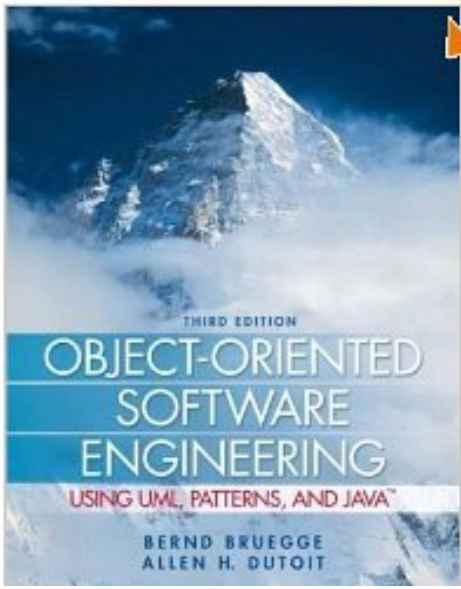
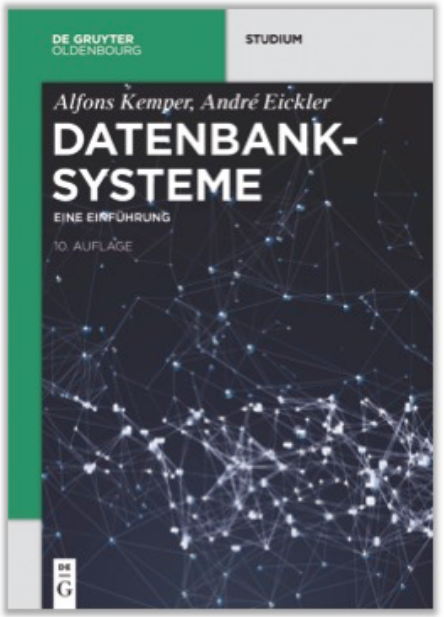
Einführung in die Informatik II für Ingenieurwissenschaften (MSE)

- Prof. Alfons Kemper, Ph.D.
- Alexander van Renen

- Teil 1:
  - Objektorientierte Modellierung (in UML) und
  - Programmierung in Java



- Teil 2:
  - Datenbanksysteme: Eine Einführung
  - Alfons Kemper und Andre Eickler
  - Oldenbourg Verlag, 10. Auflage, 2016



Kollektionen in Java
Aufzählungstypen, Generische Typen

- Wiederverwendbare Kollektionsklassen
  - Typparameter
  - Vordefinierte Kollektionen in der Java Collections Bibliothek
  - Insbesondere für die Modellierung von Assoziationen sinnvoll zu nutzen
  - Und für die Indexierung von Objekten
    - Schnelles Auffinden bei der Suche

Aufzählungstypen

- Notlösung:

```
1    public static final int MONTH_JAN =  1;
2    public static final int MONTH_FEB =  2;
3    ...
4    public static final int MONTH_NOV = 11;
5    public static final int MONTH_DEC = 12;
```

Aufzählungstypen

- besser:

```
1     public enum Month { JAN, FEB, MAR, APR, MAY, JUN,
2         JUL, AUG, SEP, OCT, NOV, DEC };
```

```
1  public class Enums {
2    public enum Month {
3      JAN  (31,  -2.2), FEB  (28,  -0.8), MAR  (31,   3.1),
4      APR  (30,   9.0), MAY  (31,  12.7), JUN  (30,  15.9),
5      JUL  (31,  20.1), AUG  (31,  17.1), SEP  (30,  15.4),
6      OCT  (31,   7.8), NOV  (30,   3.1), DEC  (31,  -0.8);
7
8      private final int     days;
9      private final double  avgTemperature;
10
11     Month(int days, double avgTemperature) {
12       this.days = days;
13       this.avgTemperature = avgTemperature;
14     }
15
16     public int    days()           { return days;  }
17     public double avgTemperature() { return avgTemperature; }
18
19     public double fractionOfYear() {
20       return days / 365.0;
21     }
22   };
23
24   public static void prettyPrint(Month m) {
25     System.out.println("Monat: " + m + ", Anzahl Tage: " + m.days() +
26                        ", Anteil am Jahr: " +  m.fractionOfYear());
27   }
28
29   public static void main(String[] args) {
30     prettyPrint(Month.JAN);
31
32     for (Month m : EnumSet.range(Month.FEB, Month.MAY))
33       System.out.println(m);
34   }
35 }
```

```
1     Month m = Month.JAN;
2
3     switch (m) {
4       case SEP:
5       case OCT:
6       case NOV:
7       case DEC:
8       case JAN:
9       case FEB:
10      case MAR:
11      case APR:
12        System.out.println("kalt");
13        break;
14      case MAY:
15      case JUN:
16      case JUL:
17      case AUG:
18        System.out.println("warm");
19        break;
20    }
```

Generische Klassen: Motivation

```
public class QuaderStack {
  private Quader[] elements;
  private int cardinality = 0;

  public QuaderStack(int capacity) {
    elements = new Quader[capacity];
  }
  public void push(Quader e) {
    elements[cardinality++] = e;
  }
  public Quader pop() {
    return elements[--cardinality];
  }
  public boolean isEmpty() {
    return (cardinality == 0);
  }
}
```

```
1  public class ZylinderStack {
2    private Zylinder[] elements;
3    private int cardinality = 0;
4
5    public ZylinderStack(int capacity) {
6      elements = new Zylinder[capacity];
7    }
8    public void push(Zylinder e) {
9      elements[cardinality++] = e;
10   }
11   public Zylinder pop() {
12     return elements[--cardinality];
13   }
14   public boolean isEmpty() {
15     return (cardinality == 0);
16   }
17 }
```

Generisch ... aber nicht typsicher

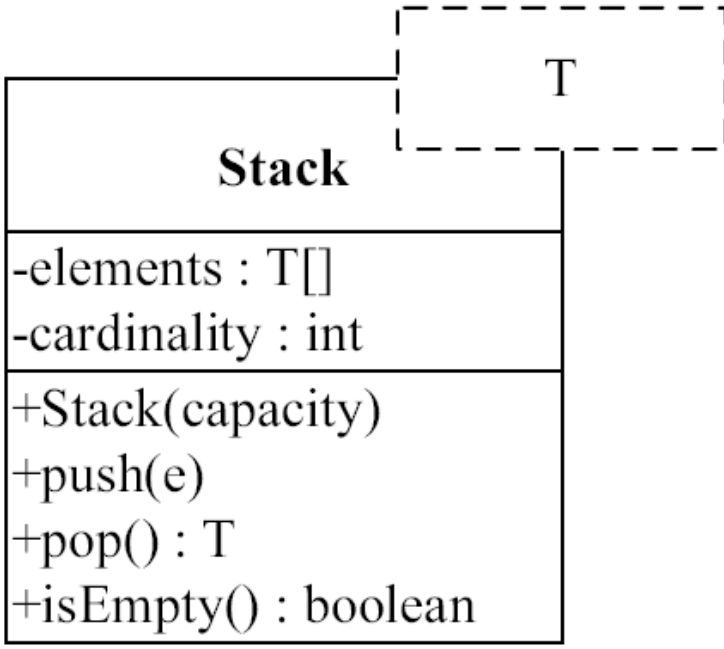
```
1  public class Stack {
2    private Object[] elements;
3    private int cardinality = 0;
4
5    public Stack(int capacity) {
6      elements = new Object[capacity];
7    }
8    public void push(Object e) {
9      elements[cardinality++] = e;
10   }
11   public Object pop() {
12     return elements[--cardinality];
13   }
14   public boolean isEmpty() {
15     return (cardinality == 0);
16   }
17 }
```

Nutzung ... durch type casting

```
1  // Quader q anlegen
2  // ...
3  QuaderStack myQuaderStack = new QuaderStack(5);
4  myQuaderStack.push(q);
5  Quader q2 = myQuaderStack.pop();
6
7  Stack myQuaderStack2 = new Stack(5);
8  myQuaderStack2.push("Dies␣führt␣später␣zu␣einem␣Fehler!")
9  myQuaderStack2.push(q);
10 Quader q3 = (Quader)myQuaderStack2.pop();
11 Quader q4 = (Quader)myQuaderStack2.pop();
```

