Effiziente verkettete Listen

Dr. Philipp Wendler

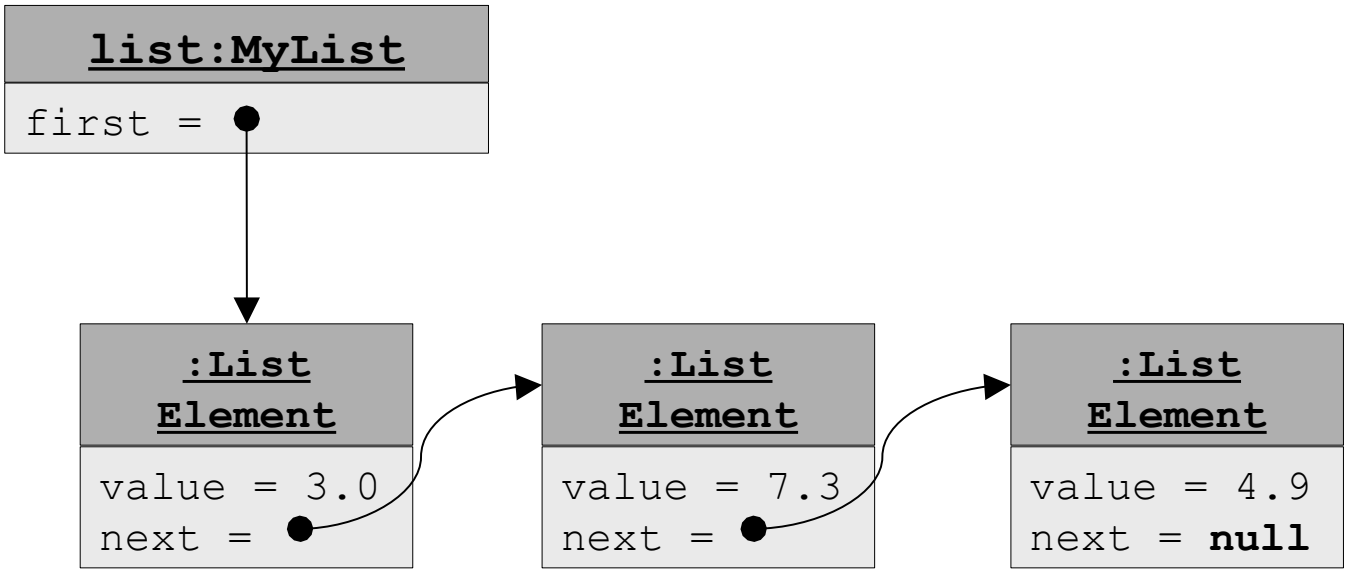
Zentralübung zur Vorlesung
„Einführung in die Informatik: Programmierung und Softwareentwicklung“

`https://www.sosy-lab.org/Teaching/2018-WS-InfoEinf/`

Verkettete Listen: Wiederholung

Eine verkettete Liste speichert die Listenelemente als Kette, wobei jedes Listenelement seinen Nachfolger kennt.

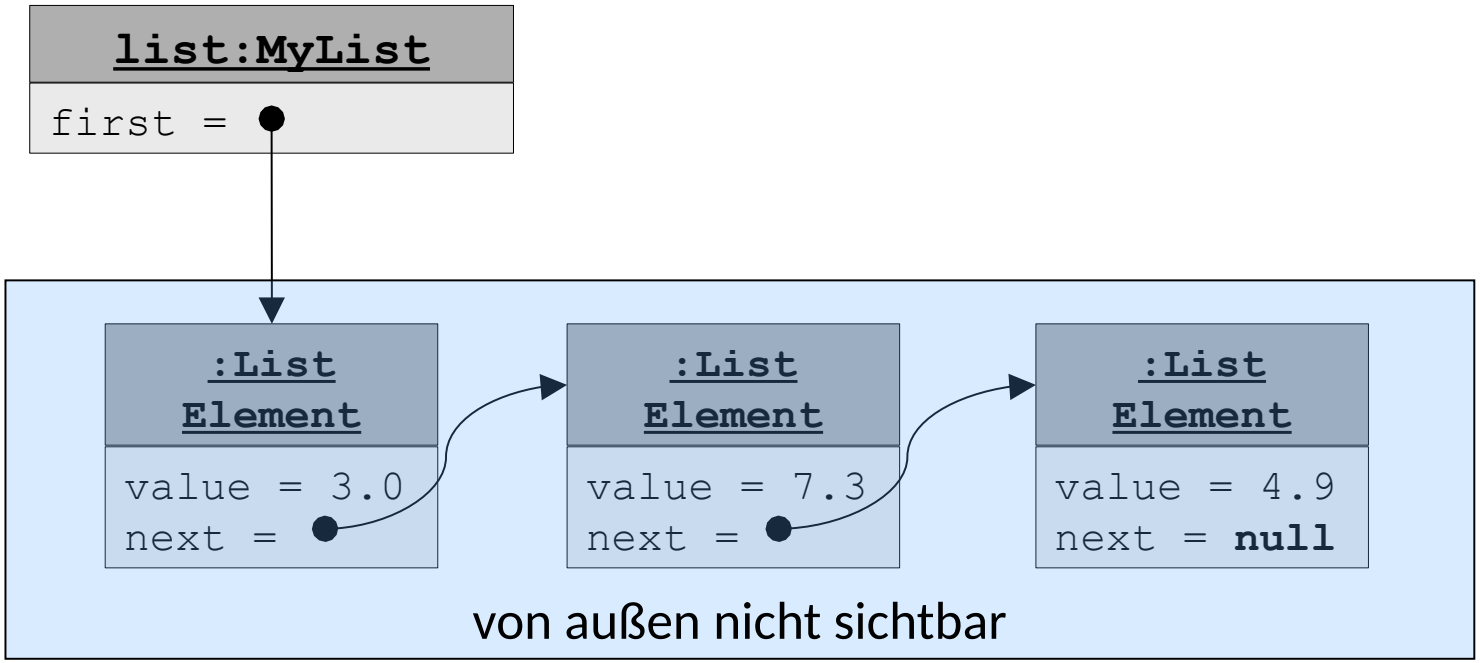
z.B. Repräsentation von `list=<3.0,7.3,4.9>`



Verkettete Listen: Wiederholung

Eine verkettete Liste speichert die Listenelemente als Kette, wobei jedes Listenelement seinen Nachfolger kennt.

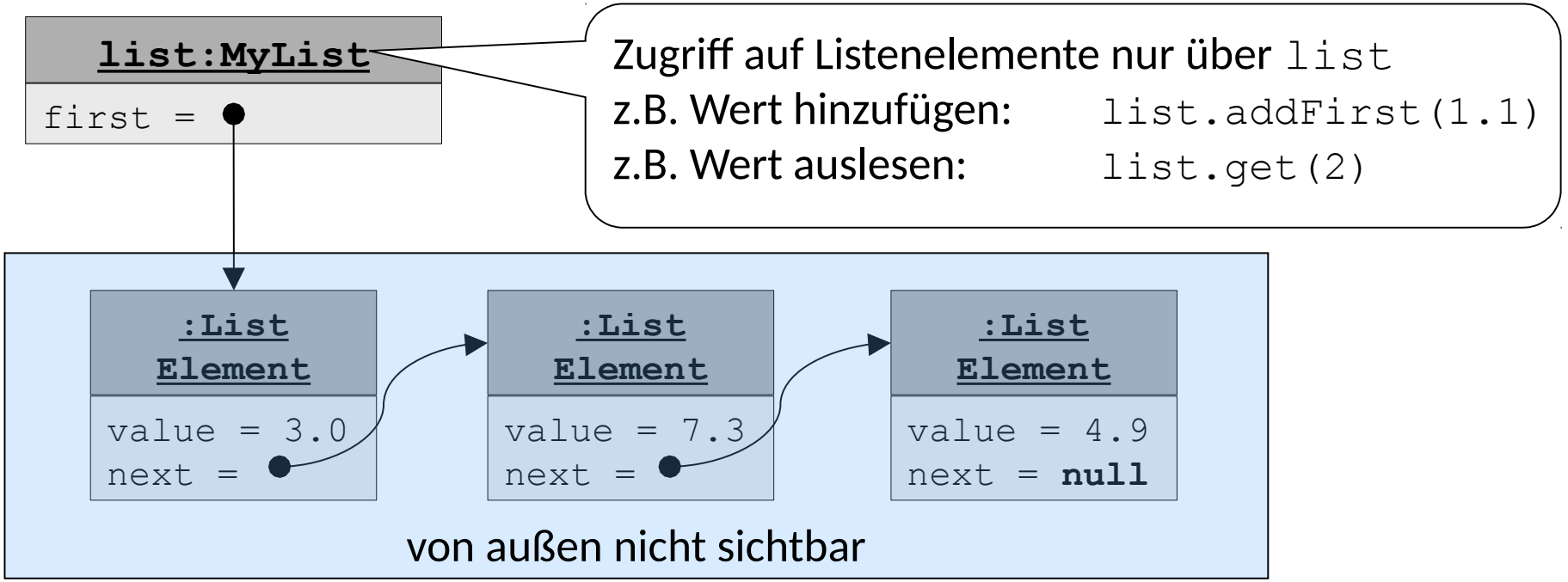
z.B. Repräsentation von `list=<3.0,7.3,4.9>`



