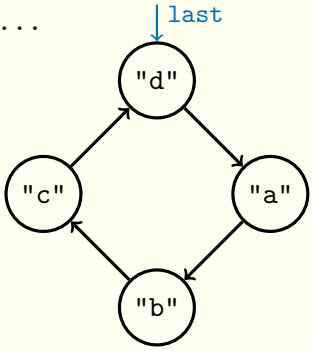
Zyklen, doppelte Verkettung
Abstraktionshierarchien
Objektschnittstellen

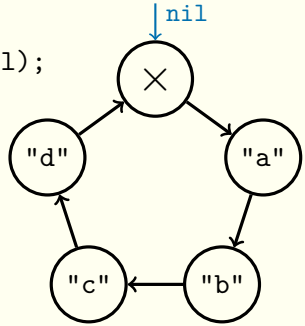
Ringliste

```
public class RingQueue {  private ListNode last; ...
    public String poll() {
        if (last != null) {
            ListNode n = last.next();
            if (n == last) { last = null; }
            else { last.setNext(n.next()); }
            return n.value();
        } else { return null; }
    }
    public void add(String v) {
        if (last == null) {
            last = new ListNode(v, null);
            last.setNext(last);
        } else { last.setNext(last = new ListNode(v, last.next())); }
    }
```



Ringliste mit speziellem Knoten `nil`

```
public class RingQueue {
    private ListNode nil = new ListNode(null, null);
    public RingQueue() { nil.setNext(nil); }
    ...
    public String poll() {
        ListNode n = nil.next();
        nil.setNext(n.next());
        return n.value();
    }
    public void add(String v) {
        nil.setValue(v);
        nil.setNext(nil = new ListNode(null, nil.next()));
    }
}
```



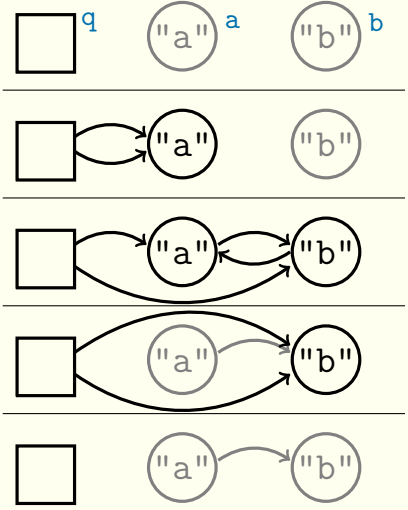
Aufgabe: Einfachheit erfordert Aufwand

In Gruppen zu 2 bis 3 Personen:

Warum ist es besonders schwierig, so einfache Klassen wie `RingQueue` zu schreiben?

Zeit: 2 Minuten

Doppelt verkettete Liste – Traversierung in beide Richtungen



q ist Queue (abstrakter Datentyp), anfangs leer

`q.add(a)` ≈ `{q.head = a; q.last = a;}`

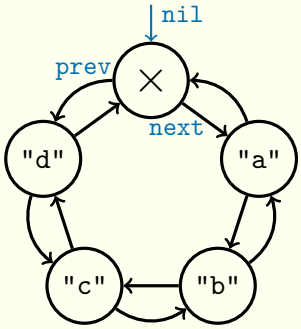
eigener Zweig für Einfügen in leere Queue

`q.add(b)` ≈ `{b.previous = q.last;`
`q.last = q.last.next = b;}`

`q.poll()` ≈ `{q.head = q.head.next;}`

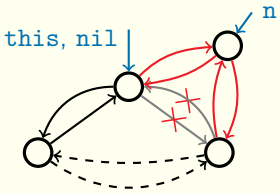
`q.poll()` ≈ `{q.head = q.last = null;}`

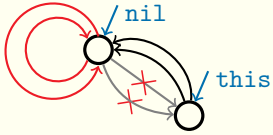
Doppelt verkettete Ringliste mit `nil`



Traversierung in beide Richtungen
(z.B. Double-Ended-Queue)

spart viele Fallunterscheidungen






```
nil.add(...)
-->
DLNode n = new DLNode(
       ..., this, next);
next = next.prev = n;
```

```
nil.next.remove()
-->
next.prev = prev;
prev.next = next;
```

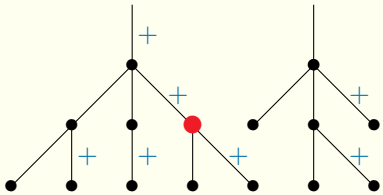
Aufgabe: Warum meist einfach statt doppelt verkettet?

