2. Listen

2.1. Motivation

An Arrays als Implementierungswerkzeug für Collections stört, dass sich der Speicheraufwand für das Array nicht automatisch an den für die Collection tatsächlich aktuell benötigten Speicherbedarf angleicht. Man muss also eventuell mit einer *statischen* Datenstruktur *dynamischen* Bedarf abdecken.

Eine dynamische Datenstruktur, deren Speicheraufwand unmittelbar am Bedarf orientiert ist, sind *verlinkte Listen*. Diese werden mittels Hilfsobjekten und Referenzen dazwischen aufgebaut.

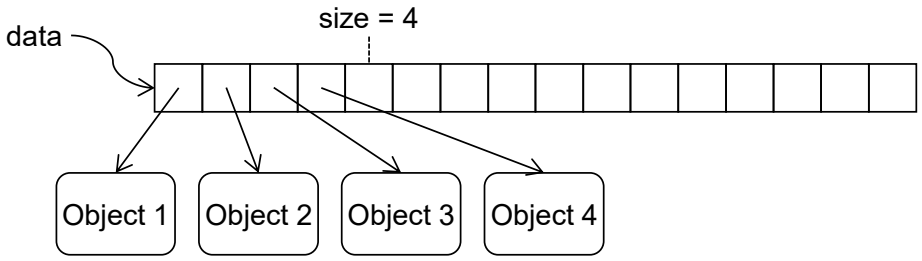
Ein weiterer Vorteil solcher verlinkter Listen ist, dass beim Hinzufügen oder Entfernen von Elementen keine Elemente weiter hinten in der Liste verschoben werden müssen.

2.2. Lernziele

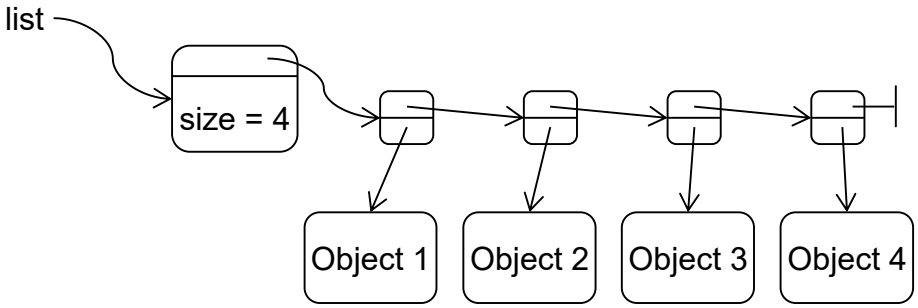
- Sie können verlinkte Listen in Java implementieren.
- Sie können mehrere Implementierungsvarianten mit ihren jeweiligen Vor- und Nachteilen angeben und anhand gegebener Anforderungen abwägen.
- Sie können verlinkte Listen einsetzen, um Datenstrukturen mit speziellen Zugriffsregeln wie *Stack* und *Queue* zu implementieren.

2.3. Collections mit Linked Lists

Collections mit Arrays programmiert sehen im Speicher etwa so aus:



Die Speicherplätze für die Referenzen auf die Elemente sowie die Grösse der Collection sind hier statisch. Variiert die Grösse der Collection über die Zeit hinweg stark, bietet sich eine andere Speicherform an: Zu einer Liste verlinkte Knoten.



Die für eine solche Datenstruktur nötigen Klassen in Java sehen z.B. so aus (noch ohne Operationen):

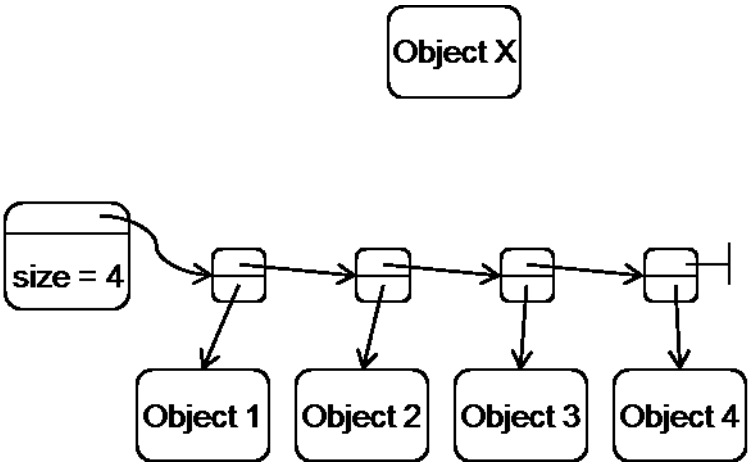
```
public class LinkedList<E> implements List<E> {
  private int size = 0;
  private Node<E> first;

  private static class Node<E> {
    private final E elem;
    private Node<E> next;

    private Node(E elem) { this.elem = elem; }
    private Node(E elem, Node<E> next) { this.elem = elem; this.next = next; }
  }
  ...
}
```