Verkettete Listen: Wiederholung

Eine verkettete Liste speichert die Listenelemente als Kette, wobei jedes Listenelement seinen Nachfolger kennt.

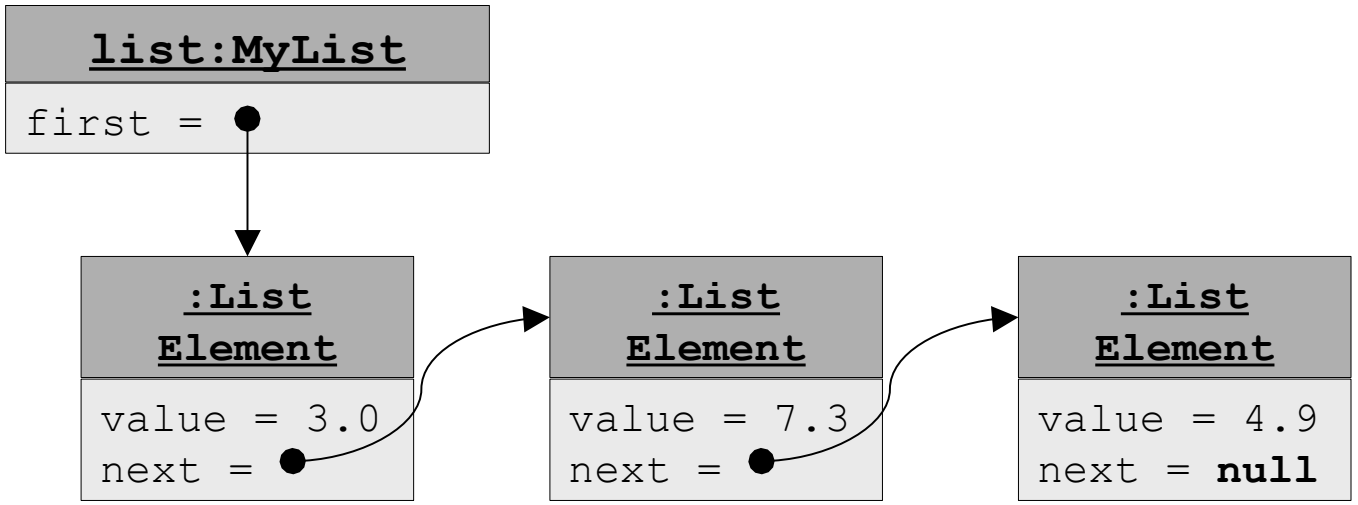
z.B. Repräsentation von `list=<3.0,7.3,4.9>`



Verkettete Listen: `addFirst` Wiederholung (I)

`list.addFirst(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Anfang** der Liste `list=<3.0,7.3,4.9>`



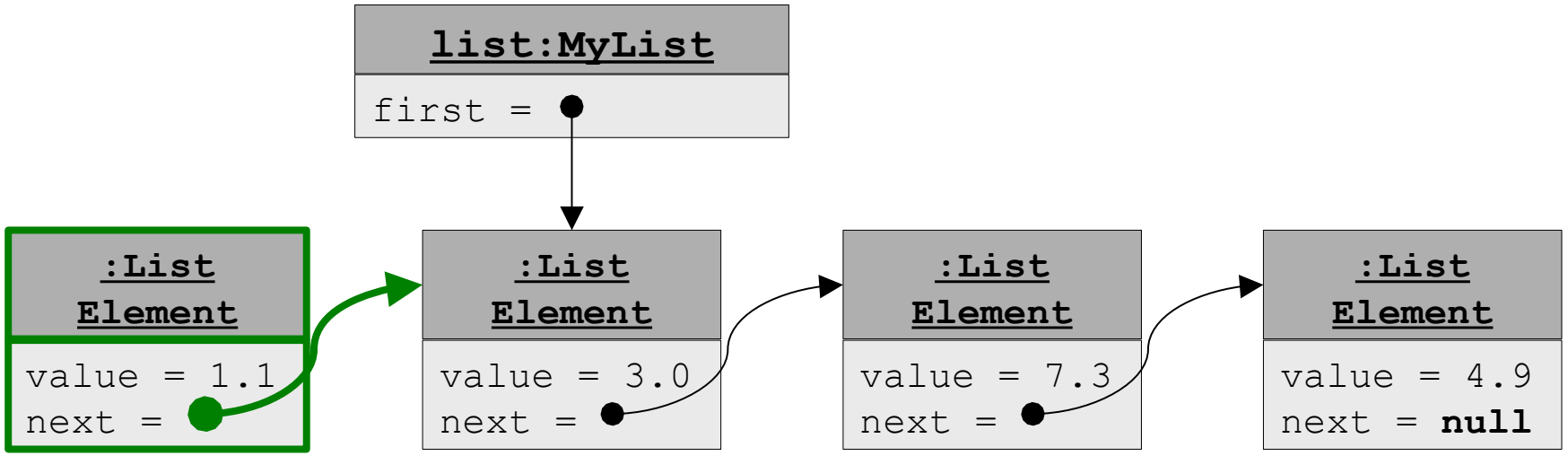
Verkettete Listen: `addFirst` Wiederholung (II)

`list.addFirst(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Anfang** der Liste `list=<3.0,7.3,4.9>`

Schritt 1: Erzeugen eines neuen `ListElement` mit

- `value = 1.1`
- `next =` Zeiger auf `ListElement` für `3.0`

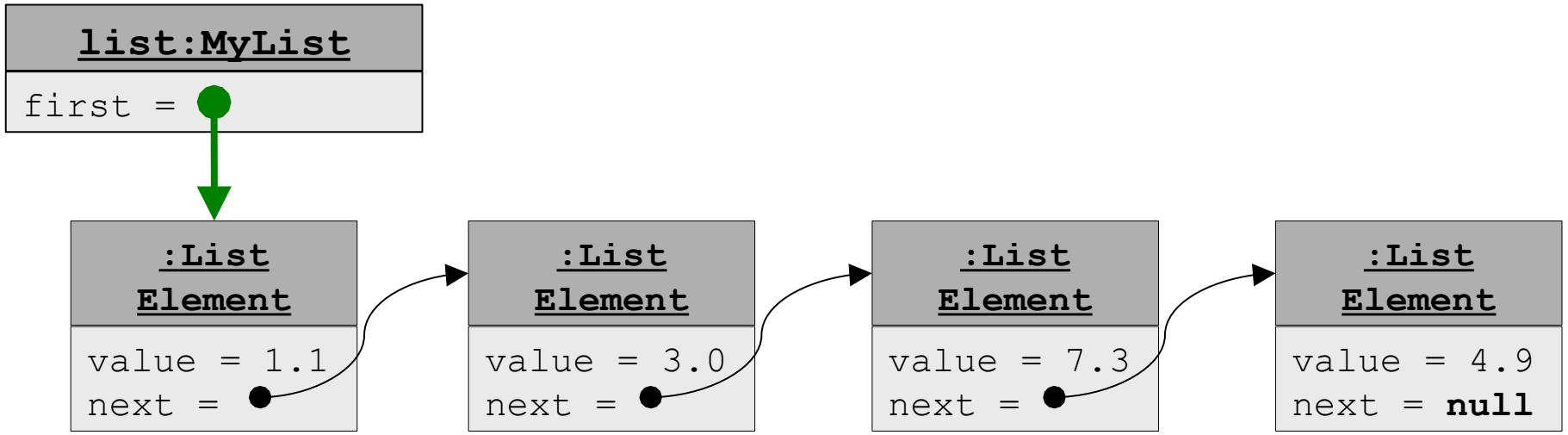


Verkettete Listen: `addFirst` Wiederholung (III)

