Vorlesung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Programmieren I und II

Unit 3

Selbstdefinierbare Datentypen, Arrays und Collections

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Prof. Dr. rer. nat.
Nane Kratzke
Praktische Informatik und
betriebliche Informationssysteme

- **Raum: 17-0.10**
- **Tel.:** 0451 300 5549
- **Email: kratzke@fh-luebeck.de**

@NaneKratzke
Updates der Handouts auch über Twitter #prog_inf und #prog_itd

Units

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
3

Abgedeckte Ziele dieser UNIT

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Kennen existierender Programmierparadigmen und Laufzeitmodelle	Sicheres Anwenden grundlegender programmiersprachlicher Konzepte (Datentypen, Variable, Operatoren, Ausdrücke, Kontrollstrukturen)	Fähigkeit zur problemorientierten Definition und Nutzung von Routinen und Referenztypen (insbesondere Liste, Stack, Mapping)	Verstehen des Unterschieds zwischen Werte- und Referenzsemantik
Kennen und Anwenden des Prinzips der rekursiven Programmierung und rekursiver Datenstrukturen	Kennen des Algorithmus-begriffs, Implementieren einfacher Algorithmen	Kennen objektorientierter Konzepte Datenkapselung, Polymorphie und Vererbung	Sicheres Anwenden programmiersprachlicher Konzepte der Objektorientierung (Klassen und Objekte, Schnittstellen und Generics, Streams, GUI und MVC)
Kennen von UML Klassendiagrammen, sicheres Übersetzen von UML Klassendiagrammen in Java (und von Java in UML)	Kennen der Grenzen des Testens von Software und erste Erfahrungen im Testen (objektorientierter) Software	Sammeln erster Erfahrungen in der Anwendung objektorientierter Entwurfsprinzipien	Sammeln von Erfahrungen mit weiteren Programmiermodellen und -paradigmen, insbesondere Mulithread Programmierung sowie funktionale Programmierung

Am Beispiel der Sprache JAVA

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
4

Themen dieser Unit

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Referenzdatentypen

- Felder (Arrays)
- Klassen

Collections

- Listen
- Stack
- Mappings

Zum Nachlesen ...

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Kapitel 5

Referenzdatentypen

Abschnitt 5.1 Felder (Arrays)

Abschnitt 5.2 Klassen

Kapitel 8

Der grundlegende Umgang mit Klassen

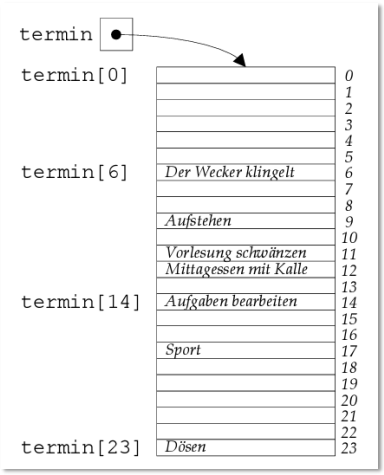
Abschnitt 8.3 Statische Komponenten

Abschnitt 8.4 Instantiierung

Felder (Arrays)

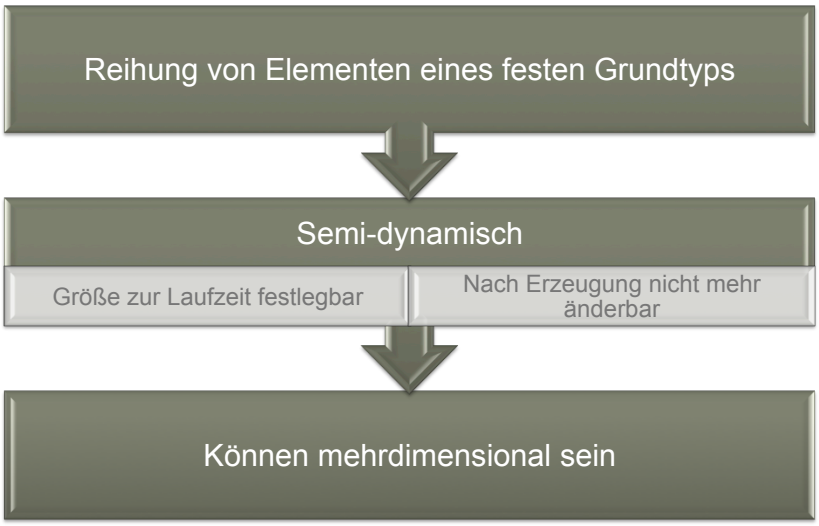
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Sie haben bislang nur primitive Datentypen kennengelernt. Korrespondierende Variablen können pro Variable genau einen Wert speichern.
- **Felder** (Arrays) gestatten es, **mehrere Variablen** über einen gemeinsamen **Namen** anzusprechen
- und lediglich durch einen Index zu unterscheiden.
- Der **Index** innerhalb eines Feldes (Arrays) ergibt sich dabei aus der Position innerhalb des Feldes (Arrays), **von null aufwärts gezählt**.



Arrays

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Deklaration und Erzeugung von Arrays

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Variante 1: Deklarieren und Erzeugen eines Arrays in zwei Schritten:

```
Typ[] var;          // Deklaration eines Arrays

var = new Typ[n]; // Erzeugung eines Array mit n Elementen
```

Variante 2: Deklarieren und Erzeugen eines Arrays in einem Schritt. Die Zuweisung muss dabei unmittelbar bei der Deklaration erfolgen.

```
Typ[] var = { new Typ(), ..., new Typ() };
```

Beide Varianten erzeugen ein Reihung von *n* Elementen des Typs **`Typ`**. Nach der Erzeugung kann *n* nicht mehr verändert werden, d.h. die Größe des Arrays ist nach Erzeugung unveränderlich.

