Breiten- und Tiefensuche

Andreas M. Chwatal

Programmieren und Software-Engineering
Theorie

22. Februar 2023

Traversierung von Bäumen

Wir betrachten im Folgenden Algorithmen zur Traversierung von Bäumen. Diese können jedoch auch zur Traversierung von Graphen im Allgemeinen verwendet werden.

Ziel: Wir wollen die Knoten eines Baumes systematisch durchlaufen, mit dem Ziel einen bestimmten Knoten zu finden.

- **Breitensuche (Breadth-First-Search (BFS)):** In jedem Schritt werden zunächst alle Nachbarknoten eines Knoten besucht, bevor von dort aus weitere Pfade gebildet werden.
- **Tiefensuche (Depth-First-Search (DFS)):** Ein Pfad wird vollständig in die Tiefe durchlaufen, bevor etwaige Abzweigungen verwendet werden.

Traversierung von Bäumen

Zur Beschreibung der Suchverfahren werden folgende Begriffe benötigt:

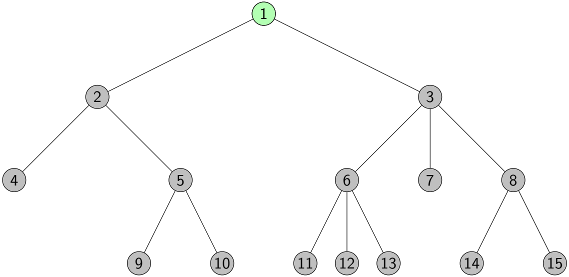
- Ein Knoten wird **entdeckt**, wenn er das erste Mal besucht wird.
- Ein Knoten wird **fertiggestellt/abgeschlossen**, wenn er das letzte Mal verlassen wird.

Für manche Anwendungen ist es wichtig festzuhalten, wann ein Knoten *entdeckt*, bzw. abgeschlossen wurde. Dazu führen wir einen Zähler τ mit, der in jedem Schritt um 1 erhöht wird.

- Wird ein Knoten v das erste mal besucht ("entdeckt"), so setzen wir $\tau_d(v) = \tau{++}$
- Wird ein Knoten v das letzte mal verlassen ("abgeschlossen"), so setzen wir $\tau_f(v) = \tau{++}$

Breitensuche

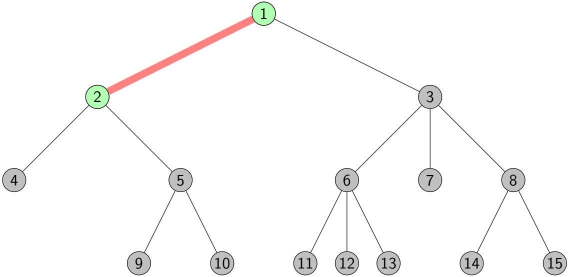
Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.



$\tau_d(1) = 1,$

Breitensuche

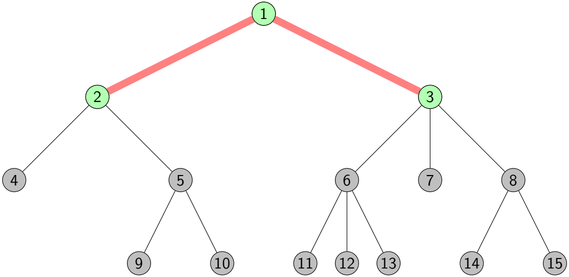
Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.



$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$,

Breitensuche

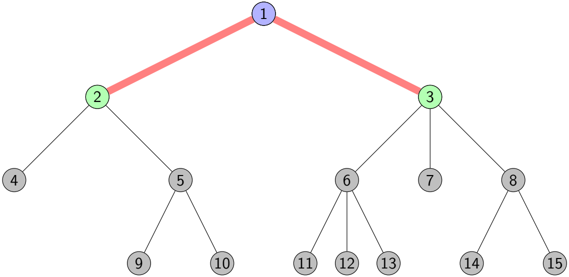
Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.