`list.addFirst(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Anfang** der Liste `list=<3.0,7.3,4.9>`

Schritt 2: Speichern des neuen `ListElement` für `1.1` als erstes Element in der Liste, d.h. Zeiger `first` ändern



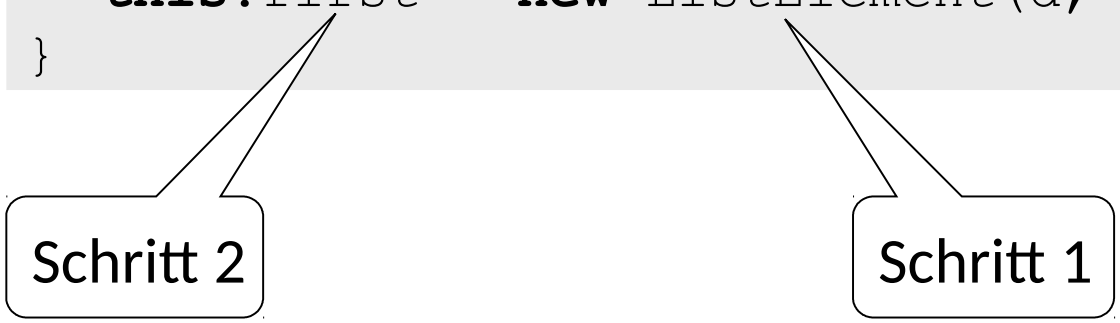
Verkettete Listen: `addFirst` Wiederholung (IV)

`list.addFirst(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Anfang** der Liste `list=<3.0,7.3,4.9>`

Implementierung von `addFirst` in der Klasse `MyList`:

```
public void addFirst(double d) {
   this.first = new ListElement(d, this.first);
}
```



Verkettete Listen: `addFirst`

```
public void addFirst(double d) {
   this.first = new ListElement(d, this.first);
}
```

Welches Problem tritt in obiger Implementierung auf?

a) Die Elemente der Liste bilden keine Kette.

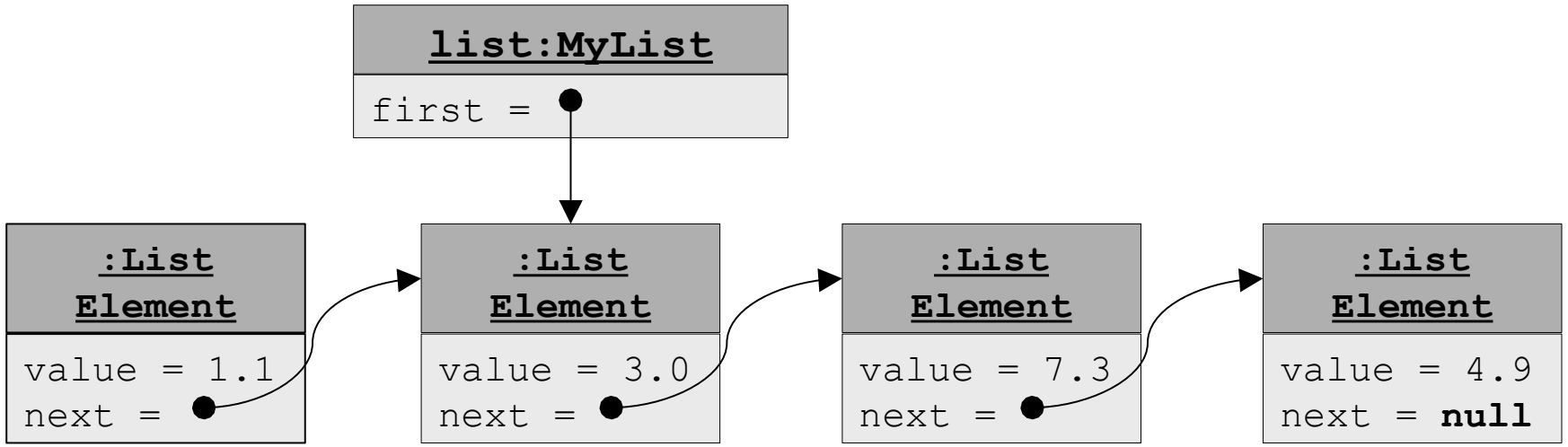
b) Das neue erste Element fehlt in der Liste.

c) Das neue erste Element speichert den falschen Nachfolger.

Verkettete Listen: `addFirst`

```
public void addFirst(double d) {
   this.first = new ListElement(d, this.first);
}
```

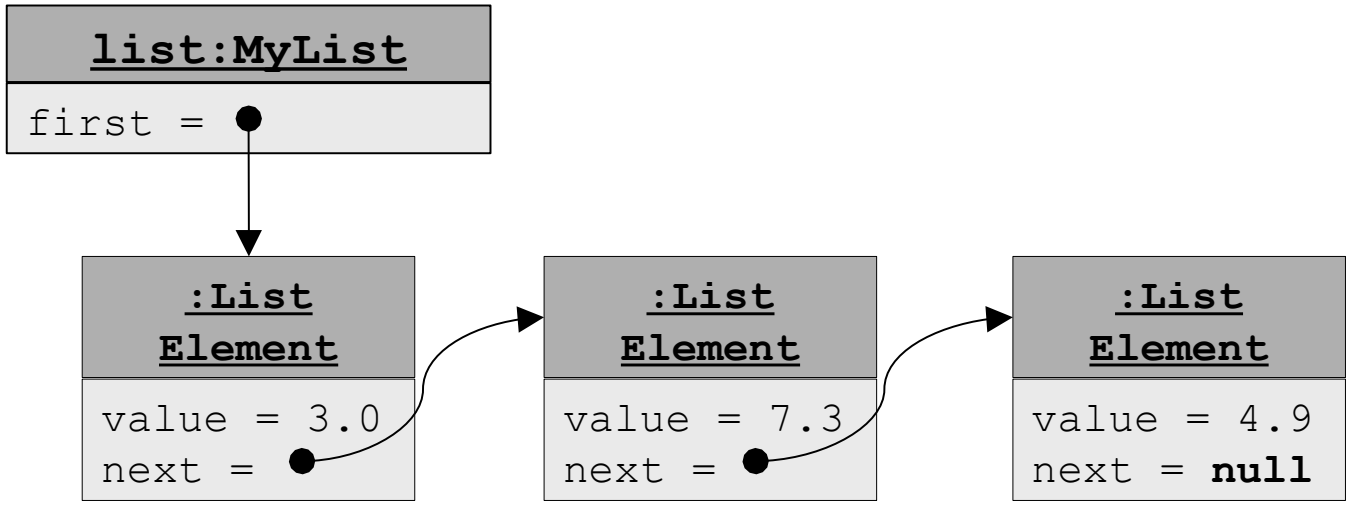
Welches Problem tritt in obiger Implementierung auf?



