

Vorlesung



University of Applied Sciences

Programmieren I und II

Unit 3

Selbstdefinierbare Datentypen, Arrays und Collections

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

1



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

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

2

Handout zu den Vorlesungen Programmieren I und II sowie Grundlagen und Vertiefung der Programmierung (Unit 3)

Units

| | | | |
|--|--|---|---|
| Unit 1 Einleitung und Grundbegriffe | Unit 2 Grundelemente imperativer Programme | Unit 3 Selbstdefinierbare Datentypen und Collections | Unit 4 Einfache I/O Programmierung |
| Unit 5 Rekursive Programmierung und rekursive Datenstrukturen | Unit 6 Einführung in die objektorientierte Programmierung und UML | Unit 7 Konzepte objektorientierter Programmiersprachen | Unit 8 Testen (objektorientierter) Programme |
| Unit 9 Generische Datentypen | Unit 10 Objektorientierter Entwurf und objektorientierte Designprinzipien | Unit 11 Graphical User Interfaces | Unit 12 Multithread Programmierung |
| Unit 13 Einführung in die Funktionale Programmierung | | | |

FACH
HOCHSCHULE
LÜBECK
University of Applied Sciences

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

Abgedeckte Ziele dieser UNIT

| | | | |
|---|--|--|--|
| 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 Algorithmusbegriffs, 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 Multithread Programmierung sowie funktionale Programmierung |

Am Beispiel der Sprache JAVA

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

Themen dieser Unit



University of Applied Sciences



Referenzdatentypen

- Felder (Arrays)
- Klassen

Collections

- Listen
- Stack
- Mappings

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

5

Zum Nachlesen ...



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

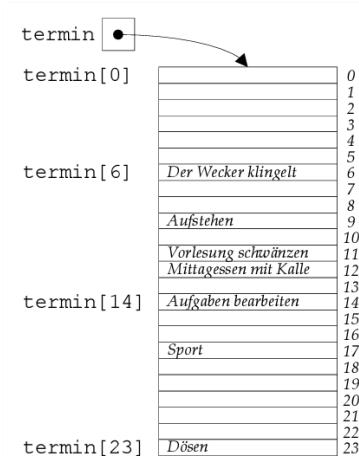


Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme

6

Felder (Arrays)

- 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

Reihung von Elementen eines festen Grundtyps



Semi-dynamisch

Größe zur Laufzeit festlegbar

Nach Erzeugung nicht mehr
änderbar



Können mehrdimensional sein

Deklaration und Erzeugung von Arrays



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 eine 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.

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

9

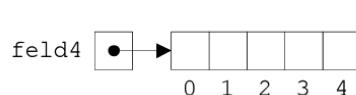
Deklaration und Erzeugung von Arrays Beispiele



University of Applied Sciences

Festlegen des Typs:

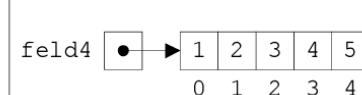
```
int[] feld4;
```



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

Anlegen der Größe:

```
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

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

10

Deklaration und Erzeugung von Arrays Beispiele



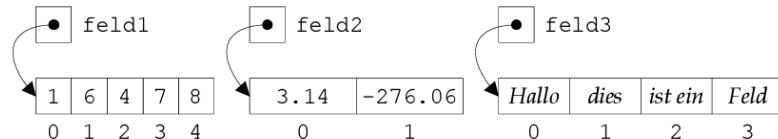
University of Applied Sciences

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"};
```

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

11

Zugriff auf Array-Elemente



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 Elemt.
}
```

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

12

Referenzen

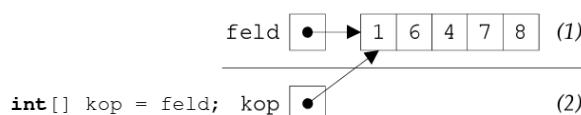


University of Applied Sciences

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.