Deklaration und Erzeugung von Arrays
Beispiele

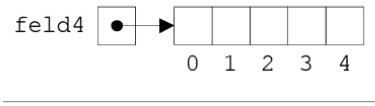
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

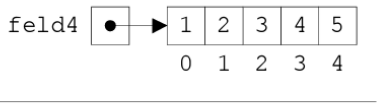
Festlegen des Typs:

```
int[]    feld4;
```

Anlegen der Größe:

```
feld4 = new int[5];
```






```
feld4 = new int[5]
```

```
feld4[0]=1;
feld4[1]=2;
feld4[2]=3;
feld4[3]=4;
feld4[4]=5;
```

Anlegen eines leeren Arrays | **Befüllen eines Arrays mit Werten**

Deklaration und Erzeugung von Arrays
Beispiele

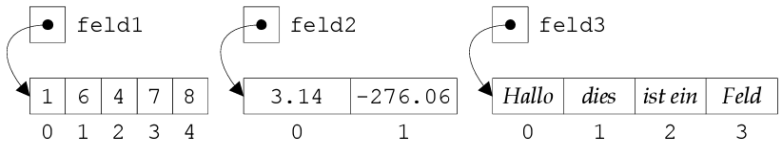
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Festlegen des Typs:

```
int[]    feld1;
double[] feld2;
String[] feld3;
```

Anlegen der Größe:

```
feld1 = new int[5];
feld2 = new double[2];
feld3 = new String[4];
```



Felddeklaration, Anlegen der Größe und initiale Befüllung kann auch mittels **Feldinitialisierer (array initializer)** in einem Schritt erfolgen.

```
int[]    feld1={1 , 6 , 4 , 7 , 8};
double[] feld2={3.14 , -276.06};
String[] feld3={"Hallo" , "dies" , "ist ein", "Feld"};
```


Zugriff auf Array-Elemente

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Schreibender Zugriff:

```
int[] prim = new int[5];      // Array mit 5 int Elementen

prim[0] = 2;                  // Setzen von Array-Elementen
prim[1] = 3;
prim[2] = 5;
prim[3] = 7;
prim[4] = 11;
```

prim:

2	3	5	7	11

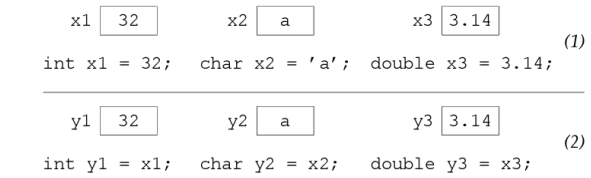
Typischer lesender Zugriff über einen Laufindex:

```
int length = prim.length                  // Länge des Arrays
for (int i = 0; i < length; i++) {
  System.out.println(prim[i]);            // Zugriff auf Elem.
}
```

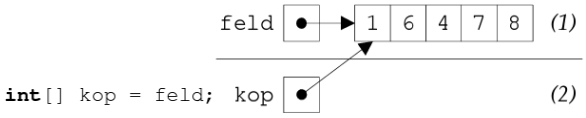
Referenzen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Arrays werden anders gespeichert, als die Ihnen bislang bekannten primitiven Datentypen. Eine Arrayvariable beinhaltet einen Verweis auf die Inhalte des Arrays, nicht die Inhalte selber! Der Unterschied fällt vor allem beim zuweisen von Werten auf.



Bei primitiven Datentypen werden die Werte kopiert.



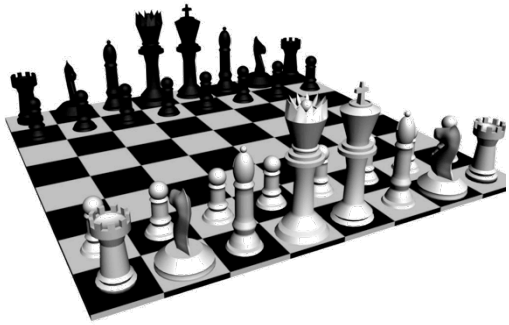
Bei Arrays die Referenz auf ein Array (nicht die Inhalte/Werte).

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
13

Mehrdimensionale Arrays (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Beispiel für ein einfaches mehrdimensionales Array.



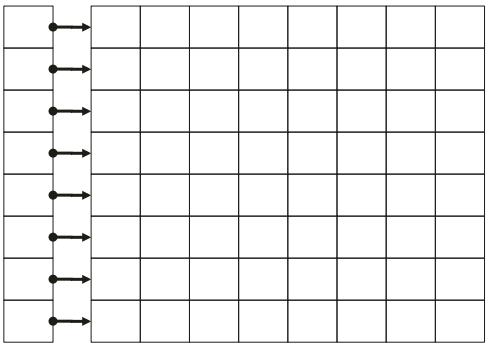
```
Schachfigur[][] schachbrett = new Schachfigur[8][8];
```

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
14

Mehrdimensionale Arrays (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Mehrdimensionale Arrays werden als Arrays von Arrays angelegt.

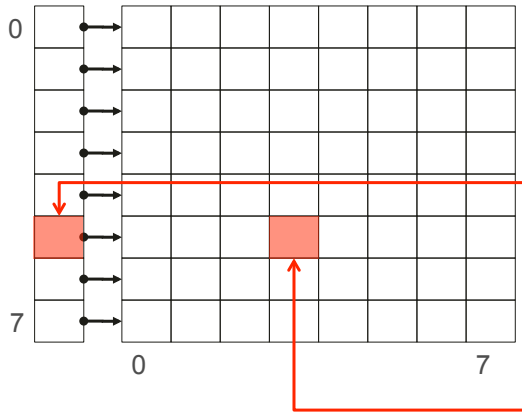


```
Schachfigur[][] schachbrett = new Schachfigur[8][8];
```


Mehrdimensionale Arrays (III)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Mehrdimensionale Arrays werden als Arrays von Arrays angelegt.




```
schachbrett[i][j]
```

```
Schachbrett[5][j]
```

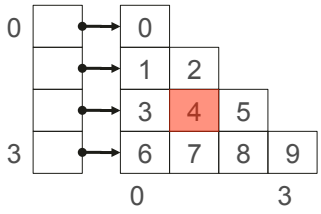
```
Schachbrett[5][3]
```

Mehrdimensionale Arrays (IV)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Es ist auch möglich nicht rechteckige Arrays anzulegen.

```
int[][] a = { { 0 },
              { 1, 2 },
              { 3, 4, 5 },
              { 6, 7, 8, 9 } };
```



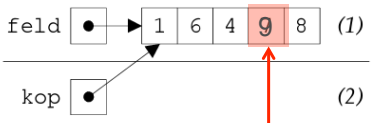
Welchen Wert hat dieser Ausdruck?

```
a[2][1] = ???
```


Referenzen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Was passiert, wenn Sie eine Referenzkopie verändern?




```
int[] kop = feld;
kop[3] = 9;
```

Sie ändern sowohl die „Kopie“ als auch das „Original“ !!!