$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

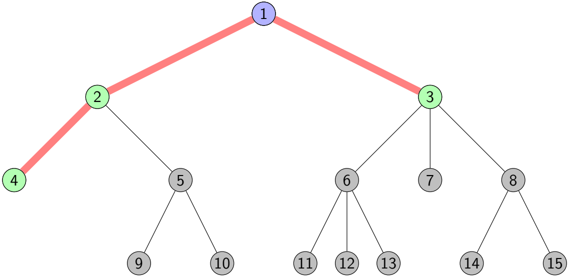


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$,

$\tau_f(1) = 4$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

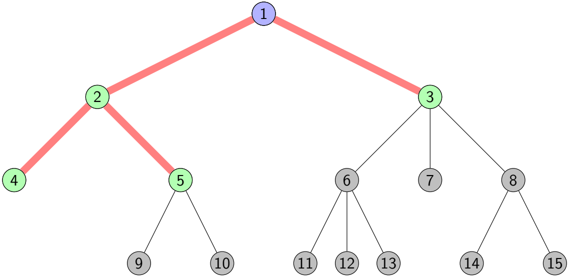


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$,

$\tau_f(1) = 4$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

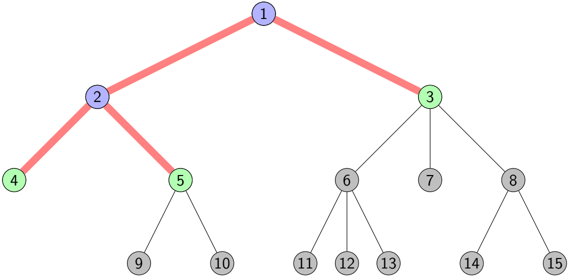


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$,

$\tau_f(1) = 4$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

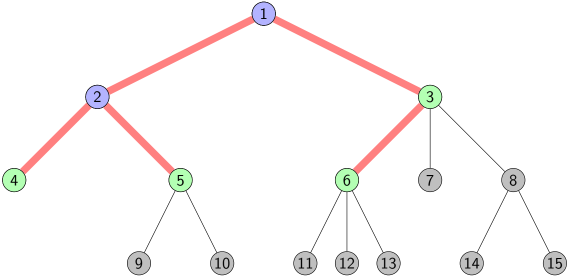


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$,

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

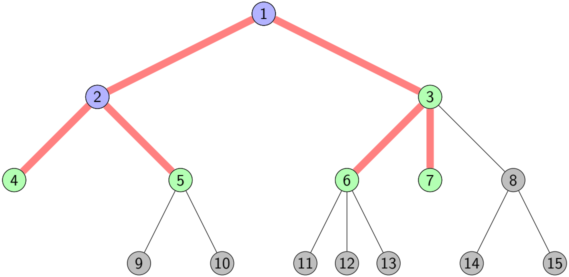


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$,

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

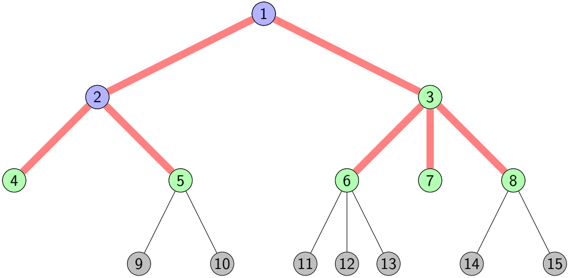


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$,

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

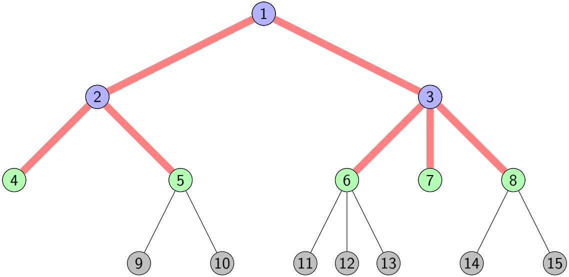


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$,

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

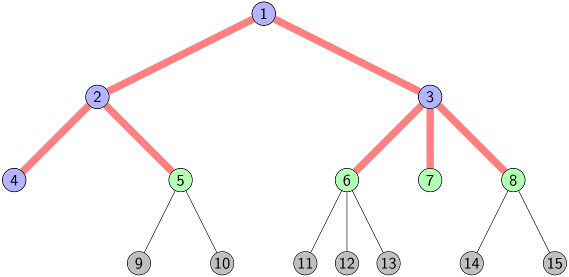


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$,

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

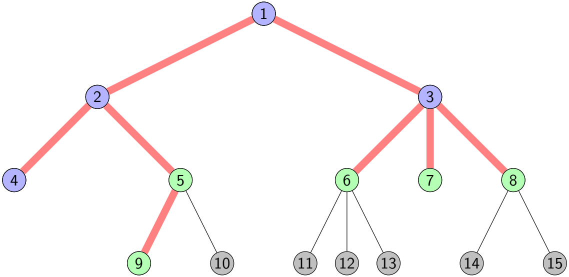


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$,

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

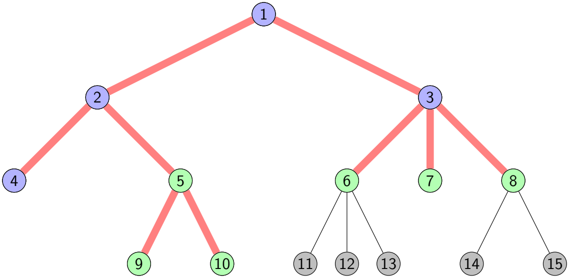


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$,

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

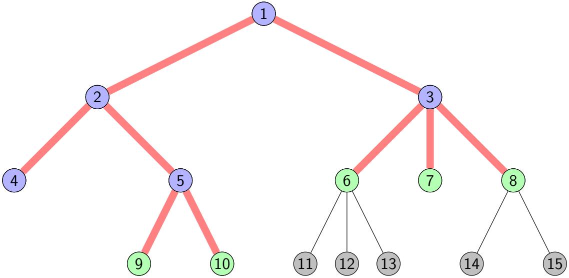