```
x1 [ 32 ]      x2 [ a ]      x3 [ 3.14 ]      (1)
int x1 = 32;    char x2 = 'a';   double x3 = 3.14;
```

```
y1 [ 32 ]      y2 [ a ]      y3 [ 3.14 ]      (2)
int y1 = x1;    char y2 = x2;   double y3 = x3;
```



*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

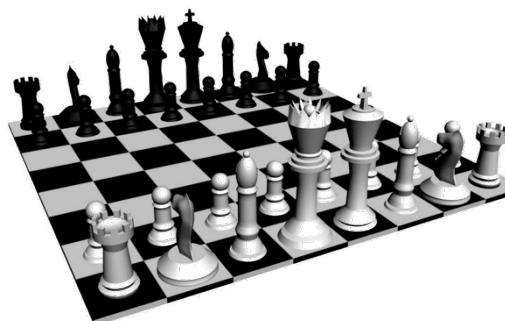
13

Mehrdimensionale Arrays (I)



University of Applied Sciences

Beispiel für ein einfaches mehrdimensionales Array.



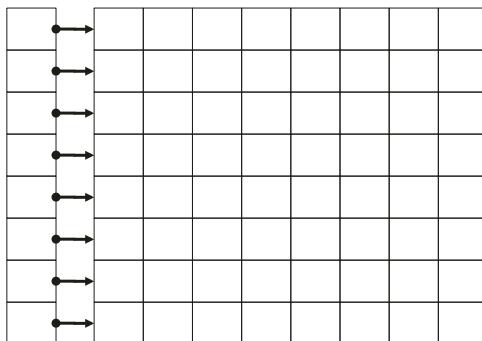
```
Schachfigur[][] schachbrett = new Schachfigur[8][8];
```

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

14

Mehrdimensionale Arrays (II)

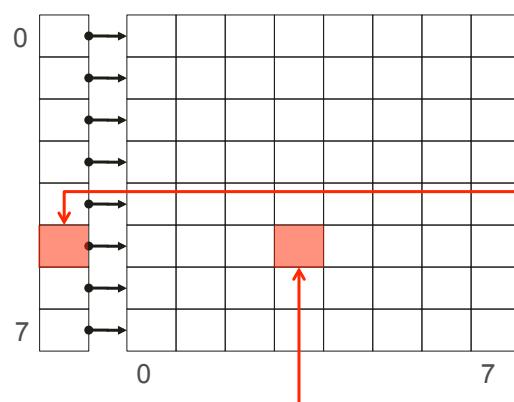
Mehrdimensionale Arrays werden als Arrays von Arrays angelegt.



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

Mehrdimensionale Arrays (III)

Mehrdimensionale Arrays werden als Arrays von Arrays angelegt.



`schachbrett[i][j]`

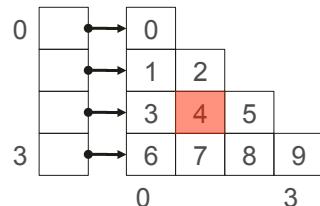
`Schachbrett[5][j]`

`Schachbrett[5][3]`

Mehrdimensionale Arrays (IV)

Es ist auch möglich nicht rechteckige Arrays anzulegen.

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

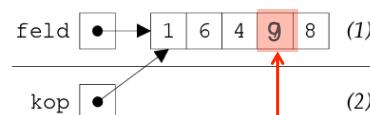


Welchen Wert hat
dieser Ausdruck?

a[2][1] = ???

Referenzen

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



University of Applied Sciences

Referenztypen

- Alle selbst definierten Datentypen
- oder Arrays
- Werden mittels new Operator erzeugt

Variablen von Referenztypen

- enthalten Referenz auf erzeugte Objekte
- nicht die Inhalte der Objekte

Speichermanagement

- nicht referenzierte Objekte
- werden durch einen Garbage Collector automatisch freigegeben



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

19

Klassen



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.

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

20

Definition eigener Datentypen



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;  
}
```

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

21

Erzeugen von Objekten eigener Datentypen



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.