(Eigentlich gibt es keine Kopie und Original nur zwei Referenzen auf denselben Hauptspeicherbereich)

Referenztypen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Referenztypen	Variablen von Referenztypen	Speicher-management
• Alle selbst definierten Datentypen • oder Arrays • Werden mittels new Operator erzeugt	• enthalten Referenz auf erzeugte Objekte • nicht die Inhalte der Objekte	• nicht referenzierte Objekte • werden durch einen Garbage Collector automatisch freigegeben

Klassen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Unter einer Klasse versteht man einen selbstdefinierten Datentyp, der üblicherweise mehrere Komponenten umfasst, die mittels primitiver Datentypen ausgedrückt werden können.
- Eine Klasse kann aber auch prinzipiell Komponenten beinhalten, die wiederum Klassen sind.
- Am einfachsten macht man sich eine Klasse am Beispiel einer Adresse deutlich.

Definition eigener Datentypen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Eine Adresse ist sicher ein sinnvoller Datentyp für eine Vielzahl von Anwendungen, existiert jedoch nicht in JAVA.

Eine Adresse kann jedoch aus mehreren primitiven Komponenten zusammengesetzt werden.

Adresse	
name:	String
strasse:	String
hausnummer:	int
postleitzahl:	int
wohnort:	String
mail:	String
kommentar:	String

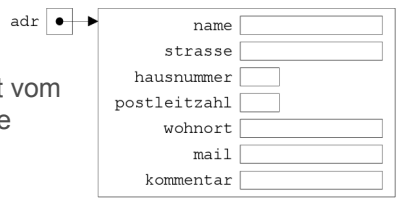
```
class Adresse {
   public String name;
   public String strasse;
   public int hausnummer;
   public int postleitzahl;
   public String wohnort;
   public String mail;
   public String kommentar;
}
```


Erzeugen von Objekten eigener Datentypen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Ein Objekt eines Referenzdatentyps wird ähnlich erzeugt wie ein Array. Mit Hilfe des `new` Operators.

```
Adresse adr = new Adresse();
```



Diese Zeile erzeugt ein neues Objekt vom Datentyp `Adresse` und speichert die Referenz auf dieses Objekt in der Variablen `adr`.

Auf die einzelnen Komponenten eines Datentyps kann dann auf folgende Art zugegriffen werden.

```
adr.strasse = "Mönkhofer Weg";
```
Schreibender Zugriff

```
System.out.println(adr.strasse);
```
Lesender Zugriff

`adr.strasse` ist zu lesen wie: Greife auf die Komponente `strasse` des Objekts zu, dessen Referenz in `adr` gespeichert ist.

Konstruktor

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Um ein Adressobjekt anzulegen, kann man also wie folgt vorgehen.

```
Adresse adr = new Adresse();
adr.name = “Max Mustermann“;
adr.strasse = “Mönkhofer Weg“;
adr.hausnummer = 239;

...
```

Um sich diese Einzelinitialisierungen der Komponenten zu ersparen, wird üblicherweise ein Konstruktor definiert, der im Rahmen des Anlegens eines Objekts wie folgt aufgerufen werden kann.

```
Adresse adr = new Adresse(
       “Max Mustermann“,
       “Mönkhofer Weg“,
       239, ...);
```


Konstruktor (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Ein Konstruktor belegt dabei die Komponenten eines Datentyps mit Werten. Ein Konstruktor ist eigentlich nichts weiter als eine spezielle Methode die im Rahmen der Initialisierung eines Objekts aufgerufen wird.

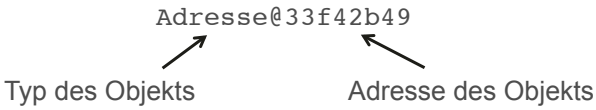
```
class Adresse {
  public String name;
  public String strasse;
  public int hausnummer;

  ...
  // Konstruktor
  public Adresse(String n, String, s, int h) {
    this.name = n;
    this.strasse = s;
    this.hausnummer = h;
    ...
  }
}
```

toString() (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Werte von Variablen primitiver Datentypen kann man einfach mit der `System.out.println` Methode ausgeben. Versucht man dasselbe mit Referenztypen (z.B. Adressen) erhält man Ausgaben der folgenden Art:

```
Adresse adr = new Adresse("Max Mustermann", "Mönkhofer
Weg", 239, 23562, "Lübeck");

System.out.println(adr);
```



toString() (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Dies ist im allgemeinen für den menschlichen Leser nicht geeignet. Daher gibt es in JAVA die Konvention anstelle des Typs und Adresse eines Objekts die Inhalte des Objekts auszugeben.

Die Art und Weise der Darstellung kann selber mittels einer `toString` Methode festgelegt werden.

```
class Adresse {
  public String name;
  public String strasse;
  public int hausnummer
  ...

  public String toString() {
    return this.name + "\n" + this.strasse + " " +
           this.hausnummer + "\n"
           this.postleitzahl + " " + this.wohnort + "\n";
  }
}
```

toString() (III)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Der Aufruf:

```
Adresse adr = new Adresse("Max Mustermann", "Mönkhofer
Weg", 239, 23562, "Lübeck");

System.out.println(adr);
```

Erzeugt dann nicht, `Adresse@33f42b49`

sondern, die für den Leser gebräuchlichere Form:

```
Max Mustermann
Mönkhofer Weg 239
23562 Lübeck
```

Merke: Die `toString` Methode definiert eine textuelle Repäsentation, der Wertebelegung eines Referenztyps. Sie wird immer aufgerufen, wenn ein Objekt als Zeichenkette dargestellt werden soll.

Semantik bei Referenztypen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Zuweisung

- Zuweisung kopiert lediglich die Referenz nicht das Objekt
- Nach einer Zuweisung von ***a*** (Referenz auf ein Objekt ***o***) an ***b*** zeigen also ***a*** und ***b*** auf das Objekt ***o***.
- Soll tatsächlich kopiert werden, muss dies mit der **`clone`** Methode erfolgen.

Gleichheit

- Es wird getestet ob die Referenzen gleich sind,
- nicht ob die Inhalte gleich sind.
- Sollen nur die Inhalte verglichen werden, muss dies mit der **`equals`** Methode erfolgen.

equals() (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Bei Referenztypen ist eine weitere Besonderheit zu beachten. Die Definition der Gleichheit. Werden zwei Referenzen miteinander verglichen, so prüft JAVA ob die Referenzen auf dieselbe Speicherstelle zeigen, nicht ob die Objekte dieselben Werte haben.