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$,

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

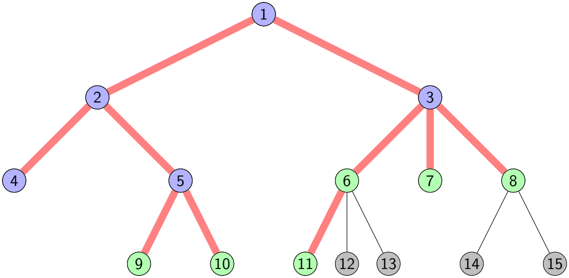


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$,

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$,

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

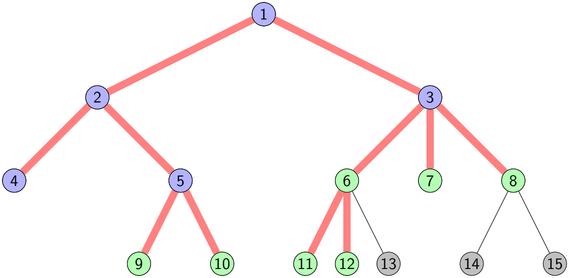


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, ...

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, ...

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

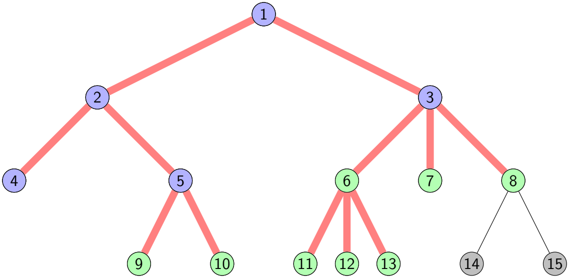


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, ...

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, ...

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

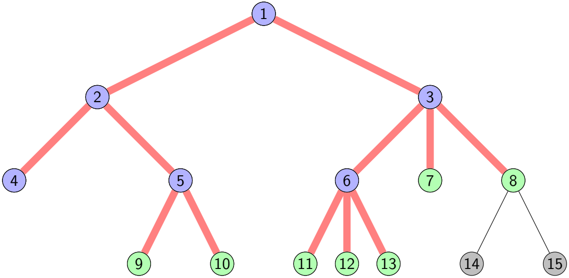


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, ...

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, ...

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

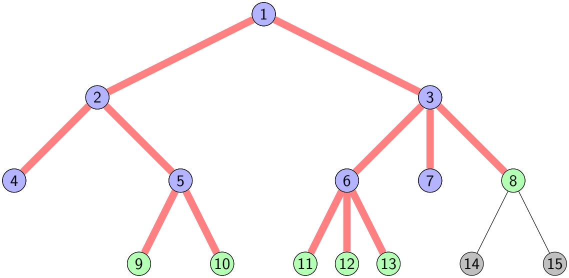


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, $\ldots$

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, $\ldots$

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

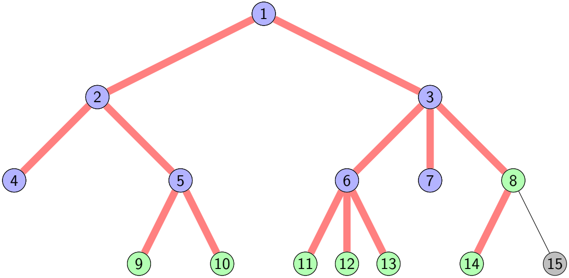


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, ...

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, ...

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

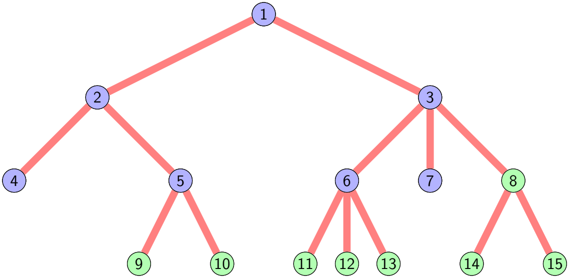


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, ...

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, ...

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

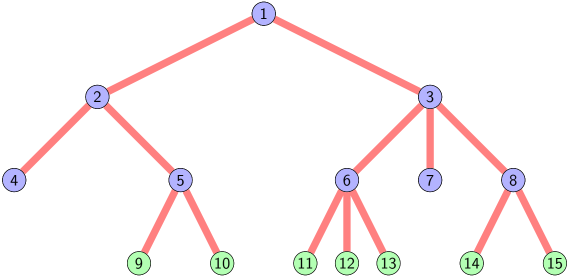


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, ...

