

# Praktikumsaufgaben

## Graphentheoretische Konzepte und Algorithmen

### WiSe 18/19

15. November 2018

J. Padberg **Aufgaben**

Praktikum 1 .....	3
Praktikum 2 .....	4
Praktikum 3 .....	5

## Allgemeines zu allen Aufgaben

Die Aufgabenstellung ist aus folgenden Gründen nicht ganz genau spezifiziert:

- Sie sollen einen Entwurfsspielraum haben. Das heißt, Sie können relativ frei entscheiden, wie Sie die Aufgabe lösen, allerdings sollten Sie Ihre Entscheidungen bewusst fällen und begründen können. Insofern gibt es auch keine Musterlösung.
- Durch die unterschiedlichen Lösungen können Sie von Ihren Kommilitonen noch lernen und das *Structured Walk-Through* bleibt spannend.

Darüber hinaus dürfen Sie gerne unterschiedliche Quellen nutzen, aber nur wenn Sie diese auch angeben. Sie sollen auch nicht unbedingt alles selber programmieren, nutzen Sie den vorgegeben Datentyp oder gerne auch andere Libraries.

Für die Bearbeitung der Praktikumsaufgaben erhalten Sie auf der Homepage der LV

- Beispielgraphen für das Praktikum
- Links zu verschiedenen Libraries

Das Ergebnis der Bearbeitung einer Aufgabe wird von jeder Gruppe im Praktikum vorgestellt. Das heißt, die Aufgaben muss *vor Praktikumstermin fertig bearbeitet* sein. Über die Vorstellung hinaus wird für jede Aufgabe erwartet,

### 1. Implementierung der gestellten Aufgabe, also

- eine korrekte und möglichst effiziente Implementierung in Java, die der vorgegeben Beschreibung entspricht,
- die Kommentierung der zentralen Eigenschaften/Ereignisse etc. im Code und
- hinreichende Testfälle in JUnit und ihre Kommentierung.

**Hinweis:** Wenn Sie in der Implementierung englische Fachbegriffe nutzen wollen, können Sie die im Index von Diestel nachschlagen.

15. November 2018

## 2. Schriftliche Erläuterung Ihrer Lösung (Lösungsdokumentation) *etwa 4-7 Seiten*

- Bitte geben Sie folgende Daten im Kopf Ihrer Lösungsdokumentation an:
  - **Team:** Teamnummer sowie die Namen der Teammitglieder
  - **Aufgabenaufteilung:**
    - a) Aufgaben, für die Teammitglied 1 verantwortlich ist;  
Dateien, die komplett/zum Teil von Teammitglied 1 implementiert/bearbeitet wurden
    - b) Aufgaben, für die Teammitglied 2 verantwortlich ist;  
Dateien, die komplett/zum Teil von Teammitglied 2 implementiert/bearbeitet wurden
  - **Quellenangaben:** Angabe von wesentlichen Quellen, z.B. Web-Seiten/Bücher, von denen Quellcode/Algorithmen übernommen wurden , Namentliche Nennung von Studierenden der HAW, von denen Quellcode übernommen wurde
  - **Bearbeitungszeitraum:** Datum und Dauer der Bearbeitung an der Aufgabe von allen Teammitgliedern und Angabe der gemeinsamen Bearbeitungszeiten
  - **Aktueller Stand:** Welche Teile der Software sind fertig inklusive Tests, welche sind fertig, aber noch nicht getestet, welche müssen noch implementiert werden
- kurze Beschreibung der Algorithmen und
- Datenstrukturen
- wesentliche Entwurfsentscheidungen ihrer Implementierung
- Umsetzung der Aspekte der Implementierung
- umfassende Dokumentation der Testfälle, wobei die Abdeckung der Testfälle diskutiert werden soll
- Beantwortung der in der Aufgabe gestellten Fragen

Es gibt drei Praktikumsaufgaben, weitere Details werden in der jeweiligen Aufgabenstellung angegeben.

### **Eine Praktikumsaufgabe gilt als erledigt, wenn**

1. Sie die Lösungsdokumentation am Praktikumsanfang abgegeben haben,
2. Sie im Praktikum Ihre Implementierung vorgestellt haben und diese von mir (mindestens) als ausreichend anerkannt wurde oder
3. wenn die verbesserte Lösungsdokumentation mitsamt Bearbeitung der gestellten Aufgaben spätestens nach 6 Tagen bei mir als PDF vorliegt.