Generische Typen in Java und UML

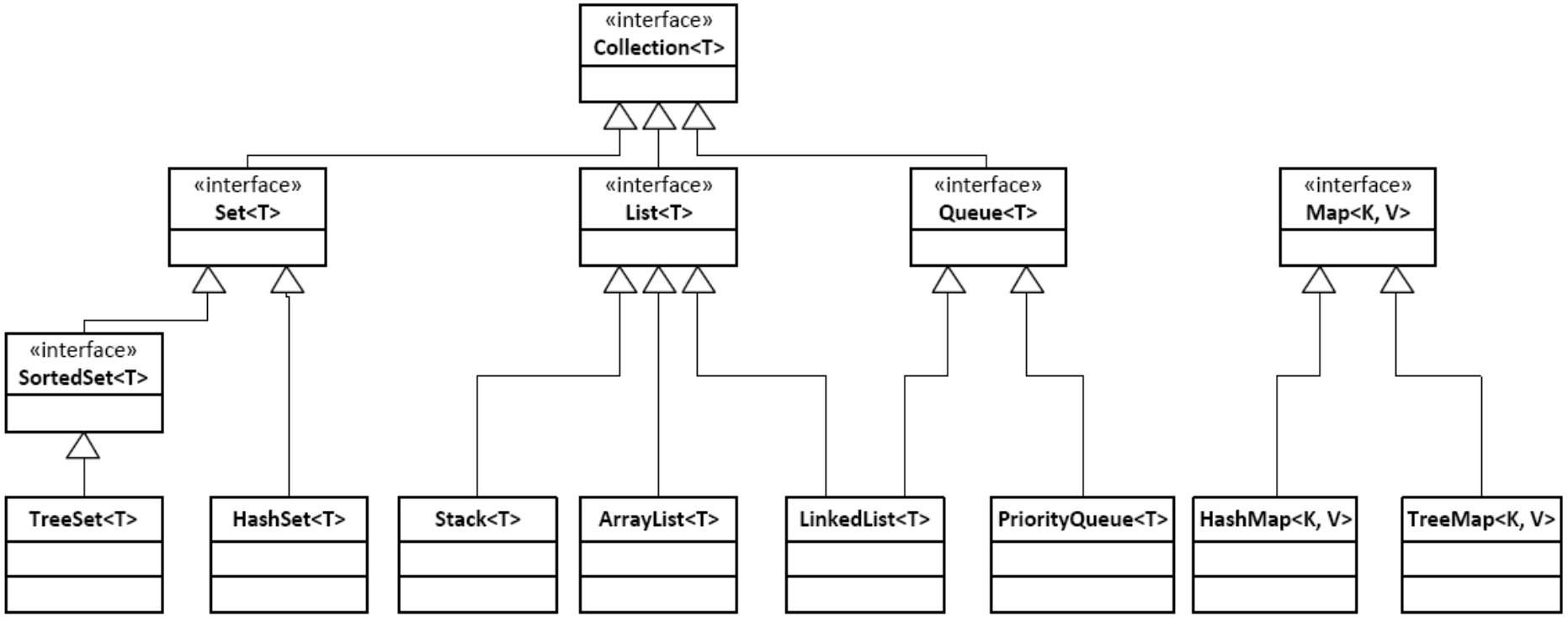
```
1  public class Stack<T> {
2    private T[] elements;
3    private int cardinality = 0;
4
5    public Stack(int capacity) {
6      elements = (T[])new Object[capacity];
7    }
8    public void push(T e) {
9      elements[cardinality++] = e;
10   }
11   public T pop() {
12     return elements[--cardinality];
13   }
14   public boolean isEmpty() {
15     return (cardinality == 0);
16   }
17 }
```



Nutzung

```
1  // Quader q anlegen
2  // ...
3  Stack<Quader> myQuaderStack = new Stack<Quader>(5);
4  myQuaderStack.push(q);
5  // myQuaderStack.push("Dies würde der Compiler beim
6  Quader q2 = myQuaderStack.pop();
```

Das Java Collection Framework



```
class PhoneBook {
        // Map for the standard lookup
        TreeMap<String, Integer> nameToNumber;
        // Map for the reverse lookup
        HashMap<Integer, String> numberToName;

        // Constructor
        public PhoneBook() {
                nameToNumber = new TreeMap<String, Integer>();
                numberToName = new HashMap<Integer, String>();
        }

        // Add an entry to the phone book
        void addEntry(String name, Integer phoneNumber) {
                nameToNumber.put(name, phoneNumber);    // O(log(n))
                numberToName.put(phoneNumber, name);    // O(1)
        }

        // Standard lookup: get the phone number for a name
        Integer lookup(String name) {
                return nameToNumber.get(name);          // O(log(n))
        }

        // Reverse lookup: get the name for a phone number
        String reverseLookup(Integer phoneNumber) {
                return numberToName.get(phoneNumber);   // O(1)
        }

        // Get all entries of the phone book whose names lie in the given range
        Set<Map.Entry<String, Integer>> rangeLookup(String from, String to) {
                return nameToNumber.subMap(from, to).entrySet();
        }
```

Nutzungsbeispiele

```
// Executable main method
public static void main(String[] args) {
        // Create the phone book
        PhoneBook phoneBook = new PhoneBook();
        phoneBook.addEntry("Maus, Micky", 4711);
        phoneBook.addEntry("Duck, Donald", 1234);
        phoneBook.addEntry("Maus, Minni", 1704);
        phoneBook.addEntry("Kolumbus, Christoph", 1492);
        // Lookup

        println("Donald's number: " + phoneBook.lookup("Duck, Donald"));
        println("1492 belongs to " + phoneBook.reverseLookup(1492));
        for (Map.Entry<String, Integer> entry
             : phoneBook.rangeLookup("Maier", "Meier")) {
                println(entry.getKey() + ": " + entry.getValue());
        }
}
```

Nutzung für die Modellierung von Assoziationen

```
1  import java.util.Set;
2  import java.util.HashSet;
3
4  public class Student {
5    public String name;
6    public Set<Vorlesung> vorlesungen;
7    // ...
8    vorlesungen = new HashSet<Vorlesung>();
9    if (!vorlesungen.contains(grundzuege)) {
10     vorlesungen.add(grundzuege);
11   }
```

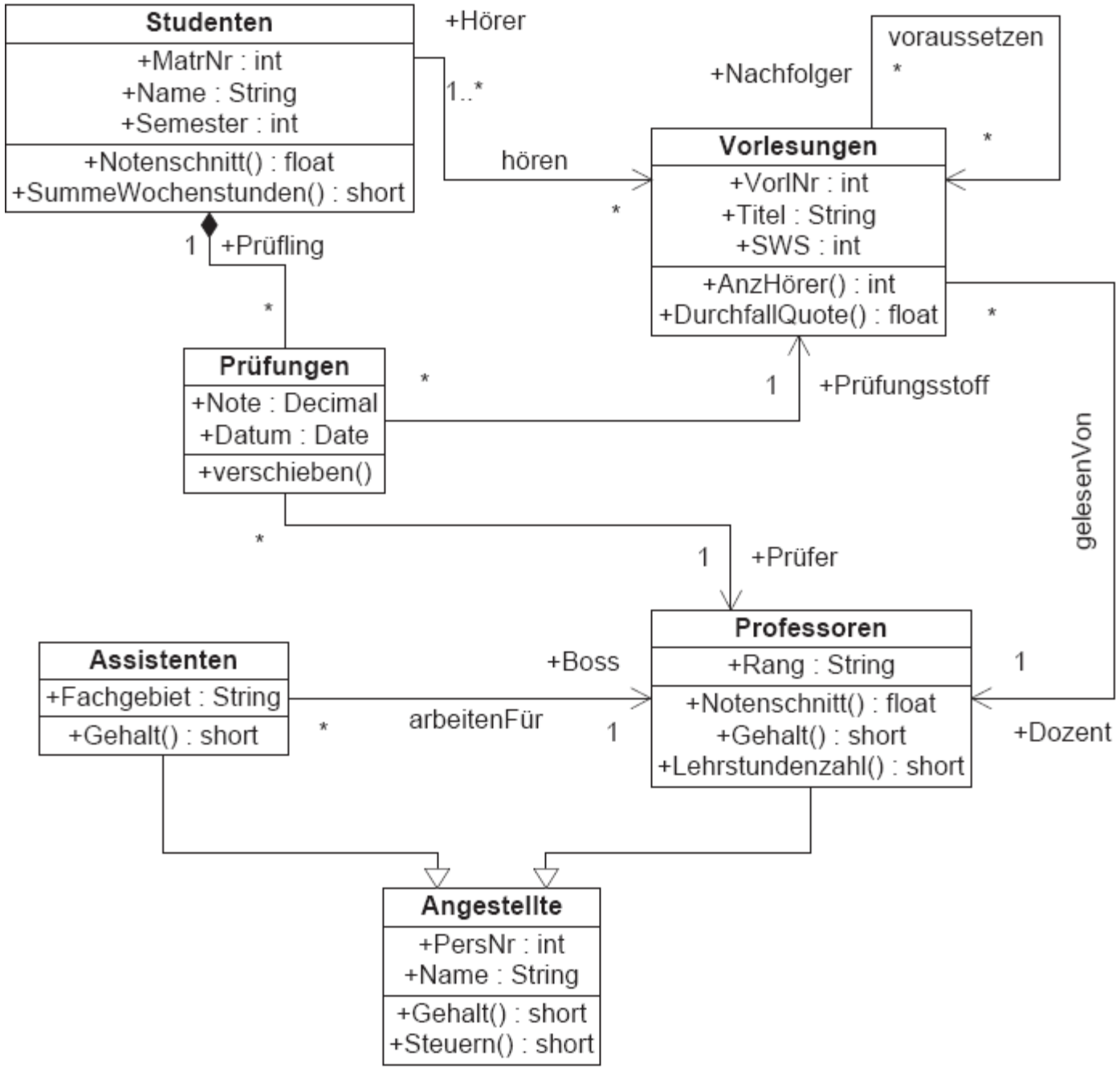
Wrapper für Sorten/Werte

```
1  Stack<Integer> myIntegerStack = new Stack<Integer>(10);
2  int fortysevenelleven = 4711;
3  myIntegerStack.push(new Integer(fortysevenelleven)); // Einp
4  Integer surprise = myIntegerStack.pop();             // Imme
5  int unwrapped = surprise.intValue();                 // Ausp
```