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

22

Konstruktor



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, ...);
```

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

23

Konstruktor (II)



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;
        ...
    }
}
```

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

24

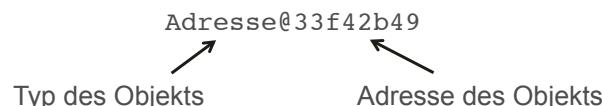
toString() (I)



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);
```



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

25

toString() (II)



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";  
    }  
}
```

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

26

toString() (III)



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 Werteverteilung eines Referenztyps. Sie wird immer aufgerufen, wenn ein Objekt als Zeichenkette dargestellt werden soll.

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

27

Semantik bei Referenztypen



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.

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

28

equals() (I)



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);
```

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

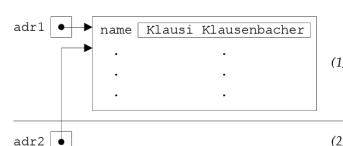
29

equals() (II)



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.

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

30

equals() (III)



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
```

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

31

clone() (I)



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);  
    }  
}
```

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

32

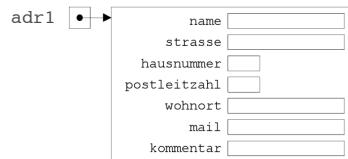
clone() (II)



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();
```



Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 33

Klassenvariablen



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", ...);
```

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 34

Klassenvariablen und -methoden



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.

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

35

Beispiel: Personen zählen



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, wie viele Personen diese Person ist. Auch diese Information soll in folgender Form ausgegeben werden.



Max Mustermann (3/1089)

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

36

Personen zählen - Lösung



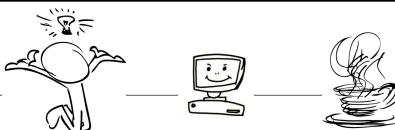
University of Applied Sciences

```
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);  
    }  
}
```

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

37

Miniübung:



University of Applied Sciences

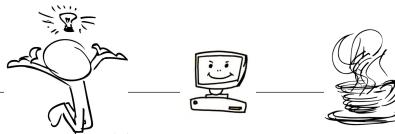
Gegeben seien zwei Felder `a` und `b` vom Typ `int []`.

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

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

38

Miniübung:

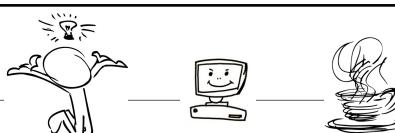


Welche der folgenden Ausdrücke wird zu **true** oder **false** ausgewertet?

```
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:



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



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



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

41

Themen dieser Unit



University of Applied Sciences

Referenzdatentypen

- Felder (Arrays)
- Klassen

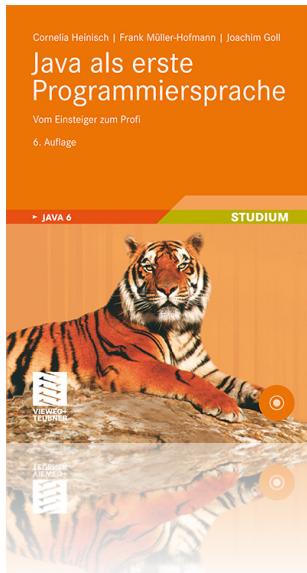
Collections

- Listen
- Stack
- Mappings

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

42

Zum Nachlesen ...



University of Applied Sciences

Kapitel 18

Collections

Abschnitt 18.3 Listen

List

Abschnitt 18.3.3 Stapel

Stack

Abschnitt 18.6 Verzeichnisse

Map

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

43

Abstrakte Datentypen



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.

