

EINI LW

**Einführung in die Informatik für
Naturwissenschaftler und
Ingenieure**

Vorlesung 2 SWS WS 15/16

Dr. Lars Hildebrand

Fakultät für Informatik – Technische Universität Dortmund

lars.hildebrand@tu-dortmund.de

<http://ls1-www.cs.tu-dortmund.de>

▶ **Kapitel 8**
Dynamische Datenstrukturen

- ▶ Listen
- ▶ Bäume

▶ **Unterlagen**

- ▶ Echte, Goedicke: Einführung in die objektorientierte Programmierung mit Java, dpunkt-Verlag.
- ▶ Doberkat, Dissmann: Einführung in die objektorientierte Programmierung mit Java, Oldenbourg-Verlag, 2. Auflage.

In diesem Kapitel:

- Prolog
- **Grundlagen**
- Listen

Begriffe

- ▶ Spezifikationen, Algorithmen, formale Sprachen, Grammatik
- ▶ Programmiersprachenkonzepte
- ▶ Grundlagen der Programmierung

- ▶ Algorithmen und Datenstrukturen
 - ▶ Felder
 - ▶ Sortieren
 - ▶ Rekursive Datenstrukturen (Baum, binärer Baum, Heap)
 - ▶ Heapsort

- ▶ Objektorientierung
 - ▶ Einführung
 - ▶ Vererbung
 - ▶ Anwendung

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8
Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- **Grundlagen**
- Listen

Grundlagen dynamischer Datenstrukturen

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- **Grundlagen**
- Listen

- ▶ Dynamische Datenstrukturen
 - ▶ Strukturen, die je nach **Bedarf** und damit dynamisch **wachsen** und **schrumpfen** können
 - ▶ Unterschied zu Feldern/Arrays!

- ▶ Grundidee
 - ▶ Dynamische Datenstrukturen bilden Mengen mit typischen Operationen ab
 - ▶ Einzelne Elemente speichern die zu speichernden / zu verarbeitenden Daten
 - ▶ Einzelne Elemente werden durch dynamische Datenstrukturen verknüpft
 - ▶ **also: Trennung von Datenstrukturierung & Nutzdaten**

Grundlagen dynamischer Datenstrukturen

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

- ▶ **Art der Elemente** ist problemabhängig, variiert je nach Anwendung

- ▶ Für die **Verknüpfung** existieren typische Muster:
 - ▶ Listen,
 - ▶ Bäume,
 - ▶ Graphen,
 - ▶ ...

- ▶ **Objektorientierte Sicht**
Dynamische Datenstrukturen sind durch die **Art der Verknüpfung** der Elemente und die **Zugriffsmethoden** charakterisiert

In diesem Kapitel:

- Prolog
- **Grundlagen**
- Listen

Wichtige dynamische Datenstrukturen

▶ Listen

- ▶ lineare Listen
- ▶ doppelt verkettete Listen

▶ Bäume

- ▶ binäre Bäume
- ▶ binäre Suchbäume

▶ Graphen

- ▶ gerichtete Graphen
- ▶ ungerichtete Graphen

▶ Stack

▶ Schlangen

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- **Grundlagen**
- Listen

Fragen zur Organisation der Datenstrukturen

- ▶ Funktionen
 - ▶ Wie wird eine Instanz der Struktur initialisiert?
 - ▶ Wie werden Daten eingefügt,
 - ▶ modifiziert,
 - ▶ entfernt?

- ▶ Wie wird in den Strukturen navigiert?

- ▶ Wie werden einzelne Werte in einer Struktur wiedergefunden?

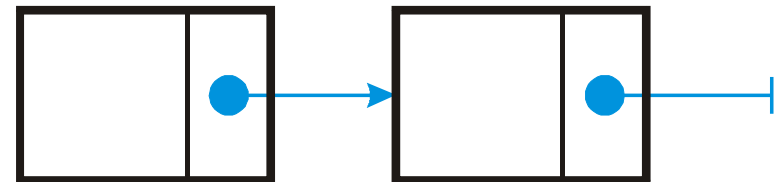
- ▶ Wie werden alle in einer Struktur abgelegten Werte besucht?

