technische universität dortmund

Fakultät für Informatik
Lehrstuhl 11

Erik Thordsen
Lena Krieg
Sebastian Konietzny

Sommersemester 2023
10. April

DAP2 Praktikum – Blatt 2

Abgabe: ab 24. April

Studienleistung

- Zum Bestehen des Praktikums muss jeder Teilnehmer die folgenden Leistungen erbringen:
  - Es müssen mindestens 50 Prozent der Punkte in den Kurzaufgaben erreicht werden.
  - Es müssen mindestens 50 Prozent der Punkte in den Langaufgaben erreicht werden.
- Im Krankheitsfall kann ein Testat bei Vorlage eines Attests in der folgenden Woche nachgeholt werden.
- Wenn ein Praktikumstermin auf einen Feiertag fällt, müssen Sie sich an einem beliebigen anderen Praktikumstermin in der gleichen Woche testieren lassen.
- Ansonsten kann die Testierung **nur in der zugeteilten Gruppe** garantiert werden.
- Bitte bereiten Sie den Tester sowie in den Aufgaben angegebene Beispieltests vor, bevor Sie sich testieren lassen!

Wichtige Information (im Moodle verfügbar)

- Beachten Sie die Erklärung des **Ablaufs (Blatt A)**.
- Beachten Sie die **Regeln und Hinweise (Blatt R)** in der aktuellsten Version!
- Beachten Sie die **Hilfestellungen (Blatt H)** in der aktuellsten Version!

Kommandozeile Tester

Sie finden im Moodle eine Datei `Test.jar`. Fuer das Testen Ihrer Lösung laden Sie diese herunter und geben den unten stehenden Kommandozeilen Befehl ein. **Es ist möglich, dass die Tests verzögert zur Verfügung gestellt wird.**

```
java -jar <path-to-moodle-jar>/Test.jar -s <path-to-solution> 2 -e
```

Langaufgabe 2.1: Quicksort (5 Punkte)

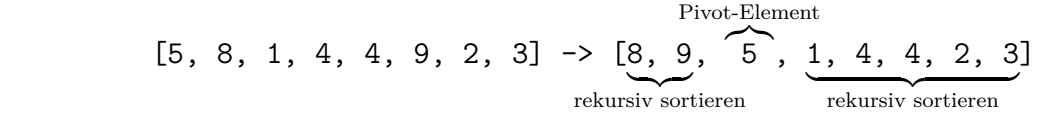
Auf diesem Blatt dreht sich alles um den vergleichsbasierten Sortieralgorithmus Quicksort. Der Algorithmus soll ein Subarray $A[l, r]$ von vergleichbaren Werten (möglicherweise das gesamte Array $A = A[0, n-1]$) als Eingabe bekommen, und es in *absteigende Reihenfolge* bringen. Beispiel für ein (Sub-)Array der Länge 8:

```
[5, 8, 1, 4, 4, 9, 2, 3] -> [9, 8, 5, 4, 4, 3, 2, 1]
```

Dabei geht der Algorithmus rekursiv vor. Wenn $l \geq r$, dann enthält das Subarray höchstens ein Element und ist bereits korrekt sortiert. Andernfalls wird $A[l, r]$ zunächst partitioniert. Sei $p = A[l]$ das erste Element des Subarrays *vor der Partitionierung* (das sogenannte Pivot-Element). Die Elemente des Subarrays werden nun umgeordnet, sodass für ein $m \in \{l, \ldots, r\}$ gilt:

- $A[m] = p$ (i.e., m ist die neue Position von p), und
- $\forall i \in \{l, \ldots, m\} : A[i] \geq p$ (i.e., Elemente links von p sind nicht kleiner als p), und
- $\forall i \in \{m, \ldots, r\} : A[i] \leq p$ (i.e., Elemente rechts von p sind nicht größer als p).