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

44

Collections



University of Applied Sciences

Datenstrukturen

- Verwaltung von Mengen von Daten
- Daten werden gekapselt abgelegt
- Zugriff auf die Daten über spezielle Methoden

Unterschiede zu Arrays

- Müssen nicht typein sein
- Können zur Laufzeit in ihrer Größe verändert werden
- Und sind damit flexibler einsetzbar

Ausprägungen

- **List** – dynamische Liste
- **Stack** – Stapel
- **Map** – Key, Value Paare

Weitere werden in dieser LV nicht behandelt.

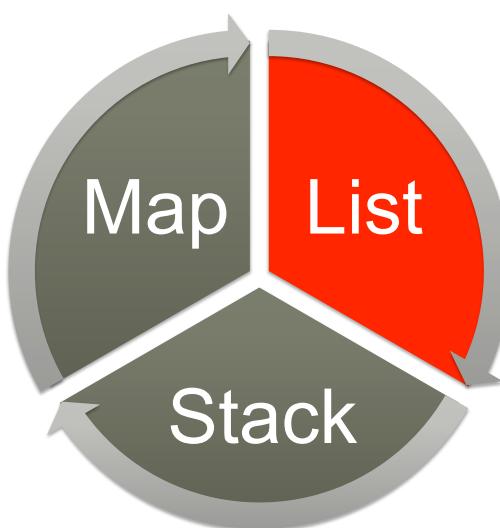
Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme

45

Collections



University of Applied Sciences



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

46

Collections List

- 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

`public void 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



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



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



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



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



University of Applied Sciences

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

ListIterator it = v.listIterator();

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);
```

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

53

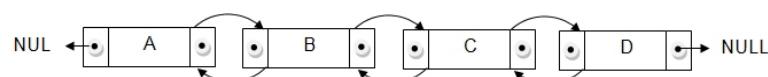
Unterschiedliche Implementierungen von Listen hinter derselben Schnittstelle



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.

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

54

LinkedList und ArrayList Vorteile und Nachteile



University of Applied Sciences

| | Vorteil | Nachteil |
|------------|---|--|
| LinkedList | <ul style="list-style-type: none">Schnelles Einfügen | <ul style="list-style-type: none">Langsamer wahlfreier Zugriffhöherer Speicherverbrauch |
| ArrayList | <ul style="list-style-type: none">Schneller wahlfreier Zugriffgeringer Speicherverbrauch | <ul style="list-style-type: none">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.

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

55

LinkedList und ArrayList implementieren beide die List Schnittstelle



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.

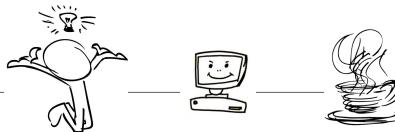
```
// Listen daher bitte immer so anlegen
List alist = new ArrayList();
List llist = new LinkedList();

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

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

56

Miniübung:



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:



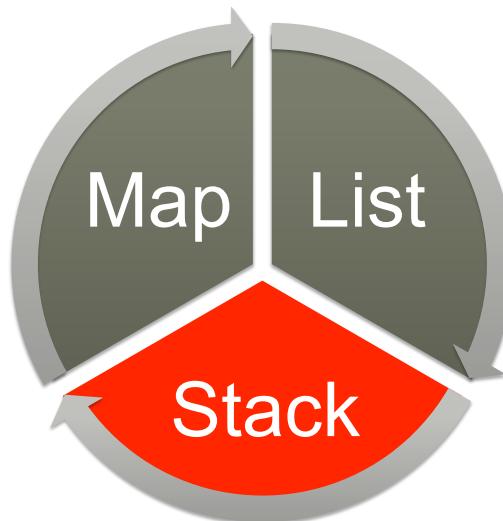
Entwickeln Sie bitte zwei Methoden `firstElement` und `lastElement`, die das jeweils erste und letzte Element einer Liste zurückliefern.

