

Kapitel 5: Iterierbare Container

- Foreach-Schleife
- Interface Iterator
- Interface Iterable
- Iterator-Schleife und Foreach-Schleife
- Generische Liste mit Iteratoren

foreach-Schleife

- Das Durchlaufen von Feldern mit einer **foreach-Schleife** ist eine angenehme Alternative zu der sonst üblichen **Zählschleife**:

```
int[] a = {1,2,3,4};
```

```
int sum = 0;  
for (int x : a)  
    sum += x;
```

```
int[] a = {1,2,3,4};
```

```
int sum = 0;  
for (int i = 0; i < a.length; i++)  
    sum += a[i];
```

- Die foreach-Schleife ist abstrakter: für jedes Element x in einem Feld a führe eine Anweisung aus. Wie auf das Feldelement zugegriffen wird, bleibt verborgen.
- Wünschenswert ist eine **foreach-Schleife** auch für andere Container wie z.B. **Listen**:

```
List<Integer> list = new LinkedList<>();  
list.add(1); list.add(2); list.add(3); list.add(4);
```

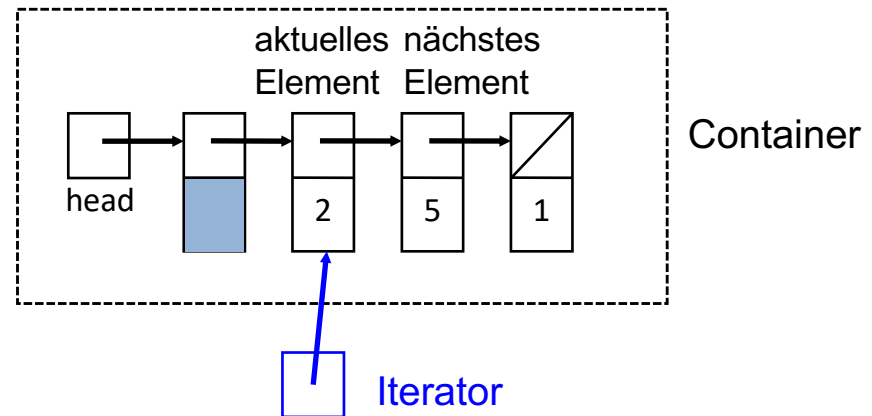
```
int sum = 0;  
for (int x : list)  
    sum += x;
```

- Ermöglicht wird das durch die Definition sogenannter **Iteratoren**.

Interface Iterator aus java.util

- Ein **Iterator** kann man sich vorstellen wie ein Zeiger (Referenz), der auf ein aktuelles Element eines Containers verweist. Ein Iterator wird über folgende Operationen gesteuert, die in der Java-API in einem Interface festgelegt sind:

```
public interface Iterator<T> {  
  
    boolean hasNext();  
    T next();  
    void remove();  
}
```



- Mit `hasNext()` kann geprüft werden, ob es noch ein nächstes Element gibt.
- Mit `next()` wird das jeweils nächste Element des Containers zurückgeliefert. Der erste Aufruf liefert das erste Element, der zweite Aufruf das zweite Element usw. Falls es kein nächstes Element gibt, wird eine `NoSuchElementException` ausgelöst.
- Mit `remove()` wird das zuletzt mit `next()` gelieferte Element gelöscht. `remove()` darf nach jedem erfolgreichen `next()` nur einmal aufgerufen werden.

Interface Iterable aus java.lang

- Ein Container, der iterierbar sein soll, muss das **Interface Iterable** implementieren. Damit ist auch eine Implementierung des **Iterator-Interface** verknüpft.

```
public interface Iterable<T> {  
    Iterator<T> iterator();  
}
```

```
public interface List<T> extends Iterable<T> {  
    // wie gehabt  
}
```

```
public class LinkedList<T> implements List<T> {  
    // ...  
  
    public Iterator<T> iterator() {  
        return new LinkedListIterator();  
    }  
  
    private class LinkedListIterator implements Iterator<T> {  
        // ...  
        boolean hasNext() { ... }  
        T next() { ... }  
        void remove() { ... }  
    }  
}
```

Implementierung des
Iterable-Interface

Implementierung des Iterator-Interface
als innere Klasse (nicht-statische
geschachtelte Klasse).
Damit ist jedes erzeugte Iterator-Objekt
mit dem Listen-Objekt gekoppelt.

