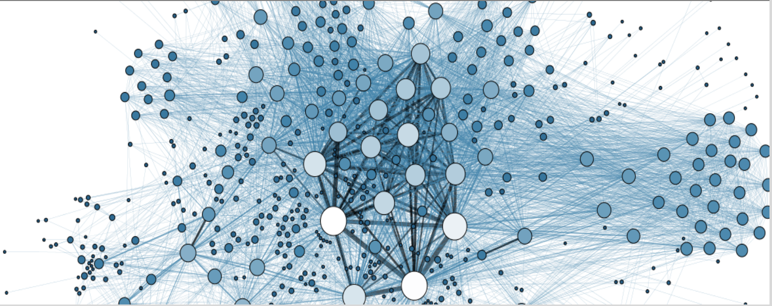
Grundbegriffe der Informatik
Tutorium 33

Maximilian Staab, maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de
Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu | 12.01.2017



Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Definition: Graph

Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Definition: Graph

Ein Graph $G = (V, E)$ ist ein Tupel aus:

Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Definition: Graph

Ein Graph $G = (V, E)$ ist ein Tupel aus:

- Einer endlichen, nichtleeren Knotenmenge V

Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Definition: Graph

Ein Graph $G = (V, E)$ ist ein Tupel aus:

- Einer endlichen, nichtleeren Knotenmenge V
- Einer endlichen Kantenmenge $E \subseteq V \times V$

Graphen

Karlsruher Institut für Technologie

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Definition: Graph

Ein Graph $G = (V, E)$ ist ein Tupel aus:

- Einer endlichen, nichtleeren Knotenmenge V
- Einer endlichen Kantenmenge $E \subseteq V \times V$

Beispiel: Knotenmenge $V := \{a, b, c, d\}$. Kantenmenge könnte zum Beispiel sein...

Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Definition: Graph

Ein Graph $G = (V, E)$ ist ein Tupel aus:

- Einer endlichen, nichtleeren Knotenmenge V
- Einer endlichen Kantenmenge $E \subseteq V \times V$

Beispiel: Knotenmenge $V := \{a, b, c, d\}$. Kantenmenge könnte zum Beispiel sein...

- $E := \{(a, b), (c, d), (a, d)\}$

Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Definition: Graph

Ein Graph $G = (V, E)$ ist ein Tupel aus:

- Einer endlichen, nichtleeren Knotenmenge V
- Einer endlichen Kantenmenge $E \subseteq V \times V$

Beispiel: Knotenmenge $V := \{a, b, c, d\}$. Kantenmenge könnte zum Beispiel sein...

- $E := \{(a, b), (c, d), (a, d)\}$
- $E := \{(a, a), (b, b), (c, c)\}$

Graphen

Karlsruher Institut für Technologie

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Definition: Graph

Ein Graph $G = (V, E)$ ist ein Tupel aus:

- Einer endlichen, nichtleeren Knotenmenge V
- Einer endlichen Kantenmenge $E \subseteq V \times V$

Beispiel: Knotenmenge $V := \{a, b, c, d\}$. Kantenmenge könnte zum Beispiel sein...

- $E := \{(a, b), (c, d), (a, d)\}$
- $E := \{(a, a), (b, b), (c, c)\}$
- $E := \emptyset$

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Wie sehen diese Graphen aus?

Beispiel: Knotenmenge $V := \{a, b, c, d\}$. Kantenmenge könnte zum Beispiel sein...

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Wie sehen diese Graphen aus?

Beispiel: Knotenmenge $V := \{a, b, c, d\}$. Kantenmenge könnte zum Beispiel sein...

- $V := \{a, b, c, d\}, E := \{(a, b), (c, d), (a, d)\}$

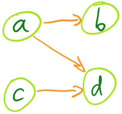
Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Wie sehen diese Graphen aus?

Beispiel: Knotenmenge $V := \{a, b, c, d\}$. Kantenmenge könnte zum Beispiel sein...

- $V := \{a, b, c, d\}, E := \{(a, b), (c, d), (a, d)\}$



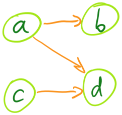
Wie sehen diese Graphen aus?

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Beispiel: Knotenmenge $V := \{a, b, c, d\}$. Kantenmenge könnte zum Beispiel sein...

- $V := \{a, b, c, d\}, E := \{(a, b), (c, d), (a, d)\}$



- $V := \{a, b, c, d\}, E := \{(a, a), (b, b), (c, c)\}$

Maximilian Staab, maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de, Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

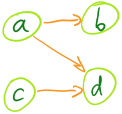
Ungerichtete Graphen

Begriffe

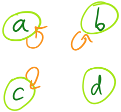
Wie sehen diese Graphen aus?

Beispiel: Knotenmenge $V := \{a, b, c, d\}$. Kantenmenge könnte zum Beispiel sein...

- $V := \{a, b, c, d\}, E := \{(a, b), (c, d), (a, d)\}$



- $V := \{a, b, c, d\}, E := \{(a, a), (b, b), (c, c)\}$

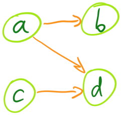


Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

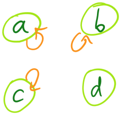
Wie sehen diese Graphen aus?

Beispiel: Knotenmenge $V := \{a, b, c, d\}$. Kantenmenge könnte zum Beispiel sein...

- $V := \{a, b, c, d\}, E := \{(a, b), (c, d), (a, d)\}$



- $V := \{a, b, c, d\}, E := \{(a, a), (b, b), (c, c)\}$



- $V := \{a, b, c, d\}, E := \emptyset$

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

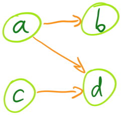
Ungerichtete Graphen

Begriffe

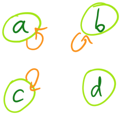
Wie sehen diese Graphen aus?

Beispiel: Knotenmenge $V := \{a, b, c, d\}$. Kantenmenge könnte zum Beispiel sein...

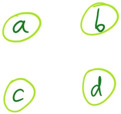
- $V := \{a, b, c, d\}, E := \{(a, b), (c, d), (a, d)\}$



- $V := \{a, b, c, d\}, E := \{(a, a), (b, b), (c, c)\}$



- $V := \{a, b, c, d\}, E := \emptyset$



Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Wann Angabe als Menge, wann als Visualisierung?

Wir verwenden gezeichnete Graphen und deren Definition als Mengen als äquivalent.

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Wann Angabe als Menge, wann als Visualisierung?

Karlsruher Institut für Technologie

Wir verwenden gezeichnete Graphen und deren Definition als Mengen als äquivalent.

- $\{(a, b), (c, d), (a, d)\} = \{(a, b), (a, d), (c, d)\} \neq \{(b, a), (d, c), (d, a)\}$, also Kantenmenge mit unterschiedlichen Reihenfolgen darstellbar. Genauso die Knotenmenge.

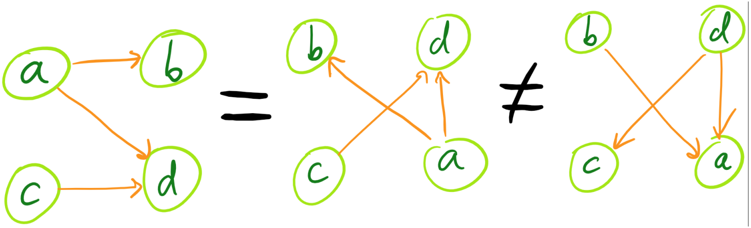
Wann Angabe als Menge, wann als Visualisierung?