# 1 Visualisierung, Speicherung und Traversierung von Graphen

Die Graphen, mit denen Sie arbeiten, sollen in diesem Format (siehe auch VL-Folien) gespeichert und gelesen werden:

## gerichtet

```
<name node1>[ -> <name node2>[(<edge name>)][: <edgweight>]];
```

## ungerichtet

```
<name node1>[ -- <name node2> [(<edge name>)][: <edgweight>]];
```

Die Aufgabe umfasst:

- die Einarbeitung in die gewählte library
- das Einlesen/ Speichern von ungerichteten sowie gerichteten Graphen und die Visualisierung der Graphen, (Hinweis: reguläre Ausdrücke in Java nutzen)
- das Implementieren eines Algorithmus zur Traversierung eines Graphen (Breadth-First Search (BFS)),
- dabei soll als Ergebnis der kürzeste Weg und die Anzahl der benötigten Kanten angegeben werden.
- einfache JUnit-Tests, die Ihre Methoden überprüfen und
- JUnit-Tests, die das Lesen, das speichern sowie den BFS-Algorithmus überprüfen unter Benutzung der gegebenen *.gka*-Dateien
- die Beantwortung der folgenden Fragen:
  1. Was passiert, wenn Knotennamen mehrfach auftreten?
  2. Wie unterscheidet sich der BFS für gerichtete und ungerichtete Graphen?
  3. Wie können Sie testen, dass Ihre Implementierung auch für sehr große Graphen funktioniert?

Vorstellung und Abgabe der Lösungen	der Teams in	am
	GKAP/03	29.10.
	GKAP/01	5.11.
	GKAP/05	7.11.
	GKAP/02	12.11.
	GKAP/04	12.11.

\*

## 2 Optimale Wege

In dieser Teilaufgabe wird dem Dijkstra-Algorithmus aus der VL ein (etwas) effizienterer gegenübergestellt und die beiden sollen experimentell untersucht werden. Dabei sollen größere Graphen (größer hinsichtlich Kanten- und Knotenanzahl) zum Vergleich genutzt werden.

### Vergleich Dijkstra mit Floyd-Warshall

Für gerichtete Graphen mit beliebigen Kantenbewertungen liefert der Algorithmus von Floyd und Warshall kürzeste Wege zwischen allen Knotenpaaren, falls der Graph keine Kreise mit negativer Kantenbewertungssumme besitzt. Andernfalls findet er einen solchen Kreis.

Der Algorithmus arbeitet mit zwei  $|V| \times |V|$ -Matrizen, der Distanzmatrix  $D = (d_{ij})$  und der Transitmatrix  $T = (t_{ij})$ . Am Ende des Algorithmus gibt  $d_{ij}$  die Länge des kürzesten Weges von  $v_i$  nach  $v_j$  an, und  $t_{ij}$  benennt den Knoten mit der höchsten Nummer auf diesem Weg (hierdurch läßt sich der Weg rekonstruieren).

### Algorithmus

1. Setze  $d_{ij} := \begin{cases} l_{ij} & \text{für } v_i v_j \in E \text{ und } i \neq j \\ 0 & \text{für } i = j \\ \infty & \text{sonst} \end{cases}$  und  $t_{ij} := 0$
2. Für  $j = 1, \dots, |V|$ :
  - Für  $i = 1, \dots, |V|$ ;  $i \neq j$ :
    - Für  $k = 1, \dots, |V|$ ;  $k \neq j$ :
      - \* Setze  $d_{ik} := \min\{d_{ik}, d_{ij} + d_{jk}\}$ .
      - \* Falls  $d_{ik}$  verändert wurde, setze  $t_{ik} := j$ .
    - Falls  $d_{ii} < 0$  ist, bricht den Algorithmus vorzeitig ab.  
(Es wurde ein Kreis negativer Länge gefunden.)