Auto-Boxing

```
Stack<Integer> myIntegerStack = new Stack<Integer>(10);
int fortyseveneleven = 4711;
myIntegerStack.push(fortyseveneleven); // Automatisches
int myInt = myIntegerStack.pop();      // Automatisches
```

Modellierungs-Beispiel: Universität



```
1  import java.util.Set;
2  import java.util.HashSet;
3
4  public class Student {
5    public int matrNr;
6    public String name;
7    public int semester;
8    public Set<Vorlesung> vorlesungen;
9    public Set<Pruefung> pruefungen;
10
11   public Student(int matrNr, String name, int semester) {
12     this.matrNr = matrNr;
13     this.name = name;
14     this.semester = semester;
15
16      vorlesungen = new HashSet<Vorlesung>();
17     pruefungen = new HashSet<Pruefung>();
18   }
19
20   public void belegeVorlesung(Vorlesung vorlesung) {
21     vorlesung.erhoeheAnzahlHoerer();
22     vorlesungen.add(vorlesung);
23   }
24
25   public void pruefen(Pruefung pruefung) {
26     pruefungen.add(pruefung);
```

```
20    public void belegeVorlesung(Vorlesung vorlesung) {
21      vorlesung.erhoeheAnzahlHoerer();
22      vorlesungen.add(vorlesung);
23    }
24
25    public void pruefen(Pruefung pruefung) {
26      pruefungen.add(pruefung);
27    }
28
29    public float notenschnitt() {
30      float durchschnittsNote = 0;
31      for (Pruefung p : pruefungen) {
32        durchschnittsNote += p.note/pruefungen.size();
33      }
34      return durchschnittsNote;
35    }
36
37    public short summeWochenstunden() {
38      short summeSWS = 0;
39      for (Vorlesung v : vorlesungen) {
40        summeSWS += v.sws;
41      }
42      return summeSWS;
43    }
44  }
```

```
1  import java.util.Calendar;
2
3  public class Pruefung {
4    public double note;
5    public Calendar datum;
6    public Student pruefling;
7    public Vorlesung pruefungsstoff;
8    public Professor pruefer;
9
10   private boolean bewertet;
11
12   public Pruefung(Student student, Vorlesung vorlesung, Professor professor,
13                   Calendar termin) {
14     this.pruefling = student;
15     this.pruefungsstoff = vorlesung;
16       this.pruefer = professor;
17       this.datum = termin;
18       bewertet = false;
19     }
20
21     public void bewerten(double note) {
22       if (!bewertet) {
23         bewertet = true;
24         this.note = note;
25         pruefling.pruefen(this);
26         pruefungsstoff.pruefen(this);
27         pruefer.pruefen(this);
28       }
29     }
```

```
1  import java.util.Set;
2  import java.util.HashSet;
3
4  public class Vorlesung {
5    public int vorlNr;
6    public String titel;
7    public int sws;
8    public Professor dozent;
9    public Set<Vorlesung> voraussetzungen;
10
11   private int anzahlHoerer;
12   private int anzahlPruefungen;
13   private int anzahlDurchgefallen;
14
15   public Vorlesung(int vorlNr, String titel, int sws, Professor dozent) {
16     this.vorlNr = vorlNr;
17     this.titel = titel;
18     this.sws = sws;
19     this.dozent = dozent;
20
21     voraussetzungen = new HashSet<Vorlesung>();
22
23     dozent.leseVorlesung(this);
24   }
25
```

```
26    public void pruefen(Pruefung pruefung) {
27      if (pruefung.note > 4.0) {
28        anzahlDurchgefallen++;
29      }
30      anzahlPruefungen++;
31    }
32
33    public void erhoeheAnzahlHoerer() {
34      anzahlHoerer++;
35    }
36
37    public int anzahlHoerer() {
38      return anzahlHoerer;
39    }
40
41    public float durchfallQuote() {
42      return (float)anzahlDurchgefallen/anzahlPruefungen;
43    }
44  }
```

```
16      this.pruefer = professor;
17      this.datum = termin;
18      bewertet = false;
19    }
20
21    public void bewerten(double note) {
22      if (!bewertet) {
23        bewertet = true;
24        this.note = note;
25        pruefling.pruefen(this);
26        pruefungsstoff.pruefen(this);
27        pruefer.pruefen(this);
28      }
29    }
30
31    public void verschieben(Calendar neuesDatum) {
32      if (datum.compareTo(Calendar.getInstance()) > 0) {
33        datum = neuesDatum;
34      }
35    }
36  }
```

```
1  public class Angestellter {
2    public int persNr;
3    public String name;
4
5    public Angestellter(int persNr, String name) {
6      this.persNr = persNr;
7      this.name = name;
8    }
9
10   public int gehalt() {
11     return 2000;
12   }
13
14   public int steuern() {
15     return gehalt()/2;
16   }
17 }
```

```
1  public class Professor extends Angestellter {
2    public enum Rang {
3      C1, C2, C3, C4
4    }
5
6    public Rang rang;
7
8    private short lehrstunden;
9    private int notenAnzahl;
10   private int notenSumme;
11
12   public Professor(int persNr, String name, Rang rang) {
13     super(persNr, name);
14     this.rang = rang;
15   }
16
17   public void leseVorlesung(Vorlesung vorlesung) {
18     lehrstunden += vorlesung.sws;
19   }
20
21   public short lehrstundenzahl() {
22     return lehrstunden;
23   }
24
25   public void pruefen(Pruefung pruefung) {
26     notenAnzahl++;
27     notenSumme += pruefung.note;
28   }
29
30   public float notenschnitt() {
31     return (float)notenSumme/notenAnzahl;
32   }
33
34   public int gehalt() {
```

```
35        int gehalt;
36        switch (rang) {
37          case C1: gehalt = 3000;
38          break;
39          case C2: gehalt = 3200;
40          break;
41          case C3: gehalt = 3400;
42          break;
43          case C4: gehalt = 3600;
44          break;
45          default: gehalt = 3000;
46          break;
47        }
48        return gehalt;
49      }
50    }
```

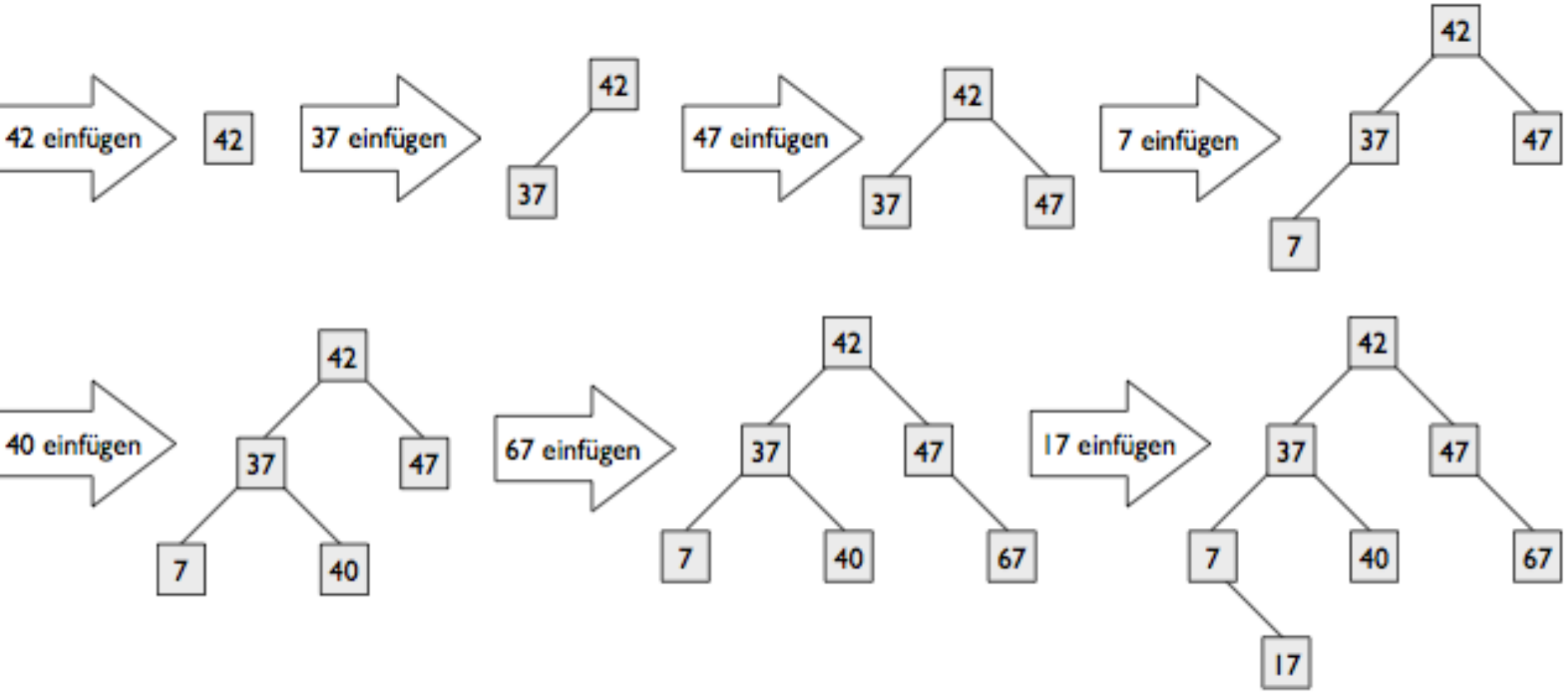
```
1  public class Assistent extends Angestellter {
2    public String fachgebiet;
3   public Professor boss;
4
5   public Assistent(int persNr, String name, String fachgebiet, Professor boss) {
6     super(persNr, name);
7     this.fachgebiet = fachgebiet;
8     this.boss = boss;
9   }
10
11  public int gehalt() {
12    return 2500;
13  }
14 }
```