- Prolog
- **Grundlagen**
- Listen

Grundlagen dynamischer Datenstrukturen

- ▶ Grundlage für den Aufbau dynamischer Datenstrukturen
 - ▶ Klassen enthalten Attribute (hier **weiter**), die Referenzen auf Objekte der **eigenen Klasse** darstellen
 - ▶ Diese Attribute schaffen die Möglichkeit, an eine Referenz ein weiteres Objekt der Klasse zu binden
 - ▶ Die einzelnen Objekte sind in der Lage, gemeinsam eine komplexe Struktur durch **aufeinander verweisende Referenzen** zu bilden

```
class Element {  
    Element weiter;  
    ...  
}
```



Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- **Grundlagen**
- Listen

Listen

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

- ▶ Listen definieren eine **Reihenfolge von Elementen**, die gemäß dieser Reihenfolge miteinander verknüpft sind
- ▶ Typische Zugriffsmethoden:
 - ▶ Einfügen am Anfang, Einfügen an bestimmter Stelle
 - ▶ Anfügen (d.h. Einfügen am Ende)
 - ▶ Ermittlung der Länge, Prüfen, ob die Liste leer ist
 - ▶ Prüfen, ob Element in Liste vorkommt
 - ▶ Ermittlung der Position eines Elements
 - ▶ Ermittlung des ersten Elements
 - ▶ Liefern der Liste ohne erstes Element
- ▶ Nicht immer sind alle Methoden realisiert, aber man redet dennoch von Listen.

Bestandteile einer Liste - Element

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

```
class Element {  
    private int wert;           //Nutzinformation  
    private Element weiter;    //Verwaltungsinformation  
  
    public Element(int i) {  
        wert = i;  
        weiter = null;  
    }  
}
```

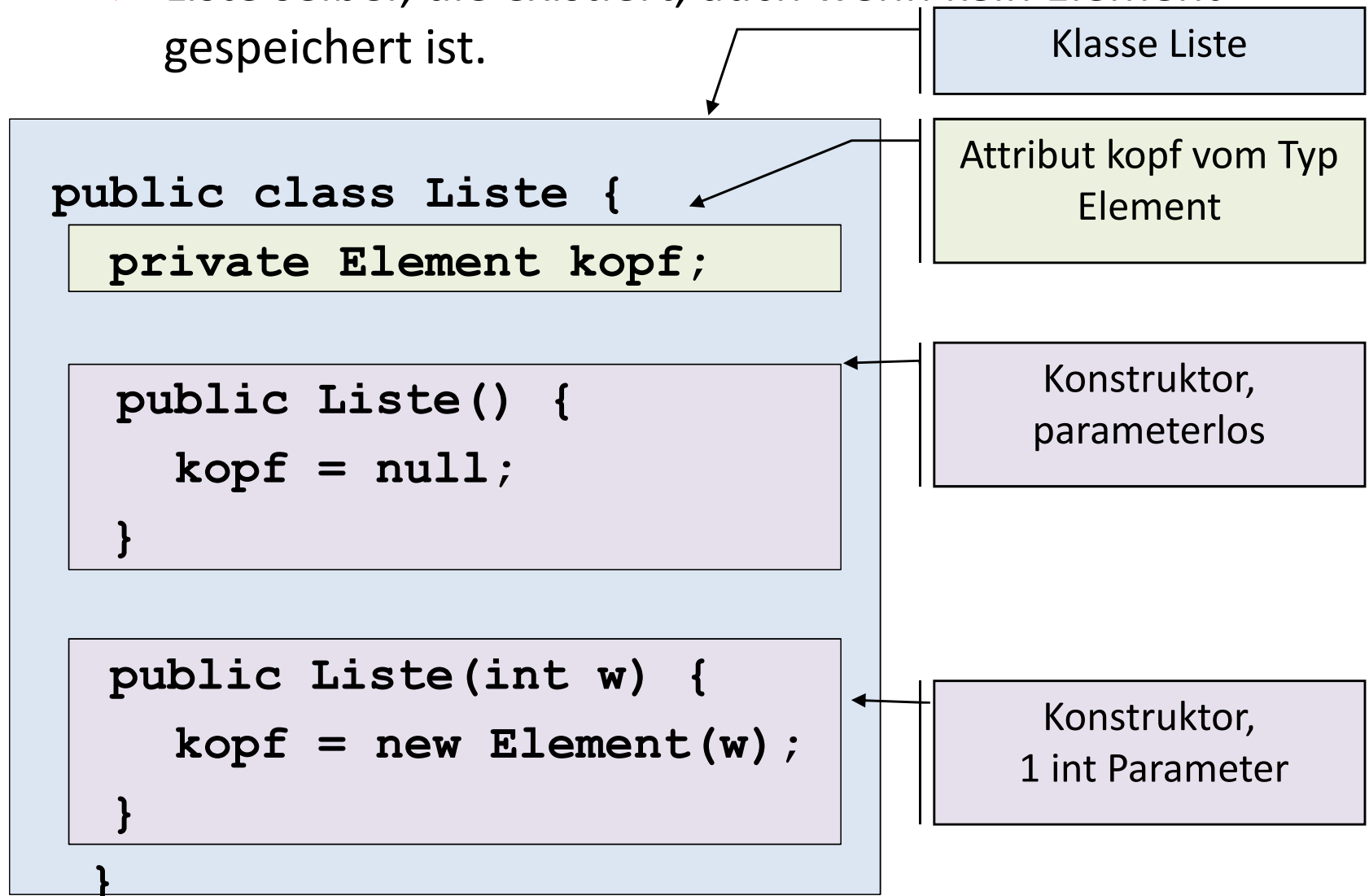
- ▶ Deklaration einer Klasse **Element** mit zwei **privaten Attributen** und einem **Konstruktor**
- ▶ Ein Objekt vom Typ **Element** enthält als **Attribute** eine **ganze Zahl** und eine Referenz auf ein **weiteres Objekt** des Typs **Element**
- ▶ **Jedes** Objekt vom Typ **Element** besitzt eine Referenz auf ein weiteres Element, man kann sie miteinander verketteten

