exists n_0 \in \mathbb{N}_0 : \forall n \geq n_0 : c \cdot f(n) \leq g(n) \leq c' \cdot f(n)\}$$

Auf welche Weise wird hier approximiert?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$?

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$?

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja, c ist eine Konstante, $3c^6 = (3c^6)n^0$ hat eine kleinere Potenz als n^4.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja, c ist eine Konstante, $3c^6 = (3c^6)n^0$ hat eine kleinere Potenz als n^4.
- $\log_{4213}(n) \in \Theta(\log_2(n))$

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja, c ist eine Konstante, $3c^6 = (3c^6)n^0$ hat eine kleinere Potenz als n^4.
- $\log_{4213}(n) \in \Theta(\log_2(n)$ Ja

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja, c ist eine Konstante, $3c^6 = (3c^6)n^0$ hat eine kleinere Potenz als n^4.
- $\log_{4213}(n) \in \Theta(\log_2(n))$ Ja, die Basis des Logarithmus ist im O-Kalkül egal.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja, c ist eine Konstante, $3c^6 = (3c^6)n^0$ hat eine kleinere Potenz als n^4.
- $\log_{4213}(n) \in \Theta(\log_2(n)$ Ja, die Basis des Logarithmus ist im O-Kalkül egal.
  - Grund: $\mathcal{O}(\log_b n)$

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja, c ist eine Konstante, $3c^6 = (3c^6)n^0$ hat eine kleinere Potenz als n^4.
- $\log_{4213}(n) \in \Theta(\log_2(n)$ Ja, die Basis des Logarithmus ist im O-Kalkül egal.
  - Grund: $\mathcal{O}(\log_b n) = \mathcal{O}(\frac{\log_a n}{\log_a b})$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja, c ist eine Konstante, $3c^6 = (3c^6)n^0$ hat eine kleinere Potenz als n^4.
- $\log_{4213}(n) \in \Theta(\log_2(n)$ Ja, die Basis des Logarithmus ist im O-Kalkül egal.
  - Grund: $\mathcal{O}(\log_b n) = \mathcal{O}(\frac{\log_a n}{\log_a b}) = \mathcal{O}(\frac{1}{\log_a b} \log_a n)$

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja, c ist eine Konstante, $3c^6 = (3c^6)n^0$ hat eine kleinere Potenz als n^4.
- $\log_{4213}(n) \in \Theta(\log_2(n)$ Ja, die Basis des Logarithmus ist im O-Kalkül egal.
  - Grund: $\mathcal{O}(\log_b n) = \mathcal{O}(\frac{\log_a n}{\log_a b}) = \mathcal{O}(\frac{1}{\log_a b} \log_a n) = \mathcal{O}(\log_a n)$.

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja, c ist eine Konstante, $3c^6 = (3c^6)n^0$ hat eine kleinere Potenz als n^4.
- $\log_{4213}(n) \in \Theta(\log_2(n)$ Ja, die Basis des Logarithmus ist im O-Kalkül egal.
  - Grund: $\mathcal{O}(\log_b n) = \mathcal{O}(\frac{\log_a n}{\log_a b}) = \mathcal{O}(\frac{1}{\log_a b} \log_a n) = \mathcal{O}(\log_a n)$.
- $n! \in \Theta(n^{\pi e 2000})$

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja, c ist eine Konstante, $3c^6 = (3c^6)n^0$ hat eine kleinere Potenz als n^4.
- $\log_{4213}(n) \in \Theta(\log_2(n)$ Ja, die Basis des Logarithmus ist im O-Kalkül egal.
    - Grund: $\mathcal{O}(\log_b n) = \mathcal{O}(\frac{\log_a n}{\log_a b}) = \mathcal{O}(\frac{1}{\log_a b} \log_a n) = \mathcal{O}(\log_a n)$.
- $n! \in \Theta(n^{\pi e 2000})$ Nein

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Ja.
- $4n^{2,1} + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$? Nein.