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Wir verwenden gezeichnete Graphen und deren Definition als Mengen als äquivalent.

- $\{(a,b),(c,d),(a,d)\} = \{(a,b),(a,d),(c,d)\} \neq \{(b,a),(d,c),(d,a)\}$, also Kantenmenge mit unterschiedlichen Reihenfolgen darstellbar. Genauso die Knotenmenge.



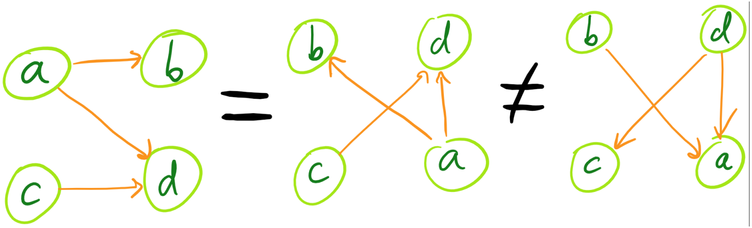
Wann Angabe als Menge, wann als Visualisierung?

Maximilian Staab, maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de, Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Wir verwenden gezeichnete Graphen und deren Definition als Mengen als äquivalent.

- $\{(a,b),(c,d),(a,d)\} = \{(a,b),(a,d),(c,d)\} \neq \{(b,a),(d,c),(d,a)\}$, also Kantenmenge mit unterschiedlichen Reihenfolgen darstellbar. Genauso die Knotenmenge.



Es kann also in jedem Fall der Graph sowohl als “Visualisierung” oder als Menge angegeben werden, beide Varianten sind formal korrekt.

Praxisbeispiel: Soziales Netzwerk

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

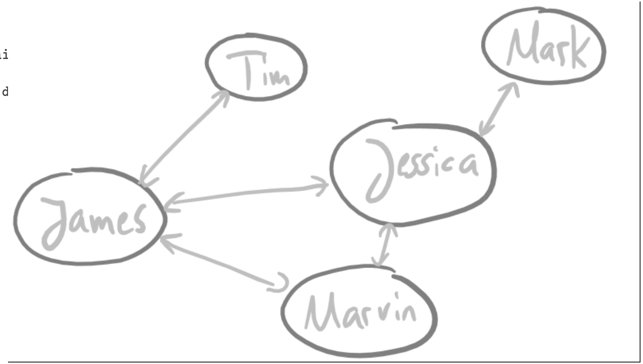
Ungerichtete Graphen

Begriffe

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Praxisbeispiel: Soziales Netzwerk



Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

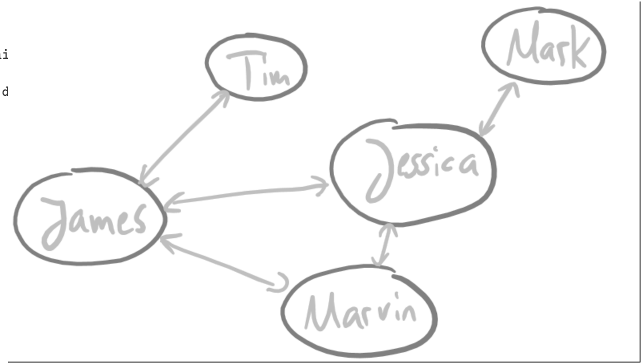
Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Praxisbeispiel: Soziales Netzwerk



- Ist Person *A* direkt mit Person *B* befreundet?

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

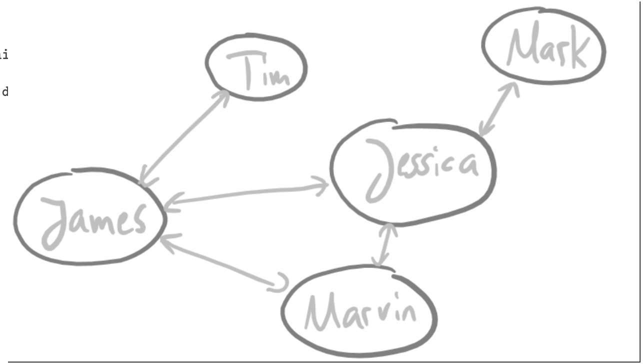
Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Praxisbeispiel: Soziales Netzwerk

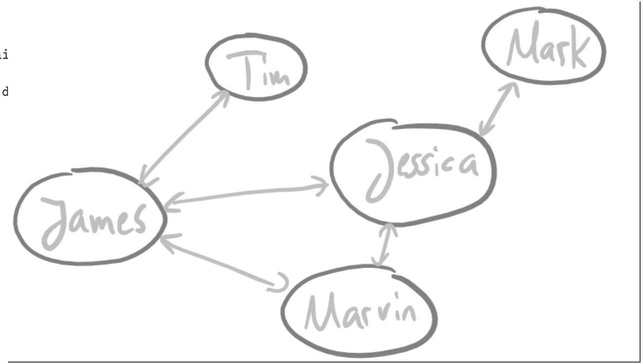


- Ist Person A direkt mit Person B befreundet? $\Leftrightarrow$ Gibt es eine Kante (A, B)?

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Praxisbeispiel: Soziales Netzwerk

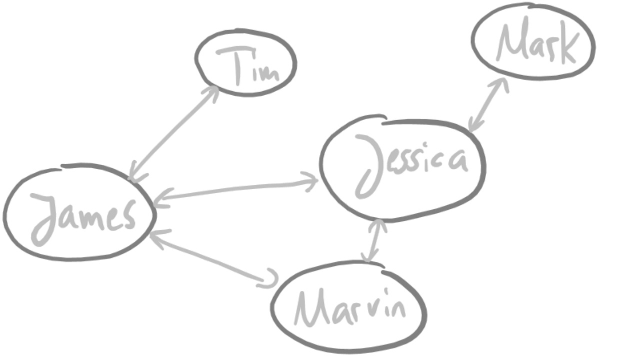


- Ist Person A direkt mit Person B befreundet? $\Leftrightarrow$ Gibt es eine Kante (A, B)?
- Ist Person A über maximal 2 verschiedene Leute mit Person B befreundet?

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Praxisbeispiel: Soziales Netzwerk



- Ist Person A direkt mit Person B befreundet? $\Leftrightarrow$ Gibt es eine Kante (A, B)?
- Ist Person A über maximal 2 verschiedene Leute mit Person B befreundet?$\Leftrightarrow$ Gibt es einen Pfad von A nach B mit maximaler Länge 3?