Datenstrukturen für Kollektionen: Suchbäume und Hashing

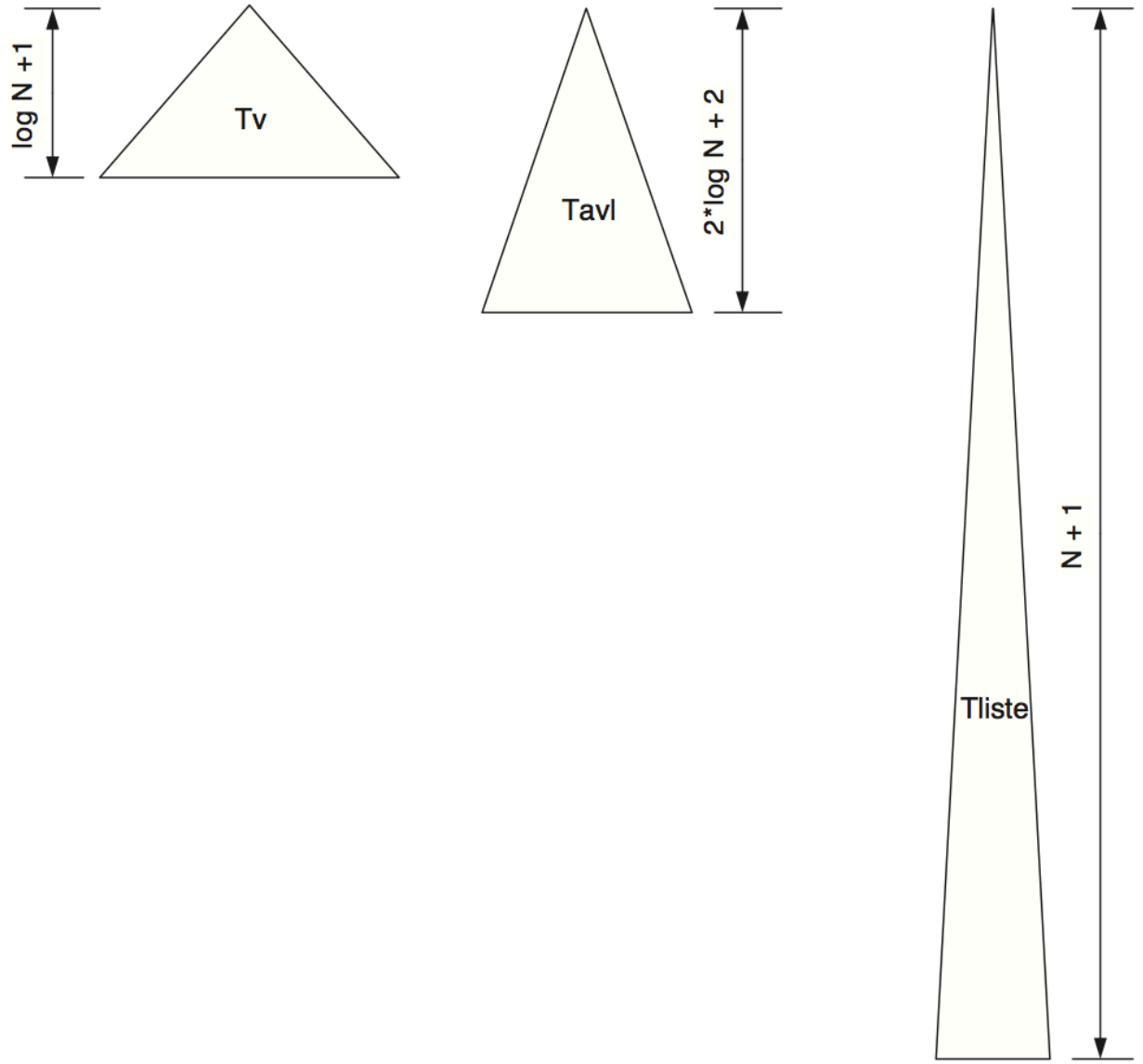
- Suchbäume haben logarithmische Höhe
  - Suche kostet dann O(log N)
    - N Elemente im Suchbaum
    - Bei 10.000.000.000 Einträge nicht zu vernachlässigen
  - Unterstützt auch Bereichsanfragen
  - TreeSet und TreeMap

- Hashing ist unabhängig von der Anzahl der Elemente
  - O(1) Suchkosten
  - Egal ob 200 oder 10.000.000.000 Einträge indexiert werden
  - Aber nur Punktanfragen (exact match)
  - HashSet und HashSet

Binäre Suchbäume



Problem: Degenerierter Suchbaum
Lösung: balancierter AVL-Baum



AVL-Baum: Balancierung während des einfügens

- Höhe des des linken Teilbaums unterscheidet sich von der Höhe des rechten Teilbaums um maximal 1

7.3 AVL-Bäume: Balancierte binäre Suchbäume

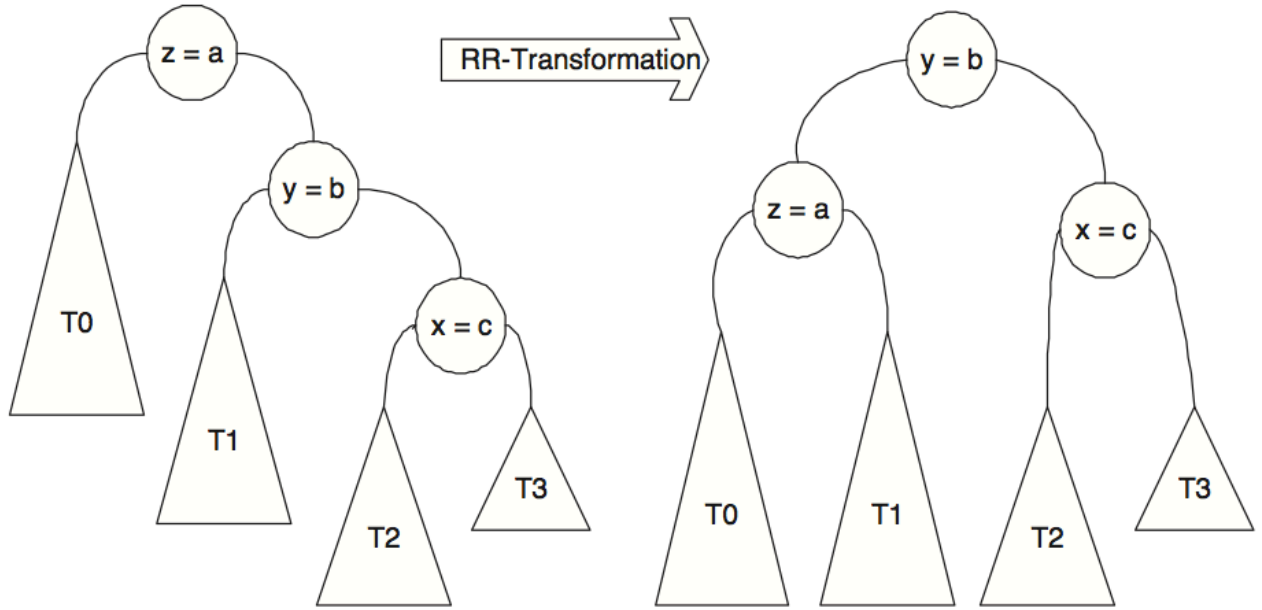
Die Höhe eines Baums mit der Wurzel V ist definiert als $h(v) = 1 + \max(h(T_l), h(T_r))$, wobei T_l und T_r das linke bzw. das rechte Kind (bzw. die Teilbäume) von v sind. Die Höhe eines leeren Teilbaums ist 0.