Verkettete Listen: `addLast` (I)

`list.addLast(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Ende** der Liste `list=<3.0,7.3,4.9>`



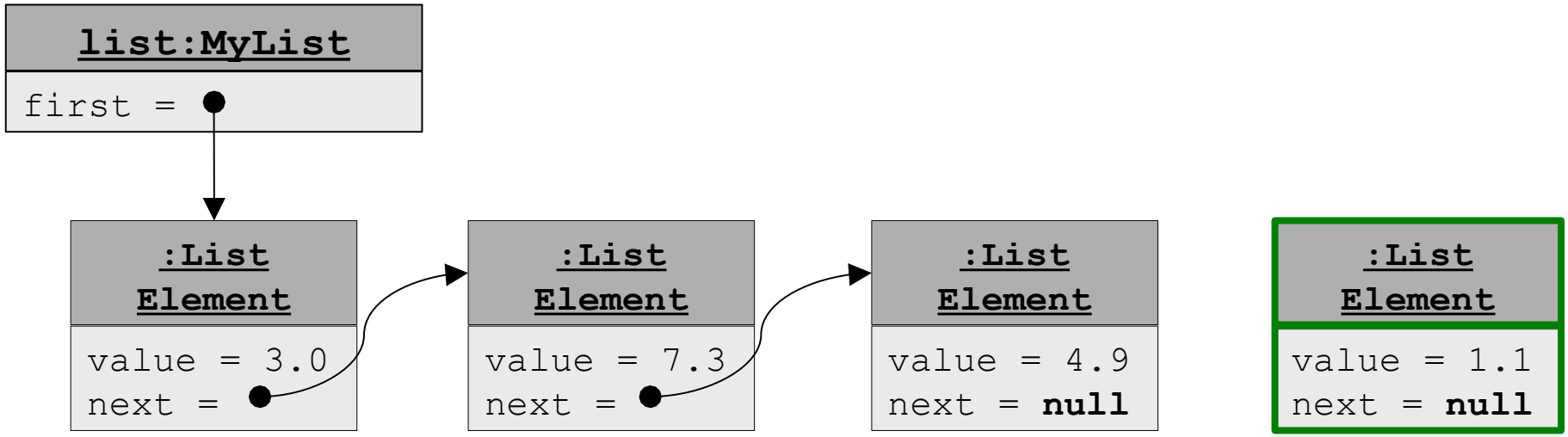
Verkettete Listen: `addLast` (II)

`list.addLast(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Ende** der Liste `list=<3.0,7.3,4.9>`

Schritt 1: Erzeugen eines neuen `ListElement` mit

- `value = 1.1`
- `next = null`

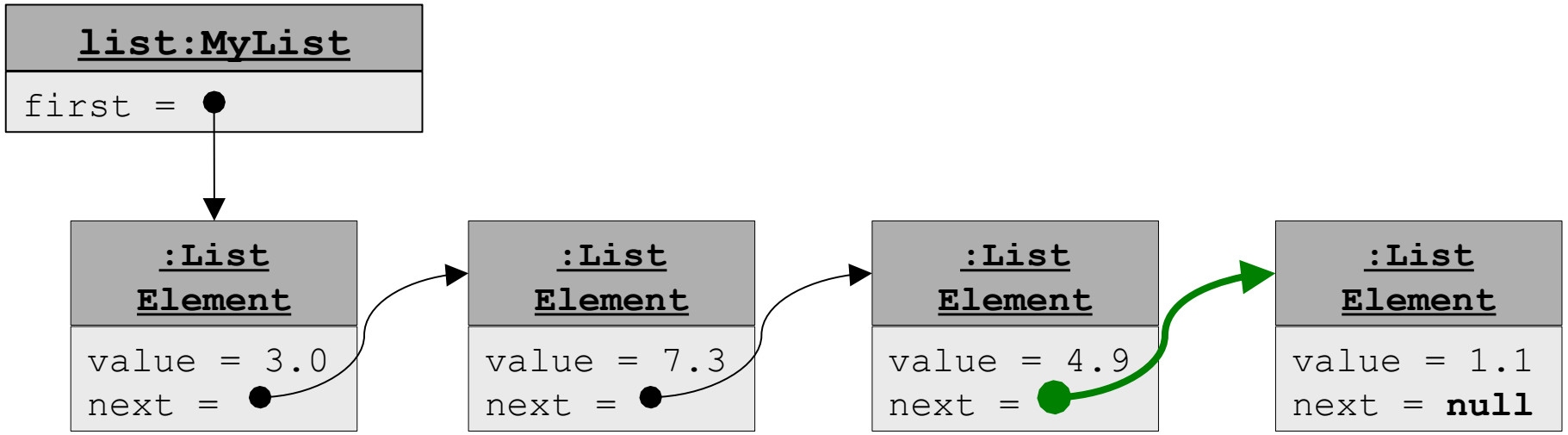


Verkettete Listen: `addLast` (III)

`list.addLast(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Ende** der Liste `list=<3.0,7.3,4.9>`

Schritt 2: Speichern des neuen `ListElement` für `1.1` als letztes Element in der Liste, d.h. die **gesamte** Liste bis zum letzten Element durchlaufen und dessen Zeiger `next` ändern



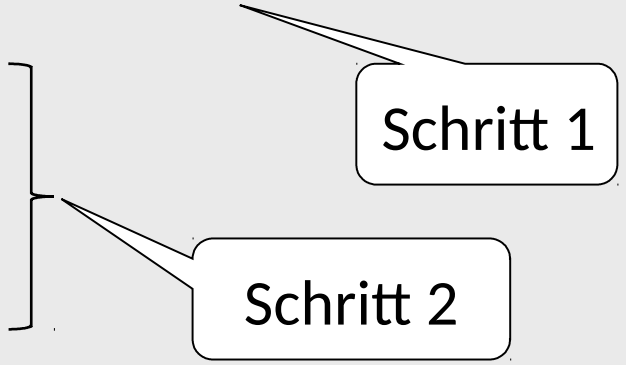
Verkettete Listen: `addLast` (IV)

`list.addLast(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Ende** der Liste `list=<3.0,7.3,4.9>`

Implementierung von `addLast` in der Klasse `MyList`:

```
public void addLast(double d) {
   ListElement newElement = new ListElement(d);

   ListElement e = this.first;
   while (e.getNext() != null) {
      e = e.getNext();
   }
   e.setNext(newElement);
}
```



Verkettete Listen: `addLast`

```
public void addLast(double d) {
   ListElement newElement = new ListElement(d);
}
```

Welches Problem tritt in obiger Implementierung auf (ohne Schleife von Folie 12)?

a) Die Elemente der Liste bilden keine Kette.

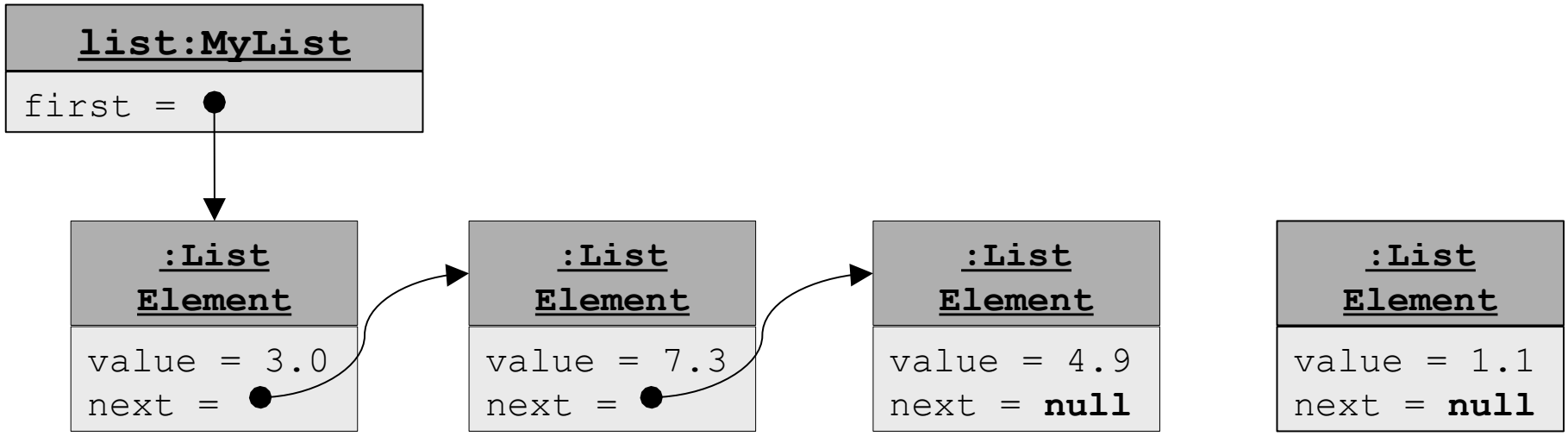
b) Das neue letzte Element fehlt in der Liste.

c) Das neue letzte Element speichert den falschen Nachfolger.