Die Aufgabe umfasst:

1. die Implementierung des Dijkstra- und des Floyd-Warshall Algorithmus'
2. einfache JUnit-Tests, die die Methoden überprüfen und
3. JUnit-Tests, die die Algorithmen überprüfen:
  - Testen Sie für *graph3* in *graph3.gka* dabei Floyd-Warshall gegen Dijkstra und geben Sie den kürzesten Weg, sowie die Anzahl der Zugriffe auf den Graphen an
  - eine allgemeine Konstruktion eines gerichteten Graphen für eine vorgegebene Anzahl von Knoten und Kanten mit beliebigen, aber unterschiedlichen, nicht-negativen Kantenbewertungen
  - Implementierung eines gerichteten Graphen *BIG* mit 100 Knoten und etwa 3500 Kanten. Beschreiben Sie die Konstruktion von *BIG* und weisen Sie für zwei nicht-triviale Knotenpaare die kürzesten Wege nach.
  - Lassen Sie bitte beide Algorithmen auf dem Graphen *BIG*, die kürzesten Wege berechnen und vergleichen diese.
4. die Beantwortung der folgenden Fragen:
  - a) Bekommen Sie für einen Graphen immer den gleichen kürzesten Weg? Warum?
  - b) Was passiert, wenn der Eingabegraph negative Kantengewichte hat?
  - c) Wie allgemein ist Ihre Konstruktion von *BIG*, kann jeder beliebige, gerichtete Graph erzeugt werden?
  - d) Wie testen Sie für *BIG*, ob Ihre Implementierung den kürzesten Weg gefunden hat?
  - e) Wie müssten Sie Ihre Lösung erweitern, um die Menge der kürzesten Wege zu bekommen?
  - f) Wie müssten Sie Ihre Lösung erweitern, damit die Suche nicht-deterministisch ist?

Vorstellung und Abgabe der Lösungen	GKAP/03	19.11.
	GKAP/01	26.11.
	GKAP/05	28.11.
	GKAP/02	3.12.
	GKAP/04	3.12.

### 3 Flußprobleme

Zwei Algorithmen für Flußprobleme sollen implementiert werden:

Ford und Fulkerson sowie Edmonds und Karp, die beide auf den gleichen Graphen arbeiten. Eine direkte Beschreibung von Ford und Fulkerson finden Sie in den Folien. Recherchieren Sie eine geeignete Beschreibung des Algorithmus' von Edmonds und Karp.

Sie sollen die Laufzeit der beiden Algorithmen vergleichen, dafür brauchen Sie Möglichkeiten zur Laufzeitmessung, wobei die Laufzeit die Zeitdifferenz vor dem Start und nach dem Ende des Algorithmus ist.

Die Aufgabe umfasst:

1. die Implementierung der beiden Algorithmen
2. eine (kurze) Darstellung des Algorithmus' von Edmonds und Karp und die Unterschiede zu Ford-Fulkerson
3. einfache JUnit-Tests, die die Methoden überprüfen und
4. JUnit-Tests, die die Algorithmen überprüfen:
  - Testen Sie für *Graph4* dabei Ford und Fulkerson sowie Edmonds und Karp und geben Sie den maximalen Fluss, sowie die Laufzeit der beiden Algorithmen an.
  - Implementierung eines generierten Netzwerks (gerichteter, gewichteter Graph mit Quelle und Senke) *BigNet* mit 50 Knoten und etwa 800 Kanten. Beschreiben Sie die Konstruktion von *BigNet* und erläutern Sie bitte, inwiefern die Konstruktion ein Netzwerk liefert.
  - Lassen Sie bitte beide Algorithmen auf dem Netzwerk *BigNet*, den maximalen Fluss berechnen und vergleichen diese.
  - Generieren Sie bitte möglichst große Big-Net-Graphen, aber so dass Sie für den Durchlauf der Algorithmen nicht mehr als eine Minute benötigen.  
Wie groß dürfen Ihre Big-Net-Graphen werden? 800 Knoten und 300.000 Kanten oder mit 2.500 Knoten und 2.000.000 Kanten oder noch mehr?  
Und lassen Sie bitte Ihre die Algorithmen jeweils 100 mal mit unterschiedlich großen Netzwerken durchlaufen.
5. die Beantwortung der folgenden Fragen:
  - a) Welcher Algorithmus/welche Implementierung ist schneller? Wie schnell für die Netzwerke Ihrer Praktikumsgruppe?
  - b) Was haben Sie unternommen, um eine bessere Laufzeit zu erreichen?
  - c) Lässt sich die Laufzeit Ihrer Implementierung durch andere Datenstrukturen verbessern?
  - d) Was passiert, wenn Sie nicht-ganzzahlige Kantengewichte wählen?
  - e) Was passiert bei negativen Kantengewichten?

Vorstellung und Abgabe der Lösungen	der Teams in	am
	GKAP/03	10. 12.
	GKAP/01	17.12.
	GKAP/05	19.12.
	GKAP/02	7.1.
	GKAP/04	7.1.