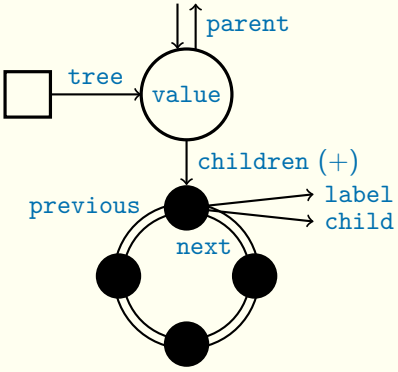
In Gruppen zu 2 bis 3 Personen:

In der Praxis werden meist einfach verkettete Listen geschrieben, selten mehrfach verkettete. Welche Ursache könnte das haben?

Zeit: 2 Minuten

Navigieren durch verallgemeinerten Baum



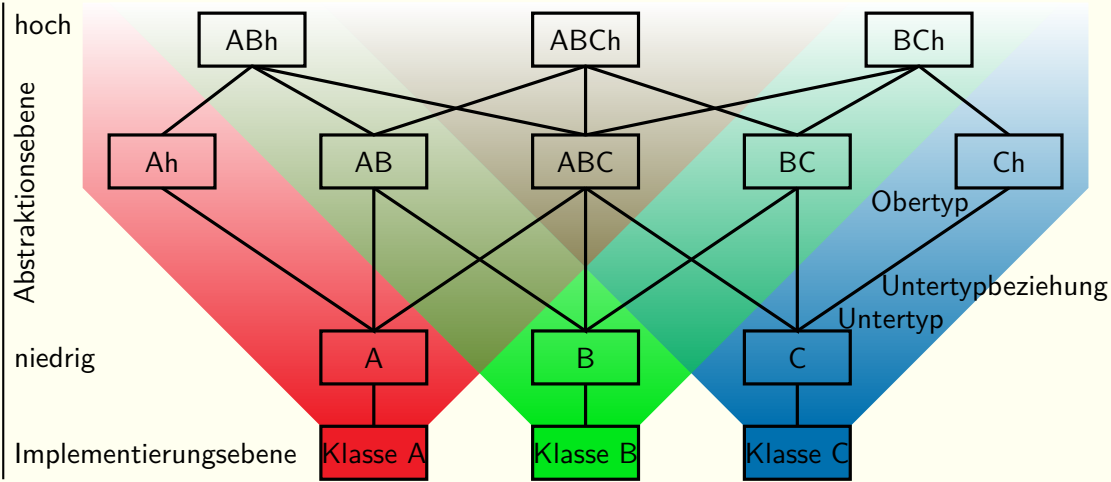


Aufgabe: Ideale Baum- oder Listenstruktur

Es gibt viele unterschiedliche Arten von Listen und Bäumen, die alle praktisch zum Einsatz kommen.

Wäre es nicht geschickter, nur eine ideale Art von Liste und eine ideale Baumstruktur zu verwenden und die anderen zu vergessen? Wieso?

Abstraktionshierarchie – Beziehungen zw. abstrakten Datentypen



Java-Interface zur Beschreibung einer Objektschnittstelle

```
/*****************************************************
BoxedText: Rectangular text within border lines.
public methods:
  void newDimensions(int width, int height);
  void setLine(int index, String txt);
  void print();
  String toString();
*****************************************************/
public interface AbstrBoxed {
    void newDimensions(int width, int height);
    void setLine(int index, String txt);
    void print();
    String toString();
}
```

Java-Interface: Definition, Implementierung und Verwendung

```
public interface AbstrBoxed {
    void newDimensions(int width, int height);
    void setLine(int index, String txt);
    void print();
    String toString();
}

public class BoxedText implements AbstrBoxed {
    ... // defines at least all methods of AbstrBoxed
}

    AbstrBoxed ab = new BoxedText();
    ab.newDimensions(5, 3);
    ab.setLine(1, "ABCDE");
    ab.print();
```

Abstraktion auf höherer Ebene

```
public interface SetBoxed {
    void newDimensions(int width, int height);
    void setLine(int index, String txt);
}
public class BoxedText implements SetBoxed {
    ... // all methods including print and toString
}

    BoxedText bt = new BoxedText();
    bt.print();              // OK, BoxedText specifies print
    SetBoxed sb = bt;        // OK, BoxedText is subtype of SetBoxed
    sb.newDimensions(5, 3); // OK, SetBoxed specifies newDimensions
    sb.setLine(1, "ABCDE"); // OK, SetBoxed specifies setLine
    sb.print();              // ERROR, SetBoxed does not specify print
    bt = sb;                 // ERROR, SetBoxed is no subtype of BoxedText
```

Aufgabe: Interfaces und Kommentare

In Gruppen zu 2 bis 3 Personen:

Kommentare in einem Interface beschreiben die Verwendung der Methoden.
Müssen die Kommentare denen in einer Klasse gleichen, die das Interface implementiert?