Es sind immer nur die höchsten Faktoren interessant!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? Ja, c ist eine Konstante, $3c^6 = (3c^6)n^0$ hat eine kleinere Potenz als n^4.
- $\log_{4213}(n) \in \Theta(\log_2(n)$ Ja, die Basis des Logarithmus ist im O-Kalkül egal.
  - Grund: $\mathcal{O}(\log_b n) = \mathcal{O}(\frac{\log_a n}{\log_a b}) = \mathcal{O}(\frac{1}{\log_a b} \log_a n) = \mathcal{O}(\log_a n)$.
- $n! \in \Theta(n^{\pi e 2000})$ Nein, Fakultät wächst asymptotisch schneller als fast alles andere.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$? Ja.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$? Nein.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$? Nein.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^4)$?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^4)$? Nein.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^4)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^3)$?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^4)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^3)$? Ja.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^4)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^2)$?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Gelten folgende Approximationen?

- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^5)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^4)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \mathcal{O}(n^2)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^4)$? Nein.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^3)$? Ja.
- $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^2)$? Ja.

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$						
π						
$\log(n)$						
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Karlsruher Institut für Technologie

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$					
π						
$\log(n)$						
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Karlsruher Institut für Technologie

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$				
π						
$\log(n)$						
$n \log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$			
π						
$\log(n)$						
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$		
π						
$\log(n)$						
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3+7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	
π						
$\log(n)$						
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π						
$\log(n)$						
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$					
$\log(n)$						
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$				
$\log(n)$						
$n \log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$			
$\log(n)$						
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3+7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$		
$\log(n)$						
$n \log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	
$\log(n)$						
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3+7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$						
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3+7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Karlsruher Institut für Technologie

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$					
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3+7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$				
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$			
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$		
$n \log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$						
n^π						
$12n^3+7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$					
n^π						
$12n^3+7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n \log(n)$	$\in$	$\notin$				
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n \log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$			
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$		
n^π						
$12n^3+7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n \log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	
n^π						
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Karlsruher Institut für Technologie

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π						
$12n^3+7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$					
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$				
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$			
$12n^3+7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$		
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Karlsruher Institut für Technologie

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$						
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$					
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$				
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$			
n^3						
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$		
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n \log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3+7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3						
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n \log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$					
$n!$						

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$	$\notin$				
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Karlsruher Institut für Technologie

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3+7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$	$\notin$	$\notin$			
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Karlsruher Institut für Technologie

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n \log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$		
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n \log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n!$						

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2+4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3+7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n!$	$\notin$					

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n!$	$\notin$	$\notin$				

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n!$	$\notin$	$\notin$	$\notin$			

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n!$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$		

Aufgabe

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n!$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgabe

Übungsaufgabe

Entscheide für jede Zelle, ob die Formel der Zeile in der Menge der Spalte liegt.

	$\mathcal{O}(n^3)$	$\mathcal{O}(n)$	$\Theta(c!)$	$\Theta(n^\pi)$	$\Omega(n^6)$	$\Omega(n!)$
$2n^2 + 4n$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
π	$\in$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$\log(n)$	$\in$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n\log(n)$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^π	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\notin$	$\notin$
$12n^3 + 7000n^2$	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
n^3	$\in$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$
$n!$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\notin$	$\in$	$\in$

Lukas Bach, lu-
kas.bach@student.kit.edu

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

- $\mathcal{O}(n^2) \cap \mathcal{O}(n) = \mathcal{O}(?)$?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

- $\mathcal{O}(n^2) \cap \mathcal{O}(n) = \mathcal{O}(?)? = \mathcal{O}(n)$.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

- $\mathcal{O}(n^2) \cap \mathcal{O}(n) = \mathcal{O}(?)? = \mathcal{O}(n)$.
- $\mathcal{O}(n^2) \cap \Omega(n^3) =$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

- $\mathcal{O}(n^2) \cap \mathcal{O}(n) = \mathcal{O}(?)? = \mathcal{O}(n)$.
- $\mathcal{O}(n^2) \cap \Omega(n^3) = \emptyset$

Grundlegende Reihenfolge von Größen

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

$$1 \preccurlyeq \log n \preccurlyeq n \log n \preccurlyeq n^2 \preccurlyeq n^3 \preccurlyeq n^{10000} \preccurlyeq n^2 \preccurlyeq 3^n \preccurlyeq 1000^n \preccurlyeq n! \preccurlyeq n^n$$

Mathematische Definitionen

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

$$f(n) \in \Omega(g(n)) \Leftrightarrow 0 < \liminf_{n \to \infty} \frac{f(n)}{g(n)} \leq \infty$$

$$f(n) \in \Theta(g(n)) \Leftarrow 0 < \lim_{n \to \infty} \frac{f(n)}{g(n)} = c < \infty$$

$$f(n) \in \mathcal{O}(g(n)) \Leftrightarrow 0 \leq \limsup_{n \to \infty} \frac{f(n)}{g(n)} = c < \infty$$

