HAW Hamburg
Fakultät TI
Technik und Informatik

Programmiermethodik 1
Programmiertechnik

Arrays

Änderungshistorie

- Typos korrigiert
- Übung "Vokale zählen" entfernt
- Überladen mit Varargs

Wiederholung

- Wrapperklassen
- Strings

Ausblick für heute

Use Cases

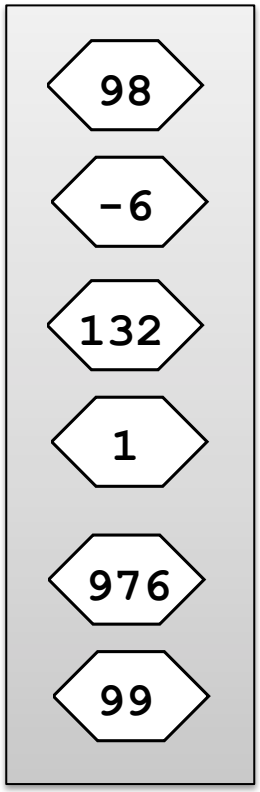
- Es sollen mehrere Objekte gleichen Typs in einer Listen-ähnlichen Struktur vorgehalten werden

Agenda

- Erzeugung und Elementzugriff
- Traversierung von Arrays
- Variable Parameteranzahl bei Methoden
- Mehrdimensionale Arrays
- Kopieren von Arrays

Erzeugung und Elementzugriff

Was ist ein Array?



Beispiel: Array mit sechs `int`-Elementen

Einführung

- ein Array (auch „Feld“)
  - ist ein Referenztyp (Variablen sind Zeiger)
  - ist ein Container-Objekt: speichert Elemente anderer Typen
- Unterschiede zu Strings
  - Der Elementtyp ist beliebig, aber gleich für alle Elemente
  - Die Werte einzelner Elemente sind austauschbar (→ Referenzsemantik!)
- die Anzahl der Elemente eines Arrays („Arraylänge“) ist aber nach der Erzeugung unveränderlich!

Einführung

- Elementtyp bestimmt den Typ des Arrays
- Syntax: Deklaration eines Arraytyps:
  - Elementtyp + leere eckige Klammern (ohne Leerzeichen!)

```
<Elementtyp>[]
```

- zu jedem Elementtyp existiert ein korrespondierender Arraytyp
  - automatische Klassendefinition durch Compiler
- Beispiele

`int`	→	`int[]`
`char`	→	`char[]`
`String`	→	`String[]`
`Bruch`	→	`Bruch[]`

- `String` ist eine spezielle Luxusversion von `char[]`
  - mit Sondereigenschaften, also mehr als char[]

Erzeugen

- Erzeugen eines neuen Arrays
  - Referenztyp, also `new`
  - notwendig: Anzahl Elemente

    `new <Elementtyp>[<Elementanzahl>]`
  - `<Elementanzahl>: int`-Ausdruck, ggf. zur Laufzeit berechnet

- Beispiele:

```
new int[4]
new double[1 + 17*4]
new String["new String".length()]
new Bruch['a']
```

Erzeugen

- Elementanzahl wird zur Laufzeit beim `new`-Aufruf festgelegt
  - kann nachher nicht mehr verändert werden
- Vorstellung
  - Array = Liste namenloser Variablen
  - werden gemeinsam definiert
  - bleiben für die Lebensdauer des Arrays beisammen

Eigenschaften

- Variablen von Arraytypen („Array-Variablen“) sind Referenzvariablen
  - Variable: Zeiger, Wert: Array-Objekt
- Beispiele:

```
int[] a;
```