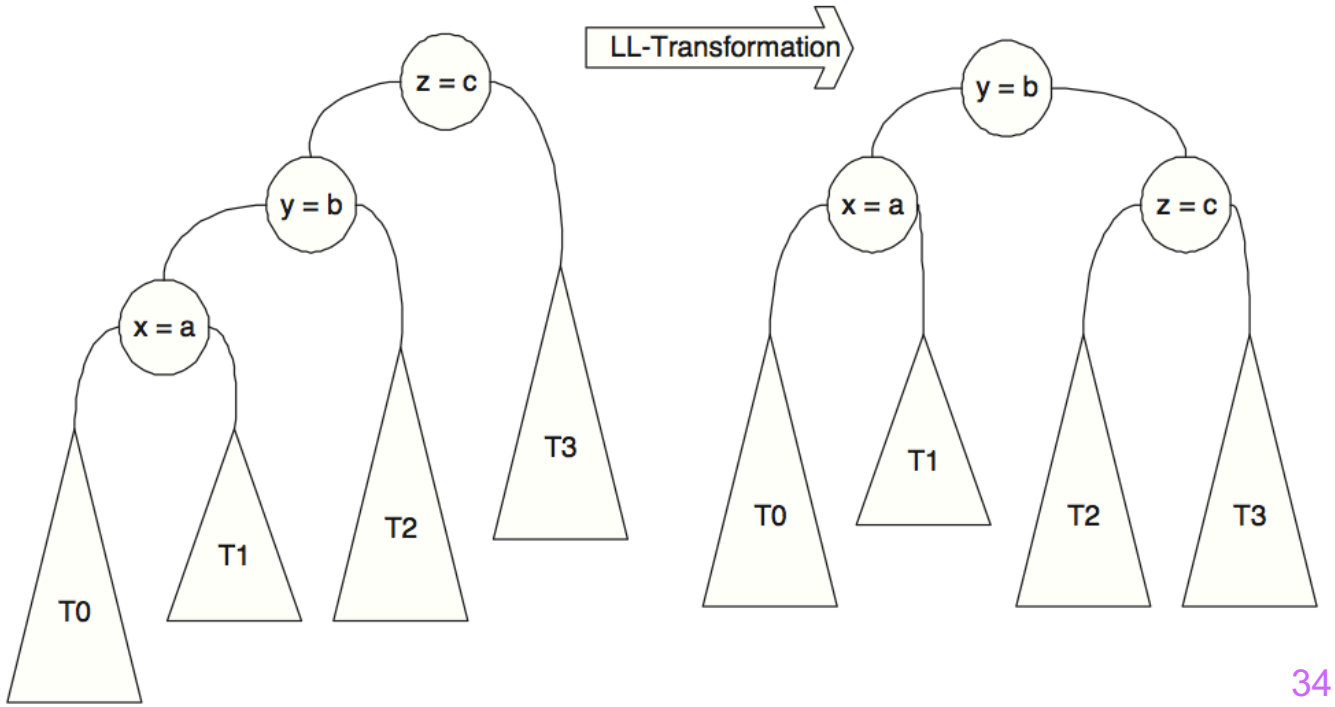
Ein binärer Suchbaum erfüllt die AVL-Eigenschaften, wenn für jeden Knten v des Baums gilt:

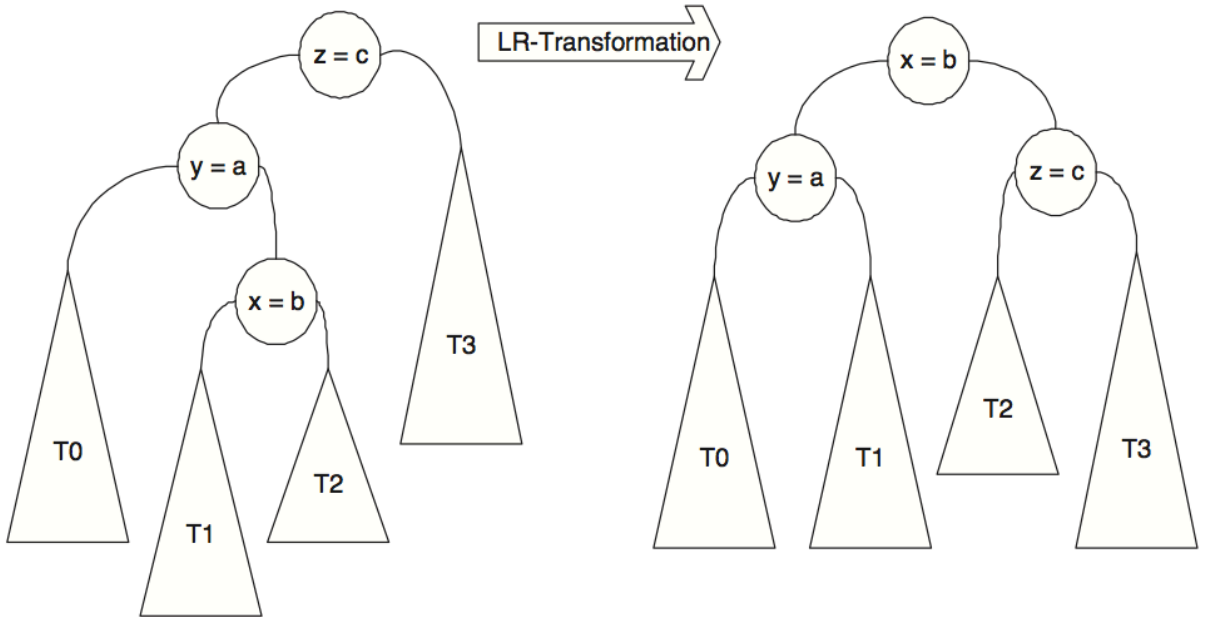
$$|h_l - h_r| \leq 1$$

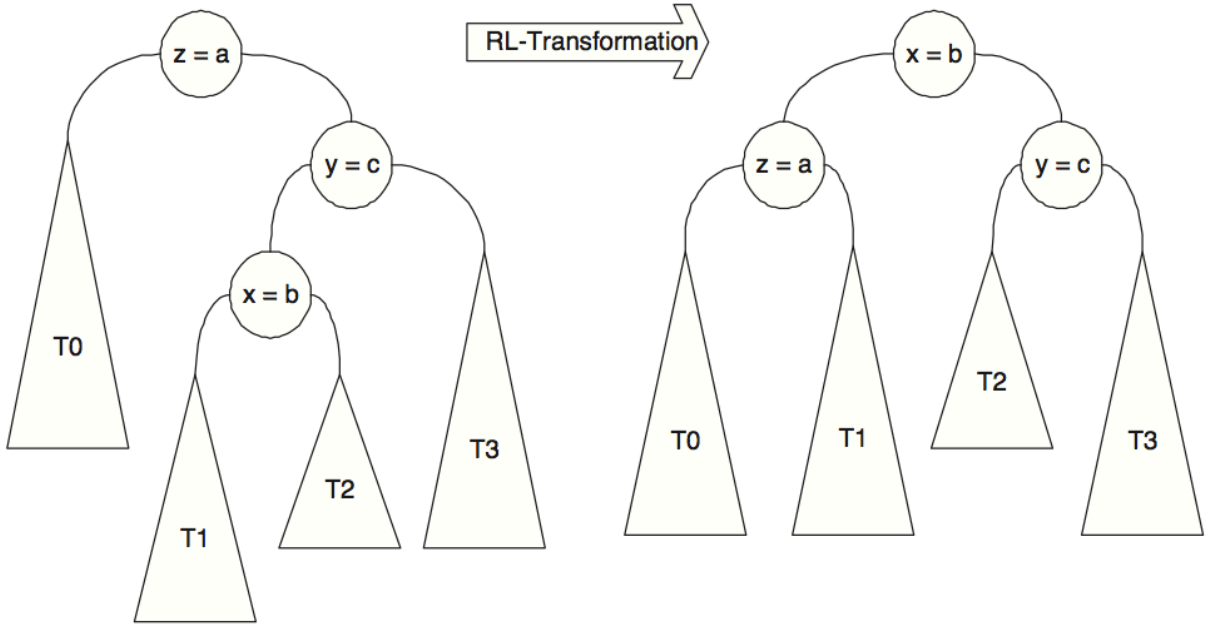
Der AVL-Baum ist benannt nach Adel'son-Vel'skii und Landis.