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

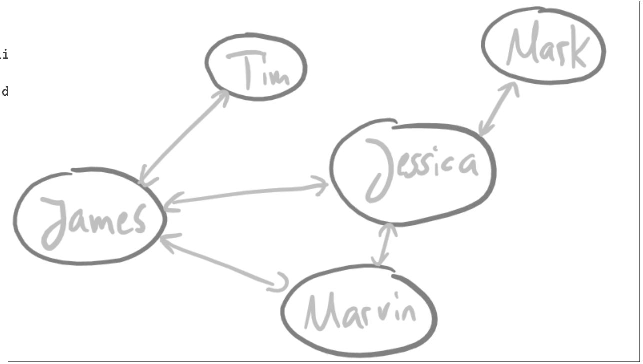
Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete
Graphen

Begriffe

Praxisbeispiel: Soziales Netzwerk

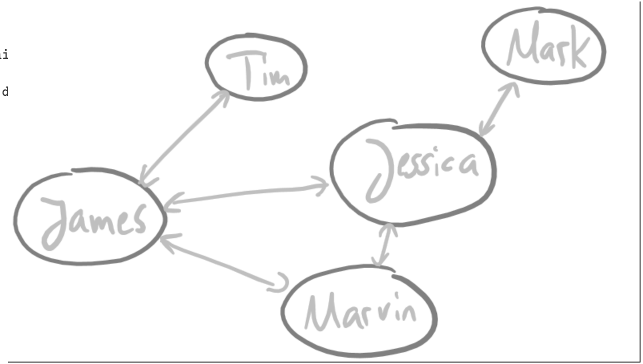


- Ist Person A direkt mit Person B befreundet? $\Leftrightarrow$ Gibt es eine Kante (A, B)?
- Ist Person A über maximal 2 verschiedene Leute mit Person B befreundet?$\Leftrightarrow$ Gibt es einen Pfad von A nach B mit maximaler Länge 3?
- Wieviele Freunde hat Person A?

Praxisbeispiel: Soziales Netzwerk

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe



- Ist Person A direkt mit Person B befreundet? $\Leftrightarrow$ Gibt es eine Kante (A, B)?
- Ist Person A über maximal 2 verschiedene Leute mit Person B befreundet?$\Leftrightarrow$ Gibt es einen Pfad von A nach B mit maximaler Länge 3?
- Wieviele Freunde hat Person A?$\Leftrightarrow$ Welchen Grad hat Person $A \in V$?

Praxisbeispiel: Wie kommt man am schnellsten von A nach B

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

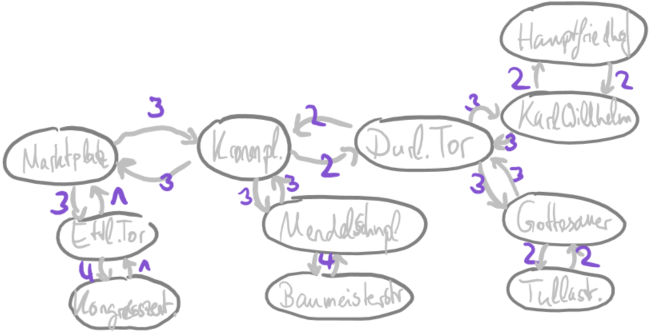
Ungerichtete Graphen

Begriffe

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete
Graphen
Begriffe

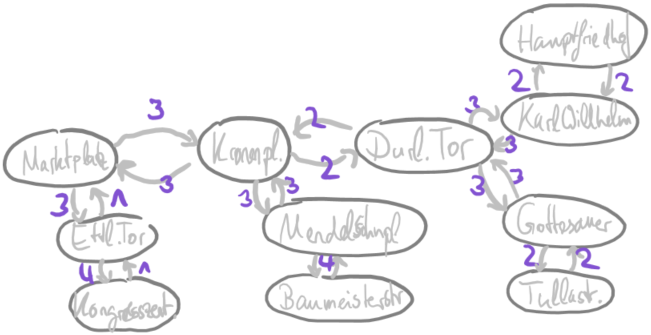
Praxisbeispiel: Wie kommt man am schnellsten von A nach B



Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

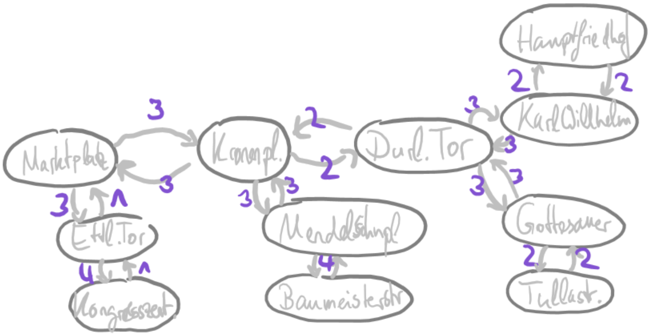
Praxisbeispiel: Wie kommt man am schnellsten von A nach B



- Kantengewichtung: Jeder Kante wird eine Zahl $c \in \mathbb{R}$ zugewiesen.

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Praxisbeispiel: Wie kommt man am schnellsten von A nach B



- Kantengewichtung: Jeder Kante wird eine Zahl $c \in \mathbb{R}$ zugewiesen.
- Wie lange dauert der kürzeste Weg von Kongresszentrum nach Hauptfriedhof?

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

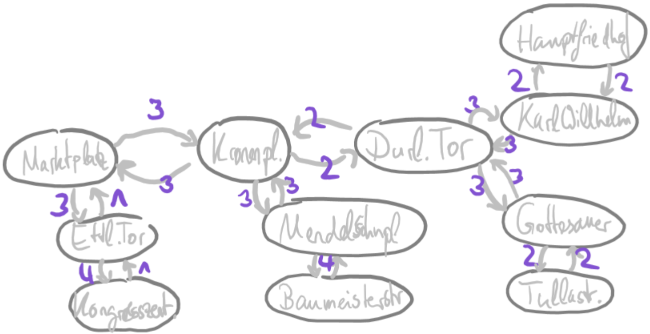
Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Praxisbeispiel: Wie kommt man am schnellsten von A nach B

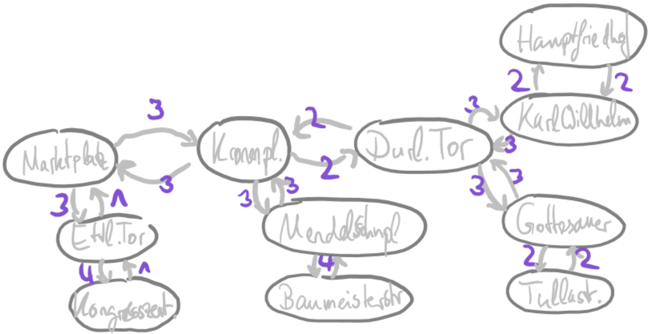


- Kantengewichtung: Jeder Kante wird eine Zahl $c \in \mathbb{R}$ zugewiesen.
- Wie lange dauert der kürzeste Weg von Kongresszentrum nach Hauptfriedhof? $\Leftrightarrow$ Wie lang ist ein kürzester Pfad von Kongresszentrum nach Hauptfriedhof?