Iterator-Schleife und foreach-Schleife

- Damit ist nun folgende Iterator-Schleife für LinkedList möglich:

```
List<Integer> list = new LinkedList<>();  
list.add(1); list.add(2); list.add(3); list.add(4);  
  
int sum = 0;  
for (Iterator<Integer> it = list.iterator(); it.hasNext();) {  
    int x = it.next();  
    sum += x;  
}
```

- Bequemerweise kann die Iterator-Schleife auch durch eine einfache foreach-Schleife ersetzt werden (der Java-Compiler übersetzt die foreach- in die obere Iterator-Schleife):

```
List<Integer> list = new LinkedList<>();  
list.add(1); list.add(2); list.add(3); list.add(4);  
  
int sum = 0;  
for (int x : list)  
    sum += x;
```

Iterator-Schleife mit remove

- Diese Methode löscht alle geraden Zahlen in einem Listen-Container und zeigt die Funktionsweise der Methode `Iterator.remove()`:

```
public static void removeEven(List<Integer> list) {  
    Iterator<Integer> it = list.iterator();  
  
    while(it.hasNext())  
        if (it.next() % 2 == 0) // nächstes Element ist gerade  
            it.remove();  
  
}
```

Nicht über einen Container iterieren, der verändert wird!

- Wird mit einem Iterator ein Container durchlaufen, dann ist es naheliegend, dass nicht gleichzeitig der Container (über seine Methoden) geändert werden kann, ohne die Iteratoren entscheidend zu stören.
- Folgende Schleife sollte daher eine `ConcurrentModificationException` auslösen:

```
int idx = 0;
for (int x : list) {
    if (x % 2 == 0)
        // Don't do this!
        list.remove(idx);
    else
        idx++;
}
```

Container list wird über
`list.remove(idx)` verändert.

Es wird eine
`ConcurrentModificationException`
ausgelöst.

Generische Listen mit Iteratoren

```
public interface List<T>
    extends Iterable<T> {
        void add(T x);
        void add(int idx, T x);
        T set(int idx, T x);
        T get(int idx);
        void remove(int idx);
        int size();
        void clear();
        boolean isEmpty();
    }
```

```
public class ArrayList<T>
    implements List<T> {

    // ...
}
```

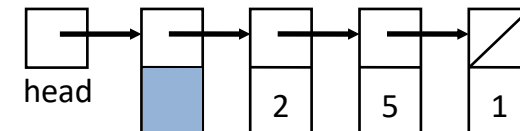
```
public class LinkedList<T>
    implements List<T> {

    // ...
}
```


LinkedList mit Iteratoren ohne remove (1)

```
public class LinkedList<T> implements List<T> {  
  
    public LinkedList() {clear();}  
  
    public final void clear() {  
        head = new Node<T>(null,null);  
        size = 0;  
        modCount++;  
    }  
  
    public void add(int idx, T x) {  
        // ...  
        modCount++;  
    }  
  
    // ...  
  
    private static class Node<T> {  
        T data;  
        Node<T> next;  
        Node(Node<T> p, T x) {  
            data = x;  
            next = p;  
        }  
    }  
  
    private Node<T> head;  
    private int size;  
    private int modCount = 0;  
}
```

Modifikationszähler wird hochgezählt, sobald sich die Struktur der verketteten Liste ändert (d.h Elemente werden gelöscht oder eingefügt)



LinkedList mit Iteratoren ohne remove (2)

```
public class LinkedList<T> implements List<T> {
    // ...

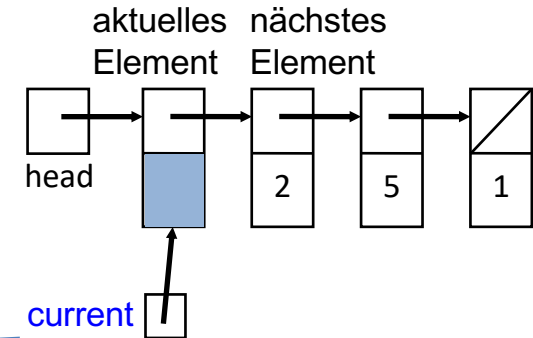
    public Iterator<T> iterator() {
        return new LinkedListIterator();
    }

    private class LinkedListIterator implements Iterator<T> {
        private Node<T> current = head;
        private int expectedMod = modCount;

        public boolean hasNext() {
            return current.next != null;
        }

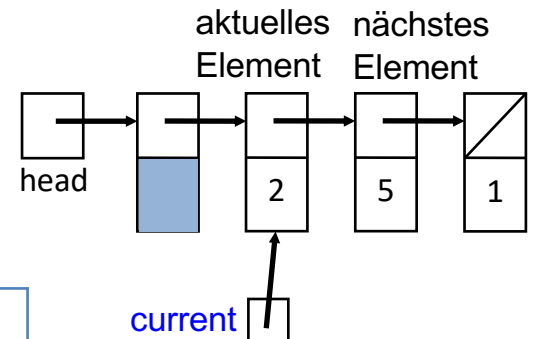
        public T next() {
            if (expectedMod != modCount)
                throw new ConcurrentModificationException();
            if (!hasNext())
                throw new NoSuchElementException();
            current = current.next;
            return current.data;
        }

        public void remove() {
            throw new UnsupportedOperationException();
        }
    }
}
```