Mathematische Definitionen

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

$$f(n) \in \Omega(g(n)) \Leftrightarrow 0 < \liminf_{n \to \infty} \frac{f(n)}{g(n)} \leq \infty$$

$$f(n) \in \Theta(g(n)) \Leftarrow 0 < \lim_{n \to \infty} \frac{f(n)}{g(n)} = c < \infty$$

$$f(n) \in \mathcal{O}(g(n)) \Leftrightarrow 0 \leq \limsup_{n \to \infty} \frac{f(n)}{g(n)} = c < \infty$$

Z

eige:

- $3n^2 + 14n + 159 \in \Theta(n^2)$
- $\log n^2 \in \Theta(\log n^3)$
- $\log^2 n \in \mathcal{O}(\log^3 n)$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Komplexität mit vollständiger Induktion beweisen

Z

eige mittels vollständiger Induktion:

- $2^n \in \Theta(n^3)$
- $(n+1)! \in \Theta(n! + 2^n)$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Größenordnung	Bezeichnung

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Größenordnung	Bezeichnung
$\mathcal{O}(1)$	konstante Laufzeit

Lukas Bach, lu-
kas.bach@student.kit.edu

Größenordnung	Bezeichnung
$\mathcal{O}(1)$	konstante Laufzeit
$\mathcal{O}(\log n)$	logarithmische Laufzeit

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Größenordnung	Bezeichnung
$\mathcal{O}(1)$	konstante Laufzeit
$\mathcal{O}(\log n)$	logarithmische Laufzeit
$\mathcal{O}(\log^2 n)$	quadratisch logarithmische Laufzeit

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Größenordnung	Bezeichnung
$\mathcal{O}(1)$	konstante Laufzeit
$\mathcal{O}(\log n)$	logarithmische Laufzeit
$\mathcal{O}(\log^2 n)$	quadratisch logarithmische Laufzeit
$\mathcal{O}(n)$	lineare Laufzeit

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Größenordnung	Bezeichnung
$\mathcal{O}(1)$	konstante Laufzeit
$\mathcal{O}(\log n)$	logarithmische Laufzeit
$\mathcal{O}(\log^2 n)$	quadratisch logarithmische Laufzeit
$\mathcal{O}(n)$	lineare Laufzeit
$\mathcal{O}(n^2)$	quadratische Laufzeit

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Größenordnung	Bezeichnung
$\mathcal{O}(1)$	konstante Laufzeit
$\mathcal{O}(\log n)$	logarithmische Laufzeit
$\mathcal{O}(\log^2 n)$	quadratisch logarithmische Laufzeit
$\mathcal{O}(n)$	lineare Laufzeit
$\mathcal{O}(n^2)$	quadratische Laufzeit
$\mathcal{O}(n^3)$	kubische Laufzeit

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Größenordnung	Bezeichnung
$\mathcal{O}(1)$	konstante Laufzeit
$\mathcal{O}(\log n)$	logarithmische Laufzeit
$\mathcal{O}(\log^2 n)$	quadratisch logarithmische Laufzeit
$\mathcal{O}(n)$	lineare Laufzeit
$\mathcal{O}(n^2)$	quadratische Laufzeit
$\mathcal{O}(n^3)$	kubische Laufzeit
$\mathcal{O}(n^k)$	polynomielle Laufzeit

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu


```
r ← 0
for i ← 0 to n/2 do
    s ← 0
    for j ← i to n – i do
        s ← s + j
    od
    r ← s + n * i
    r ← r + s
od
```

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu


```
r ← 0
for i ← 0 to n/2 do
  s ← 0
  for j ← i to n – i do
    s ← s + j
  od
  r ← s + n * i
  r ← r + s
od
```

- Wie oft wird die innere Schleife durchlaufen?

```
r ← 0
for i ← 0 to n/2 do
    s ← 0
    for j ← i to n – i do
        s ← s + j
    od
    r ← s + n * i
    r ← r + s
od
```

- Wie oft wird die innere Schleife durchlaufen? $n - 2i + 1$ mal.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu


```
r ← 0
for i ← 0 to n/2 do
  s ← 0
  for j ← i to n – i do
    s ← s + j
  od
  r ← s + n * i
  r ← r + s
od
```