Verkettete Listen: `addLast`

```
public void addLast(double d) {
   ListElement newElement = new ListElement(d);
}
```

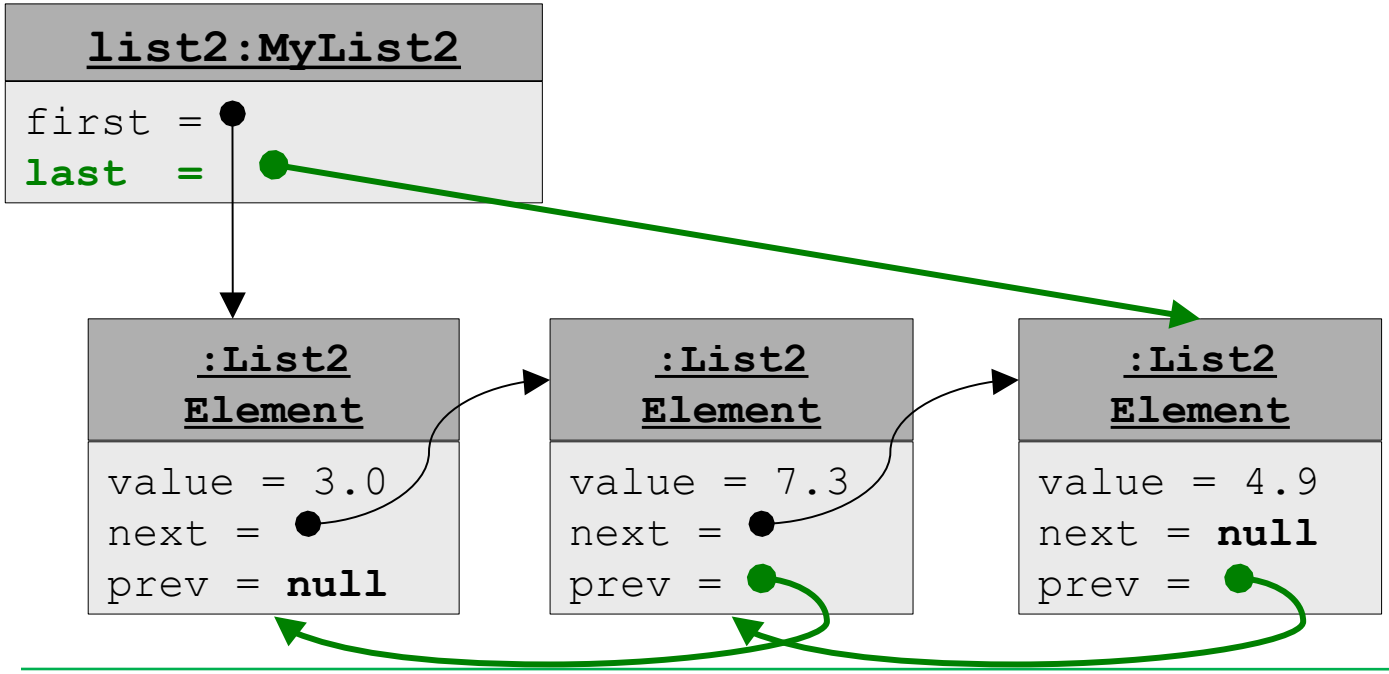
Welches Problem tritt in obiger Implementierung auf (ohne Schleife von Folie 12)?



Doppelt verkettete Listen

Eine doppelt verkettete Liste speichert die Listenelemente als Kette, wobei jedes Listenelement seinen Nachfolger **und Vorgänger** kennt.

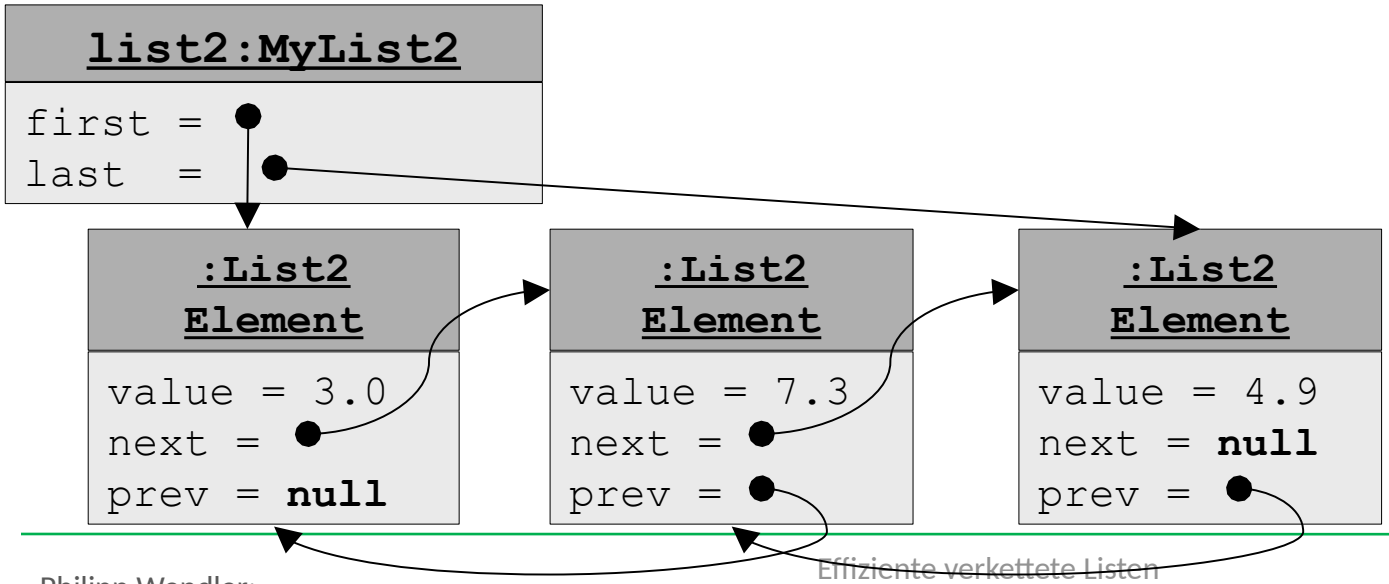
z.B. Repräsentation von `list2=<3.0,7.3,4.9>`



Doppelt verkettete Listen: `addLast` (I)

`list2.addLast(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Ende** der Liste `list2=<3.0,7.3,4.9>`



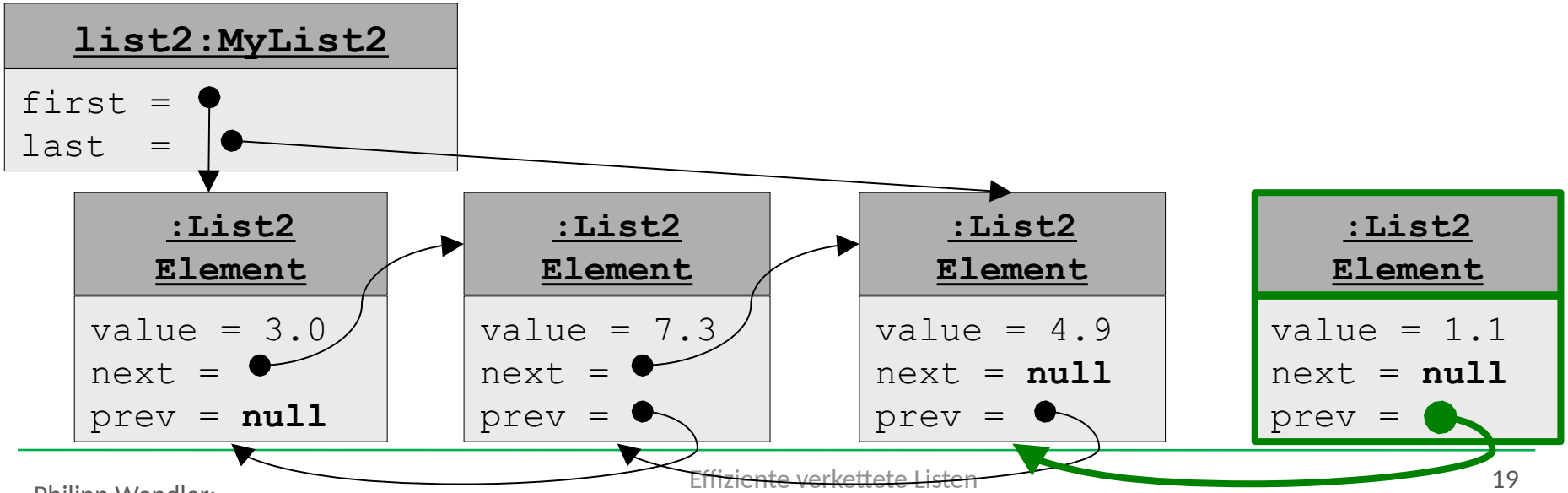
Doppelt verkettete Listen: `addLast` (II)