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, ...

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

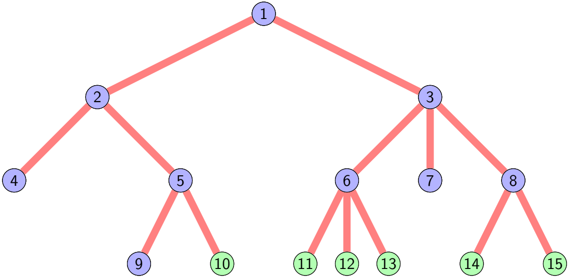


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, …

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, …

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

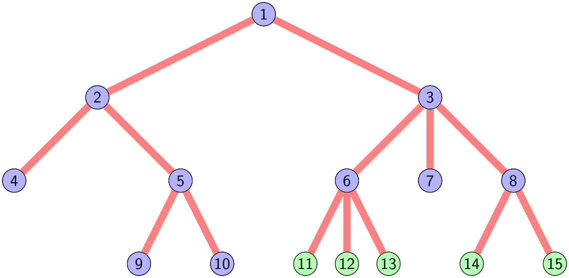


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, …

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, …

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

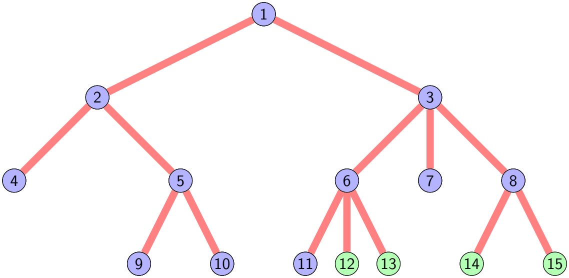


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, …

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, …

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

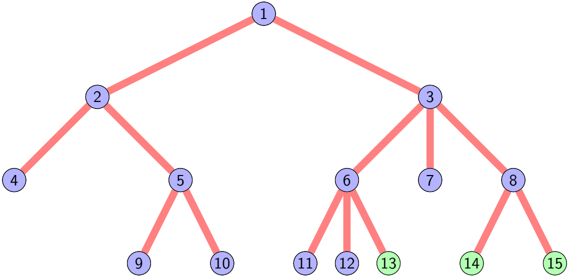


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, ...

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, ...

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

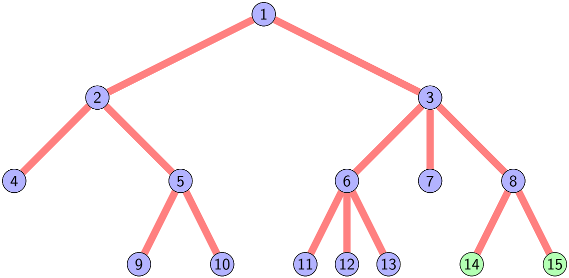


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, $\ldots$

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, $\ldots$

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

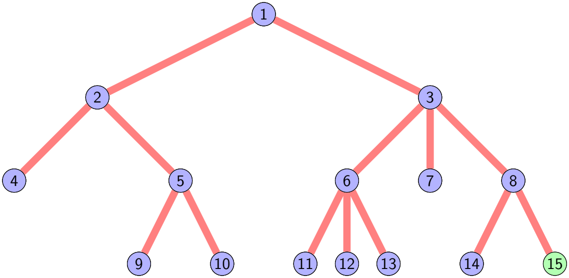


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14, \ldots$

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15, \ldots$

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.

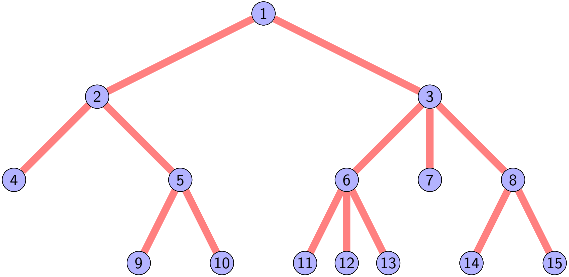


$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14$, ...

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15$, ...

Breitensuche

Beispiel: Beispiel einer Breitensuche. Die Suche kann abgebrochen werden, sobald der gesuchte Knoten gefunden ("entdeckt") wurde.