Um mit dieser Datenstruktur das Interface *Collection* zu implementieren, muss man überlegen, wie die Operationen *boolean add(E e)*, *boolean contains(Object o)* und *boolean remove(Object o)* realisiert werden können. Wir legen im Folgenden die Bag-Semantik und unsortierte Speicherung zu Grunde.

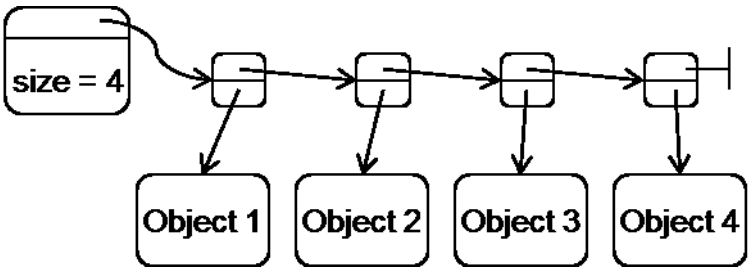
add (e):



in Java:

contains(o) in Java:

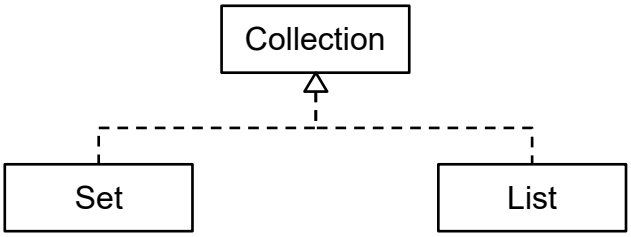
remove(o):



in Java:

2.4. Listen im Java Collection Framework

Auch mit verlinkten Listen werden die Daten in einer Sequenz gespeichert. Man kann also, wie bei Arrays, die Elemente von *0* bis *n-1* durchnummerieren und Zugriffe anhand von Indizes ermöglichen. Im Java Collection Framework implementieren solche Strukturen das Interface *List*. Dieses ist eine Spezialisierung des Interface *Collection*, jedoch nicht von *Set*:



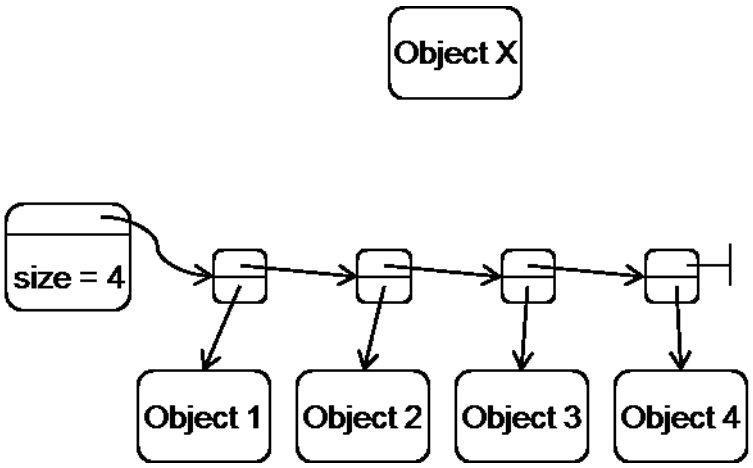
Dies bedeutet, dass Listen alle Methoden des Collection Interface mit Bag-Semantik implementieren. Zu den Methoden, die *List<E>* zusätzlich zu *Collection<E>* definiert, gehören u.a.:

void add(int index, E element), *E get(int index)* und *E remove(int index)*. Die genauen Anforderungen an diese Methoden finden sich in der Java-Dokumentation[1].

Darüber hinaus wird die Spezifikation von *boolean add(E e)* konkreter gefasst: Das neue Element ist am Ende der Liste anzufügen.