`list2.addLast(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Ende** der Liste `list2=<3.0,7.3,4.9>`

Schritt 1: Erzeugen eines neuen `List2Element` mit

- `value = 1.1`
- `next` = **null**, `prev` = Zeiger auf `List2Element` für `4.9`

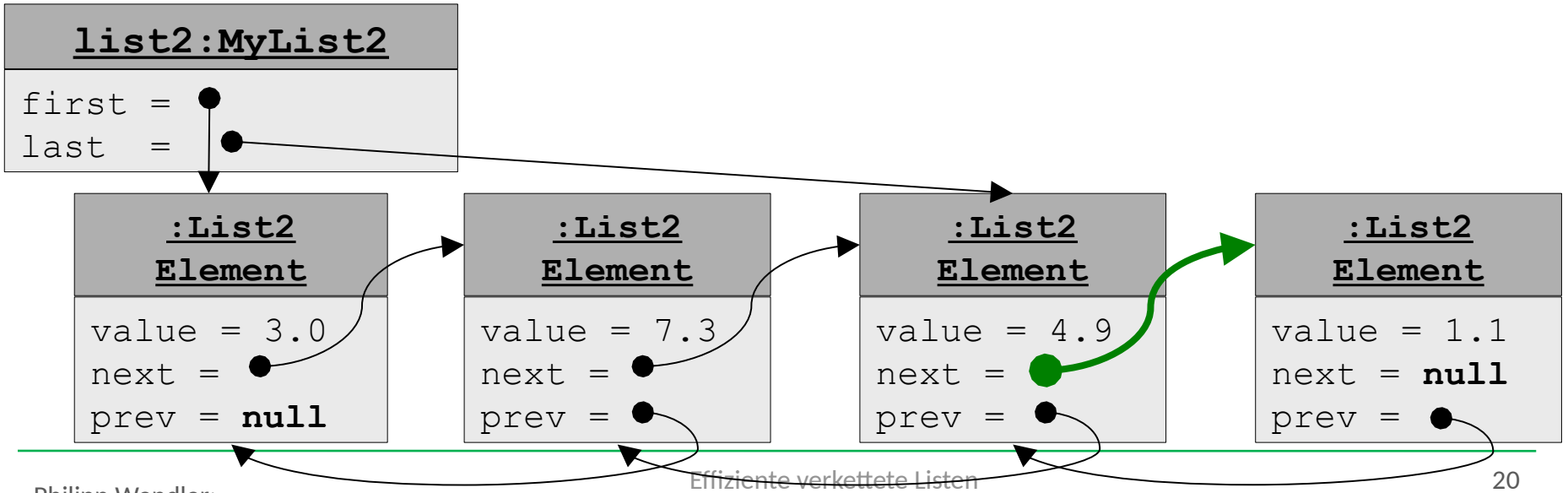


Doppelt verkettete Listen: `addLast` (III)

`list2.addLast(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Ende** der Liste `list2=<3.0,7.3,4.9>`

Schritt 2: Speichern des neuen `List2Element` für `1.1` als Nachfolger des `List2Element` für `4.9`
d.h. Zeiger `next` des `List2Element` für `4.9` ändern

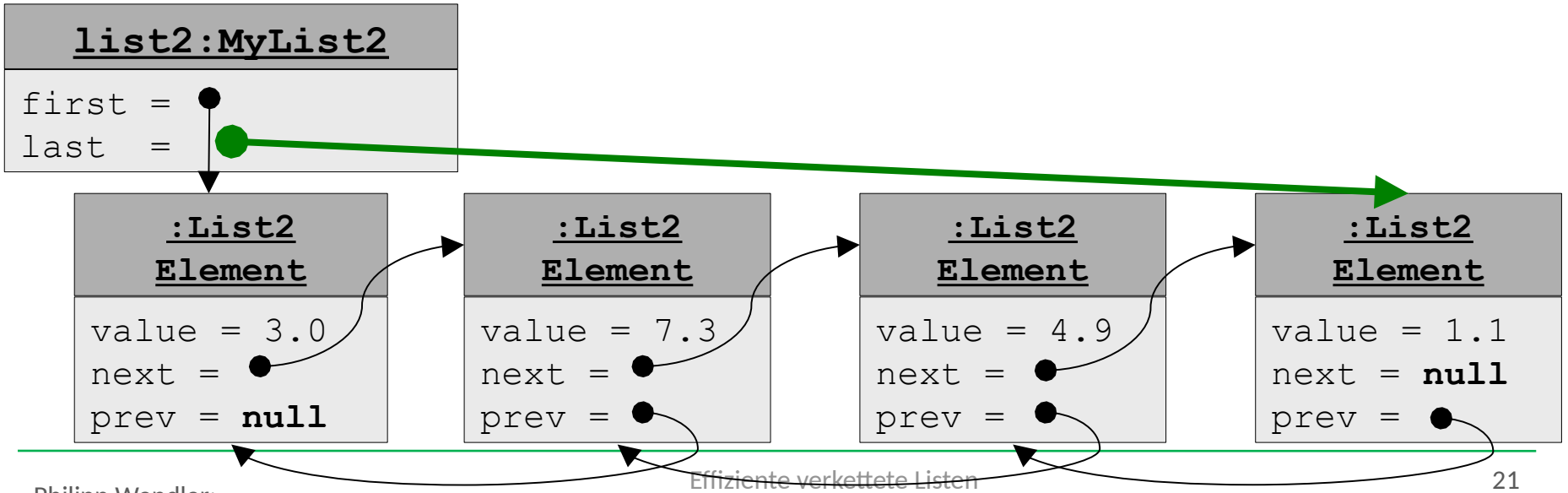


Doppelt verkettete Listen: `addLast` (IV)

`list2.addLast(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Ende** der Liste `list2=<3.0,7.3,4.9>`

Schritt 3: Speichern des neuen `List2Element` für `1.1` als letztes Element in der Liste, d.h. Zeiger `last` ändern



Doppelt verkettete Listen: `addLast` (V)

`list2.addLast(1.1)`

=> Hinzufügen von `1.1` am **Ende** der Liste `list2=<3.0,7.3,4.9>`

Implementierung von `addLast` in der Klasse `MyList2`:

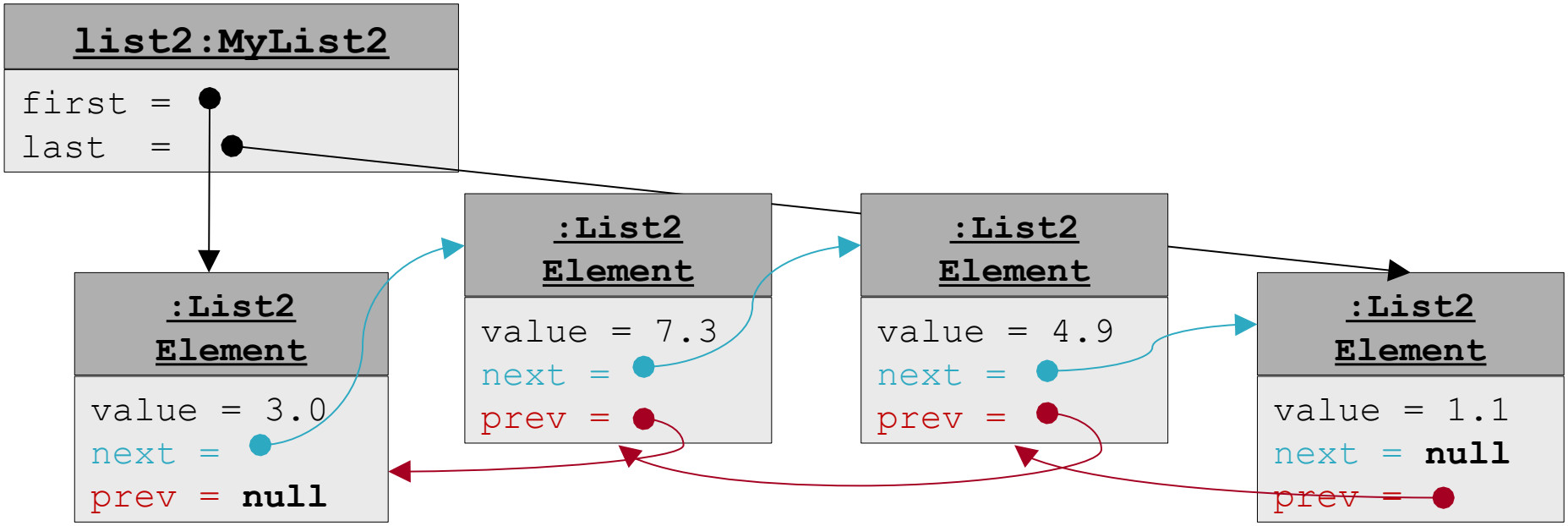
```
public void addLast(double d) {
   List2Element newElement =
            new List2Element(d);
   newElement.setPrev(this.last);

   this.last.setNext(newElement);
   this.last = newElement;
}
```

Schritt 1

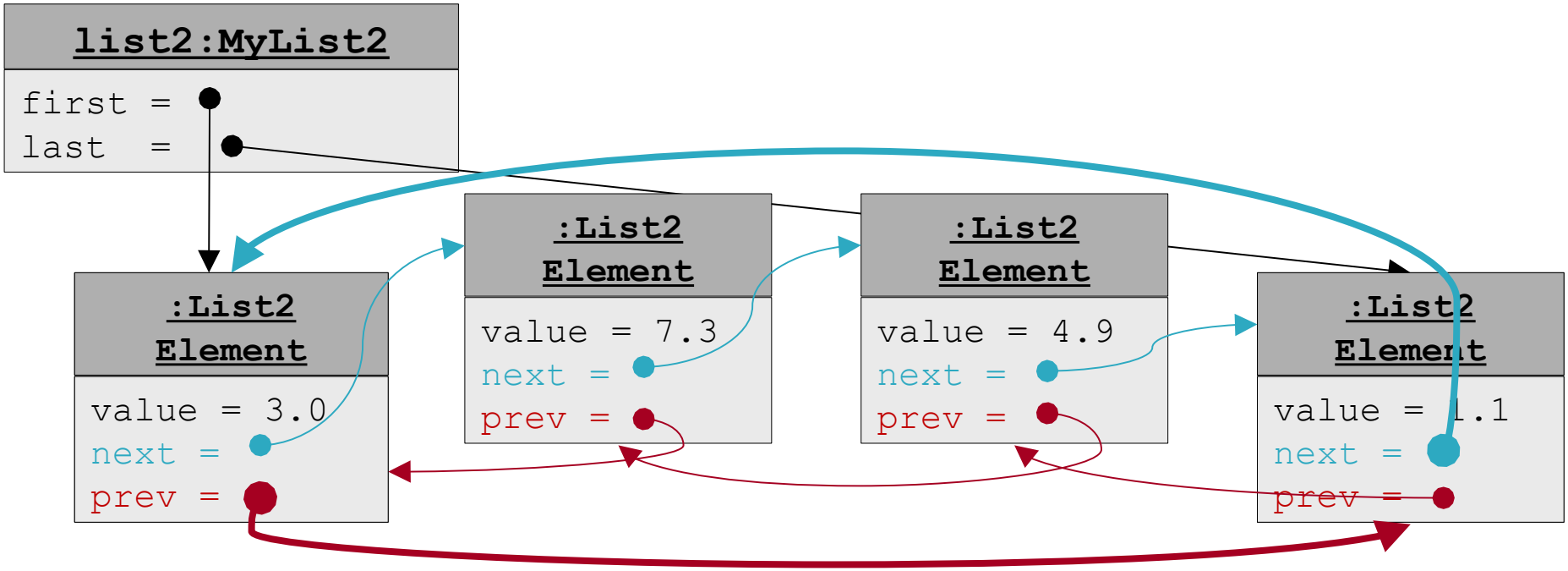
Schritt 2

Schritt 3

Variante einer doppelt verketteten Liste:



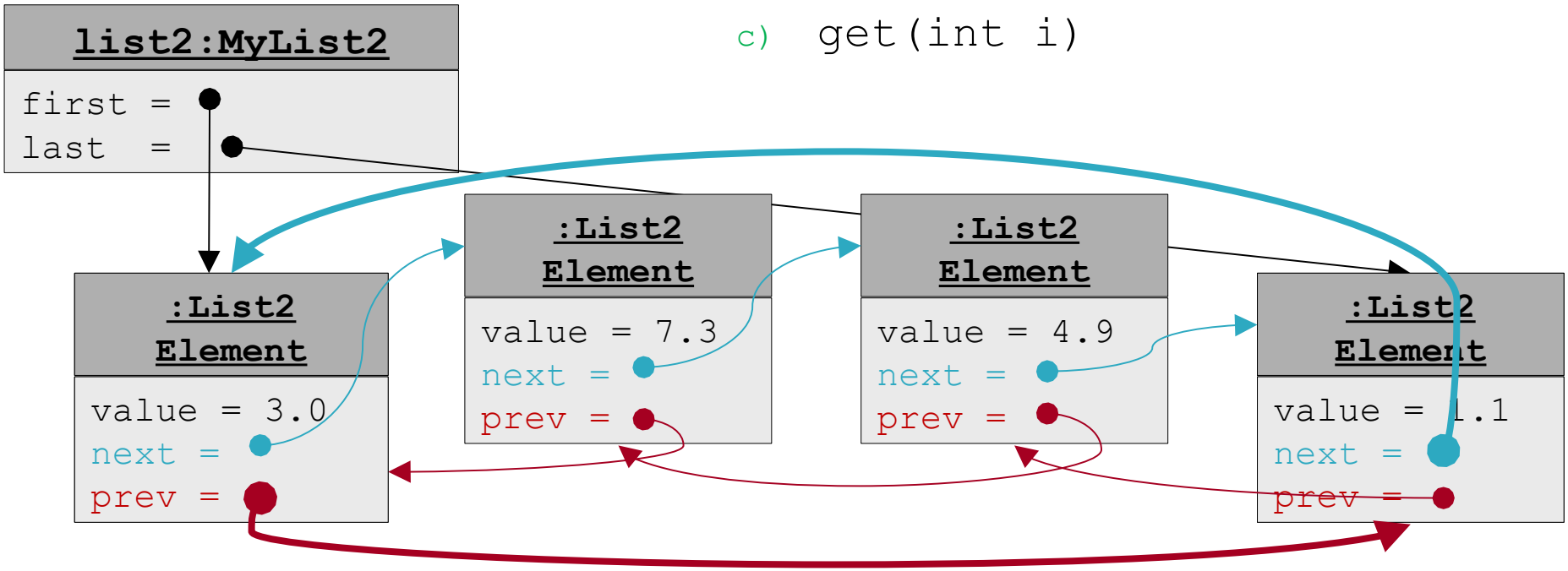
Variante einer doppelt verketteten Liste:



Variante einer doppelt verketteten Liste:

Welche Methode ist wegen des Zyklus schwierig zu implementieren?

a) `addFirst`
b) `addLast`
c) `get(int i)`



Verkettete Listen: Zeitkomplexität

Zeitkomplexität von `addFirst`

- für einfach verkettete Listen: `O(1)`
- für doppelt verkettete Listen: `O(1)`

Zeitkomplexität von `addLast`

- für einfach verkettete Listen: `O(n)` mit `n` = Länge der Liste
- für doppelt verkettete Listen: `O(1)`

Verkettete Listen: Zeitkomplexität

Bei welcher Anwendung sollte eine verkettete Liste einem Array vorgezogen werden?

a) Einkaufsliste
b) Preisliste aller Produkte eines Supermarkts
c) Ergebnisliste eines Wettkampfs
d) Einwohnerliste einer Stadt

Verkettete Listen: Zeitkomplexität

Bei welcher Anwendung sollte eine verkettete Liste einem Array vorgezogen werden?

a) Einkaufsliste
b) Preisliste aller Produkte eines Supermarkts
c) Ergebnisliste eines Wettkampfs
d) Einwohnerliste einer Stadt

Wiederholung aus der Vorlesung:

Arrays eignen sich zur Behandlung von Folgen mit fester Anzahl von Elementen, während verkettete Listen besser bei dynamischen Folgen sind.