$\tau_d(1) = 1$, $\tau_d(2) = 2$, $\tau_d(3) = 3$, $\tau_d(4) = 5$, $\tau_d(5) = 6$, $\tau_d(6) = 8$, $\tau_d(7) = 9$, $\tau_d(8) = 10$, $\tau_d(9) = 13$, $\tau_d(10) = 14, \ldots$

$\tau_f(1) = 4$, $\tau_f(2) = 7$, $\tau_f(3) = 11$, $\tau_f(4) = 12$, $\tau_f(5) = 15, \ldots$

Breitensuche: Datenstruktur

In nahezu allen Programmiersprachen existiert eine Datenstruktur namens **Queue** (Warteschlange). Elemente können hinzugefügt werden ("hinten anstellen"), und werden geordnet abgespeichert. Das Element das als erstes hinzugefügt wurde, kann entnommen werden ("Nächster!")

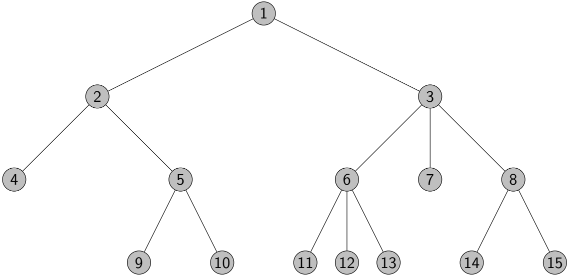
Breitensuche: Algorithmus

1. Füge Startknoten (Wurzel) in Queue (Warteschlange) ein
2. Entnimm Knoten am Beginn der Queue
   - Wenn Knoten gefunden: Abbruch
   - Sonst: füge alle unbesuchten[1] Nachbarn in die Queue ein
3. Wenn die Warteschlange leer ist wurden alle Knoten bereits besucht $\rightarrow$ Abbruch
4. Gehe zu Schritt (2)

[1] nicht entdeckt, nicht abgeschlossen

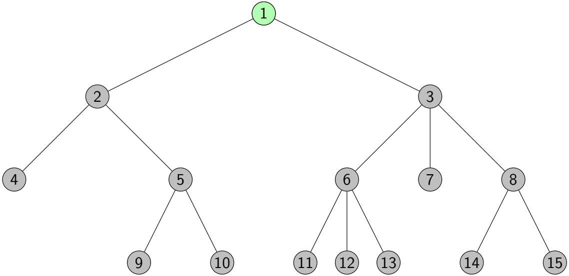
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



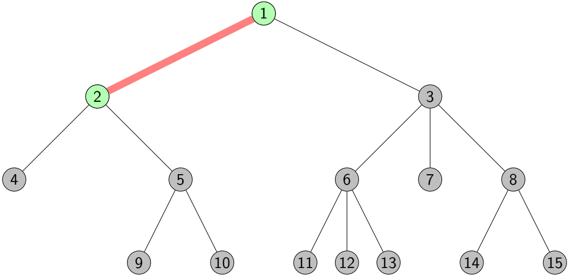
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



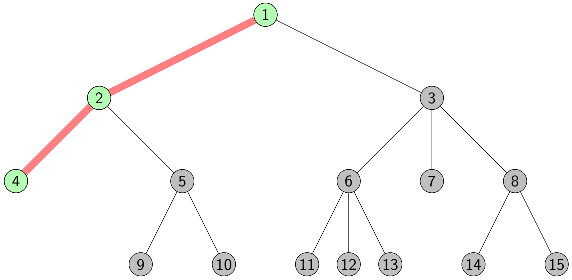
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



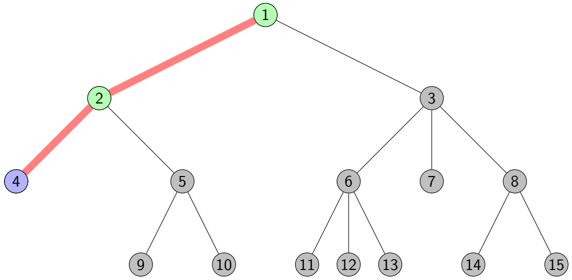
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



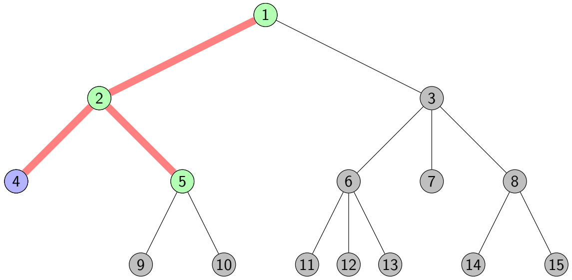
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



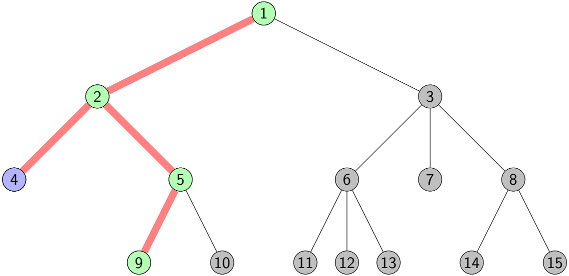
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