Jetzt müssen nur noch die Intervalle $A[l, m-1]$ und $A[m+1, r]$ rekursiv sortiert werden. Der erste Partitionierungsschritt für das obige Beispiel sieht wie folgt aus:



Legen Sie eine Klasse `Quicksort` an, in welcher Sie folgende Methoden implementieren:

(a) Die Methode `public static int partition(int[] data, int l, int r)` partitioniert ein Subarray `data[l, r]` wie oben beschrieben. Rückgabewert ist der dabei gefundene Wert m. Sie dürfen in der Methode `partition` keine Hilfsarrays verwenden (die Partitionierung soll in-place erfolgen).

(b) Die Methode `public static void qsort(int[] data, int l, int r)` sortiert ein Subarray `data[l, r]` mit der oben beschriebenen rekursiven Strategie. Dazu muss die Methode `partition` aus Aufgabe 2.1(a) verwendet werden.

(c) Die Methode `public static void qsort(int[] data)` sortiert das gesamte Array.

(d) Die Methode `public static void main(String[] args)` enthält (wie immer) das ausführbare Programm ihrer Implementierung. Hier sollten Sie ein Array vom Typ `int []` von Standard-In einlesen (siehe Blatt 01, `Scanner` und `ArrayList` erlaubt) und mit `qsort` sortieren. Falls das Array weniger als 20 Elemente enthält, geben Sie es vor und nach dem Sortieren aus. Dazu dürfen Sie `Arrays.toString()` aus der Bibliothek `java.util.Arrays` verwenden. Geben Sie immer das Minimum, das Maximum, und den Median aus. Beispiel:

```
seq 5 2 15 | shuf | java Quicksort
[11, 7, 15, 16, 5, 9]
[15, 13, 11, 9, 7, 5]
Min: 5, Med: 10.0, Max: 15

seq 1337 -5 42 | java Quicksort
Min: 42, Med: 689.5, Max: 1337
```

Geforderte Klassen und Methoden

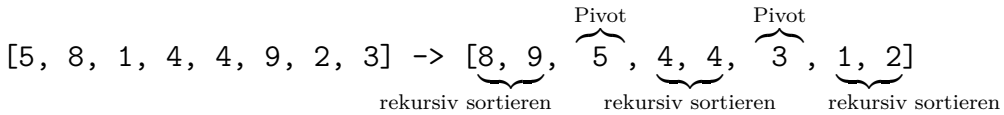
```
public class Quicksort{
   public static void main(String[] args){...}
   public static int partition(int[] data, int l, int r) {...}
   public static int[] qSort(int[] data, int l, int r) {...}
   public static int[] qSort(int[] data) {...}
   public static boolean isSorted(int[] data) {...} //aus A2.4
}
```

Langaufgabe 2.2: Dual-Pivot Quicksort (4 Punkte)

Eine Variante von Quicksort erziehlt in der Praxis oftmals schnellere Laufzeiten, indem sie zwei Pivot-Elemente verwendet. Die Partitionierung von $A[l, r]$ funktioniert dann wie folgt: Seien $p_1 = A[l]$ und $p_2 = A[r]$ das erste und letzte Element des Subarrays *vor der Partitionierung* (die beiden Pivot-Elemente). Die Elemente des Subarrays werden nun umgeordnet, sodass für zwei Positionen $m_1, m_2 \in \{l, \ldots, r\}$ gilt:

- $A[m_1] = \max(p_1, p_2)$ und $A[m_2] = \min(p_1, p_2)$, und
- $\forall i \in \{l, \ldots, m_1\} : A[i] \geq \max(p_1, p_2)$, und
- $\forall i \in \{m_2, \ldots, r\} : A[i] \leq \min(p_1, p_2)$, und
- $\forall i \in \{m_1, \ldots, m_2\} : \max(p_1, p_2) \geq A[i] \geq \min(p_1, p_2)$.

Jetzt müssen nur noch die Intervalle $A[l, m_1 - 1]$, $A[m_1 + 1, m_2 - 1]$ und $A[m_2 + 1, r]$ rekursiv sortiert werden. Der erste Partitionierungsschritt für das obige Beispiel sieht wie folgt aus:



Implementieren Sie in einer Klasse `Quicksort2` die Dual-Pivot-Variante von Quicksort. Als Startpunkt können Sie einfach Ihre Lösung von Aufgabe 2.1 kopieren. Die Methode `partition` muss in dieser Variante natürlich zwei Werte (m_1 und m_2) zurückgeben. Dazu sollten Sie ein Array vom Typ `int []` der Länge 2 verwenden.