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Bestandteile einer Liste

- ▶ Woraus besteht eine Liste?
 - ▶ Elementen, die in der Liste gespeichert werden
 - ▶ Liste selber, die existiert, auch wenn kein Element gespeichert ist.



- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Konstruktion von Listen

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

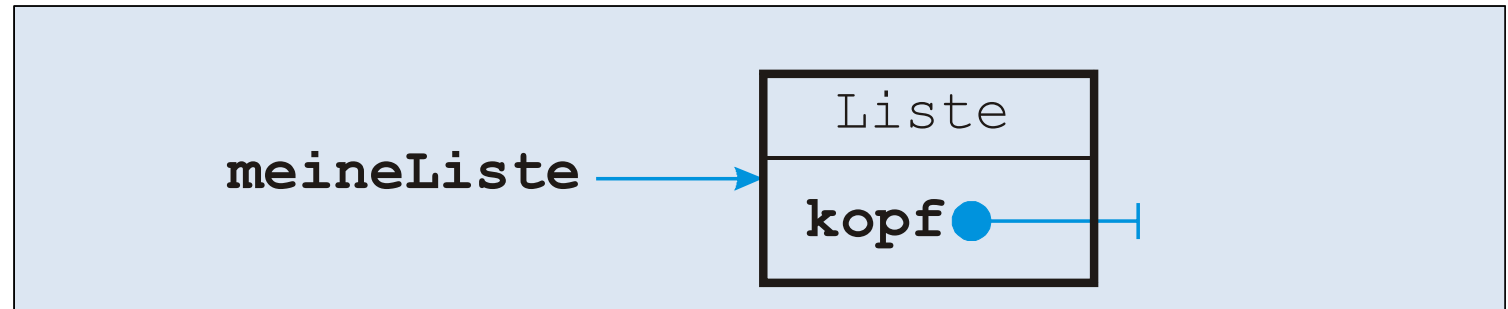
- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

- ▶ Eine lineare Liste kann auf verschiedene Arten konstruiert werden
 - ▶ Neues Element an den Anfang,
 - ▶ in die Mitte oder
 - ▶ an das Ende einer **bereits bestehenden** Liste anhängen
- ▶ Zugriff auf die Liste wird durch eine Referenz realisiert,
 - ▶ die in der Klasse Liste realisiert ist,
 - ▶ die auf das erste Element der Liste zeigt.
 - ▶ Enthält eine Liste keine Elemente, zeigt die Referenz auf **null**.