- Wie oft wird die innere Schleife durchlaufen? $n - 2i + 1$ mal.
- Wie kommen wir jetzt auf die Gesamtlaufzeit?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu


```
r ← 0
for i ← 0 to n/2 do
    s ← 0
    for j ← i to n – i do
        s ← s + j
    od
    r ← s + n * i
    r ← r + s
od
```

- Wie oft wird die innere Schleife durchlaufen? $n - 2i + 1$ mal.
- Wie kommen wir jetzt auf die Gesamtlaufzeit?
- $\sum_{i=0}^{n/2} (n - 2i + 1)$

```
r ← 0
for i ← 0 to n/2 do
  s ← 0
  for j ← i to n – i do
    s ← s + j
  od
  r ← s + n * i
  r ← r + s
od
```

- Wie oft wird die innere Schleife durchlaufen? $n - 2i + 1$ mal.
- Wie kommen wir jetzt auf die Gesamtlaufzeit?
- $\sum_{i=0}^{n/2}(n - 2i + 1) = \frac{n}{2}n - 2\sum_{i=0}^{n/2} i + \frac{n}{2}$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu


```
r ← 0
for i ← 0 to n/2 do
    s ← 0
    for j ← i to n – i do
        s ← s + j
    od
    r ← s + n * i
    r ← r + s
od
```

- Wie oft wird die innere Schleife durchlaufen? $n - 2i + 1$ mal.
- Wie kommen wir jetzt auf die Gesamtlaufzeit?
- $\sum_{i=0}^{n/2} (n - 2i + 1) = \frac{n}{2} n - 2 \sum_{i=0}^{n/2} i + \frac{n}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - 2 \frac{\frac{n}{2} \cdot \left(\frac{n}{2} + 1\right)}{2}$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu


```
r ← 0
for i ← 0 to n/2 do
   s ← 0
   for j ← i to n – i do
      s ← s + j
   od
   r ← s + n * i
   r ← r + s
od
```

- Wie oft wird die innere Schleife durchlaufen? $n - 2i + 1$ mal.
- Wie kommen wir jetzt auf die Gesamtlaufzeit?
- $\sum_{i=0}^{n/2}(n-2i+1) = \frac{n}{2}n - 2\sum_{i=0}^{n/2} i + \frac{n}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - 2\frac{\frac{n}{2}\cdot\left(\frac{n}{2}+1\right)}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - \frac{n^2}{4} - \frac{n}{2}$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu


```
r ← 0
for i ← 0 to n/2 do
    s ← 0
    for j ← i to n − i do
        s ← s + j
    od
    r ← s + n * i
    r ← r + s
od
```

- Wie oft wird die innere Schleife durchlaufen? $n - 2i + 1$ mal.
- Wie kommen wir jetzt auf die Gesamtlaufzeit?
- $\sum_{i=0}^{n/2}(n - 2i + 1) = \frac{n}{2}n - 2\sum_{i=0}^{n/2} i + \frac{n}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - 2\frac{\frac{n}{2}\cdot\left(\frac{n}{2}+1\right)}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - \frac{n^2}{4} - \frac{n}{2} = \frac{1}{4}n^2$

```
r ← 0
for i ← 0 to n/2 do
  s ← 0
  for j ← i to n – i do
    s ← s + j
  od
  r ← s + n * i
  r ← r + s
od
```

- Wie oft wird die innere Schleife durchlaufen? $n - 2i + 1$ mal.
- Wie kommen wir jetzt auf die Gesamtlaufzeit?
- $\sum_{i=0}^{n/2} (n - 2i + 1) = \frac{n}{2} n - 2 \sum_{i=0}^{n/2} i + \frac{n}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - 2 \frac{\frac{n}{2} \cdot \left(\frac{n}{2} + 1\right)}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - \frac{n^2}{4} - \frac{n}{2} = \frac{1}{4} n^2$
- Kann man das einfacher machen?

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Mastertheorem

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Mastertheorem

Karlsruher Institut für Technologie

Formel für Mastertheorem

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Mastertheorem

Formel für Mastertheorem

Rekursive Komplexitätsformeln der Form

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Mastertheorem

Karlsruher Institut für Technologie

Formel für Mastertheorem

Rekursive Komplexitätsformeln der Form

$$T(n) = a \cdot T(\tfrac{n}{b}) + f(n)$$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Mastertheorem

Karlsruher Institut für Technologie

Formel für Mastertheorem

Rekursive Komplexitätsformeln der Form

$$T(n) = a \cdot T(\tfrac{n}{b}) + f(n)$$

lassen sich mit dem Mastertheorem Komplexitätsklassen zuordnen.