So ergibt der folgende Code die Ausgabe `true` (`adr1` ist gleich `adr2`)

```
Adresse adr1 = new Adresse("Max Mustermann", "Mönkhofer Weg", 239,
23562, "Lübeck");

Adresse adr2 = adr1;
System.out.println(adr1 == adr2);
```

Dieser Code jedoch die Ausgabe `false` (`adr1` ungleich `adr2`)

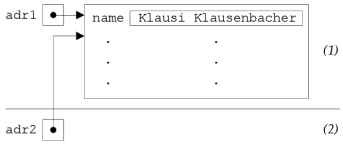
```
Adresse adr1 = new Adresse("Max Mustermann", "Mönkhofer Weg", 239,
23562, "Lübeck");

Adresse adr2 = new Adresse("Max Mustermann", "Mönkhofer Weg", 239,
23562, "Lübeck");

System.out.println(adr1 == adr2);
```


equals() (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Im ersten Fall wird einfach

nur die Referenz kopiert.



Im zweiten Fall wird ein neues Objekt `adr2` angelegt, das (zufällig) dieselben Inhalte wie das Objekt `adr1` hat. Die Inhalte stehen jedoch an unterschiedlichen Stellen im Hauptspeicher.

Der Gleichheitsoperator == ist jedoch auf Referenzen (Identität) und nicht auf Inhalten definiert (Wertegleichheit). JAVA selber kann nicht auf Wertegleichheit vergleichen. Jedoch kann man dies für eigene Datentypen mittels einer `equals` Methode selber implementieren.

`equals()` (III)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Hierzu muss im selber definierten Datentyp eine `equals` Methode eingebaut werden, die Komponenten (primitive Datentypen) paarweise miteinander auf Gleichheit vergleicht.

```
class Adresse {
  public String name;
  public String strasse;
  public int hausnummer
  ...

  public boolean equals(Adresse adr) {
    return this.name == adr.name &&
           this.strasse == adr.strasse &&
           this.hausnummer == adr.hausnummer;
  }
}
```

Der folgende Code erzeugt dann als Ausgabe `true`, d.h. `adr1` und `adr2` sind wertegleich jedoch nicht referenzgleich.

```
Adresse adr1 = new Adresse("Max Mustermann", "Mönkhofer Weg", 239, 23562,
"Lübeck");

Adresse adr2 = new Adresse("Max Mustermann", "Mönkhofer Weg", 239, 23562,
"Lübeck");

System.out.println(adr1.equals(adr2));  // Keine Anw. des == Operators
```


`clone()` (I)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Wie sie gesehen haben, wird mit dem Zuweisungsoperator = bei Referenztypen nur die Referenz, aber nicht die Inhalte dupliziert. Bei primitiven Datentypen werden hingegen tatsächlich die Inhalte dupliziert. Daher ist das Verhalten von Referenztypen und primitiven Datentypen bspw. bei Methodenaufrufen ein anderes (Stichwort: Call by Reference Verhalten, vgl. Unit 2).

Für unser Adressdatentyp sähe eine `clone` Methode beispielsweise wie folgt aus:

```
class Adresse {
  public String name;
  public String strasse;
  public int hausnummer;

  ...

  public Adresse clone() {
    return new Adresse(name, strasse, hausnummer);
  }
}
```

clone() (II)

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Und könnte wie folgt aufgerufen werden:

```
Adresse adr1 = new Adresse("Max Mustermann", "Mönkhofer
Weg", 239, 23562, "Lübeck");

Adresse adr2 = adr1.clone();
```

Klassenvariablen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Sie lernen nun die Bedeutung des Schlüsselworts **`static`** kennen.
- Sie haben bislang gelernt, dass Datenfelder (Variablen) eines Referenztyps ohne das Schlüsselwort **`static`** deklariert wurden.
- Derartige Datenfelder gehören immer zu genau einem Objekt welches mit dem `new` Operator erzeugt wird.

```
public class Adresse {
   public String vorname;
   public String nachname;
   ...
}
```

```
Adresse adr1 = new
Adresse("Max",
"Mustermann", ...);

Adresse adr2 = new
Adresse("Maren",
"Musterfrau", ...);
```

Klassenvariablen und -methoden

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Datenfelder können sich aber auch auf alle Objekte einer Klasse, also die Klasse selber beziehen.
- Diese Datenfelder gelten dann für alle Objekte einer Klasse und werden bei der Datenfeld Deklaration durch das Schlüsselwort **`static`** gekennzeichnet.
- Gleiches gilt für Methoden.

```
public class Adresse {
   public static String vorname;
   public String nachname;
   ...
}
```

```
Adresse adr1 = new Adresse("Max",
"Mustermann", ...);

Adresse adr2 = new
Adresse("Maren",
"Musterfrau", ...);

System.out.println(adr1.vorname);
```

Maren (obwohl doch adr1 als Max Mustermann instantiiert wurde).

Merke: Änderungen an als **`static`** deklarierten Datenfeldern eines Referenztyps wirken sich auf **ALLE** Objekte dieses Referenztyps aus.

Beispiel: Personen zählen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Sie sollen nun einen Referenztyp Person entwickeln, der den Vor- und Nachnamen einer Person speichern und ausgeben kann.
- Zusätzlich soll im Referenztyp mitgezählt werden, die wievielte von wie vielen insgesamt angelegten Personen diese Person ist. Auch diese Information soll in folgender Form ausgegeben werden.

Max Mustermann (3/1089)

Personen zählen - Lösung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
class Person {
  public String vorname;
  public String nachname;
  public static int total;              // Zählt alle angelegten Personen Objekte
  public int meine_nr;

  public Person(String vn, String nn) {
    this.vorname = vn;
    this.nachname = nn;
    this.meine_nr = ++Person.total;                    // auch möglich this.total
  }

  public String toString() {
    return this.vorname + " " + this.nachname +
      " (" + this.meine_nr + "/" + Person.total + ")";    // auch möglich this.total

  }
}

public class Beispiel {
  public static void main(String[] args) {
    Person p1 = new Person("Max", "Mustermann");
    Person p2 = new Person("Maren", "Musterfrau");
    System.out.println(p1);
    System.out.println(p2);
  }
}
```


Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben seien zwei Felder `a` und `b` vom Typ `int[]`.

a) Warum kann man die beiden Felder `a` und `b` nicht mittels `a == b` vergleichen?

b) Wie könnte ein Programmstück aussehen, das beide Felder miteinander vergleicht? Dabei seien zwei Felder genau dann gleich, wenn sie die gleiche Länge haben und alle ihre Komponenten paarweise übereinstimmen.

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Welche der folgenden Ausdrücke wird zu `true` oder `false` ausgewertet?