- Zuweisung eines Arrays an eine Arrayvariable:

```
a = new int[4];
```

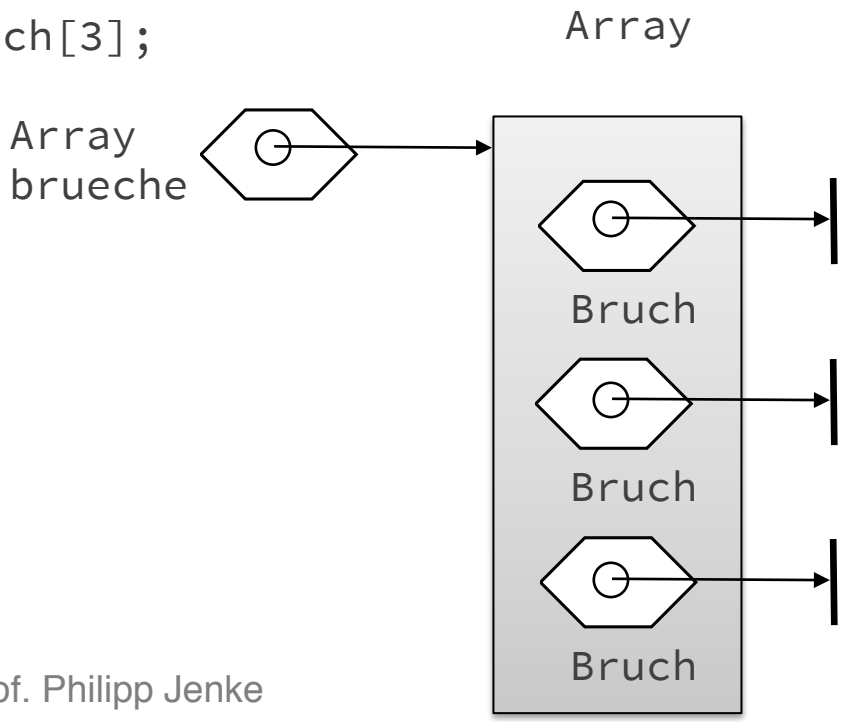
- verschiedene Arrays mit unterschiedlichen Längen als mögliche Werte einer Arrayvariablen:

```
int[] a;
a = new int[10];
a = new int[1];
a = new int[10000];
```

Defaultwerte

- Array ist ein Objekt
  - Elemente sind also Objektvariablen
  - also: Elemente werden bei der Erzeugung mit Defaultwerten initialisiert
- Beispiel

```
Bruch[] brueche = new Bruch[3];
```



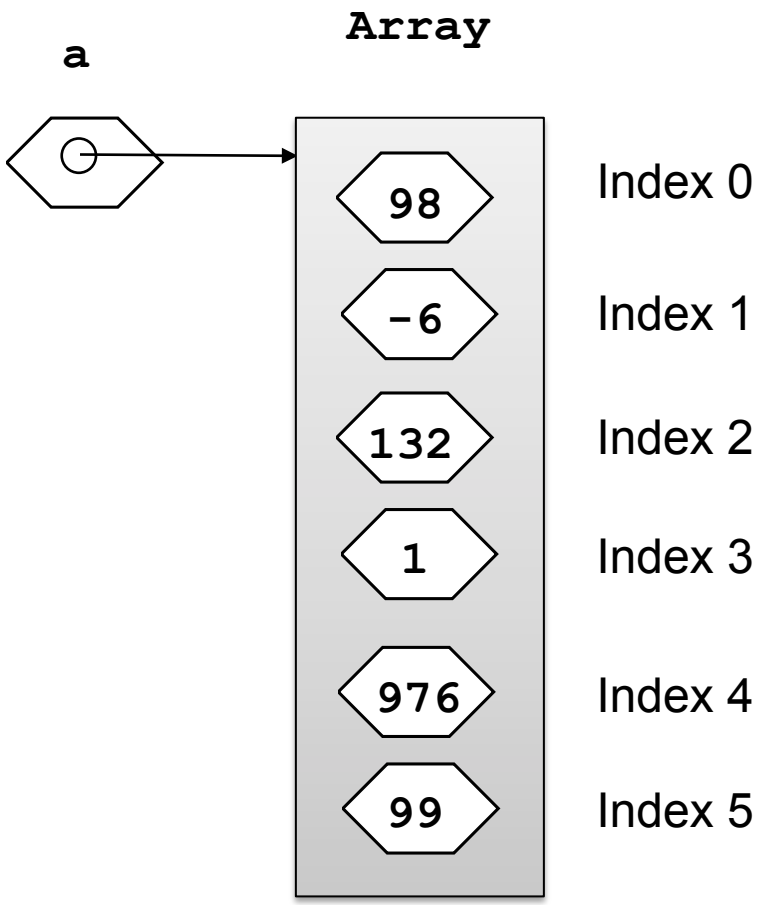
Defaultwerte

- Ergebnis
  - `brueche` referenziert ein Array mit 3 Elementen
  - je Variablen vom Referenztyp `Bruch`
  - alle mit dem Wert `null` initialisiert
- `new` erzeugt nur das Array-Objekt und die Bruch-Variablen
  - keine Bruch-Objekte
  - ruft keinen Element-Konstruktor auf

Zugriff auf Elemente

- alle Elemente eines Arrays folgen linear aufeinander
- jedes Element hat ganzzahligen Index
- Index des ersten Elementes = 0
  - dann fortlaufend weiter
- Index des letzten Elementes
  - Arraylänge – 1
- Zugriff auf alle Element ungefähr gleich schnell
  - random access

Zugriff auf Elemente



Beispiel: sechs Elemente mit Index 0 bis 5

Zugriff auf Elemente

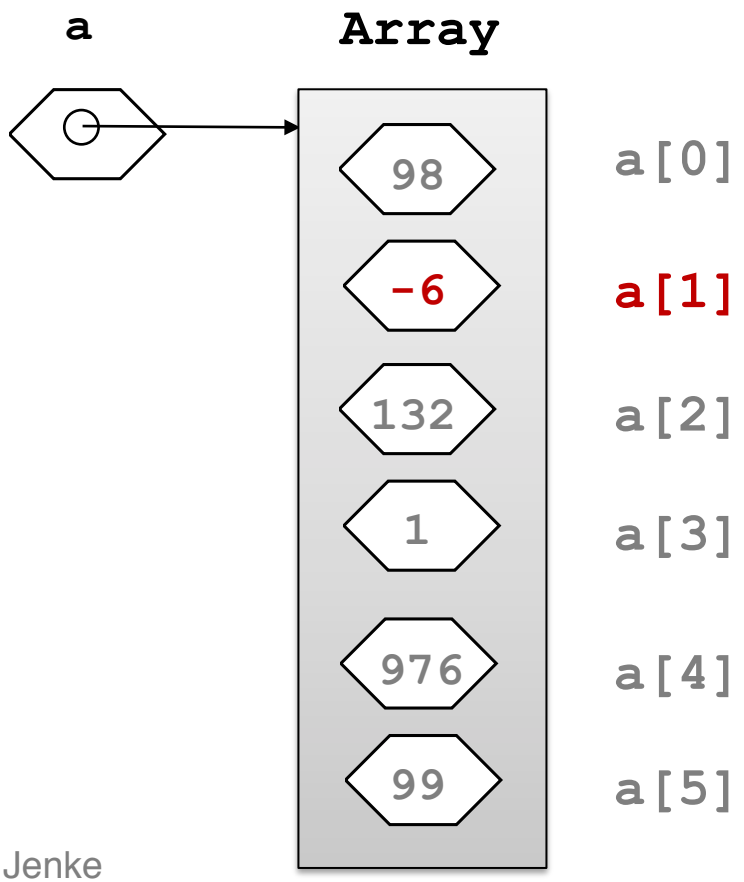
- Zugriff auf ein einzelnes Arrayelements über seinen Index
  - Syntax für Array-Elementzugriff:

    `<Array-Variable>[<Index>]`
  - `<Index>` = `int`-Ausdruck (zur Laufzeit berechnet)
- Zugriff auf ein Element berührt die anderen Elemente des Arrays nicht
- Arrayelemente sind benutzbar wie "normale" Variablen des Elementtyps