Schema der Klasse lineare Liste

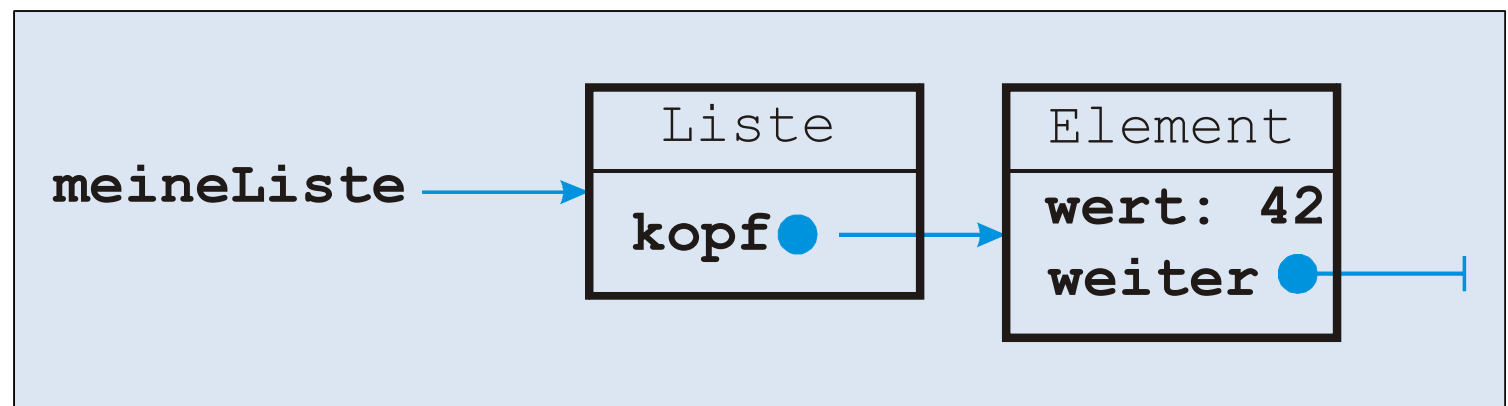
- ▶ Eine **leere Liste** erzeugen:

```
Liste meineListe = new Liste();
```



- ▶ Eine **Liste mit einem Element** erzeugen:

```
Liste meineListe = new Liste(42);
```



Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Was fehlt noch?

- ▶ Typische Zugriffsmethoden:
 - ▶ Einfügen am Anfang, Einfügen an bestimmter Stelle
 - ▶ Anfügen (d.h. Einfügen am Ende)
 - ▶ Ermittlung der Länge, Prüfen, ob die Liste leer ist
 - ▶ Prüfen, ob Element in Liste vorkommt
 - ▶ Ermittlung der Position eines Elements
 - ▶ Ermittlung des ersten Elements
 - ▶ Liefern der Liste ohne erstes Element

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Klasse Element: Vollständig

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

```
class Element {  
  
    private int wert;  
    private Element weiter;  
  
    public Element(int i) {  
        wert = i; weiter = null;  
    }  
  
    public Element(int i, Element e) {  
        wert = i; weiter = e;  
    }  
  
    public void SetzeWert(int i) {wert = i;}  
  
    public int HoleWert() {return wert;}  
  
    public void SetzeWeiter(Element e) {weiter = e;}  
  
    public Element HoleWeiter() {return weiter;}  
}
```

Anmerkungen

- ▶ zusätzlicher Konstruktor, der das neue Element **vor** ein bestehendes Element einreicht
- ▶ Get- und Set-Methoden zum Zugriff auf die privaten Attribute
 - ▶ `public void SetzeWert(int i)`
 - ▶ `public int HoleWert()`
 - ▶ `public void SetzeWeiter(Element e)`
 - ▶ `public Element HoleWeiter()`

An den Anfang der Liste einfügen

```
class Liste {  
    ...  
    public void FuegeEin(int neuerWert) {  
        kopf = new Element(neuerWert, kopf);  
    }  
}
```