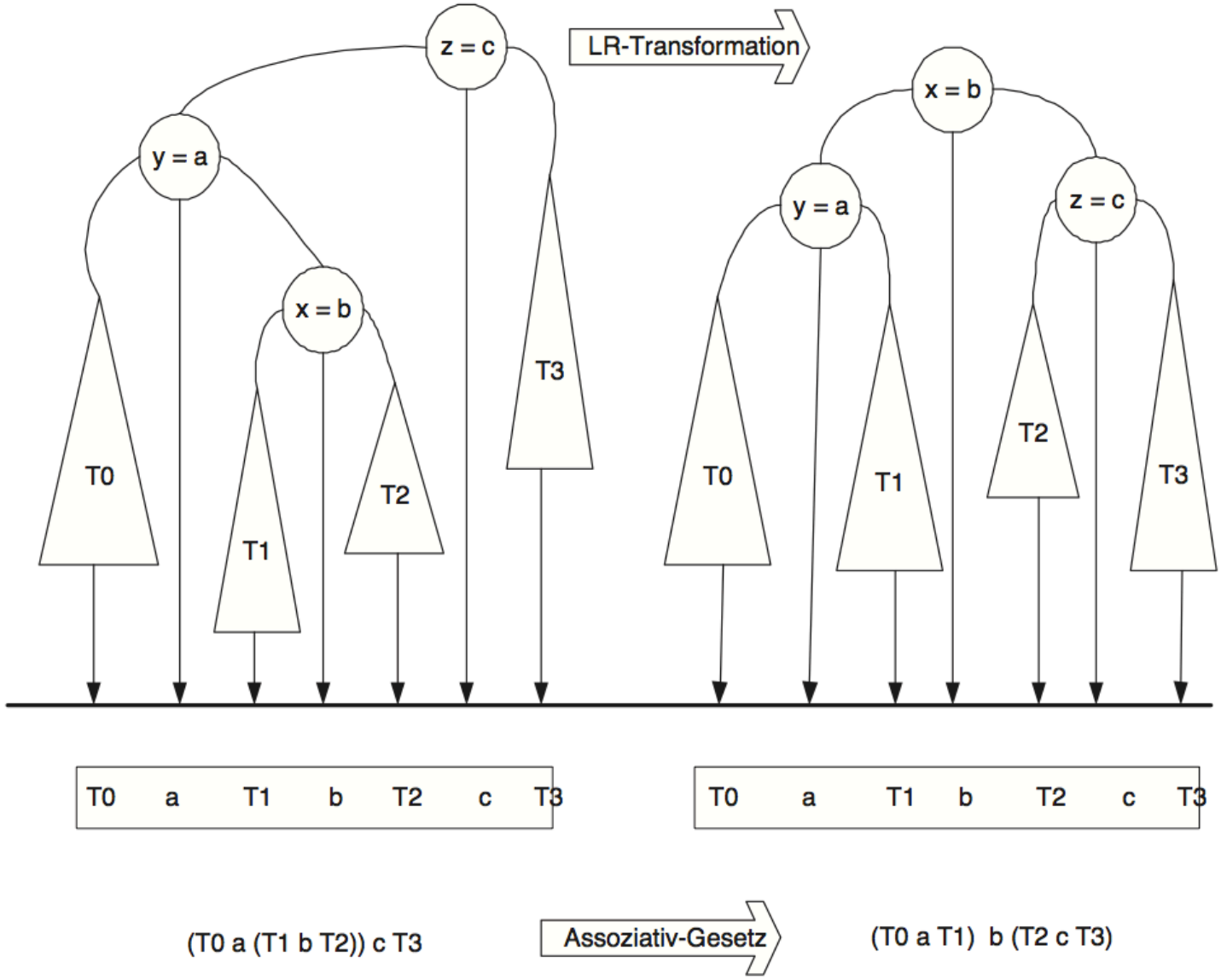
Den Wert $h_l - h_r$ nennt man den Balance-Faktor des Knotens. Gültige Werte für diesen Balance-Faktor sind $-1, 0, 1$. Wenn beim Einfügen oder Löschen eine "Unbalanciertheit" auftritt, muß diese durch entsprechende Transformationen revidiert werden.