Praxisbeispiel: Wie kommt man am schnellsten von A nach B

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

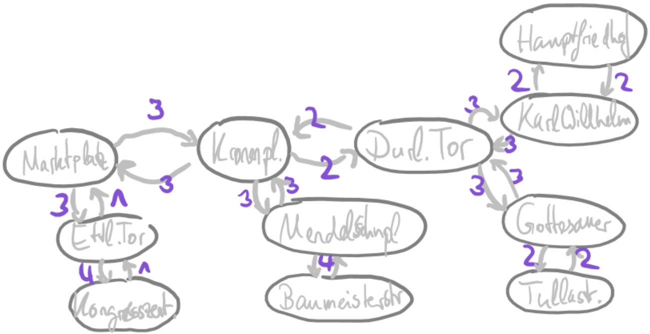
Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe



- Kantengewichtung: Jeder Kante wird eine Zahl $c \in \mathbb{R}$ zugewiesen.
- Wie lange dauert der kürzeste Weg von Kongresszentrum nach Hauptfriedhof? $\Leftrightarrow$ Wie lang ist ein kürzester Pfad von Kongresszentrum nach Hauptfriedhof?
- Wo kommt man von Kronenplatz überall innerhalb von 5 Zeiteinheiten hin?

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Praxisbeispiel: Wie kommt man am schnellsten von A nach B



- Kantengewichtung: Jeder Kante wird eine Zahl $c \in \mathbb{R}$ zugewiesen.
- Wie lange dauert der kürzeste Weg von Kongresszentrum nach Hauptfriedhof? $\Leftrightarrow$ Wie lang ist ein kürzester Pfad von Kongresszentrum nach Hauptfriedhof?
- Wo kommt man von Kronenplatz überall innerhalb von 5 Zeiteinheiten hin? $\Leftrightarrow$ Für welche Orte $v \in V$ existiert ein Pfad $(\mathit{Kronenplatz}, \ldots, v)$ mit einer Länge von maximal 5?

Praxisbeispiel: Huffman-Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

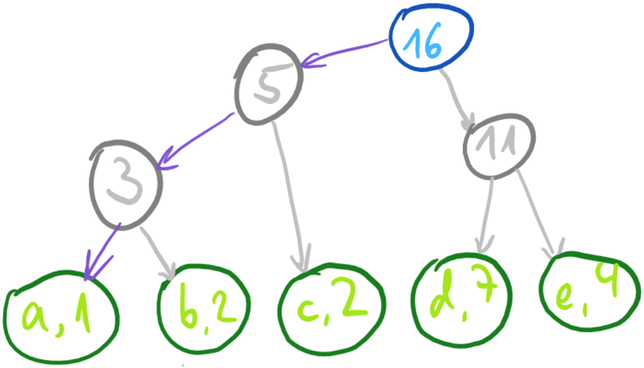
Ungerichtete Graphen

Begriffe

Praxisbeispiel: Huffman-Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

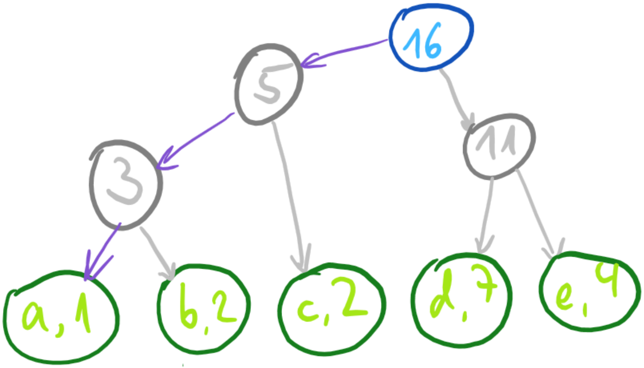
Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe



Praxisbeispiel: Huffman-Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

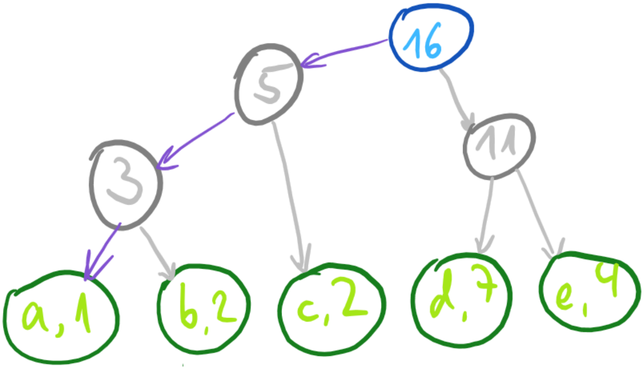


- Wie lang ist die Kodierung vom Zeichen *c*?

Praxisbeispiel: Huffman-Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete
Graphen
Begriffe

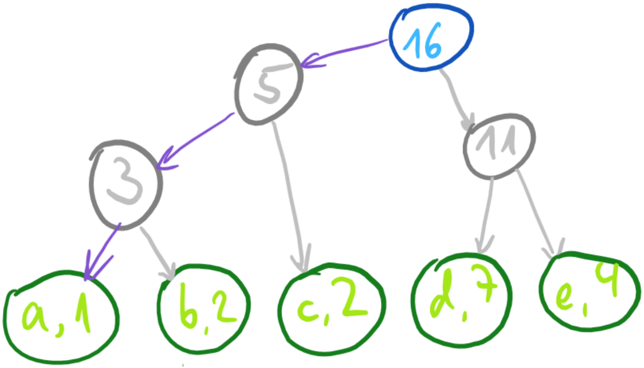


- Wie lang ist die Kodierung vom Zeichen c? $\Leftrightarrow$ Wie lang ist der Pfad von Wurzel zu Knoten c? In diesem Fall 2.

Praxisbeispiel: Huffman-Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

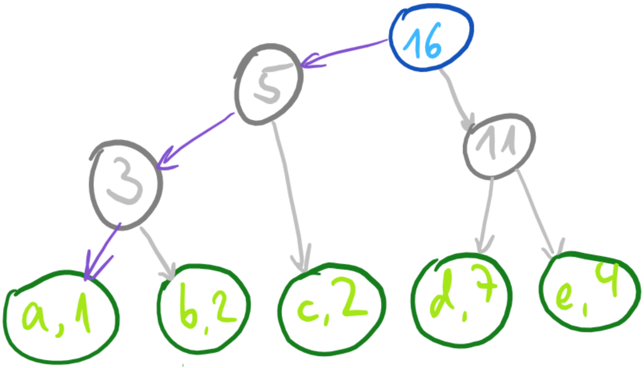


- Wie lang ist die Kodierung vom Zeichen c? $\Leftrightarrow$ Wie lang ist der Pfad von Wurzel zu Knoten c? In diesem Fall 2.
- Wie viele Zeichen werden kodiert?

Praxisbeispiel: Huffman-Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

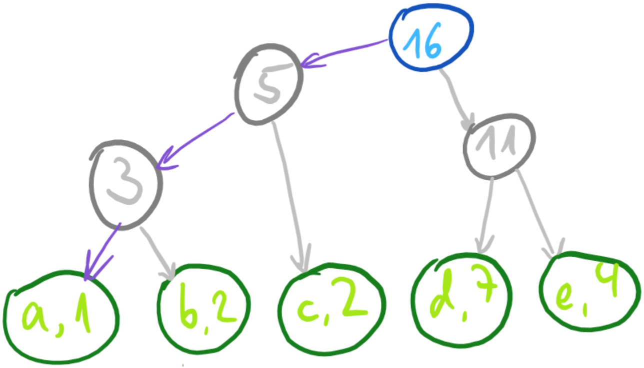


- Wie lang ist die Kodierung vom Zeichen c?$\Leftrightarrow$ Wie lang ist der Pfad von Wurzel zu Knoten c? In diesem Fall 2.
- Wie viele Zeichen werden kodiert? $\Leftrightarrow$ Wie viele Knoten sind von der Wurzel erreichbar, die selbst keine ausgehenden Kanten haben?