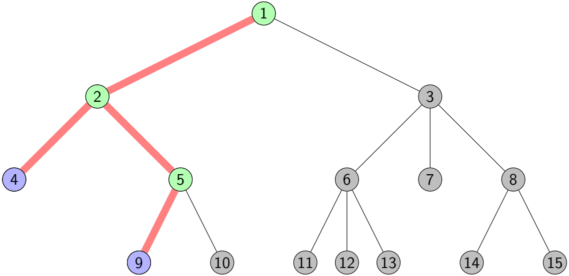
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



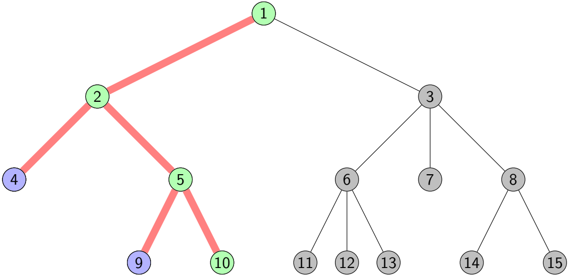
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



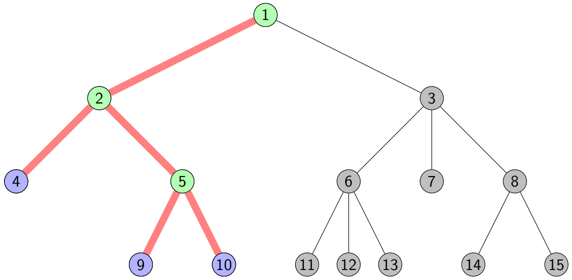
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



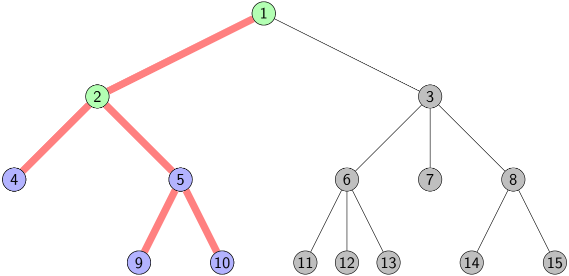
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



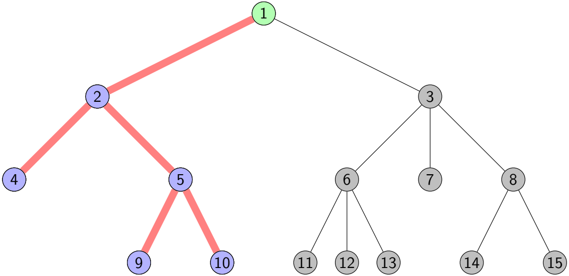
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



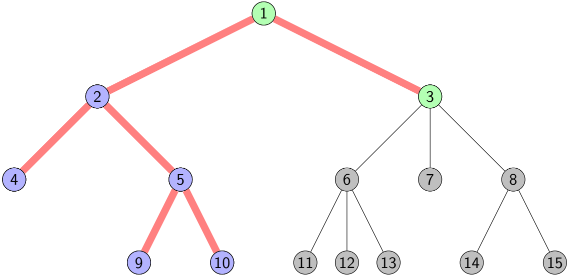
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



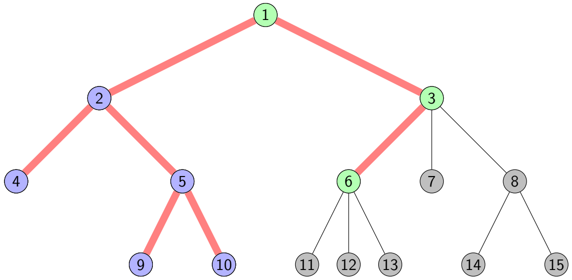
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



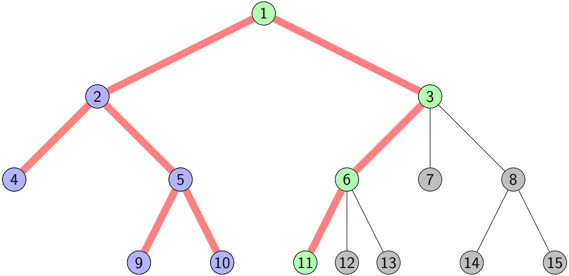
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



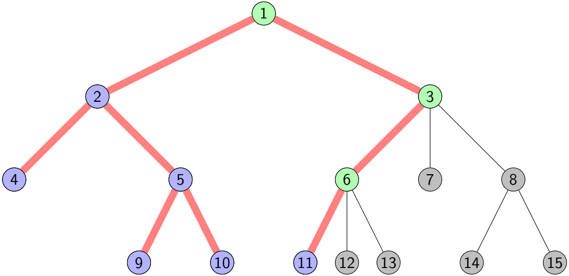
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