z = a
y = b
x = c
T0
T1
T2
T3
RR-Transformation
y = b
z = a
x = c
T0
T1
T2
T3

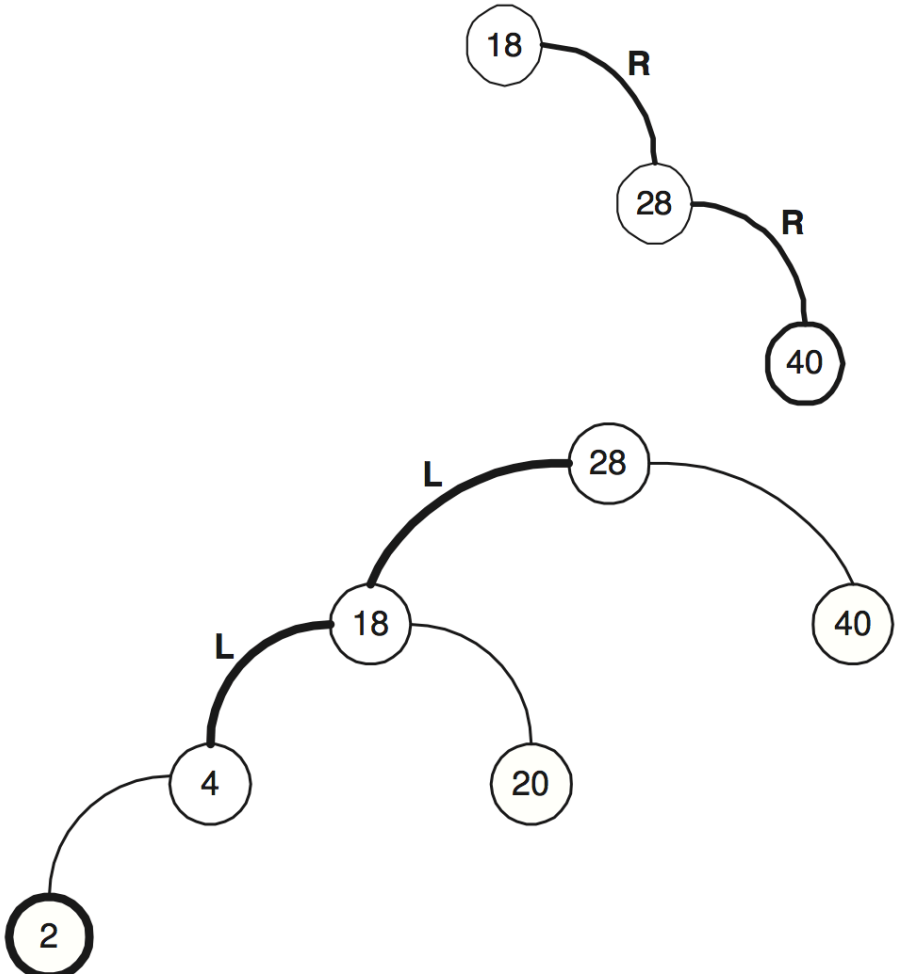

z = c
y = b
x = a
T0
T1
T2
T3
LL-Transformation
y = b
x = a
z = c
T0
T1
T2
T3

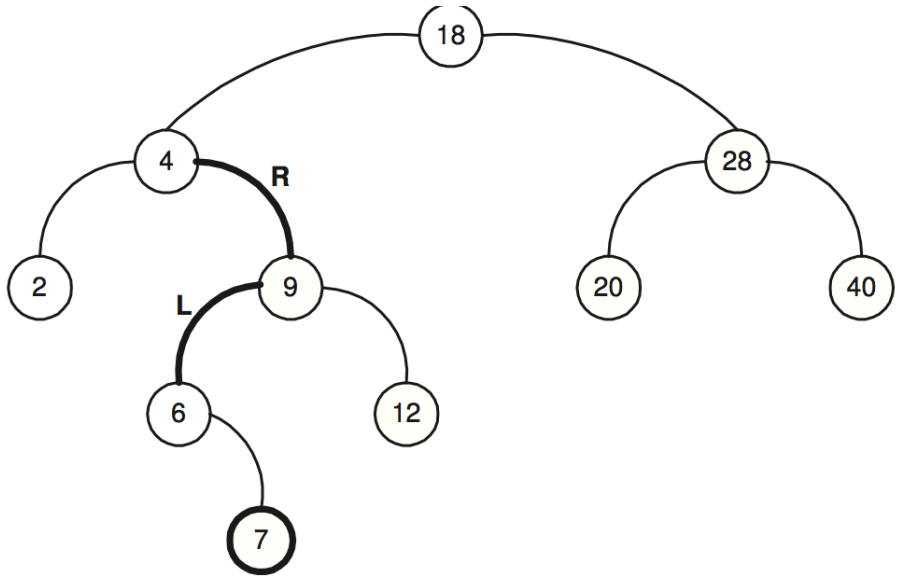

z = c
y = a
x = b
T0
T1
T2
T3
LR-Transformation
x = b
y = a
z = c
T0
T1
T2
T3

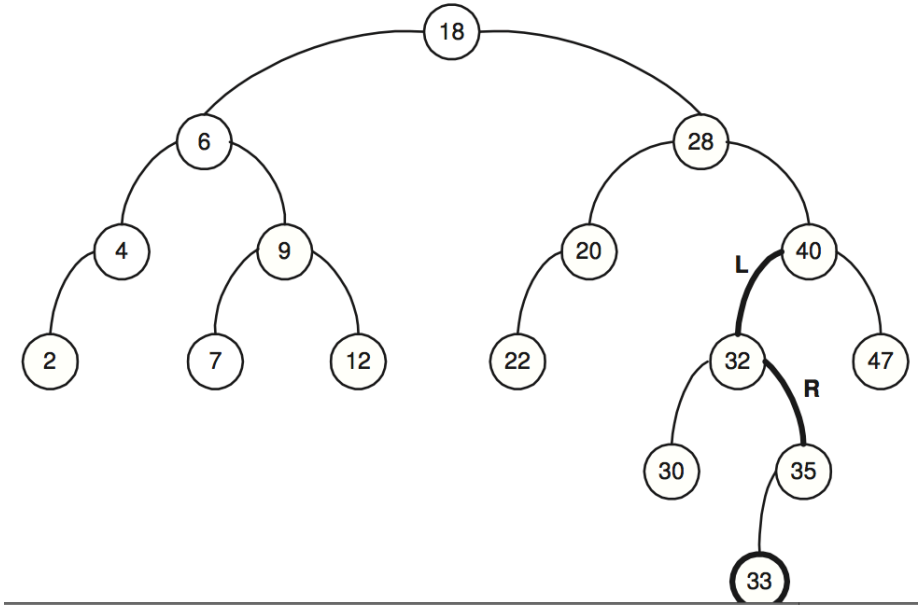

z = a
y = c
x = b
T0
T1
T2
T3
RL-Transformation
x = b
z = a
y = c
T0
T1
T2
T3

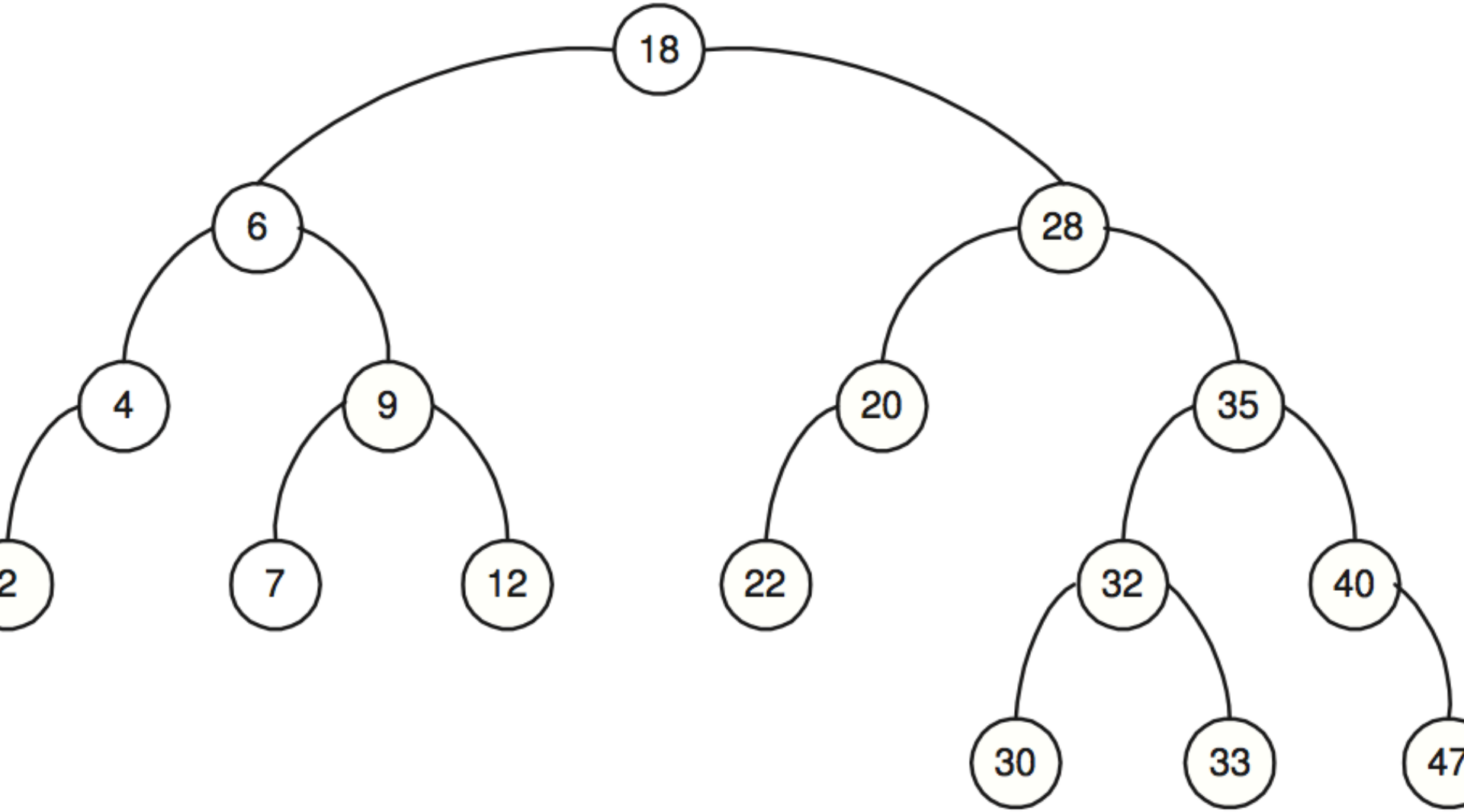

z = c
LR-Transformation
x = b
y = a
y = a
z = c
x = b
T0
T1
T2
T3
T0
T1
T2
T3
T0 a T1 b T2 c T3
T0 a T1 b T2 c T3
(T0 a (T1 b T2)) c T3
Assoziativ-Gesetz
(T0 a T1) b (T2 c T3)