Auflösung des Mastertheorem

Fall 1: Wenn $f \in \mathcal{O}(n^{\log_b a - \varepsilon})$ für ein $\varepsilon > 0$ ist, dann ist $T \in \Theta(n^{\log_b a})$.

Fall 2: Wenn $f \in \Theta(n^{\log_b a})$ ist, dann ist $T \in \Theta(n^{\log_b a} \log n)$.

Fall 3: Wenn $f \in \mathcal{O}(n^{\log_b a + \varepsilon})$ für ein $\varepsilon > 0$ ist, und wenn es eine Konstante d gibt mit $0 < d < 1$, so dass für alle hinreichend großen n gilt $af(n/b) \leq df$, dann ist $T \in \Theta(f)$.

Aufgaben zum Mastertheorem

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgaben zum Mastertheorem

Karlsruher Institut für Technologie

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgaben zum Mastertheorem

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$, also $a = 2, b = 4, f(n) = \sqrt{n}$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgaben zum Mastertheorem

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$, also $a = 2, b = 4, f(n) = \sqrt{n}$, also zweiter Fall des Mastertheorems

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgaben zum Mastertheorem

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$, also $a = 2, b = 4, f(n) = \sqrt{n}$, also zweiter Fall des Mastertheorems. $T \in \Theta(\sqrt{n} \log n)$

Aufgaben zum Mastertheorem

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$, also $a = 2, b = 4, f(n) = \sqrt{n}$, also zweiter Fall des Mastertheorems. $T \in \Theta(\sqrt{n} \log n)$
- $T(n) := 3T(\frac{n}{2}) + n \log n$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgaben zum Mastertheorem

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$, also $a = 2, b = 4, f(n) = \sqrt{n}$, also zweiter Fall des Mastertheorems. $T \in \Theta(\sqrt{n} \log n)$
- $T(n) := 3T(\frac{n}{2}) + n \log n$, also $a = 3, b = 2, f(n) = n \log n$

Aufgaben zum Mastertheorem

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$, also $a = 2, b = 4, f(n) = \sqrt{n}$, also zweiter Fall des Mastertheorems. $T \in \Theta(\sqrt{n} \log n)$
- $T(n) := 3T(\frac{n}{2}) + n \log n$, also $a = 3, b = 2, f(n) = n \log n$, also erster Fall des Mastertheorems

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgaben zum Mastertheorem

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$, also $a = 2, b = 4, f(n) = \sqrt{n}$, also zweiter Fall des Mastertheorems. $T \in \Theta(\sqrt{n} \log n)$
- $T(n) := 3T(\frac{n}{2}) + n \log n$, also $a = 3, b = 2, f(n) = n \log n$, also erster Fall des Mastertheorems, $T \in \Theta(n^{\log_2 3})$

Aufgaben zum Mastertheorem

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$, also $a = 2, b = 4, f(n) = \sqrt{n}$, also zweiter Fall des Mastertheorems. $T \in \Theta(\sqrt{n} \log n)$
- $T(n) := 3T(\frac{n}{2}) + n \log n$, also $a = 3, b = 2, f(n) = n \log n$, also erster Fall des Mastertheorems, $T \in \Theta(n^{\log_2 3})$
- $T(n) := 4T(\frac{n}{2}) + n^2\sqrt{n}$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgaben zum Mastertheorem

Karlsruher Institut für Technologie

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$, also $a = 2, b = 4, f(n) = \sqrt{n}$, also zweiter Fall des Mastertheorems. $T \in \Theta(\sqrt{n} \log n)$
- $T(n) := 3T(\frac{n}{2}) + n \log n$, also $a = 3, b = 2, f(n) = n \log n$, also erster Fall des Mastertheorems, $T \in \Theta(n^{\log_2 3})$
- $T(n) := 4T(\frac{n}{2}) + n^2\sqrt{n}$, also $a = 4, b = 2, f(n) = n^2\sqrt{n}$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgaben zum Mastertheorem