Eini LogWing /
WiMa

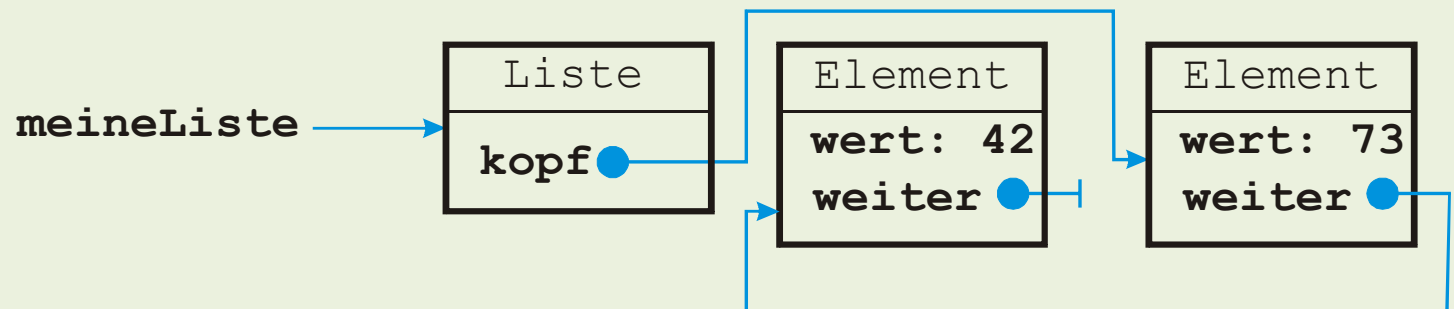
Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

```
Liste meineListe = new Liste(42);
```



```
meineListe.FuegeEin(73);
```



In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

An den Anfang der Liste einfügen

Anmerkungen zu FuegeEin()

- ▶ Ein neues Element wird erzeugt
 - ▶ `kopf = new Element(neuerWert, kopf) ;`
 - ▶ `neuerWert` enthält die Nutzinformation
 - ▶ `kopf` enthält die Referenz auf das alte erste Element
 - ▶ das neue Element referenziert das alte erste Element
- ▶ Das neue Element wird zum neuen Kopf der Liste
 - ▶ `kopf = new Element(neuerWert, kopf) ;`
- ▶ Wichtig ist, dass die Referenz auf das alte erste Element nicht verloren geht

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Ausgeben der Liste

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

```
public class Liste {  
    ...  
    public void ZeigeListe() {  
        Element aktuellesElement = this.kopf;  
        while (aktuellesElement != null) {  
            System.out.println(aktuellesElement.HoleWert());  
            aktuellesElement = aktuellesElement.HoleWeiter();  
        }  
    }  
}
```

```
Liste meineListe = new Liste(42);  
meineListe.FuegeEin(73);  
meineListe.ZeigeListe();
```

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

```
> run TestListe
```

```
73
```

```
42
```

Ausgeben der Liste

Anmerkungen zu ZeigeListe()

- ▶ Anzahl der Elemente variabel, daher Programmierung einer Schleife notwendig
- ▶ Start ist das Element auf das **kopf** verweist

```
Element aktuellesElement = this.kopf;
```

- ▶ Ist kein Element in der Liste gespeichert, verweist **kopf** auf **null**
- ▶ Solange das aktuelle Element **!= null** gilt
 - ▶ wird der Wert des aktuellen Elementes ausgegeben

```
System.out.println(aktuellesElement.HoleWert());
```
 - ▶ das aktuelle Element auf das nächste Element gesetzt

```
aktuellesElement = aktuellesElement.HoleWeiter();
```

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

An das Ende der Liste anfügen

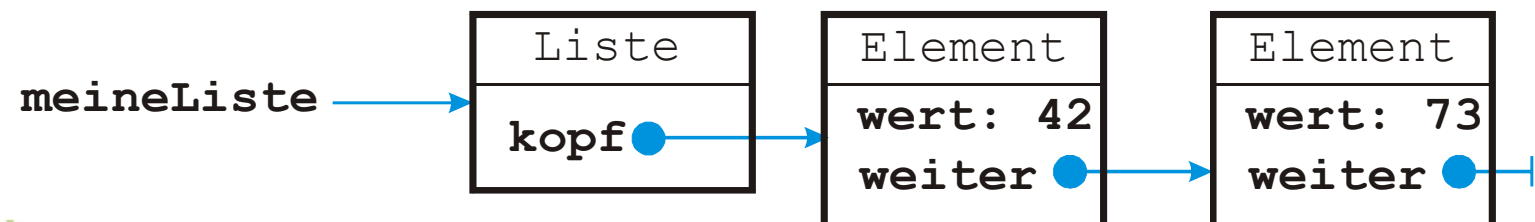
Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

```
public class Liste {  
    ...  
    public void FuegeAn(int neuerWert) {  
        Element aktElement = this.kopf;  
        if (aktElement == null)  
            FuegeEin(neuerWert);  
        else {  
            while (aktElement.HoleWeiter() != null) {  
                aktElement = aktElement.HoleWeiter();  
            }  
            aktElement.SetzeWeiter(new Element(neuerWert));  
        }  
    }  
}}
```

```
Liste meineListe = new Liste(42);  
meineListe.FuegeAn(73);
```