```
Adresse adr1 = new Adresse("Mustermann", "23562 HL");
Adresse adr2 = adr1;
Adresse adr3 = adr1.clone();
Adresse adr4 = new Adresse("Mustermann", "23562 Lübeck");
Adresse adr5 = new Adresse("Mustermann", "23562 HL");
```

`adr1 == adr3`	`false`	`adr3 == adr1`	`false`
`adr2 == adr1`	`true`	`adr1.equals(adr2)`	`true`
`adr3.equals(adr1)`	`true`	`adr1.equals(adr3)`	`true`
`adr1 == adr4`	`false`	`adr4 == adr1`	`false`
`adr4.equals(adr1)`	`false`	`adr1.equals(adr4)`	`false`
`adr5.equals(adr1)`	`true`	`adr1.equals(adr5)`	`true`
`adr3.equals(adr3)`	`true`	`adr3 == adr3`	`true`

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Der Adressdatentyp hatte einen Email und Kommentarbestandteil. Diese Anteile sollen nur ausgegeben werden, wenn Sie auch definiert sind, d.h. ungleich der leeren Zeichenkette sind. Wie müssen Sie ihre `toString` Methode schreiben?

```
class Adresse {
  public String name;          public String wohnort;
  public String strasse;       public String mail;
  public int hausnummer;       public String kommentar;
  public int postleitzahl;

}
```

Zusammenfassung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- **Arrays**
  - Semistatische Datenstruktur
  - Deklaration und Initialisieren von Arrays
  - Eindimensionale Arrays
  - Zwei- und mehrdimensionale Arrays
  - Verhalten wie ein Referenzdatentyp

- **Klassen**
  - Referenzdatentypen
  - Erzeugen von Objekten mit dem `new` Operator
  - Unterschiede zu primitiven Datentypen
  - Wertegleichheit und Referenzgleichheit
  - Clonen von Objekten
  - Statische und nicht statische Datenfelder

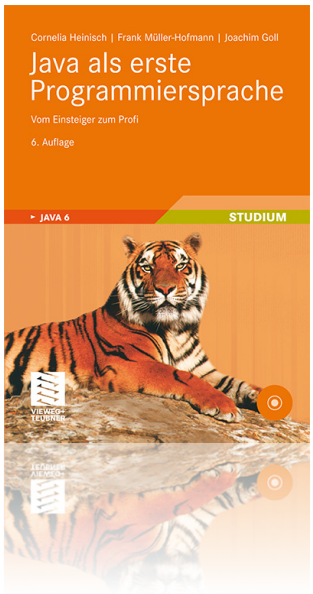
Themen dieser Unit

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Referenzdatentypen	Collections
• Felder (Arrays) • Klassen	• Listen • Stack • Mappings

Zum Nachlesen ...

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Kapitel 18

Collections

Abschnitt 18.3 Listen

`List`

Abschnitt 18.3.3 Stapel

`Stack`

Abschnitt 18.6 Verzeichnisse

`Map`

Collections

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Im Rahmen der Programmierung benötigt man immer wieder Datenstrukturen, die sich stark ähneln.
- Z.B. muss man häufig eine Menge von Objekten in einer Liste speichern (z.B. alle Adressen von Studierenden), HTML Seiten werden in Web-Browsern bspw. häufig als Bäume verwaltet.
- Die Datenstrukturen sind dabei nicht abhängig davon, was für Arten von Objekten gespeichert werden.
- Die Art und Weise des Zugriffs ist ausschließlich abhängig von der Datenstruktur und nicht abhängig von den zu speichernden Objekttypen.
- In JAVA werden diese Arten von Datenstrukturen als Collections bezeichnet.

Collections

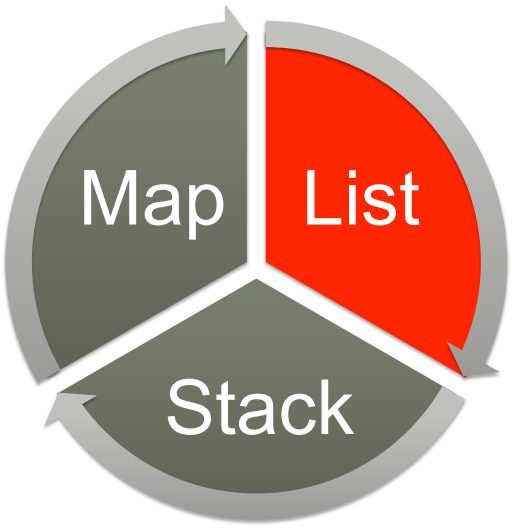
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Datenstrukturen	Unterschiede zu Arrays	Ausprägungen
• Verwaltung von Mengen von Daten • Daten werden gekapselt abgelegt • Zugriff auf die Daten über spezielle Methoden	• Müssen nicht typrein sein • Können zur Laufzeit in Ihrer Größe verändert werden • Und sind damit flexibler einsetzbar	• `List` – dynamische Liste • `Stack` – Stapel • `Map` – Key, Value Paare

Weitere werden in dieser LV nicht behandelt.

Collections

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Collections
List

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Lineare Liste
- Elemente beliebigen Typs (können jedoch auf einen Referenztyp eingeschränkt werden)
- Länge zur Laufzeit veränderbar
- Einfügen und Löschen von Elementen
- Sequentieller und wahlfreier Zugriff

Collections
List – Einfügen und Löschen von Elementen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
public boolean add(Object o)
```

Fügt ein Element *o* der Liste am Ende hinzu

```
public boolean add(int i, Object o)
```

Fügt ein Element *o* der Liste an der Stelle *i* hinzu. Alle folgenden Elemente werden weitergeschoben. Liefert als Rückgabe ob add erfolgreich war oder nicht.

```
public Object set(int i, Object o)
```

set Ersetzt ein Element an der Stelle i (vorheriges Element wird zurück gegeben)

```
public Object remove(int i)
```

Löscht das Element an der Stelle *i* in der Liste und liefert es zurück.

Collections
`List` – Informationen über Listen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
public Object get(int i)
```
Liefert das i. Element der Liste.

```
public boolean isEmpty()
```
Prüft, ob eine Liste leer ist.