Praxisbeispiel: Huffman-Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe



- Wie lang ist die Kodierung vom Zeichen *c*?⇔ Wie lang ist der Pfad von Wurzel zu Knoten *c*? In diesem Fall 2.
- Wie viele Zeichen werden kodiert? ⇔ Wie viele Knoten sind von der Wurzel erreichbar, die selbst keine ausgehenden Kanten haben? ⇔ Wie viele Blätter hat der Baum?

Ungerichtete Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Ungerichtete Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

- Bis jetzt

Ungerichtete Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Bis jetzt: Gerichtete Graphen

Ungerichtete Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Bis jetzt: Gerichtete Graphen, dh. Kanten (u, v) hatten eine Richtung von Knoten u nach Knoten v.

Ungerichtete Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Bis jetzt: Gerichtete Graphen, dh. Kanten (u, v) hatten eine Richtung von Knoten u nach Knoten v.

Ungerichteter Graph

Ein ungerichteter Graph ist ein Graph

Ungerichtete Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

- Bis jetzt: Gerichtete Graphen, dh. Kanten (u, v) hatten eine Richtung von Knoten u nach Knoten v.

Ungerichteter Graph

Ein ungerichteter Graph ist ein Graph, dessen Kanten Mengen, und keine Tupel sind.

Ungerichtete Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

- Bis jetzt: Gerichtete Graphen, dh. Kanten (u, v) hatten eine Richtung von Knoten u nach Knoten v.

Ungerichteter Graph

Ein ungerichteter Graph ist ein Graph, dessen Kanten Mengen, und keine Tupel sind.

- Beispiel: Statt Kante (u, v) jetzt Kante $\{u, v\}$

Ungerichtete Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

- Bis jetzt: Gerichtete Graphen, dh. Kanten (u, v) hatten eine Richtung von Knoten u nach Knoten v.

Ungerichteter Graph

Ein ungerichteter Graph ist ein Graph, dessen Kanten Mengen, und keine Tupel sind.

- Beispiel: Statt Kante (u, v) jetzt Kante $\{u, v\} = \{v, u\}$.

Ungerichtete Graphen

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Bis jetzt: Gerichtete Graphen, dh. Kanten (u, v) hatten eine Richtung von Knoten u nach Knoten v.

Ungerichteter Graph

Ein ungerichteter Graph ist ein Graph, dessen Kanten Mengen, und keine Tupel sind.

- Beispiel: Statt Kante (u, v) jetzt Kante $\{u, v\} = \{v, u\}$.
- Information über Richtung geht also verloren, Kanten verbinden nur noch Knoten, ohne sich zu merken, welcher Knoten Start und welcher Ziel ist.

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.un
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete
Graphen

Begriffe

Teilgraph

Teilgraph

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.ur
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Teilgraph

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.ur
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Teilgraph

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.ur
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Teilgraph

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.ur
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Teilgraph

Karlsruher Institut für Technologie

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.u
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Teilgraph

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

- Beispiel: Sei $G := (V, E)$ mit $V := \{a, b, c, d, e, f\}$ und $E := \{(b, a), (b, f), (f, d), (e, f), (f, a), (e, b), (a, e), (f, c), (a, c), (c, a), (c, e)\}$

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.un
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Teilgraph

Karlsruher Institut für Technologie

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

- Beispiel: Sei $G := (V, E)$ mit $V := \{a, b, c, d, e, f\}$ und $E := \{(b, a), (b, f), (f, d), (e, f), (f, a), (e, b), (a, e), (f, c), (a, c), (c, a), (c, e)\}$
- Ist ein Graph mit $V_1 := \{a, c, d, e, f\}$, $E_1 := \{(a, c), (c, a), (a, e), (f, d)\}$ ein Teilgraph von G?

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.ur
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Teilgraph

Karlsruher Institut für Technologie

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

- Beispiel: Sei $G := (V, E)$ mit $V := \{a, b, c, d, e, f\}$ und $E := \{(b, a), (b, f), (f, d), (e, f), (f, a), (e, b), (a, e), (f, c), (a, c), (c, a), (c, e)\}$
- Ist ein Graph mit $V_1 := \{a, c, d, e, f\}$, $E_1 := \{(a, c), (c, a), (a, e), (f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_2 := \{d, f\}$, $E_2 := \{(f, d)\}$ ein Teilgraph von G?

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.ur
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Teilgraph

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

- Beispiel: Sei $G := (V, E)$ mit $V := \{a, b, c, d, e, f\}$ und $E := \{(b, a), (b, f), (f, d), (e, f), (f, a), (e, b), (a, e), (f, c), (a, c), (c, a), (c, e)\}$
- Ist ein Graph mit $V_1 := \{a, c, d, e, f\}$, $E_1 := \{(a, c), (c, a), (a, e), (f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_2 := \{d, f\}$, $E_2 := \{(f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_3 = E_3 = \emptyset$ ein Teilgraph von G?

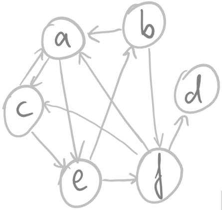
Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.un
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Teilgraph

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

- Beispiel: Sei $G := (V, E)$ mit $V := \{a, b, c, d, e, f\}$ und $E := \{(b, a), (b, f), (f, d), (e, f), (f, a), (e, b), (a, e), (f, c), (a, c), (c, a), (c, e)\}$
- Ist ein Graph mit $V_1 := \{a, c, d, e, f\}$, $E_1 := \{(a, c), (c, a), (a, e), (f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_2 := \{d, f\}$, $E_2 := \{(f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_3 = E_3 = \emptyset$ ein Teilgraph von G?



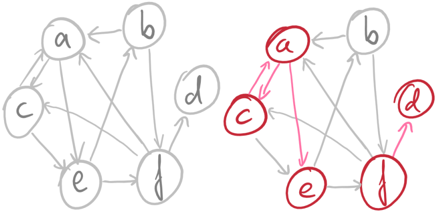
Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.ur
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Teilgraph

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

- Beispiel: Sei $G := (V, E)$ mit $V := \{a, b, c, d, e, f\}$ und $E := \{(b, a), (b, f), (f, d), (e, f), (f, a), (e, b), (a, e), (f, c), (a, c), (c, a), (c, e)\}$
- Ist ein Graph mit $V_1 := \{a, c, d, e, f\}$, $E_1 := \{(a, c), (c, a), (a, e), (f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_2 := \{d, f\}$, $E_2 := \{(f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_3 = E_3 = \emptyset$ ein Teilgraph von G?



Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.ur
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

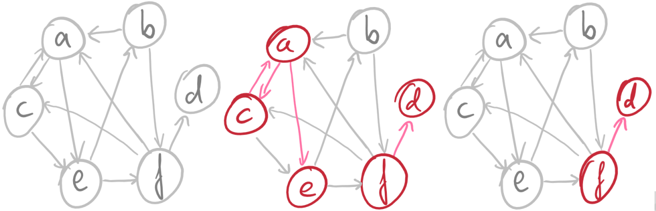
Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Teilgraph

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

- Beispiel: Sei $G := (V, E)$ mit $V := \{a, b, c, d, e, f\}$ und $E := \{(b, a), (b, f), (f, d), (e, f), (f, a), (e, b), (a, e), (f, c), (a, c), (c, a), (c, e)\}$
- Ist ein Graph mit $V_1 := \{a, c, d, e, f\}$, $E_1 := \{(a, c), (c, a), (a, e), (f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_2 := \{d, f\}$, $E_2 := \{(f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_3 = E_3 = \emptyset$ ein Teilgraph von G?



Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.ur
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

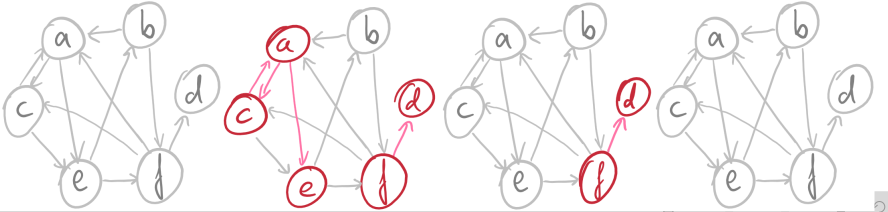
Teilgraph

Karlsruher Institut für Technologie

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

- Beispiel: Sei $G := (V, E)$ mit $V := \{a, b, c, d, e, f\}$ und $E := \{(b, a), (b, f), (f, d), (e, f), (f, a), (e, b), (a, e), (f, c), (a, c), (c, a), (c, e)\}$
- Ist ein Graph mit $V_1 := \{a, c, d, e, f\}$, $E_1 := \{(a, c), (c, a), (a, e), (f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_2 := \{d, f\}$, $E_2 := \{(f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_3 = E_3 = \emptyset$ ein Teilgraph von G?



Teilgraph

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

- Beispiel: Sei $G := (V, E)$ mit $V := \{a, b, c, d, e, f\}$ und $E := \{(b, a), (b, f), (f, d), (e, f), (f, a), (e, b), (a, e), (f, c), (a, c), (c, a), (c, e)\}$

Teilgraph

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

- Beispiel: Sei $G := (V, E)$ mit $V := \{a, b, c, d, e, f\}$ und $E := \{(b, a), (b, f), (f, d), (e, f), (f, a), (e, b), (a, e), (f, c), (a, c), (c, a), (c, e)\}$
- Ist ein Graph mit $V_4 := \{a, b\}$, $E_4 := \{(f, d)\}$ ein Teilgraph von G?

Teilgraph

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Teilgraph

Zu einem Graph $G := (V, E)$ ist ein Teilgraph definiert als $G' = (V', E')$, falls gilt $V' \subseteq V$ und $E' \subseteq E$.

- Beispiel: Sei $G := (V, E)$ mit $V := \{a, b, c, d, e, f\}$ und $E := \{(b, a), (b, f), (f, d), (e, f), (f, a), (e, b), (a, e), (f, c), (a, c), (c, a), (c, e)\}$
- Ist ein Graph mit $V_4 := \{a, b\}, E_4 := \{(f, d)\}$ ein Teilgraph von G?
- Ist ein Graph mit $V_5 := \{g, a\}, E_5 := \{(g, a), (a, g)\}$ ein Teilgraph von G?

Weg/Pfad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Pfad informell

Ein Pfad $(u, ..., v)$ ist eine Aneinanderreihung von Knoten

Weg/Pfad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Pfad informell

Ein Pfad $(u, \dots, v)$ ist eine Aneinanderreihung von Knoten, die jeweils mit Kanten verbunden sind

Weg/Pfad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Pfad informell

Ein Pfad $(u, ..., v)$ ist eine Aneinanderreihung von Knoten, die jeweils mit Kanten verbunden sind, sodass man über das traversieren der Kanten vom Startknoten $u \in V$ zum Zielknoten $v \in V$ kommt.

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Weg/Pfad

Pfad informell

Ein Pfad $(u, ..., v)$ ist eine Aneinanderreihung von Knoten, die jeweils mit Kanten verbunden sind, sodass man über das traversieren der Kanten vom Startknoten $u \in V$ zum Zielknoten $v \in V$ kommt.

Anmerkung: Wenn man sich einen Knoten $x \in V$ merkt und eine Kante $(x, y) \in E$ traversiert, so gelangt man zu Knoten y.

Weg/Pfad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Pfad informell

Ein Pfad $(u, ..., v)$ ist eine Aneinanderreihung von Knoten, die jeweils mit Kanten verbunden sind, sodass man über das traversieren der Kanten vom Startknoten $u \in V$ zum Zielknoten $v \in V$ kommt.

Anmerkung: Wenn man sich einen Knoten $x \in V$ merkt und eine Kante $(x, y) \in E$ traversiert, so gelangt man zu Knoten y.

Pfad formell

Ein Pfad $P := (v_0, v_1, ..., v_n)$ der Länge n

Weg/Pfad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Pfad informell

Ein Pfad $(u, ..., v)$ ist eine Aneinanderreihung von Knoten, die jeweils mit Kanten verbunden sind, sodass man über das traversieren der Kanten vom Startknoten $u \in V$ zum Zielknoten $v \in V$ kommt.

Anmerkung: Wenn man sich einen Knoten $x \in V$ merkt und eine Kante $(x, y) \in E$ traversiert, so gelangt man zu Knoten y.

Pfad formell

Ein Pfad $P := (v_0, v_1, ..., v_n)$ der Länge n ist eine Permutation auf V

Weg/Pfad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Karlsruher Institut für Technologie

Pfad informell

Ein Pfad $(u, ..., v)$ ist eine Aneinanderreihung von Knoten, die jeweils mit Kanten verbunden sind, sodass man über das traversieren der Kanten vom Startknoten $u \in V$ zum Zielknoten $v \in V$ kommt.

Anmerkung: Wenn man sich einen Knoten $x \in V$ merkt und eine Kante $(x, y) \in E$ traversiert, so gelangt man zu Knoten y.

Pfad formell

Ein Pfad $P := (v_0, v_1, ..., v_n)$ der Länge n ist eine Permutation auf V , wobei gilt:

Weg/Pfad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Pfad informell

Ein Pfad $(u, ..., v)$ ist eine Aneinanderreihung von Knoten, die jeweils mit Kanten verbunden sind, sodass man über das traversieren der Kanten vom Startknoten $u \in V$ zum Zielknoten $v \in V$ kommt.

Anmerkung: Wenn man sich einen Knoten $x \in V$ merkt und eine Kante $(x, y) \in E$ traversiert, so gelangt man zu Knoten y.

Pfad formell

Ein Pfad $P := (v_0, v_1, ..., v_n)$ der Länge n ist eine Permutation auf V, wobei gilt: $\forall i \in \mathbb{Z}_n : (v_i, v_{i+1}) \in E$.