In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

An das Ende der Liste anfügen

Anmerkungen zu FuegeAn()

▶ Anzahl der Elemente variabel, daher Programmierung einer Schleife notwendig

▶ Start ist das Element auf das **kopf** verweist

```
Element aktElement = this.kopf;
```

▶ Ist kein Element in der Liste gespeichert, kann das neue Element mit **FuegeEin()** eingetragen werden

▶ Ansonsten muss das Ende der Liste gesucht werden

```
while (aktElement.HoleWeiter() != null) {  
    aktElement = aktElement.HoleWeiter();  
}
```

▶ Dann kann dort das neue Element mit dem letzten Element verbunden werden.

```
aktElement.SetzeWeiter(new Element(neuerWert));
```

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Etwas testen...

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

```
public class TestListe {  
    public static void main(String[] args) {  
        Liste meineListe = new Liste(42);  
        meineListe.FuegeEin(73);  
        meineListe.ZeigeListe();  
  
        meineListe = new Liste();  
        meineListe.ZeigeListe();  
        meineListe.FuegeEin(42);  
        meineListe.FuegeAn(73);  
        meineListe.ZeigeListe();  
    }  
}
```

```
> run TestListe  
73  
42  
42  
73
```

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Aufwand

- ▶ Erzeugen einer Liste
 - ▶ eine Instanziierung
- ▶ **FuegeEin ()**
 - ▶ unabhängig von der Anzahl der gespeicherten Elemente
- ▶ **ZeigeListe ()**
 - ▶ abhängig von der Anzahl der gespeicherten Elemente
- ▶ **FuegeAn ()**
 - ▶ Erfordert bei jedem Aufruf ein vollständiges Durchlaufen der Liste
 - ▶ Eine sehr viel effizientere Realisierung dieser Listenoperation wäre möglich,
 - wenn neben dem ersten Element
 - auch das letzte Element der Liste
 - ▶ unmittelbar erreichbar wäre

Klasse EffizienteList

Änderungen an den Attributen & Konstruktoren

- ▶ Neues Attribut **fuss**, das das letzte Element der Liste referenziert
- ▶ Setzen von **fuss** in den Konstruktoren

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

```
public class EffizienteListe {  
  
    private Element kopf;  
    private Element fuss;  
  
    public EffizienteListe() {  
        kopf = null;  
        fuss = null;  
    }  
  
    public EffizienteListe(int w) {  
        kopf = new Element(w);  
        fuss = kopf;  
    }  
}
```

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Klasse EffizienteList

Änderungen an der Methode FuegeAn()

- ▶ kein Suchen nach dem Ende der Liste
- ▶ das letzte Element der Liste ist immer in **fuss** gespeichert
- ▶ direkter Zugriff auf das letzte Element möglich

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

```
public void FuegeAn(int neuerWert) {
    Element neuesElement = new Element(neuerWert);

    if (fuss == null) {
        kopf = neuesElement;
        fuss = neuesElement;
    } else {
        fuss.SetzeWeiter(neuesElement);
        fuss = neuesElement;
    }
}
```

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Änderungen an der Methode ZeigeListe()

▶ keine

```
public void ZeigeListe() {
    Element aktuellesElement = this.kopf;
    while (aktuellesElement != null) {
        System.out.println( aktuellesElement.HoleWert() );
        aktuellesElement = aktuellesElement.HoleWeiter();
    }
}
```

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Änderungen an der Methode FuegeEin()

- ▶ Sonderfall, falls noch kein Element in der Liste ist
- ▶ da nur dann die **fuss**-Referenz berücksichtigt werden muss

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

```
public void FuegeEin(int neuerWert) {  
    kopf = new Element(neuerWert, kopf);  
    if (fuss == null)  
        fuss = kopf;  
}
```

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Änderungen an der Klasse Element

- ▶ keine

Beobachtungen

- ▶ Alle Änderungen betreffen die Verwaltungsinformationen der Klasse Liste
- ▶ Die Klasse Element bleibt völlig **unbeeinflusst**
- ▶ Die Methode **fuegeAn ()** hat aber nun eine konstante Laufzeit
- ▶ Die Laufzeit der Methode **fuegeAn ()** der alten, ineffizienten Variante war abhängig von der Anzahl der bereits gespeicherten Elemente.