Verwendung von `LinkedList`

Normalerweise implementiert man verkettete Listen nicht selbst, sondern verwendet die Standard-Implementierung `LinkedList`, die als doppelt verkettete Liste umgesetzt ist.

- Konstruktor: z.B.
  ```
  LinkedList<Double> list = new LinkedList<Double>();
  ```
- Methoden:
  - `list.addFirst(…), list.removeFirst(…)`
  - `list.addLast(…), list.removeLast(…)`
  - `list.size()`
  - `list.get(i)`
  - … und viele mehr (siehe Java API)

Angeben des Typs von Listenelementen (I)

Eine Liste soll nur Werte des gleichen Typs speichern können:

- bei eigener Implementierung:
  z.B. fester Typ `double` für das Attribut `value` in `ListElement`
  z.B. fester Typ `Figur` für das Attribut `value` in `FigurListElement`
- bei Verwendung von `LinkedList`:
  z.B.
```
LinkedList<Double> doubleListe =
                          new LinkedList<Double>();
```
  z.B.
```
LinkedList<Figur> figurListe =
                          new LinkedList<Figur>();
```

Innerhalb der spitzen Klammern dürfen nur Klassennamen stehen (keine Grunddatentypen wie `double`)!

Angeben des Typs von Listenelementen (II)

- Alle Methoden sind für die Liste `doubleListe` auf Werte vom Typ `Double` festgelegt:

z.B. richtig:
```
doubleListe.addFirst(1.0);
```
falsch:
```
doubleListe.addFirst(1);
doubleListe.addFirst("text");
```

z.B. richtig:
```
Double d = doubleListe.get(0);
```
falsch:
```
Figur f = doubleListe.get(0);
```

- Alle Methoden sind für die Liste `figurListe` auf Werte vom Typ `Figur` festgelegt:

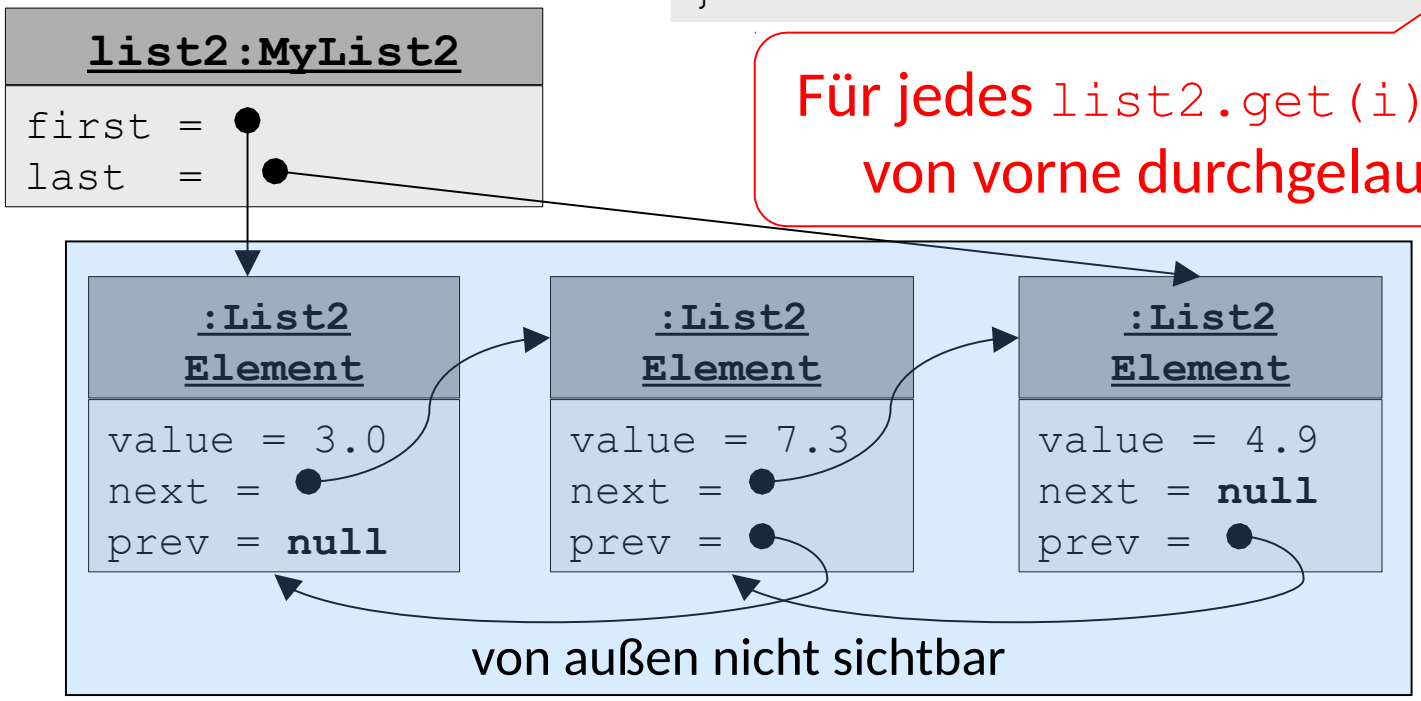
z.B. richtig:
```
figurListe.addFirst(new Figur(…));
```
falsch:
```
figurListe.addFirst("text");
```

z.B. richtig:
```
Figur f = figurListe.get(0);
```
falsch:
```
Double d = figurListe.get(0);
```

Durchlaufen einer verketteten Liste: Beispiel

```
double summe = 0.0;
for (int i = 0; i < list2.size(); i++) {
   summe = summe + list2.get(i);
}
```

Für jedes `list2.get(i)` muss die Liste von vorne durchgelaufen werden!



Durchlaufen einer `LinkedList`: Beispiel

```
LinkedList<Double> list = new LinkedList<Double> ();
... // Hinzufügen der Elemente

double summe = 0.0;
Iterator<Double>  iterator = list.iterator();
while (iterator.hasNext()) {
   summe = summe + iterator.next();
}
```

Der `Iterator` merkt sich, welches Element in der Liste er als nächstes zurückgeben muss.

Durchlaufen einer `LinkedList`: Beispiel

```
LinkedList<Double> list = new LinkedList<Double> ();
... // Hinzufügen der Elemente

double summe = 0.0;
Iterator<Double>  iterator = list.iterator();
while (iterator.hasNext()) {
   summe = summe + iterator.next();
}
```

Kurzform:

```
double summe = 0.0;
for (Double d : list) {
   summe = summe + d;
}
```

Der `Iterator` merkt sich, welches Element in der Liste er als nächstes zurückgeben muss.

Verkettete Listen: Zeitkomplexität

```
LinkedList<Double> list = new LinkedList<Double> ();
... // Hinzufügen der Elemente

double summe = 0.0;
Iterator<Double>  iterator = list.iterator();
while (iterator.hasNext()) {
   summe = summe + iterator.next();
}
```

Was ist die Zeitkomplexität der Schleife?

a) O(1)
b) O(n)
c) $O(n^2)$