Bei Konstruktion des Iterators wird modCount in expectedMod gespeichert.

Es wird geprüft, ob der Container geändert wurde, und gegebenenfalls eine Exception ausgelöst (fail-fast iterator)



remove wird hier nicht unterstützt.
Kann auch weggelassen werden, da remove in Java 8 als default-Methode vorhanden ist.

LinkedList mit Iteratoren mit remove (1)

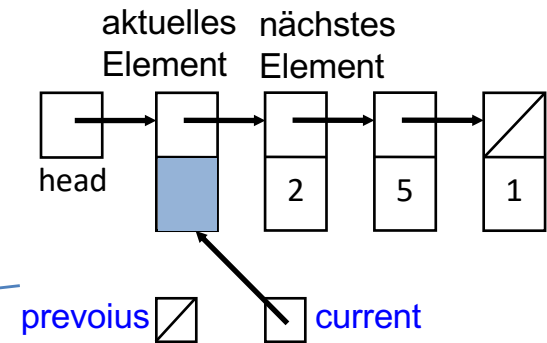
```
public class LinkedList<T> implements List<T> {
    // ...

    public Iterator<T> iterator() {
        return new LinkedListIterator();
    }

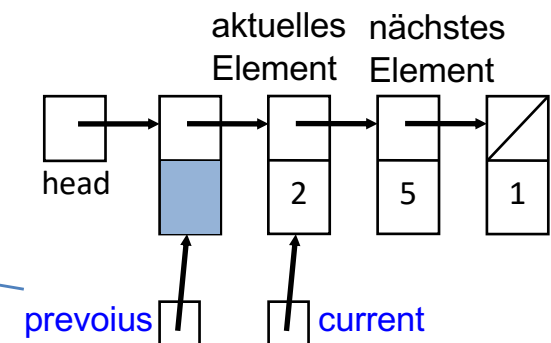
    private class LinkedListIterator implements Iterator<T> {
        private Node<T> current = head;
        private Node<T> previous = null;
        private boolean okToRemove = false;
        private int expectedMod = modCount;

        public boolean hasNext() {
            return current.next != null;
        }

        public T next() {
            if (expectedMod != modCount)
                throw new ConcurrentModificationException();
            if (!hasNext())
                throw new NoSuchElementException();
            previous = current;
            current = current.next;
            okToRemove = true;
            return current.data;
        }
    }
    // ...
}
```

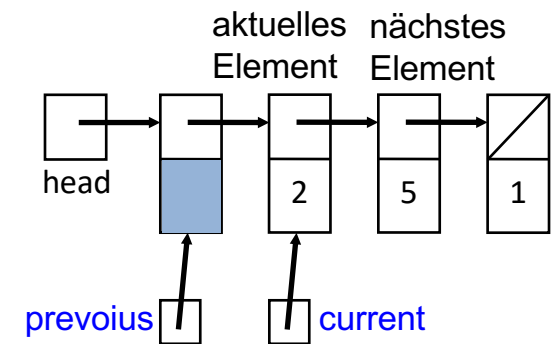


Zuätzlicher Zeiger
previous, der current nach
jedem next-Aufruf ein
Knoten hinterherhinkt