```
public int size()
```
Gibt die Anzahl der Elemente in einer Liste zurück.

Alle weiteren Methoden dieser Datenstruktur finden Sie unter:

http://download.oracle.com/javase/7/docs/api/java/util/List.html

Collections
`List` – Miniübung I

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
List v = new LinkedList();
System.out.println(v);
```
[]

```
v.isEmpty();
```
true

```
v.size();
```
0

```
v.add(5);
v.add(6);
```
[5, 6]

```
v.isEmpty();
```
false

```
v.size();
```
2

```
v.add(1, "Einschub");
```
[5, Einschub, 6]

```
v.remove(1);
```
[5, 6]

Collections
`List` – Sequentieller Elementzugriff

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Sequentieller Elementzugriff auf eine Liste ist mittels eines Iterators möglich.

```
public Iterator iterator()
```

Liefert einen Iterator über eine Liste.

Ein Iterator bietet zwei Methoden an:

```
public boolean hasNext()
```

True, wenn noch weitere Elemente in der Aufzählung, sonst False.

```
public Object next()
```

Liefert das nächste Element der Aufzählung

Collections
`List` – Miniübung III

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
List v = new ArrayList();
v.add(1);
v.add(2);
v.add(3);
```

[1, 2, 3]

```
Iterator e = v.iterator();
```

[1,2,3]

```
e.hasNext();
```

true

```
e.next ()
```

1 und [1, 2, 3]

```
e.hasNext();
```

true

```
e.next ()
```

2 und [1, 2, 3]

```
e.hasNext();
```

true

```
e.next ()
```

3 und [1, 2, 3].

```
e.hasNext();
```

false

Collections
`List` – Iterator Schleife über eine Liste

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
List v = new LinkedList();
v.add(„Eins“);
v.add(„Zwei“);
v.add(1, “Drei“);

Iterator it = v.iterator();

while (it.hasNext()) {
  System.out.println(it.next());
}
```

Eins
Drei
Zwei

Diese Variante ohne Enumerator ginge auch:

```
for (int i = 0; i < v.size(); i++) {
  System.out.println(v.get(i));
}
```

Diese Variante mit foreach Schleife ginge auch:

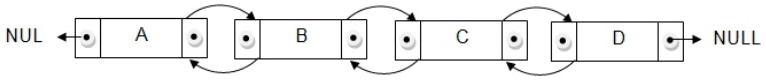
```
for (Object o : v) System.out.println(o);
```


Unterschiedliche Implementierungen von Listen hinter derselben Schnittstelle

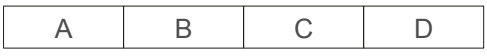
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Softwaretechnisch können Listen auf unterschiedlichste Arten implementiert werden.

In JAVA bietet es sich an, Objekte jeweils mit einer Referenz auf den Vorgänger und den Nachfolger in einer Liste zu verlinken. Dieses Prinzip nennt man `LinkedList`.



Man kann aber auch die Datenstruktur Array dazu nutzen, um eine Liste im Hauptspeicher zu speichern. Dieses Prinzip nennt man dann `ArrayList`.



Für den Zugriff auf die Liste und den Umgang mit der Liste ändert dies nichts.

`LinkedList` und `ArrayList` Vorteile und Nachteile

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

	Vorteil	Nachteil
`LinkedList`	• Schnelles Einfügen	• Langsamer wahlfreier Zugriff • höherer Speicherverbrauch
`ArrayList`	• Schneller wahlfreier Zugriff • geringer Speicherverbrauch	• Langsames Einfügen

Da eine `ArrayList` auf die semidynamische Datenstruktur Array zurückgreift, kann eine Einfügeoperation nur sehr aufwändig realisiert werden, da ein Array zur Laufzeit nicht vergrößert werden kann.

Es muss erst ein größeres Array angelegt werden, dann alle Daten aus dem alten Array umkopiert werden, und dann das alte Array gelöscht werden.

Da Listen häufig sequentiell (also nicht wahlfrei) durchlaufen werden, ist es daher ratsam, `LinkedLists` zu nutzen. Erst wenn Laufzeitprobleme oder Speicherprobleme bei großen Listen auftreten, sollte man den Einsatz von `ArrayList` in Erwägung ziehen.

`LinkedList` und `ArrayList` implementieren beide die `List` Schnittstelle

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Egal welche Implementierung genutzt wird. Auf die Datenstruktur sollte man immer nur über die Schnittstelle `List` zugreifen.

Dies ermöglicht es, nachträglich die zugrunde liegen Listenimplementierung in einer Zeile zu ändern, ohne den Rest der Programmierung anpassen zu müssen.

Die List Schnittstelle ist eine klassische objektorientierte Lösung. Wie diese Mechanismen im Einzelnen funktionieren, werden wir im weiteren Verlauf der Vorlesung noch behandeln.

```
// Listen daher bitte immer so anlegen
List alist = new ArrayList();
List llist = new LinkedList();

// Niemals so (obwohl der Compiler nicht meckern würde)
ArrayList alist = new ArrayList();
LinkedList llist = new LinkedList();
```

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben sei folgende Liste:

```
List v = new LinkedList();
for (int i = 0; i < 10; i++) v.add(i);
```

Entwickeln Sie eine Methode `invert`, um eine `Liste` oben angegebener Art rückwärts in folgender Form als `String` zurückzugeben:

`9-8-7-6-5-4-3-2-1-0`

Miniübung:



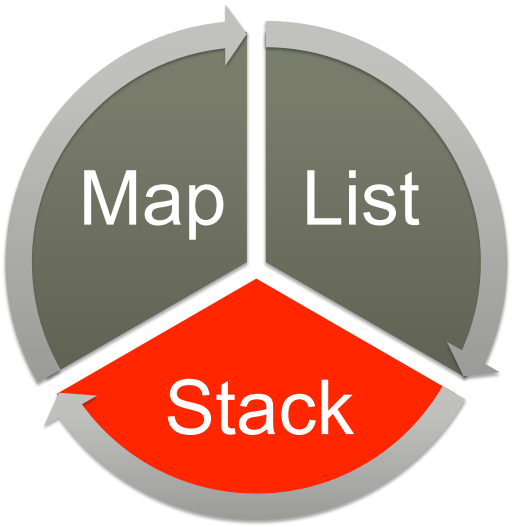
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Entwickeln Sie bitte zwei Methoden **`firstElement`** und **`lastElement`**, die das jeweils erste und letzte Element einer Liste zurückliefern.

Ist die Liste leer oder `null` sollen beide Methoden `null` als Ergebnis liefern.