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$, also $a = 2, b = 4, f(n) = \sqrt{n}$, also zweiter Fall des Mastertheorems. $T \in \Theta(\sqrt{n} \log n)$
- $T(n) := 3T(\frac{n}{2}) + n \log n$, also $a = 3, b = 2, f(n) = n \log n$, also erster Fall des Mastertheorems, $T \in \Theta(n^{\log_2 3})$
- $T(n) := 4T(\frac{n}{2}) + n^2\sqrt{n}$, also $a = 4, b = 2, f(n) = n^2\sqrt{n}$, also dritter Fall des Mastertheorems

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Aufgaben zum Mastertheorem

Karlsruher Institut für Technologie

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$, also $a = 2, b = 4, f(n) = \sqrt{n}$, also zweiter Fall des Mastertheorems. $T \in \Theta(\sqrt{n} \log n)$
- $T(n) := 3T(\frac{n}{2}) + n \log n$, also $a = 3, b = 2, f(n) = n \log n$, also erster Fall des Mastertheorems, $T \in \Theta(n^{\log_2 3})$
- $T(n) := 4T(\frac{n}{2}) + n^2\sqrt{n}$, also $a = 4, b = 2, f(n) = n^2\sqrt{n}$, also dritter Fall des Mastertheorems, $T \in \Theta(n^2\sqrt{n})$.

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Definition eines endlichen Automaten

Endlicher Automat

Ein endlicher Automat ist ein Tupel $A = (Z, z_0, X, f, Y, g)$ mit...

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Definition eines endlichen Automaten

Endlicher Automat

Ein endlicher Automat ist ein Tupel $A = (Z, z_0, X, f, Y, g)$ mit...

- endliche Zustandsmenge Z

Definition eines endlichen Automaten

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Endlicher Automat

Ein endlicher Automat ist ein Tupel $A = (Z, z_0, X, f, Y, g)$ mit...

- endliche Zustandsmenge Z
- Anfangszustand $z_0 \in Z$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Definition eines endlichen Automaten

Endlicher Automat

Ein endlicher Automat ist ein Tupel $A = (Z, z_0, X, f, Y, g)$ mit...

- endliche Zustandsmenge Z
- Anfangszustand $z_0 \in Z$
- Eingabealphabet X

Definition eines endlichen Automaten

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Endlicher Automat

Ein endlicher Automat ist ein Tupel $A = (Z, z_0, X, f, Y, g)$ mit...

- endliche Zustandsmenge Z
- Anfangszustand $z_0 \in Z$
- Eingabealphabet X
- Zustandsübergangsfunktion $f : Z \times X \to Z$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Definition eines endlichen Automaten

Endlicher Automat

Ein endlicher Automat ist ein Tupel $A = (Z, z_0, X, f, Y, g)$ mit...

- endliche Zustandsmenge Z
- Anfangszustand $z_0 \in Z$
- Eingabealphabet X
- Zustandsübergangsfunktion $f : Z \times X \to Z$
- Ausgabealphabet Y

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Definition eines endlichen Automaten

Karlsruher Institut für Technologie

Endlicher Automat

Ein endlicher Automat ist ein Tupel $A = (Z, z_0, X, f, Y, g)$ mit...

- endliche Zustandsmenge Z
- Anfangszustand $z_0 \in Z$
- Eingabealphabet X
- Zustandsübergangsfunktion $f : Z \times X \to Z$
- Ausgabealphabet Y
- Ausgabefunktion

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Definition eines endlichen Automaten

Endlicher Automat

Ein endlicher Automat ist ein Tupel $A = (Z, z_0, X, f, Y, g)$ mit...

- endliche Zustandsmenge Z
- Anfangszustand $z_0 \in Z$
- Eingabealphabet X
- Zustandsübergangsfunktion $f : Z \times X \rightarrow Z$
- Ausgabealphabet Y
- Ausgabefunktion
  - Mealy-Automat: $g : Z \times X \rightarrow Y^*$

Definition eines endlichen Automaten

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Endlicher Automat

Ein endlicher Automat ist ein Tupel $A = (Z, z_0, X, f, Y, g)$ mit...

- endliche Zustandsmenge Z
- Anfangszustand $z_0 \in Z$
- Eingabealphabet X
- Zustandsübergangsfunktion $f : Z \times X \to Z$
- Ausgabealphabet Y
- Ausgabefunktion
  - Mealy-Automat: $g : Z \times X \to Y^*$
  - Moore-Automat: $h : Z \to Y^*$

Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu