

# Grundbegriffe der Informatik

## Tutorium 33

Lukas Bach, [lukas.bach@student.kit.edu](mailto:lukas.bach@student.kit.edu) | 26.01.2017



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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

## 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 Schranke (Worst-Case Approximation)

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

## Untere Schranke (Best-Case Approximation)

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

## 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 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?



## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Gelten folgende Approximationen?

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Gelten folgende Approximationen?

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Gelten folgende Approximationen?

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

■  $5n^2 + \pi n + 2\sqrt{n} \in \Theta(n^2)$ ?

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## 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.

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## 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.

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## 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!



## 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!

■  $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$ ?

## 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

## 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  $n^4$ .

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?

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

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.

## 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:  $\mathcal{O}(\log_b n) = \mathcal{O}(\frac{\log_a n}{\log_a b})$



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:  $\mathcal{O}(\log_b n) = \mathcal{O}\left(\frac{\log_a n}{\log_a b}\right) = \mathcal{O}\left(\frac{1}{\log_a b} \log_a n\right)$

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

## 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.

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Gelten folgende Approximationen?

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

Mastertheorem

Automaten

## Gelten folgende Approximationen?

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

Mastertheorem

Automaten



## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

Automaten

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

Automaten

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

Automaten

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

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

Automaten

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

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

Automaten

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

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

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

Automaten

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

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

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

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

Automaten

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

■  $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$ ?

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

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

Automaten

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

■  $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$ ? Nein.



## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

■  $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^4)$ ?

Automaten

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

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

Automaten

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

■  $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$ ? Nein.

■  $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^4)$ ? Nein.

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

■  $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^3)$ ?

Automaten

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

Automaten

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

■  $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^2)$ ?

Automaten

## Gelten folgende Approximationen?

Komplexitätstheorie

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

Mastertheorem

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

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

## Übungsaufgabe

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

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



## Übungsaufgabe

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

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

## Übungsaufgabe

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

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

## Übungsaufgabe

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

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

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten



## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten



## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

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

## Übungsaufgabe

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

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

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

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

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten



## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten



## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

## Übungsaufgabe

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

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

## Übungsaufgabe

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

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



## Übungsaufgabe

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

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

## Übungsaufgabe

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

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

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

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

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

# Grundbegriffe der Informatik

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

## Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten



# Grundbegriffe der Informatik

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

## Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

# Grundbegriffe der Informatik

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

## Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

# Grundbegriffe der Informatik

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

## Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

# Grundbegriffe der Informatik

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

## Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

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

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

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

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

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

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

Z

eige:

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

Z

eige mittels vollständiger Induktion:

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



# Grundbegriffe der Informatik

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

Komplexitätstheorie

Größenordnung	Bezeichnung

Mastertheorem

Automaten

# Grundbegriffe der Informatik

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

# Grundbegriffe der Informatik

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

# Grundbegriffe der Informatik

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

# Grundbegriffe der Informatik

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

# Grundbegriffe der Informatik

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

# Grundbegriffe der Informatik

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

# Grundbegriffe der Informatik

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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



$r \leftarrow 0$

**for**  $i \leftarrow 0$  **to**  $n/2$  **do**

$s \leftarrow 0$

**for**  $j \leftarrow i$  **to**  $n - i$  **do**

$s \leftarrow s + j$

**od**

$r \leftarrow s + n * i$

$r \leftarrow r + s$

**od**

[https://www.kit.edu/de/lehre/lehre-inhalt/algorithmische-komplexitaetstheorie/algorithmische-komplexitaetstheorie](#)

```
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.

```
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?

```
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?

- $$\sum_{i=0}^{n/2} (n - 2i + 1) = \frac{n}{2}n - 2 \sum_{i=0}^{n/2} i + \frac{n}{2}$$

```
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?

- $$\sum_{i=0}^{n/2} (n - 2i + 1) = \frac{n}{2}n - 2 \sum_{i=0}^{n/2} i + \frac{n}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - 2 \frac{\frac{n}{2} \cdot (\frac{n}{2} + 1)}{2}$$

```
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?

$$\begin{aligned} \blacksquare \sum_{i=0}^{n/2} (n - 2i + 1) &= \frac{n}{2}n - 2 \sum_{i=0}^{n/2} i + \frac{n}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - 2 \frac{\frac{n}{2} \cdot (\frac{n}{2} + 1)}{2} = \\ &= \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - \frac{n^2}{4} - \frac{n}{2} \end{aligned}$$



```
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?

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^{n/2} (n - 2i + 1) &= \frac{n}{2}n - 2 \sum_{i=0}^{n/2} i + \frac{n}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - 2 \frac{\frac{n}{2} \cdot (\frac{n}{2} + 1)}{2} = \\ &= \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - \frac{n^2}{4} - \frac{n}{2} = \frac{1}{4}n^2 \end{aligned}$$

```
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?

$$\begin{aligned} \sum_{i=0}^{n/2} (n - 2i + 1) &= \frac{n}{2}n - 2 \sum_{i=0}^{n/2} i + \frac{n}{2} = \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - 2 \frac{\frac{n}{2} \cdot (\frac{n}{2} + 1)}{2} = \\ &= \frac{n^2}{2} + \frac{n}{2} - \frac{n^2}{4} - \frac{n}{2} = \frac{1}{4}n^2 \end{aligned}$$

- Kann man das einfacher machen?

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Formel für Mastertheorem

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Formel für Mastertheorem

### Rekursive Komplexitätsformeln der Form

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Formel für Mastertheorem

Rekursive Komplexitätsformeln der Form

$$T(n) = a \cdot T\left(\frac{n}{b}\right) + f(n)$$

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Formel für Mastertheorem

Rekursive Komplexitätsformeln der Form

$$T(n) = a \cdot T\left(\frac{n}{b}\right) + f(n)$$

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  $T \in \Theta(f)$ .

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten



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

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

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

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

## Komplexitätstheorie

### Mastertheorem

### Automaten

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

## Komplexitätstheorie

### Mastertheorem

### Automaten

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$ , 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  $a = 3, b = 2, f(n) = n \log n$

## Komplexitätstheorie

### Mastertheorem

### Automaten

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

## Komplexitätstheorie

### Mastertheorem

### Automaten

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$ , 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,  $T \in \Theta(n^{\log_2 3})$



## Komplexitätstheorie

### Mastertheorem

### Automaten

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$ , 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,  $T \in \Theta(n^{\log_2 3})$
- $T(n) := 4T(\frac{n}{2}) + n^2 \sqrt{n}$

## Komplexitätstheorie

### Mastertheorem

### Automaten

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

## Komplexitätstheorie

### Mastertheorem

### Automaten

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

## Komplexitätstheorie

### Mastertheorem

### Automaten

- $T(n) := 2T(\frac{n}{4}) + \sqrt{n}$ , 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,  $T \in \Theta(n^2 \sqrt{n})$ .

## Endlicher Automat

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

## Endlicher Automat

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

- endliche Zustandsmenge  $Z$

## Endlicher Automat

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

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

## 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  $X$



## 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  $f : Z \times X \rightarrow Z$

## 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  $Y$

## 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

## 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:  $g : Z \times X \rightarrow Y^*$

## 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:  $g : Z \times X \rightarrow Y^*$
  - Moore-Automat:  $h : Z \rightarrow Y^*$

# Grundbegriffe der Informatik

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten



*That's all Folks!*