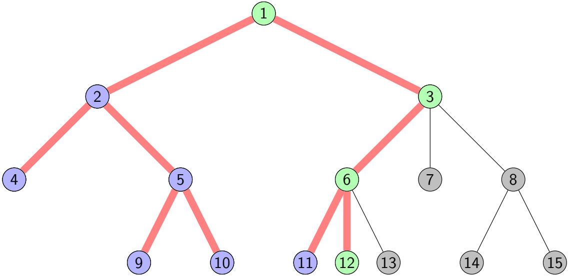
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



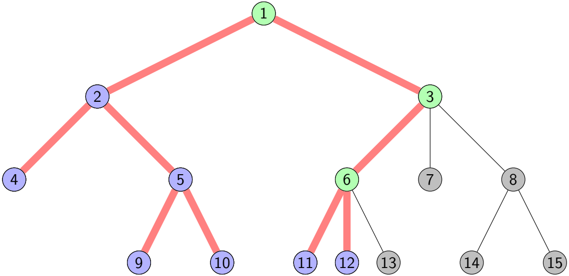
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



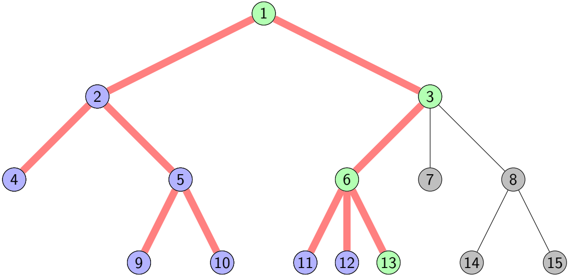
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



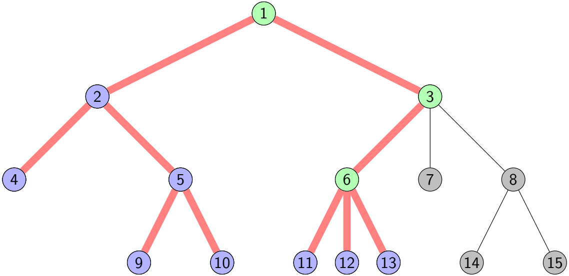
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



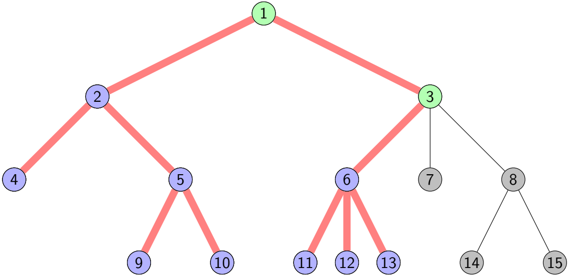
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



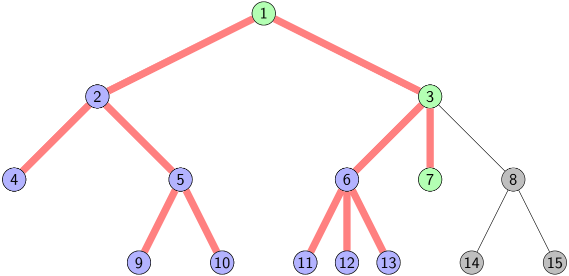
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



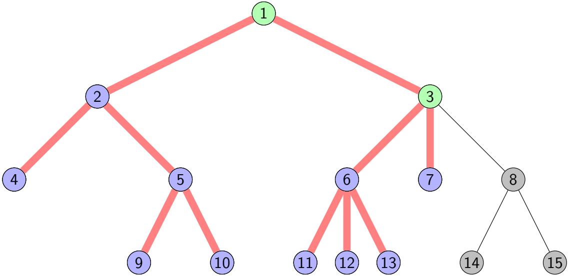
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



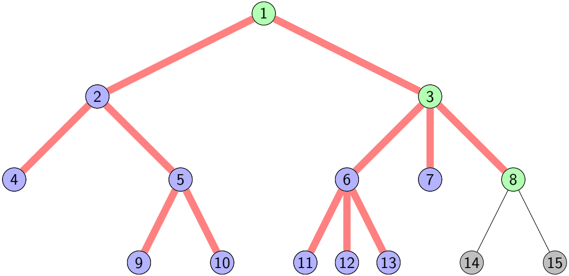
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



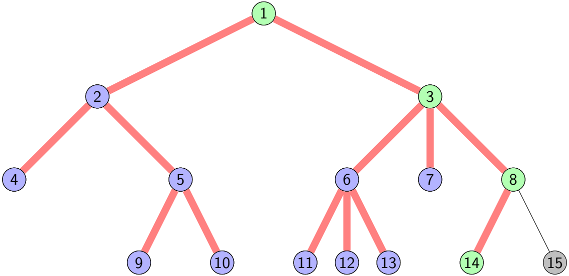
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