Collections

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Collections
Stack

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Kellerspeicher
- Elemente beliebigen Typs (kann auf einen Referenztyp eingeschränkt werden)
- Länge zur Laufzeit beliebig veränderbar.
- Zugriff nach dem LIFO Prinzip
  Last In First Out

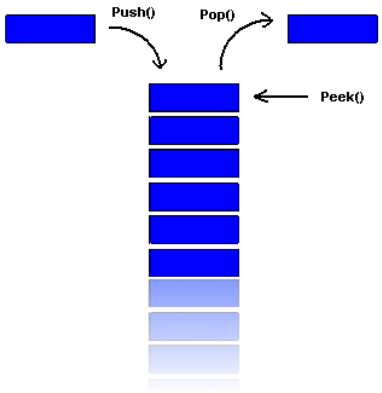
Collections
`Stack` – Operationen

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
public void push(Object o)
```
Legt ein Element *o* auf den Stack.

```
public Object peek()
```
Liest das oberste Element des Stacks.

```
public Object pop()
```
Liest das oberste Element des Stacks und löscht es vom Stack.



Collections
`Stack` – Informationen über Stack

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
public boolean isEmpty()
```
Prüft, ob ein Stack leer ist.

```
public int size()
```
Gibt Anzahl der Elemente eines Stack zurück.

Alle weiteren Methoden dieser Datenstruktur finden Sie unter:

http://download.oracle.com/javase/7/docs/api/java/util/Stack.html

Collections
`Stack` – Miniübung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
Stack s = new Stack();
s.push(1);
s.push(2);
s.push(3);
```
s:[1, 2, 3]

```
s.size()
```
3

```
s.isEmpty();
```
false

```
s.peek();
```
3 und s:[1, 2, 3]

```
s.pop();
```
3 und s:[1, 2]

```
s.pop();
```
2 und s:[1]

```
s.pop();
```
1 und s:[]

```
s.isEmpty();
```
true

```
s.pop();
```
Fehler: EmptyStackException

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben sei folgende Liste:

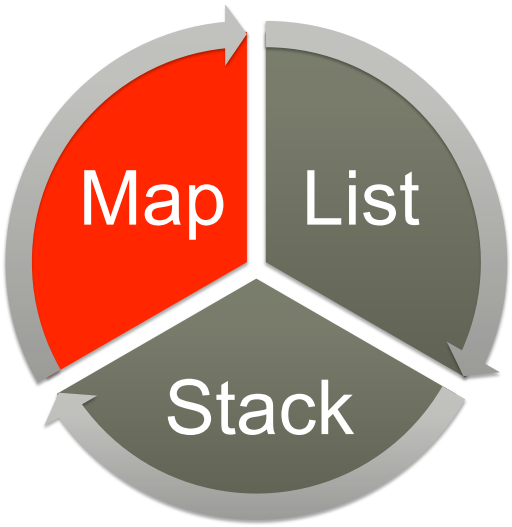
```
List v = new LinkedList();
for (int i = 0; i < 10; i++) v.add(i);
```

Entwickeln Sie eine Methode `invert`, um eine `Liste` oben angegebener Art rückwärts in folgender Form als `String` zurückzugeben. Nutzen Sie die Datenstruktur `Stack`, um diese Methode zu implementieren.

`9-8-7-6-5-4-3-2-1-0`

Collections

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences



Collections
Map

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Assoziativer Speicher (A verweist auf B)
- Elemente beliebigen Typs (können auf einen Referenztyp eingeschränkt werden)
- Länge zur Laufzeit beliebig veränderbar.
- Zugriff nach dem Key Value Prinzip

Collections
Map – Einfügen und Löschen von Elementen

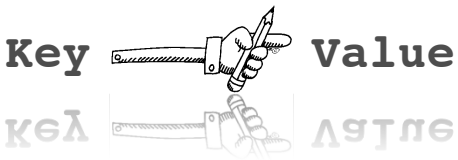
FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
public Object put(Object key, Object value)
```

Fügt das **key value** Paar in die Map ein. Falls bereits ein **key value** Paar existiert wird **value** ausgetauscht und der alte **value** Wert zurückgegeben. Andernfalls wird **null** zurückgegeben.

```
public Object remove(Object key)
```

Löscht das **key value** Paar mit dem Schlüssel **key**. Gibt den unter **key** gespeichert Wert zurück oder **null**, falls der **key** nicht unter den Schlüsseln der Map gespeichert war.



Collections
Map – Zugriff auf Elemente

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
public Object get(Object key)
```

Liefert den **value** aus der Map, der unter **key** abgelegt wurde. Liefert **null,** wenn der Schlüssel nicht in der Hashtable abgelegt ist.

```
public boolean containsValue(Object value)
```

Liefert **true**, wenn **value** in den Werten der Map vorhanden ist. Andernfalls **false**.

```
public boolean containsKey(Object key)
```

Liefert **true**, wenn **key** in den Schlüsseln der Map vorhanden ist. Andernfalls **false**.

Collections
Map – Miniübung I

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
Map h = new HashMap();
h.put('a', "Hello“);
h.put('c', "World“);
h.put('x', "_");
System.out.println(h);
```

h:{ a=Hello, c=World, x=_ }

```
h.remove(‚c‘);
```

World und h:{ a=Hello, x=_ }

```
h.remove(‚z‘);
```

null und h:{ a=Hello, x=_ }

```
h.put(‚x‘, „World“);
```

_ und h:{ a=Hello, x=World }

Collections
Map – Zugriff auf alle Keys und Values

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
public List values()
```

Liefert eine Liste über alle Werte der Map.

```
public Set keySet()
```

Liefert eine Menge aller Schlüssel der Map (Set ist eine spezielle Liste in der keine doppelten Werte vorkommen).

Alle weiteren Methoden dieser Datenstruktur finden Sie unter:

http://download.oracle.com/javase/7/docs/api/java/util/Map.html

Collections
Hashtable – Miniübung II

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
Map h = new HashMap();
h.put('a', "Hello“);
h.put('c', "World“);
h.put('x', „Strange");
```

h:{ a=Hello,
c=World,
x=Strange }

```
Iterator e = h.values().iterator();
while (e.hasNext() {
  System.out.println(e.next());
}
```

Strange
World
Hello
Reihenfolge kann variieren

```
e = h.keySet().iterator();
while (e.hasNext() {
  System.out.println(e.next());
}
```

c
a
x
Reihenfolge kann variieren

Unterschiedliche Implementierungen von Maps hinter derselben Schnittstelle

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Softwaretechnisch können Maps (ähnlich wie Listen) auf verschiedene Arten realisiert werden. Die Frage ist, wie man mit dem Schlüssel umgeht.

In JAVA werden u.a. die folgenden zwei Varianten hierzu angeboten.