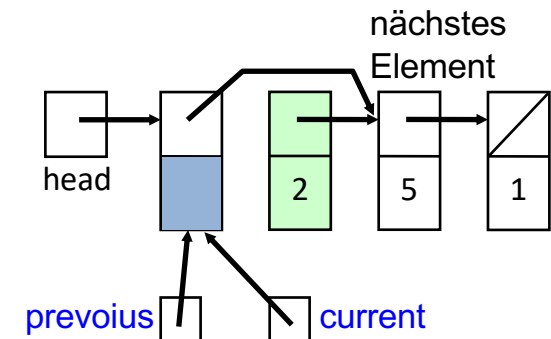
LinkedList mit Iteratoren mit remove (2)

```
public class LinkedList<T> implements List<T> {  
    // ...  
  
    private class LinkedListIterator implements Iterator<T> {  
        private Node<T> current = head;  
        private Node<T> previous = null;  
        private boolean okToRemove = false;  
        private int expectedMod = modCount;  
  
        // ...  
  
        public void remove() {  
            if (expectedMod != modCount)  
                throw new ConcurrentModificationException();  
            if (!okToRemove)  
                throw new IllegalStateException();  
            previous.next = current.next;  
            current = previous;  
            okToRemove = false;  
            size--;  
        }  
    }  
}
```



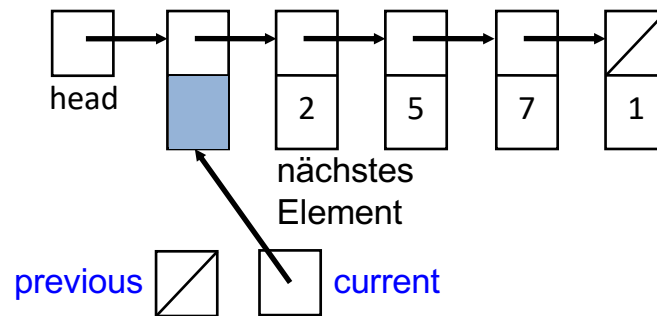
Gelöscht werden darf nur, falls zuvor erfolgreich next aufgerufen wurde.

Gelöscht wird das aktuelle Element d.h. das zuletzt mit next zurückgelieferte Element

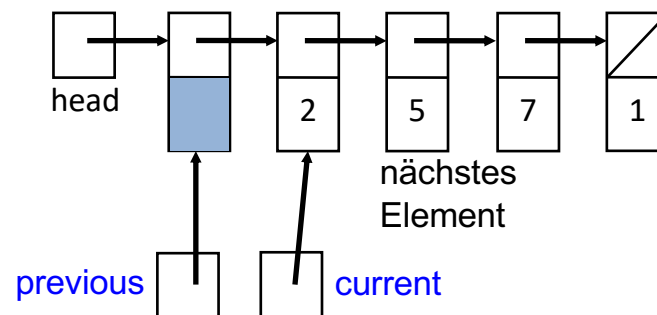


Beispiel: LinkedList mit Iteratoren mit remove (1)

```
List<Integer> list = new LinkedList<>();  
list.add(2); list.add(5); list.add(7); list.add(1);  
Iterator<Integer> it = list.iterator();
```

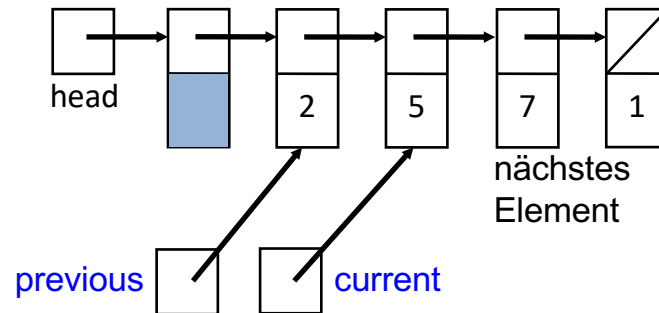


```
int x = it.next(); // x = 2
```

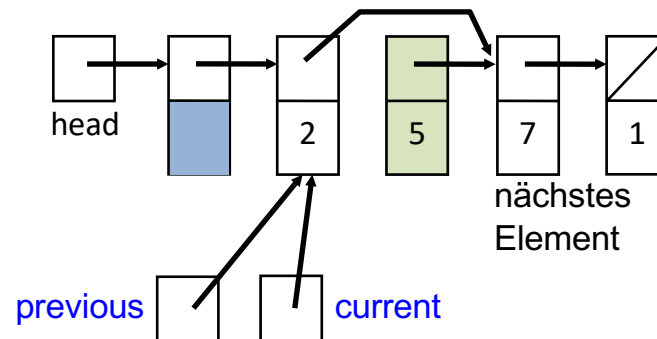


Beispiel: LinkedList mit Iteratoren mit remove (2)

```
int x = it.next(); // x = 5
```



```
it.remove();
```