Weg/Pfad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

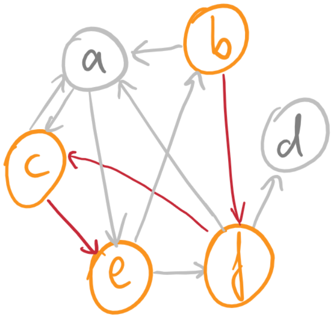
Pfad informell

Ein Pfad $(u, ..., v)$ ist eine Aneinanderreihung von Knoten, die jeweils mit Kanten verbunden sind, sodass man über das traversieren der Kanten vom Startknoten $u \in V$ zum Zielknoten $v \in V$ kommt.

Anmerkung: Wenn man sich einen Knoten $x \in V$ merkt und eine Kante $(x, y) \in E$ traversiert, so gelangt man zu Knoten y.

Pfad formell

Ein Pfad $P := (v_0, v_1, ..., v_n)$ der Länge n ist eine Permutation auf V, wobei gilt: $\forall i \in \mathbb{Z}_n : (v_i, v_{i+1}) \in E$.



Weg/Pfad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit

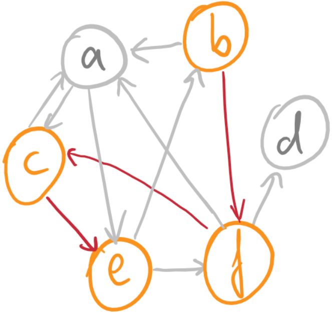
Pfad informell

Ein Pfad $(u, ..., v)$ ist eine Aneinanderreihung von Knoten, die jeweils mit Kanten verbunden sind, sodass man über das traversieren der Kanten vom Startknoten $u \in V$ zum Zielknoten $v \in V$ kommt.

Anmerkung: Wenn man sich einen Knoten $x \in V$ merkt und eine Kante $(x, y) \in E$ traversiert, so gelangt man zu Knoten y.

Pfad formell

Ein Pfad $P := (v_0, v_1, ..., v_n)$ der Länge n ist eine Permutation auf V , wobei gilt: $\forall i \in \mathbb{Z}_n : (v_i, v_{i+1}) \in E$.



Der Pfad (b, f, c, e) ist ein möglicher Pfad von b nach e der Länge 3.

Weg/Pfad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit

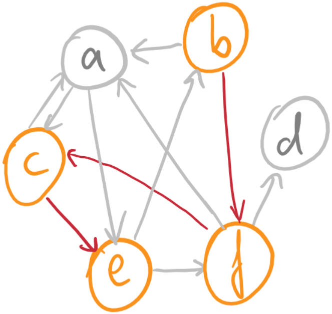
Pfad informell

Ein Pfad $(u, ..., v)$ ist eine Aneinanderreihung von Knoten, die jeweils mit Kanten verbunden sind, sodass man über das traversieren der Kanten vom Startknoten $u \in V$ zum Zielknoten $v \in V$ kommt.

Anmerkung: Wenn man sich einen Knoten $x \in V$ merkt und eine Kante $(x, y) \in E$ traversiert, so gelangt man zu Knoten y.

Pfad formell

Ein Pfad $P := (v_0, v_1, ..., v_n)$ der Länge n ist eine Permutation auf V , wobei gilt: $\forall i \in \mathbb{Z}_n : (v_i, v_{i+1}) \in E$.



Der Pfad (b, f, c, e) ist ein möglicher Pfad von b nach e der Länge 3.
Gibt es noch andere solcher Pfade?

Zyklus

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Zyklus

Zyklus

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Zyklus

Ein Zyklus ist ein Pfad $(v_1, ..., v_n)$ mit $v_1 = v_n$.

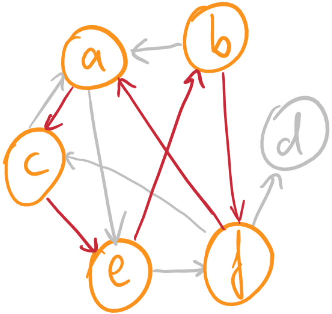
Zyklus

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Zyklus

Ein Zyklus ist ein Pfad $(v_1, ..., v_n)$ mit $v_1 = v_n$.



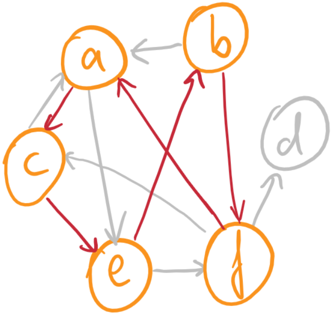
Zyklus

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Zyklus

Ein Zyklus ist ein Pfad $(v_1, ..., v_n)$ mit $v_1 = v_n$.



Der Pfad (b, f, a, c, e) ist ein möglicher Zyklus.

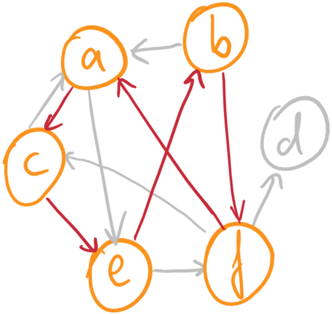
Zyklus

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Zyklus

Ein Zyklus ist ein Pfad $(v_1, ..., v_n)$ mit $v_1 = v_n$.



Der Pfad (b, f, a, c, e) ist ein möglicher Zyklus.
Gibt es noch andere Zyklen?

Zusammenhängend

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Zusammenhängend

Karlsruher Institut für Technologie

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Zusammenhängender Graph

Ein ungerichteter Graph heißt zusammenhängend, wenn gilt: $\forall u, v \in V \exists$ Pfad von u nach v.

Zusammenhängend

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e…

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Zusammenhängender Graph

Ein ungerichteter Graph heißt zusammenhängend, wenn gilt: $\forall u, v \in V \exists$ Pfad von u nach v.

Stark zusammenhängender Graph

Ein gerichteter Graph heißt stark zusammenhängend, wenn gilt: $\forall u, v \in V \exists$ Pfad von u nach v.

Zusammenhängend

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Zusammenhängender Graph

Ein ungerichteter Graph heißt zusammenhängend, wenn gilt: $\forall u, v \in V \exists$ Pfad von u nach v.

Stark zusammenhängender Graph

Ein gerichteter Graph heißt stark zusammenhängend, wenn gilt: $\forall u, v \in V \exists$ Pfad von u nach v.

Schwach zusammenhängender Graph

Ein gerichteter Graph heißt schwach zusammenhängend, wenn der zugehörige ungerichteter Graph zusammenhängend ist.

Knotengrad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Eingangsgrad

Der Eingangsgrad eines Knoten $u \in V$ ist definiert als:

$d_-(u) := |\{(v, u) \in E : v \in V\}|$

Knotengrad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Eingangsgrad

Der Eingangsgrad eines Knoten $u \in V$ ist definiert als:
$d_{-}(u) := |\{(v, u) \in E : v \in V\}|$, also die Anzahl der Kanten, die in den Knoten u zeigen.

Knotengrad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Eingangsgrad

Der Eingangsgrad eines Knoten $u \in V$ ist definiert als:
$d_-(u) := |\{(v,u) \in E : v \in V\}|$, also die Anzahl der Kanten, die in den Knoten u zeigen.