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Einfügen in geordnete Liste

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

- ▶ Einordnen eines Werts in eine aufsteigend geordnete Liste
- ▶ Keine zwei Elemente haben die identische Belegung des Attributs **wert**
- ▶ Der Algorithmus ist auf natürliche Weise rekursiv
- ▶ Idee:
 - ▶ Sei x der einzufügende Wert
 - ▶ 1. Fall: x kleiner als 1. Element \Rightarrow Einfügen am Anfang
 - ▶ 2. Fall: x größer als 1. Element:
 - Suche passende Position in der Liste
 - Trenne Liste in Anfangs- und Endteil auf
 - Setze Element an den Anfang des Endteils und verbinde Teillisten
 - Falls x größer als letztes Element der Liste, ist x der Endteil.

Einfügen in geordnete Liste

Präzisierung des Algorithmus: Folgende Fälle sind zu unterscheiden:

▶ **kopf == null**

- ▶ Einen Sonderfall bildet die Situation, dass die Liste leer ist, also noch kein Element enthält.
- ▶ Es muss ein erstes Element angelegt werden, das sicherlich eine geordnete, einelementige Liste bildet.

▶ **kopf != null:**

- ▶ Wir definieren eine private Methode **Positioniere**, die als Parameter den einzuordnenden Wert und eine Referenz auf den Anfang einer Teilliste übergeben bekommt.
- ▶ Als Ergebnis gibt **Positioniere** eine Referenz auf **Element** zurück, die auf die Teilliste verweist, in die x einsortiert ist.

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Einfügen in geordnete Liste

▶ Sei **anfang** die an **Positioniere** übergebene Teilliste und gelte:

▶ **$x < \text{anfang.wert}$** :

- Erzeuge ein neues Element und füge es am Anfang der bei **anfang** beginnenden Teilliste ein.

▶ **$x > \text{anfang.wert}$** :

- Füge x in die mit **anfang.weiter** beginnende Restliste ein,
- indem hierfür **Positioniere** mit den entsprechenden Parametern erneut aufgerufen wird.

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Einordnen mit Hilfe von Positioniere

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

```
class Liste {
    ...

    void OrdneEin(int i) {
        kopf = Positioniere(kopf, i);
    }

    private Element Positioniere(Element einElement, int i) {

        if (einElement == null)
            einElement = new Element(i);

        else {
            if (i < einElement.HoleWert()) {
                einElement = new Element(i, einElement);
            }

            if (i > einElement.HoleWert()) {
                einElement.SetzeWeiter(
                    Positioniere(einElement.HoleWeiter(), i));
            }
        }

        return einElement;
    }
}
```

Durchlaufen einer Struktur

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8
Dynamische
Datenstrukturen

- ▶ In vielen Anwendungen, die auf dynamischen Datenstrukturen basieren, besteht die Notwendigkeit, alle Elemente der Struktur genau einmal zu besuchen
- ▶ Dies gilt für Listen wie für andere dynamische Strukturen
- ▶ Dieses möglichst nur einmalige Besuchen aller Elemente nennt man **Durchlaufen einer Struktur**
- ▶ Anwendungsbeispiele: Prüfen auf Vorhandensein, Einsortieren, aber auch Ausgabe

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Durchlaufen einer Liste

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

```
class Liste {
```

```
    ...
```

```
    public void ZeigeListe() {  
        Element aktElement = this.kopf;  
        while (aktElement != null) {  
            System.out.println(aktElement.HoleWert());  
            aktElement = aktElement.HoleWeiter();  
        }  
    }
```

```
    public void ZeigeListeRekursiv() {  
        ZeigeListeRekursiv(kopf);  
    }  
  
    private void ZeigeListeRekursiv(Element aktElement) {  
        if (aktElement != null) {  
            System.out.println(aktElement.HoleWert());  
            ZeigeListeRekursiv(aktElement.HoleWeiter());  
        }  
    }  
}
```

```
}
```