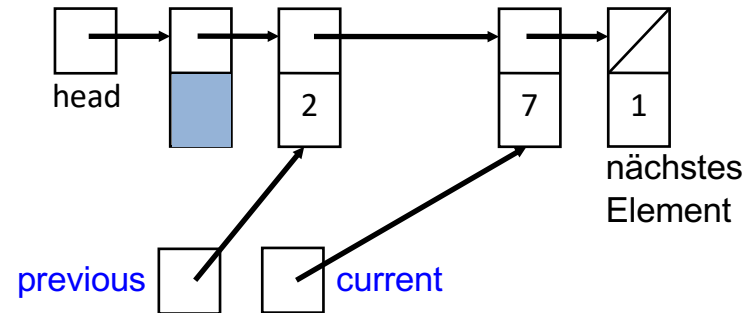


Knoten 5 kann nun
vom Garbage Collector
abgeräumt werden.

```
it.remove(); // jetzt nicht erlaubt!
```

Beispiel: LinkedList mit Iteratoren mit remove (3)

```
int x = it.next(); // x = 7
```



Anwendung: LinkedList mit Iterator-remove

```
public static void main(String[] args) {  
  
    List<Integer> list = new LinkedList<>();  
    for (int i = 0; i < 50; i++)  
        list.add(i);  
  
    System.out.println(l);  
  
    // Alle geraden Zahlen loeschen:  
    Iterator<Integer> it = list.iterator();  
    while(it.hasNext()) {  
        if (it.next() % 2 == 0)  
            it.remove();  
    }  
  
    System.out.println(l);  
}
```


Illustrierung: Iterator-Klasse als innere Klasse

```
public class LinkedList<T> implements List<T> {
    private Node<T> head;
    private int size;
    private int modCount = 0;
    // ...

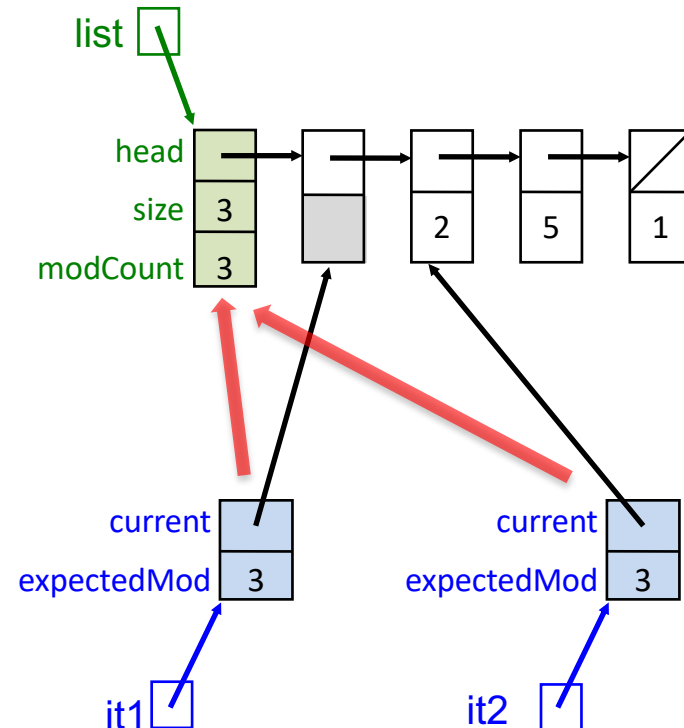
    public Iterator<T> iterator() {
        return new LinkedListIterator();
    }

    private class LinkedListIterator
    implements Iterator<T> {
        private Node<T> current = head;
        private int expectedMod = modCount;
        // ...
    }
}
```

```
List<Integer> list = new LinkedList<>();
list.add(2); list.add(5); list.add(1);

Iterator<Integer> it1 = list.iterator();

Iterator<Integer> it2 = list.iterator();
it2.next();
```



`LinkedListIterator` ist innere Klasse der generischen Klasse `LinkedList<T>`.

Damit haben die `LinkedListIterator`-Objekte `it1` und `it2` **Zugriff** auf die Daten des `LinkedList`-Objekts `list`.