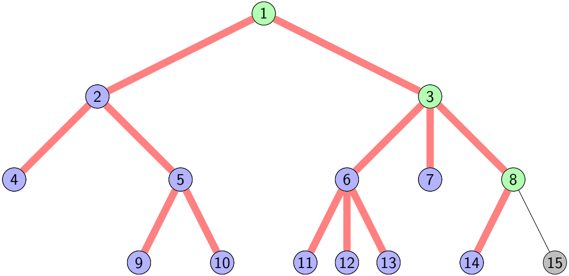
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



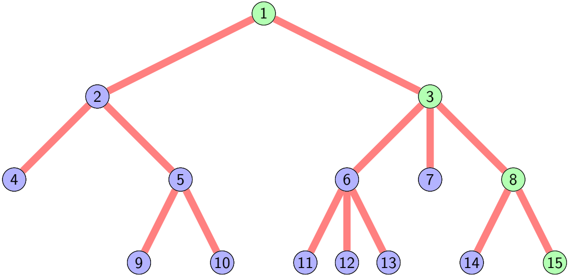
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



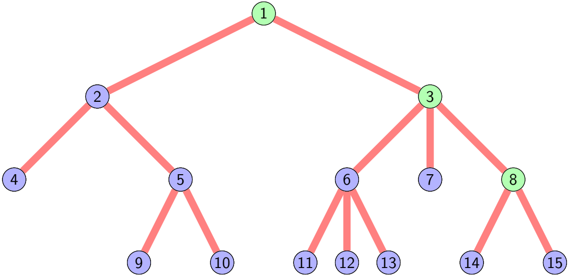
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



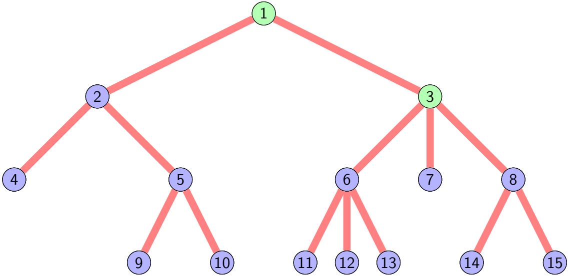
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



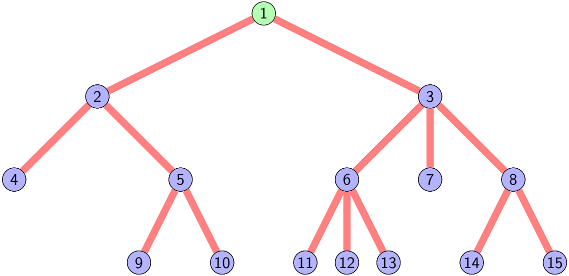
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



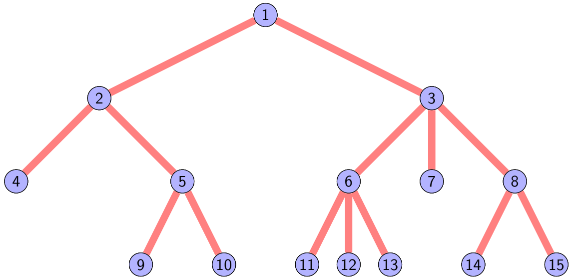
Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



Tiefensuche

Beispiel: Beispiel einer Tiefensuche:



Tiefensuche: Datenstruktur

In nahezu allen Programmiersprachen existiert eine Datenstruktur namens **Stack** (Stapel).

Elemente können hinzugefügt werden ("oben drauflegen"), und werden geordnet abgespeichert. Das Element das als *letztes* hinzugefügt wurde, kann entnommen werden (oberstes Element vom Stapel nehmen).

Tiefensuche: Algorithmus

Algorithm 1: Tiefensuche

```
Function DFS(G = (V, E), Startknoten v, Gesuchter Knoten s)
    Result: vertex s ∈ V, if exists
    Stack S;
    S.push(v); // Lege v auf Stapel
    while S not empty do
        v = S.pop(); // nimm obersten Knoten vom Stapel
        if v gesuchter Knoten s then
            return v;
        if v noch nicht besucht then
            for all [v, u] ∈ E(G) do
                if u noch nicht besucht then
                    S.push(u);
```

Anmerkungen

- Die Algorithmen können auch für allgemeine Graphen (und nicht nur Bäume) verwendet werden.
- Dabei werden schon besuchte Knoten *nicht* erneut besucht!
- Anwendungen BFS:
  - 2-färbbarkeit
  - Kürzester Pfad zwischen zwei Knoten
  - Kürzeste-Kreise-Problem
- Anwendungen DFS:
  - Test auf Kreisfreiheit
  - Topologische Sortierung
  - Starke Zusammenhangskomponente