Durchlaufen einer Liste

- ▶ Durchlauf einer Liste in **umgekehrter** Reihenfolge:
 - ▶ Referenz **fuss** verweist zwar auf das letzte Element einer Liste, kann jedoch nicht von dort zum vorletzten Element gelangen
 - ▶ Für eine umgekehrte Ausgabe müssen alle Listenelemente gemerkt werden, während die Liste vom Anfang zum Ende durchläuft
 - ▶ Erst nach einmaligem Durchlaufen kann vom letzten bis zum ersten Element gedruckt werden

- ▶ Großer Aufwand?

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Durchlaufen einer Liste

Einsatz der rekursiven Variante

- ▶ analog zu `ZeigeListeRekursiv()`
- ▶ aber: rekursiver Aufruf und Ausgabe vertauscht

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

```
public void ZeigeListeUmgekehrt() {  
    ZeigeListeUmgekehrt(kopf);  
}  
  
private void ZeigeListeUmgekehrt(Element aktElement) {  
    if (aktElement != null) {  
        ZeigeListeUmgekehrt(aktElement.HoleWeiter());  
        System.out.println(aktElement.HoleWert());  
    }  
}
```

```
private void ZeigeListeRekursiv(Element aktElement) {  
    if (aktElement != null) {  
        System.out.println(aktElement.HoleWert());  
        ZeigeListeRekursiv(aktElement.HoleWeiter());  
    }  
}
```

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Etwas testen...

```
public class TestListe {  
    public static void main(String[] args) {  
  
        Liste meineListe = new Liste(42);  
        meineListe.OrdneEin(7);  
        meineListe.OrdneEin(73);  
        meineListe.OrdneEin(1);  
        meineListe.OrdneEin(50);  
  
        meineListe.ZeigeListeRekursiv();  
        meineListe.ZeigeListeUmgekehrt();  
    }  
}
```

```
> run TestListe  
1  
7  
42  
50  
73  
73  
50  
42  
7  
1
```

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

Doppelt verkettete Listen

Eini LogWing /
WiMa

Kapitel 8

Dynamische
Datenstrukturen

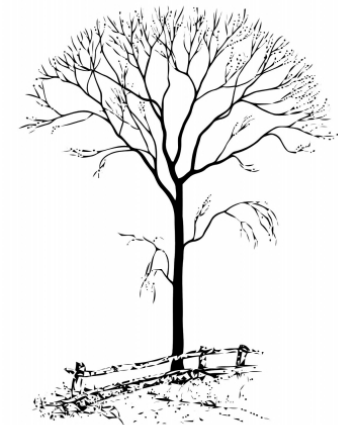
- ▶ Wird der Durchlauf vom Ende einer Liste zu ihrem Anfang häufig benötigt, dann ist die lineare Verkettung von vorne nach hinten nicht der ideale Navigationspfad
- ▶ Besser wäre es dann, auch eine **Rückwärtsverkettung** zu haben
- ▶ Auf Grund dieser Überlegung kommt man zur **doppelt verketteten Liste**
- ▶ Die lokale Klasse **Element** enthält eine zweite Referenz **voran**, die genau entgegengesetzt zu **weiter** gerichtet ist und somit für jedes Element innerhalb der Liste auf seinen direkten Vorgänger verweist.

In diesem Kapitel:

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

- Prolog
- Grundlagen
- **Listen**

- ▶ **Dynamische Datenstrukturen**
 - ▶ können zur Laufzeit wachsen und schrumpfen
 - ▶ werden durch Nutzinformation und Verwaltungsinformation realisiert
 - ▶ Verwaltungsinformation ist Referenz auf eigene Klasse
- ▶ **Listen**
 - ▶ Einfache Listen
 - ▶ Einfache Listen mit Referenz auf das letzte Element
 - ▶ Sortierte Listen
 - ▶ Doppelt verkettete Listen
- ▶ **Wie geht es weiter?**





Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit!

Nächste Termine

- ▶ Nächste Vorlesung – WiMa 4.2.2016, 08:15
- ▶ Nächste Vorlesung – LogWIng 5.2.2016, 08:15