Geforderte Klassen und Methoden

```
public class Quicksort2{
   public static void main(String[] args){...}
   public static int[] partition(int[] data, int l, int r) {...}
   public static int[] qsort(int[] data, int l, int r) {...}
   public static int[] qsort(int[] data) {...}
}
```

Langaufgabe 2.3: Mergesort (5 Punkte)

Hier sollen Sie erneut eine Liste absteigend sortieren, diesmal jedoch mit dem `mergesort` Algorithmus. Dabei geht der Algorithmus rekursiv vor. Wenn $l \geq r$, dann enthält das Subarray höchstens ein Element und ist bereits korrekt sortiert. Andernfalls wird $A[l, r]$ in zwei (möglichst) gleich große Teilarrays $A[l, m], A[m + 1, r]$ mit $m = \lfloor (l + r)/2 \rfloor$ aufgeteilt. Diese werden mithilfe eines rekursiven Aufrufs von `mergesort` sortiert. Danach werden die rekursiv sortierten Teilarrays mithilfe der `merge` Methode zu einem gesamt sortierten Array *in linearer Zeit* zusammengefügt.

Legen Sie eine Klasse `MergeSort` an, in welcher Sie folgende Methoden implementieren:

a) Die Methode `public static void merge(int[] data, int l, int r, int m)` generiert aus zwei *bereits sortierten* Listen $A[l, m], A[m + 1, r]$ eine Liste, die ebenfalls sortiert ist, in linearer Zeit.

b) Die Methode `public static void mergesort(int[] data, int l, int r)` welche eine Liste wie oben beschrieben aufteilt, rekursiv sortiert, und mithilfe der `merge` Methode wieder zusammenfügt.

c) Die Methode `public static void mergesort(int[] data)` sortiert die gesamte Liste.

d) Standard-In soll wie in Aufgabe 2.1 d) gelesen und verarbeitet werden.

Geforderte Klassen und Methoden

```
public class MergeSort{
   public static void main(String[] args){...}
   public static int[] merge(int[] data, int l, int r) {...}
   public static int[] mSort(int[] data, int l, int r) {...}
   public static int[] mSort(int[] data) {...}
}
```

Langaufgabe 2.4: Assertions (1 Punkt)

Implementieren Sie eine Methode `public static boolean isSorted(int[] data)`, die überprüft, ob das gegebene Array absteigend sortiert ist. Verwenden Sie `isSorted` im Zusammenspiel mit dem Schlüsselwort `assert` in der `main`-Methode, um die Korrektheit von `qsort` nach der Ausführung zu verifizieren.

Hinweis: Sie müssen den Code mit der Flag `-ea` ausführen: `java -ea Quicksort`
Hinweis: Die Methode `isSorted` wird vom Tester getestet, nicht jedoch die Assertions

Langaufgabe 2.5: Laufzeitmessung (1 Punkt)

Messen Sie die Laufzeit Ihrer Implementierungen mithilfe der Bibliotheken `java.time.Instant` und `java.time.Duration` (Beispiel unten). Sie sollten sicherstellen, dass *nur die zum Sortieren benötigte Zeit* gemessen wird, und nicht die Zeit zum Lesen der Eingabe!

Wie lange brauchen Sie, um eine zufällige Permutation von $\{1, \ldots, 2^{22}\}$ zu sortieren? Ist Ihre Dual-Pivot-Variante schneller als Ihre Single-Pivot-Variante?

Um aussagekräftige Messwerte zu erhalten, sollten Sie die Messung mehrfach ausführen. Der Median von fünf gemessenen Zeiten ist ein guter Richtwert.

```
Instant start = Instant.now();
// Code, dessen Laufzeit Sie messen wollen
// ...
Instant finish = Instant.now();
long time = Duration.between(start, finish).toMillis();
System.out.println("Time: " + time);
```