Bei den neuen Methoden lohnt sich vor allem eine Betrachtung von *void add(int index, E element)*. Die anderen Methoden lassen sich dann als Kombination verschiedener bekannter Lösungsteile implementierten.

add(2, e):



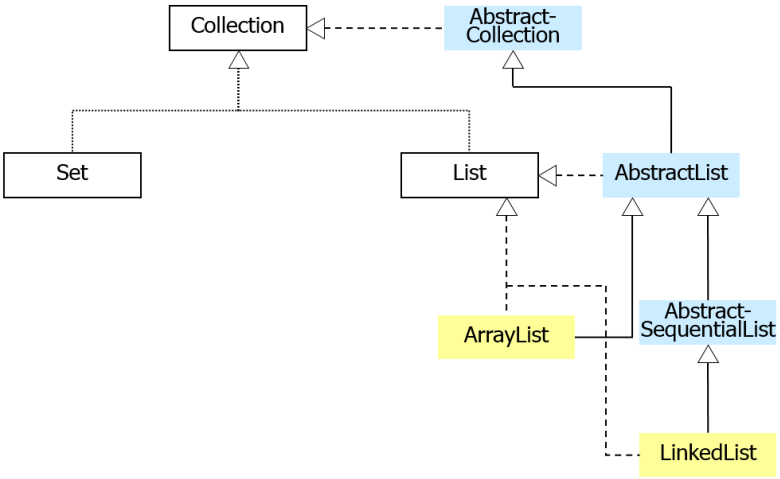
in Java:

[1] Java List API, Verfügbar unter https://docs.oracle.com/en/java/javase/11/docs/api/java.base/java/util/List.html

Das Java Collection Framework enthält ausser den bisher erwähnten Interfaces auch verschiedene Implementierungen. Für *List* sind dies vor allem die beiden bisher diskutierten Lösungsansätze:

- *ArrayList* ist eine Array-basierte Implementierung mit unsortierter Speicherung und Bag-Semantik. Die Länge ist nicht begrenzt. Wird mehr Platz benötigt, so wird das Array vergrössert und alle Elemente werden in das neue Array kopiert. Zugriff auf einzelne Elemente mittels Index ist mit Laufzeitaufwand *O*(1) schnell. Der Aufwand von Operationen, bei denen viele Elemente verschoben werden müssen, wie bei *remove*, ist *O*(n).

  Hinweis: Wird der Default-Konstruktor verwendet, wird die *ArrayList* mit einer initialen Kapazität von 10 erzeugt. Es empfiehlt sich für Anwendungen, die deutlich mehr Elemente speichern wollen, gleich den Konstruktor mit dem Kapazitätsparameter zu verwenden und einen grösseren Wert zu übergeben.
- *LinkedList* ist die Implementierung einer dynamischen verlinkten Liste. Der Nachteil ist, dass der Zugriff auf ein beliebiges Element via Index in *O*(n) liegt.



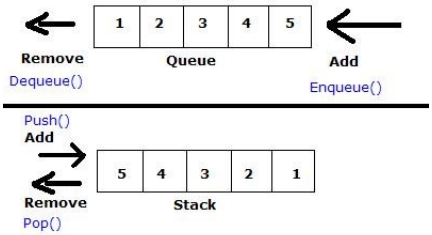
2.5. Datenstrukturen Stack und Queue

Stacks und Queues sind spezielle Datenstrukturen, deren Implementierungen auf Listen basieren. Der Stack arbeitet nach dem LIFO-Prinzip (**L**ast-**I**n-**F**irst-**O**ut) und die Queue nach dem FIFO-Prinzip (**F**irst-**I**n-**F**irst-**O**ut). Eine Queue liefert die Elemente also in genau der Reihenfolge aus, in der sie eingefügt wurden. Ein Stack kehrt die gerade Reihenfolge um: Das zuletzt eingefügte Elemente kommt als erstes zurück.

Auf einem Stack können Elemente durch Aufruf der Methode *push*() abgelegt werden. Zugriff hat man jeweils nur auf das „oberste Element“. Die Methode *top*() gibt eine Referenz auf dieses Element zurück, ohne es vom Stack zu entfernen. Die Methode *pop*() liefert ebenfalls das oberste Element des Stacks zurück und entfernt es aus der Datenstruktur.

In Java gibt es die Klasse *Stack*, die unter anderem das *List*-Interface implementiert, womit natürlich dann auch Zugriffe auf andere Positionen im Stack möglich sind.

Für die Queue existiert in Java ein Interface. Dieses Interface definiert für das Hinzufügen, Entfernen sowie den Zugriff jeweils zwei verschiedene Methoden. Die eine Methodengruppe wirft eine Exception, wenn die jeweilige Operation nicht ausgeführt werden kann, die andere arbeitet mit Rückgabewerten.



Inhalt der beiden Datenstrukturen nach dem Einfügen der Zahlen 1-5 [2]

[2] Grafik kopiert von: http://www.c-sharpcorner.com/, 12.2.2014