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

Collections



University of Applied Sciences



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

59

Collections Stack



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

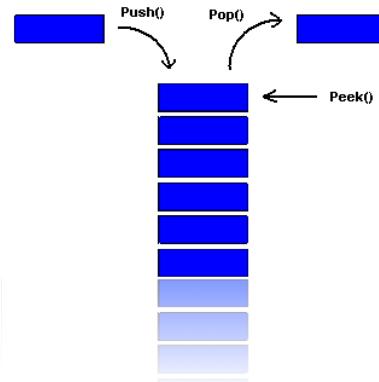
Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme

60

Collections Stack – Operationen

```
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

```
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



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

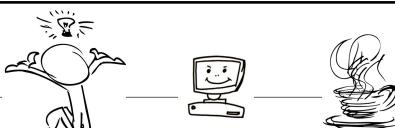
```
s.pop()
```

Fehler: EmptyStackException

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

63

Miniübung:



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

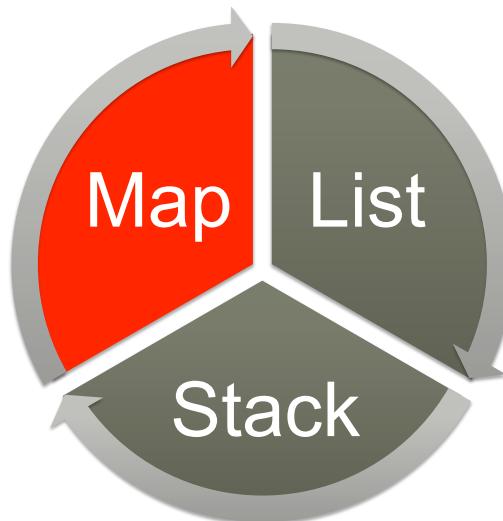
Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme

64

Collections



University of Applied Sciences



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

65

Collections

Map



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



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

66

Collections

Map – Einfügen und Löschen von Elementen



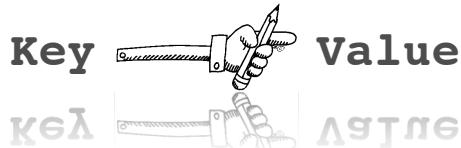
University of Applied Sciences

```
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.



Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 67

Collections

Map – Zugriff auf Elemente



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**.

Prof. Dr. rer. nat. Nane Kratzke
Praktische Informatik und betriebliche Informationssysteme 68

Collections

Map – Miniübung I



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 }

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

69

Collections

Map – Zugriff auf alle Keys und Values



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>

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

70

Collections Hashtable – Miniübung II



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

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

71

Unterschiedliche Implementierungen von Maps hinter derselben Schnittstelle



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.

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

72

Beispiel: **HashMap**



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!**

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

73

Beispiel: **TreeMap**



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

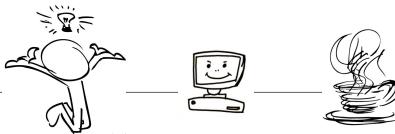
Die Ausgabe der Telefonnummer
erfolgt nun in Ordnung der Keys.

**Die Reihung ist somit bei einer
TreeMap vorhersagbar!**

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

74

Miniübung:



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

- 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?



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
```

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

77

Wie mache ich Collections typsicher?



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.

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

78

Wie mache ich Collections typsicher?



University of Applied Sciences

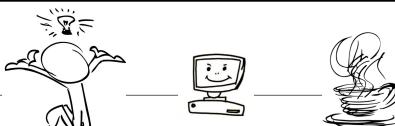
| Primitiver Datentyp | Zu nutzender Datentyp in Collection (Referenztypentsprechung) |
|---------------------|---|
| int | Integer |
| short | Short |
| byte | Byte |
| boolean | Boolean |
| String | String |
| double | Double |
| float | Float |

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

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

79

Miniübung:



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));
```

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

80

Zusammenfassung



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

81