Zeit: 2 Minuten

Klasse implementiert mehrere Interfaces

```
public interface Print {
    void print();
}
public class BoxedText implements SetBoxed, Print {
    ... // defines at least all methods of SetBoxed and Print
}

    BoxedText bt = new BoxedText();
    SetBoxed sb = bt;        // OK
    Print p = bt;            // OK
    sb.newDimensions(5, 3); // OK
    sb.setLine(1, "ABCDE"); // OK
    p.print();               // OK
    sb.print();              // ERROR
    p.setLine(1, "ABCDE");  // ERROR
```

Interface erweitert mehrere Interfaces

```
public interface SetBoxed {
    void newDimensions(int width, int height);
    void setLine(int index, String txt);
}
public interface Print {
    void print();
}
public interface AbstrBoxed extends SetBoxed, Print {
    void newDimensions(int width, int height);
    void print();
    String toString();
}
public class BoxedText implements AbstrBoxed {
    ...
}
```

Nominales Subtyping

Untertypbeziehungen beruhen auf Typdefinitionen (implements und extends), Vorhandensein von Methoden nicht hinreichend (`Print` $\neq$ `PrintBoxed`)

```
public interface Print {
    void print(); // prints 'this'
}
public interface PrintBoxed extends Print {
    void print(); // prints 'this' as text in a box
}

    Print p = ...;
    PrintBoxed pb = ...;
    p = pb;              // OK
    pb = p;              // ERROR
```

Vererbung auf Klassen

```
// every class inherits from exactly one other class,
// inherits from 'Object' if there is no 'extends',
// all public methods of superclass available in subclass
public class BoxedText extends Object implements AbstrBoxed {
    ... // exactly the same as without 'extends Object'
}

// public methods of BoxedText available in BoxedTextReset,
// BoxedTextReset is subtype of BoxedText
public class BoxedTextReset extends BoxedText {
    public void reset() {
        newDimensions(0, 0);
    }
}
```

Ersetzbarkeit

Objekt eines Untertyps überall verwendbar wo Objekt eines Obertyps erwartet

jede Referenzvariable (auch Parameter) hat gleichzeitig

deklarierten Typ: Typ in der Deklaration der Variablen

dynamischen Typ: Klasse des Objekts, das gerade in der Variablen steht

→ jeder Ausdruck hat:

statisch vom Compiler ermittelten deklarierten Typ

zur Laufzeit abfragbaren, sich mit Zuweisungen ändernden dynamischen Typ

Aufgabe: Deklarierter und dynamischer Typ unterschiedlich?

In Gruppen zu 2 bis 3 Personen:

Suchen Sie nach Fallbeispielen (Programmteile), in denen sich der dynamische vom deklarierten Typ einer Variable bzw. eines Ausdrucks unterscheidet.

Zeit: 2 Minuten

getClass, class, instanceof

```
Print p = new BoxedText();   // declared as Print, dynamic type BoxedText
Class cp = p.getClass();     // representation of dynamic type of p
Class cBT = BoxedText.class; // representation of class BoxedText
Class cP = Print.class;      // representation of interface Print
Class cA = Print[].class;    // representation of array of Print
Class ci = int.class;        // representation of int (no reference type)

cp == cBT                    -> true  (BoxedText is dynamic type of p)
cp == cP                     -> false (Print is not dynamic type of p)
p instanceof Print           -> true  (BoxedText is subtype of Print)
p instanceof BoxedText       -> true  (every type is subtype of itself)
p instanceof SetBoxed        -> true  (BoxedText is subtype of SetBoxed)
p instanceof BoxedTextReset -> false (not subtype of BoxedTextReset)
null instanceof Print        -> false (null is not subtype of any type)
```

Casts auf Referenztypen

```
Print p = new BoxedText();
p.print();                          // OK
p.setLine(0, "");                   // syntax error, no setLine in Print
((BoxedText)p).setLine(0, "");      // OK, cast changes declared type
((SetBoxed)p).setLine(0, "");       // OK
((BoxedTextReset)p).print();        // error at runtime,  dynamic type
                                    // BoxedText no subtype of BoxedTextReset
((Print)null).print();              // null.print -> error at runtime
p = (Print)null;                    // OK, null can be cast to each ref. type
```