Einfügen: 18, 28, 40, 20, 4, 2, 9, 6, 12, 7, 22, 32, 47, 30, 35, 33




18
4
R
28
2
9
20
40
L
6
12
7


18
6
28
4
9
20
L
40
2
7
12
22
32
47
R
30
35
33


18
6
28
4
9
20
35
2
7
12
22
32
40
30
33
47

Hashing

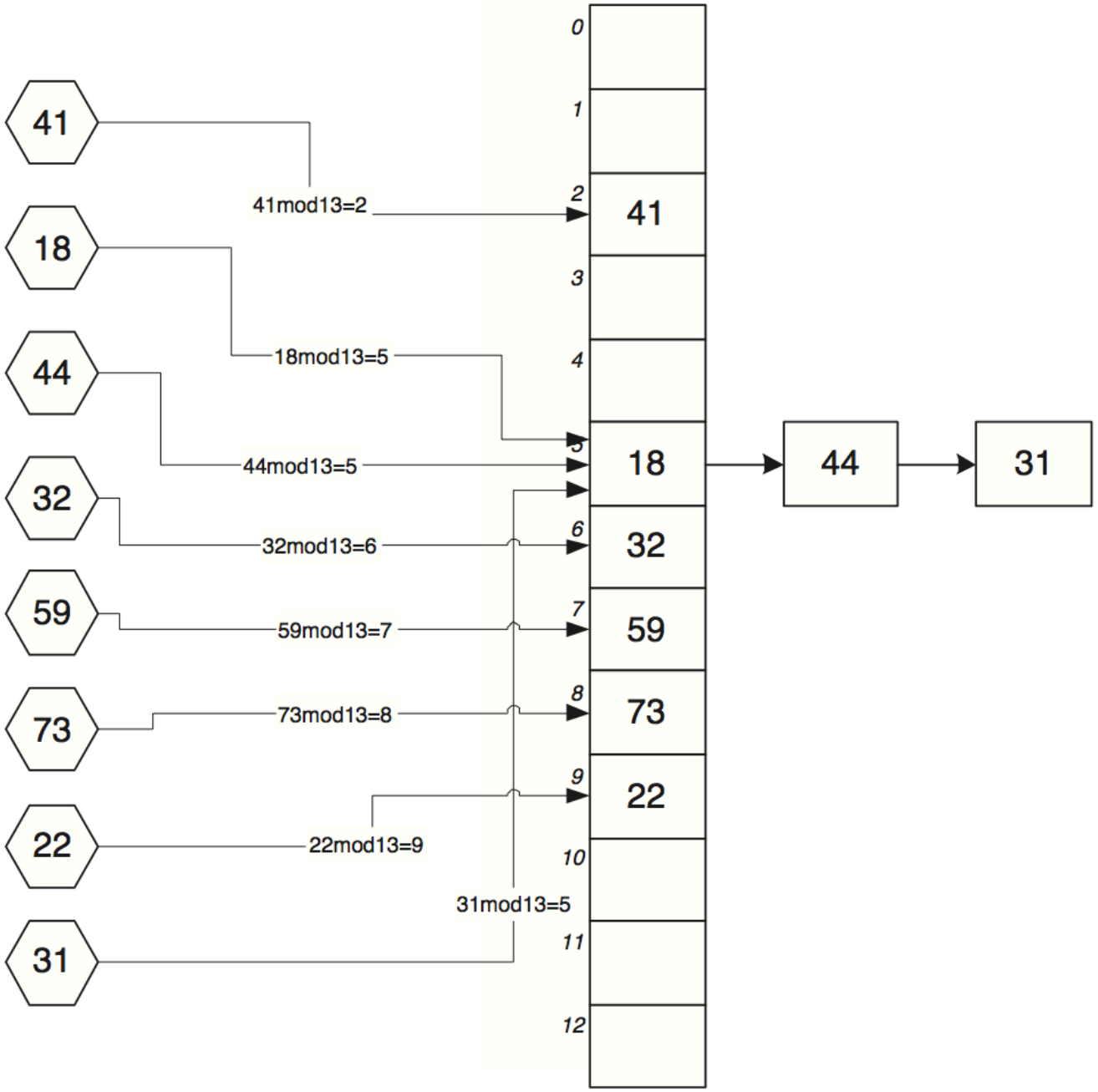


Abbildung 8.3: Hash-Tabelle mit Verkettung als Kollisionsbehandlung

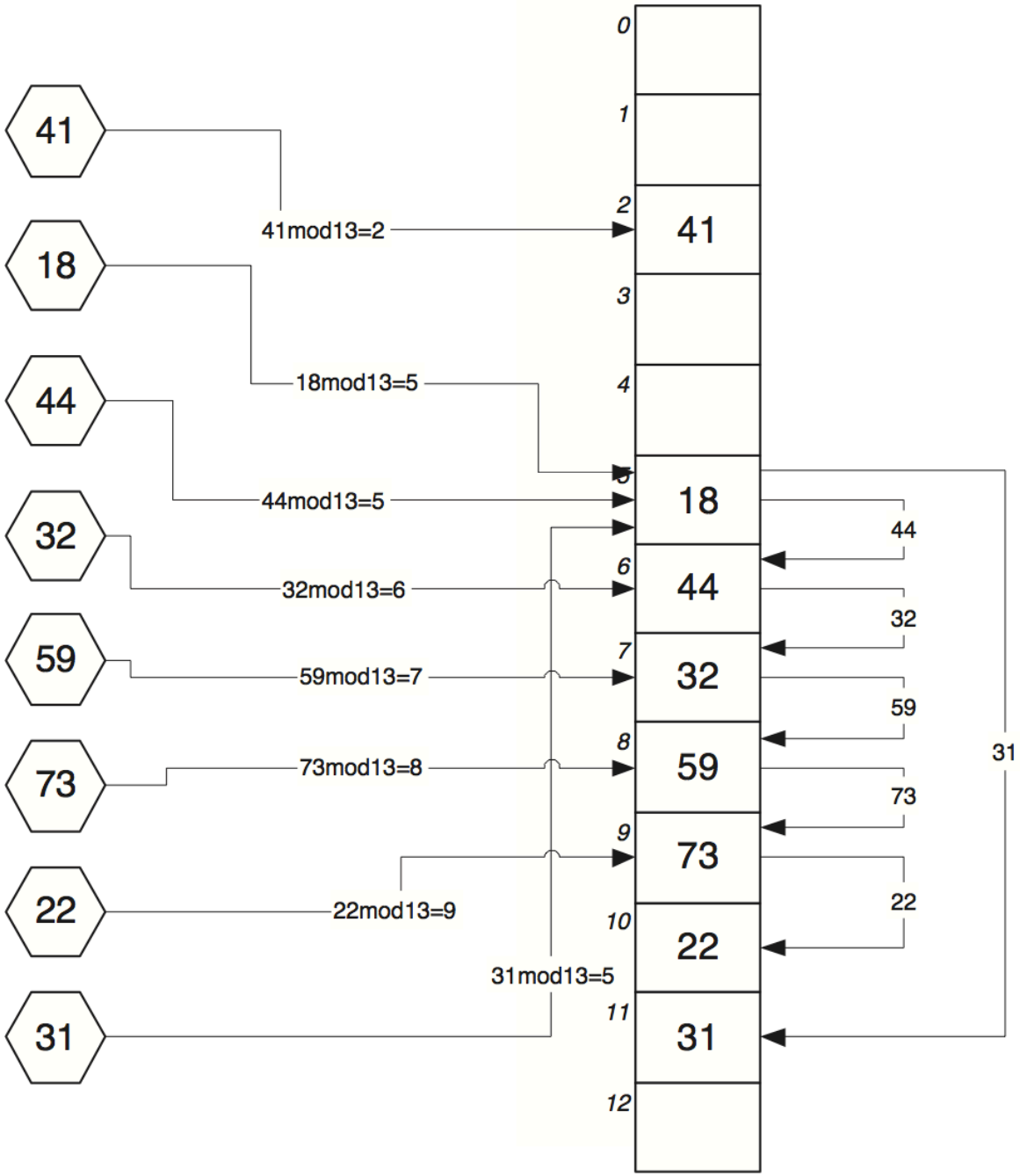


Abbildung 8.4: Hash-Tabelle mit *Linear Probing* als Kollisionsbehandlung

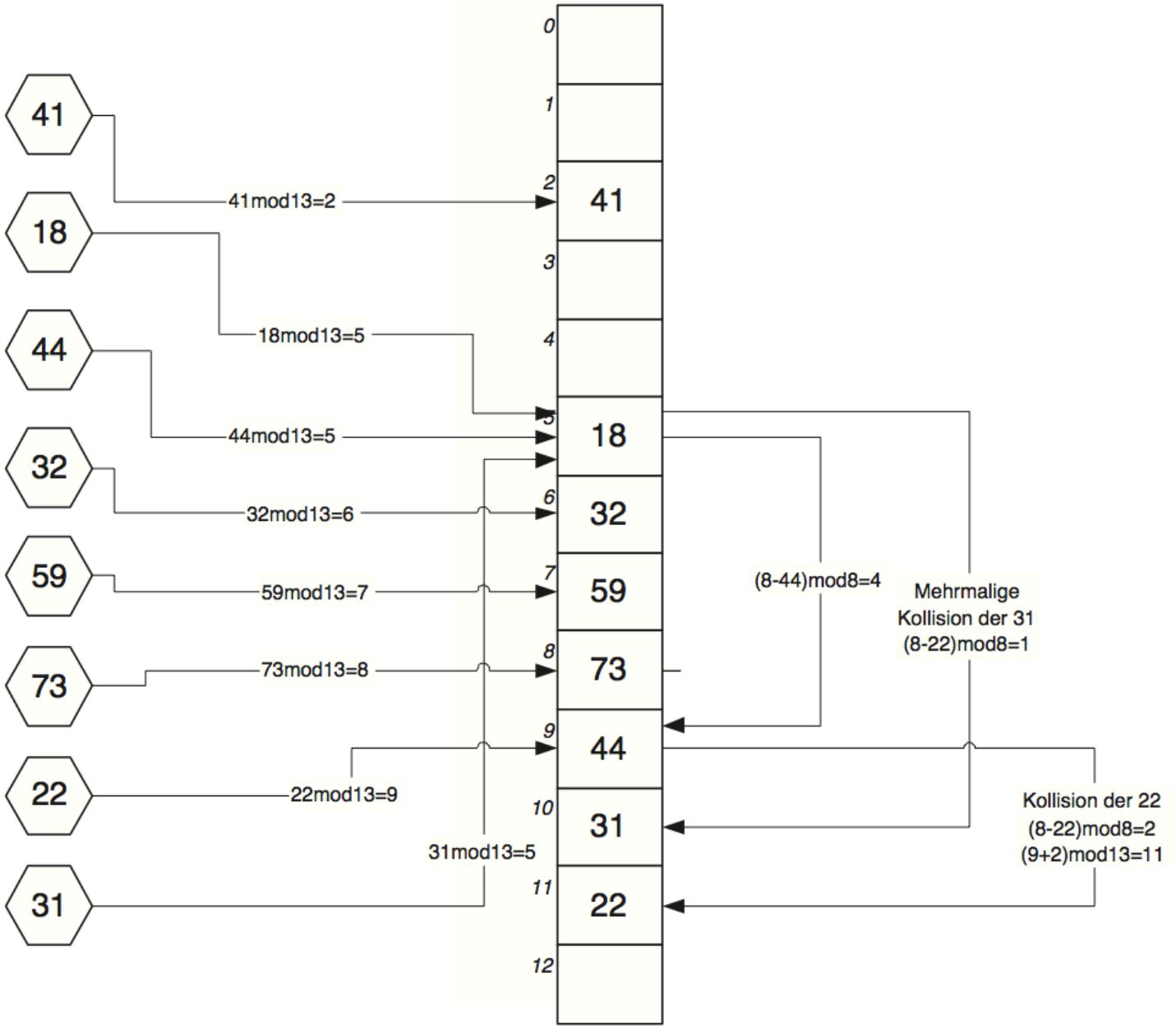


Abbildung 8.5: Hash-Tabelle mit *Double Hashing* als Kollisionsbehandlung: $h_1(K) = K \bmod 13$ und $h_2(K) = (8 - K) \bmod 8$