

Grundbegriffe der Informatik

Tutorium 33

Lukas Bach, 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)

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

Untere Schranke (Best-Case Approximation)

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

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!

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!

■ $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$?

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!

■ $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? 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.

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

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

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!

■ $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? 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.
- $n! \in \Theta(n^{\pi e 2000})$

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.
- $n! \in \Theta(n^{\pi e 2000})$ 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!

- $4n^4 + 3c^6 \in \Theta(n^4)$? 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.
- $n! \in \Theta(n^{\pi e 2000})$ 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.

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

■ $4n^3 + 2n^2 \in \Omega(n^5)$?

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.

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.

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

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

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						
$n!$						

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						
$n!$						

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Übungsaufgabe

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

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

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Übungsaufgabe

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

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

Übungsaufgabe

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

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

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

Übungsaufgabe

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

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

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

Übungsaufgabe

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

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

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
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			

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
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		

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	

Komplexitätstheorie

Mastertheorem

Automaten

Übungsaufgabe

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

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

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


```
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
```

```
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!