- Die Schlüssel werden mittels eines Baums gespeichert und sortiert (wie dies im Einzelnen funktioniert werden wir noch im weiteren Verlauf der Vorlesung sehen). Hierzu nutzt man die Datenstruktur **`TreeMap`**.
- Die Schlüssel werden gehashed. Dies ermöglicht einen unsortierten aber sehr schnellen Zugriff auf die Werte innerhalb der Map. Hierzu nutzt man die Datenstruktur **`HashMap`**.

Wie bei `LinkedList` und `ArrayList` über die Schnittstelle `List` angesprochen werden können, so können auch `HashMap` und `TreeMap` über die Schnittstelle **`Map`** angesprochen werden.

Der Unterschied soll an einem kleinen Beispiel deutlich gemacht werden.

Beispiel: HashMap

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
// Anlegen einer Map
Map<String, String> telefonbuch = new HashMap<String, String>();


// Eintragen von Werten in die Map
telefonbuch.put("Peter", "0451-123456");
telefonbuch.put("Klaus", "0451-234156");
telefonbuch.put("Armin", "0451-623145");

// Ausgeben der Map (Telefonbuch)
for (String name : telefonbuch.keySet()) {
  System.out.print  ("Nummer von " + name + ":\t");
  System.out.println(telefonbuch.get(name));
}
```

Ausgabe des Programms:

Nummer von Klaus: 0451-234156

Nummer von Armin: 0451-623145

Nummer von Peter: 0451-123456

Die Ausgabe der Telefonnummer erfolgt in zufälliger Reihenfolge der Keys.

Die Reihung ist bei einer HashMap nicht mal vorhersagbar!

Beispiel: TreeMap

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

```
// Anlegen einer Map
Map<String, String> telefonbuch = new TreeMap<String, String>();


// Eintragen von Werten in die Map
telefonbuch.put("Peter", "0451-123456");
telefonbuch.put("Klaus", "0451-234156");
telefonbuch.put("Armin", "0451-623145");

// Ausgeben der Map (Telefonbuch)
for (String name : telefonbuch.keySet()) {
  System.out.print  ("Nummer von " + name + ":\t");
  System.out.println(telefonbuch.get(name));
}
```

Ausgabe des Programms:

Nummer von Armin: 0451-623145

Nummer von Klaus: 0451-234156

Nummer von Peter: 0451-123456

Die Ausgabe der Telefonnummer erfolgt nun in Ordnung der Keys.

Die Reihung ist somit bei einer TreeMap vorhersagbar!

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben sind diese beiden Arrays von Matrikelnummern und Namen. Führen Sie diese beiden Arrays in einer `Map` zusammen, so dass die Namen den Matrikelnummern zugeordnet werden.

Die Arrays sind korrekt geordnet – so dass die Zuordnungen passen.

```
int[] matrnrs = { 565432, 675938, 889554, 886532 };
String[] names = { “Max Mustermann“, “Maren Musterfrau“,
                   “Tessa Loniki“, “Wilder Wutz“ };
```


Typsicherheit bei Collections

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- Sie haben Collections bislang als einen Sammelbehälter von Werten kennengelernt, der Werte beliebigen Typs (`Object`) aufnehmen kann.
- Häufig ist dies gar nicht erforderlich und auch nicht gewollt.
- Alle vorgestellten Datentypen können in einer typfreien bzw. typgebundenen Variante genutzt werden.
- Sie haben bislang nur die typfreie vorgestellt bekommen.

Wie mache ich Collections typsicher?

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Beispiel für List

```
List v = new LinkedList(); // Wertetypen in der Liste egal
```

```
List<Integer> v = new LinkedList<Integer>();
// Es sind nur noch Integers (int) in der Liste zugelassen
```

Beispiel für Stack

```
Stack s = new Stack(); // Wertetypen im Stapel egal
```

```
Stack<String> v = new Stack<String>();
// Es sind nur noch Zeichenketten im Stapel zugelassen
```


Wie mache ich Collections typsicher?

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Beispiel für Map

```
Map h = new HashMap(); // Wertetypen im Verzeichnis egal
```

```
Map<String, Double> h = new HashMap<String, Double>();
// Es sind nur noch Zeichenketten als Key
// und Fließkommazahlen (double) als Wert in der Map
// zugelassen
```

Auf die genauen Hintergründe dieses Konzepts werden wir in der Vorlesung im Teil Generizität eingehen.

Wie mache ich Collections typsicher?

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Primitiver Datentyp	Zu nutzender Datentyp in Collection (Referenztypentsprechung)
`char`	`Character`
`int`	`Integer`
`short`	`Short`
`byte`	`Byte`
`boolean`	`Boolean`
`String`	`String`
`double`	`Double`
`float`	`Float`

Der Java Compiler sorgt für die automatische Umsetzung von primitiven Datentypen in Referenztypen (**Autoboxing**).

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Gegeben seien folgende Quelltexte. Wie können Sie diese typsicherer machen?

```
List v = new LinkedList();
for (int i = 1; i <= 1000; i++) v.add((double)i);
```

```
Map h = new HashMap();
for (int i = 1; i <= 1000; i++) h.put("Key " + i, Math.pow(i, 2));
```

```
Stack s = new Stack();
int[] is = { 9, 7, 6, 5, 10, 1000, 345, -267 };
for (int i : is) s.push("Value: " + Math.pow(i, 2));
```

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Ziehen Sie nun 1000 Zufallszahlen zwischen 0 und 999. Zählen sie mittels einer Map, wie viele kleine [0, 333[, mittlere [333, 666[und große Zahlen [666, 1000] sie gezogen haben und geben sie das Ergebnis als Map aus.

Miniübung:



FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

Ziehen Sie nun nur noch 10 Zufallszahlen zwischen 0 und 999. Ordnen sie die gezogenen Zufallszahlen mittels einer Map, den Kategorien ‚small' [0, 333[, ‚medium' [333, 666[und ‚big' [666, 1000] zu. Geben sie diese Zuordnung als Map aus.

Zusammenfassung

FACH HOCHSCHULE LÜBECK
University of Applied Sciences

- `List`
  - Volldynamische Datenstruktur einer Liste
  - Ausprägung als `LinkedList` und `ArrayList`

- `Stack`
  - Volldynamische Datenstruktur eines Kellerspeichers

- `Map`
  - Volldynamische Datenstruktur eines Assoziativspeichers
  - Key-Value Paare
  - Ausprägung als `HashMap` und `TreeMap`

- **Typsicherheit bei Collections**

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme
83