Ausgangsgrad

Der Ausgangsgrad eines Knoten $u \in V$ ist definiert als:
$d_+(u) := |\{(u,v) \in E : v \in V\}|$

Knotengrad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Eingangsgrad

Der Eingangsgrad eines Knoten $u \in V$ ist definiert als:
$d_-(u) := |\{(v, u) \in E : v \in V\}|$, also die Anzahl der Kanten, die in den Knoten u zeigen.

Ausgangsgrad

Der Ausgangsgrad eines Knoten $u \in V$ ist definiert als:
$d_+(u) := |\{(u, v) \in E : v \in V\}|$, also die Anzahl der Kanten, die vom Knoten u aus weg zeigen.

Knotengrad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Eingangsgrad

Der Eingangsgrad eines Knoten $u \in V$ ist definiert als:
$d_-(u) := |\{(v, u) \in E : v \in V\}|$, also die Anzahl der Kanten, die in den Knoten u zeigen.

Ausgangsgrad

Der Ausgangsgrad eines Knoten $u \in V$ ist definiert als:
$d_+(u) := |\{(u, v) \in E : v \in V\}|$, also die Anzahl der Kanten, die vom Knoten u aus weg zeigen.

Grad

Der Grad eines Knoten u ist definiert als: $d(u) := d_+(u) + d_-(u)$

Knotengrad

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.e

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

Eingangsgrad

Der Eingangsgrad eines Knoten $u \in V$ ist definiert als:
$d_-(u) := |\{(v, u) \in E : v \in V\}|$, also die Anzahl der Kanten, die in den Knoten u zeigen.

Ausgangsgrad

Der Ausgangsgrad eines Knoten $u \in V$ ist definiert als:
$d_+(u) := |\{(u, v) \in E : v \in V\}|$, also die Anzahl der Kanten, die vom Knoten u aus weg zeigen.

Grad

Der Grad eines Knoten u ist definiert als: $d(u) := d_+(u) + d_-(u)$, also die Anzahl der Kanten, über die u verbunden ist.

Gerichtete Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe

Gerichtete Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Kennt ihr schon: Huffman-Baum

Gerichteter Baum

Ein gerichteter Baum ist ein schwach zusammenhängender kreisfreier gerichteter Graph.

Gerichtete Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Kennt ihr schon: Huffman-Baum

Gerichteter Baum

Ein gerichteter Baum ist ein schwach zusammenhängender kreisfreier gerichteter Graph.

Ungerichteter Baum

Ein ungerichteter Baum ist ein zusammenhängender kreisfreier ungerichteter Graph.

Gerichtete Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Kennt ihr schon: Huffman-Baum

Gerichteter Baum

Ein gerichteter Baum ist ein schwach zusammenhängender kreisfreier gerichteter Graph.

Ungerichteter Baum

Ein ungerichteter Baum ist ein zusammenhängender kreisfreier ungerichteter Graph.

Gerichtete Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Kennt ihr schon: Huffman-Baum

Gerichteter Baum

Ein gerichteter Baum ist ein schwach zusammenhängender kreisfreier gerichteter Graph.

Ungerichteter Baum

Ein ungerichteter Baum ist ein zusammenhängender kreisfreier ungerichteter Graph.

- Bäume haben immer einen Wurzelknoten, von dem alle anderen Knoten ausgehen.

Gerichtete Bäume

Maximilian Staab, maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de, Lukas Bach, lukas.bach@student.kit.edu

- Kennt ihr schon: Huffman-Baum

Gerichteter Baum

Ein gerichteter Baum ist ein schwach zusammenhängender kreisfreier gerichteter Graph.

Ungerichteter Baum

Ein ungerichteter Baum ist ein zusammenhängender kreisfreier ungerichteter Graph.

- Bäume haben immer einen Wurzelknoten, von dem alle anderen Knoten ausgehen.
- Ungerichtete Bäume können mehrere Wurzeln haben.

Gerichtete Bäume

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Kennt ihr schon: Huffman-Baum

Gerichteter Baum

Ein gerichteter Baum ist ein schwach zusammenhängender kreisfreier gerichteter Graph.

Ungerichteter Baum

Ein ungerichteter Baum ist ein zusammenhängender kreisfreier ungerichteter Graph.

- Bäume haben immer einen Wurzelknoten, von dem alle anderen Knoten ausgehen.
- Ungerichtete Bäume können mehrere Wurzeln haben.
- Knoten mit Grad 1 heißen Blätter.

Randfälle

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete
Graphen

Begriffe

Randfälle

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Wieviele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben?

Randfälle

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Wieviele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2

Randfälle

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Wieviele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2
- Wieviele Kanten kann ein schlingenfreier Graph mit n Knoten maximal haben?

Randfälle

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

- Wieviele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2
- Wieviele Kanten kann ein schlingenfreier Graph mit n Knoten maximal haben? $n^2 - n$

Randfälle

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Wieviele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2
- Wieviele Kanten kann ein schlingenfreier Graph mit n Knoten maximal haben? $n^2 - n = n(n-1)$

Randfälle

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Wieviele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2
- Wieviele Kanten kann ein schlingenfreier Graph mit n Knoten maximal haben? $n^2 - n = n(n-1)$
- Wieviele Kanten kann ein ungerichteter Graph mit n Knoten maximal haben?

Randfälle

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Wieviele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2
- Wieviele Kanten kann ein schlingenfreier Graph mit n Knoten maximal haben? $n^2 - n = n(n-1)$
- Wieviele Kanten kann ein ungerichteter Graph mit n Knoten maximal haben? $\frac{n(n-1)}{2} + n$

Randfälle

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Wieviele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2
- Wieviele Kanten kann ein schlingenfreier Graph mit n Knoten maximal haben? $n^2 - n = n(n-1)$
- Wieviele Kanten kann ein ungerichteter Graph mit n Knoten maximal haben? $\frac{n(n-1)}{2} + n = \frac{n(n+1)}{2}$

Randfälle

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Wieviele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2
- Wieviele Kanten kann ein schlingenfreier Graph mit n Knoten maximal haben? $n^2 - n = n(n-1)$
- Wieviele Kanten kann ein ungerichteter Graph mit n Knoten maximal haben? $\frac{n(n-1)}{2} + n = \frac{n(n+1)}{2}$
- Wieviele Kanten kann ein ungerichteter schlingenfreier Graph mit n Knoten maximal haben?

Randfälle

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni-karlsruhe.de,
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.edu

Graphen
Praxisbeispiele
Ungerichtete Graphen
Begriffe

- Wieviele Kanten kann ein Graph mit n Knoten maximal haben? n^2
- Wieviele Kanten kann ein schlingenfreier Graph mit n Knoten maximal haben? $n^2 - n = n(n-1)$
- Wieviele Kanten kann ein ungerichteter Graph mit n Knoten maximal haben? $\frac{n(n-1)}{2} + n = \frac{n(n+1)}{2}$
- Wieviele Kanten kann ein ungerichteter schlingenfreier Graph mit n Knoten maximal haben? $\frac{n(n-1)}{2}$

Grundbegriffe der Informatik

Maximilian Staab,
maximilian.staab@fsmi.uni
Lukas Bach,
lukas.bach@student.kit.ed

Graphen

Praxisbeispiele

Ungerichtete Graphen

Begriffe