Zugriff auf Elemente

- Zugriff auf das zweite Element von

Array a: a[1]



- weitere Beispiele:

```
int[] a = new int[6];
a[1] = -3;
a[3] = 1;
a[1]--;
a[152%3] = -a[1]*1805;
a[a[3]] = 71;
```

Vereinfachte Initialisierung

- durch Angabe einer Liste vorgegebener Elemente
  - automatisches `new` → wie bei Strings
- Syntax:

  `<Array-Variable> = {<Element>, <Element>, ....};`
  - `<Element>` = beliebiger Ausdruck, kompatibel zum Elementtyp des Arrays
  - Länge des Arrays = Anzahl angegebener Elemente
- Beispiel

```
int[] a = {71, -4, 7220};
```

ist Kurzfassung für

```
int[] a = new int[3];
a[0] = 71;
a[1] = -4;
a[2] = 7220;
```

Übung: Arrays

- Erzeugen Sie ein Array mit den Elementen "Affe", "Elefant" und "Katze".
- Greifen Sie auf das zweite Element zu und geben es auf der Konsole aus.

Traversierung von Arrays

Länge eines Arrays

- wird bei Erzeugung in der öffentlich lesbaren final-Objektvariablen `int length` abgelegt
- normaler Objektvariablen-Zugriff:

```
<Array-Variable>.length
```

- Beispiel:

```
int[] a = {71, -4, 7220, 0, 238};
System.out.println(a.length); // gibt „5“ aus
```

- leider keine Getter-Methode wie bei Strings:

```
<String-Variable>.length()
```

Traversierung

- Iterieren über ein Array
  - alle Elemente durchlaufen
  - Elemente von vorne nach hinten der Reihe nach verarbeiten
- Beispiel mit for-Schleife:

```
double[] array = …;
for(int i = 0;  i < array.length;  i++){
    System.out.println(array[i]);
}
```

Traversierung

- besser: for-each Schleife
  - neuer Typ neben, for, while und do-while
  - nur für Arrays (uns später: Collections)
  - einfachere Form

- Syntax (ebenfalls mit Schlüsselwort `for`):

```
for(<Elementtyp> <Variable>: <Array>)
                    <Anweisung>
```

Traversierung

- Beispiel:

```
double[] array = …;
for(double element: array){
    System.out.println(element);
}
```

- for-each-Schleife
  - Kurzform einer for-Schleife
  - lesbar als "für jedes Element `element` in Array `array`"

Traversierung

- Äquivalenz for-Schleife und for-each-Schleife
  - for-each-Schleife ist ersetzbar durch eine for-Schleife :

```
for(<Elementtyp> element: array) {
    …
}
```

ist äquivalent zu

```
for(int i = 0;  i < array.length;  i++){
    <Elementtyp> element = array[i];
    …
}
```

- Umkehrung gilt nicht!
  - eine for-Schleife ist nicht immer durch for-each ersetzbar!

Traversierung


```
for(<Elementtyp> element: array) {
    …
}
```

- in jedem Schleifendurchgang wird eine neue Schleifenvariable `element` erzeugt
  - enthält Wert des entsprechenden Array-Elements

Einschränkungen

- nur Lesen, kein Schreiben der Array-Elemente
  - kein Zugriff auf den Index, nur auf lokale Kopie des Elements
- Start immer mit erstem Element
- sequentieller Durchlauf, keine Sprünge
- nur ein Array, nicht mehrere parallel
- Durchlauf kann nur mit `break` abgebrochen werden

Anwendung

- for-each geeignet für beispielsweise …
  - Ausgabe von Elementen
  - Suche nach Element
  - Änderungen in Element-Objekten, Beispiel:

```
Bruch[] brueche = new Bruch [5]; // Array erzeugen
// zuerst: Element-Objekte erzeugen und initialisieren
for( Bruch bruch: brueche){
    bruch.erweitere(2);
}
```

- for-each nicht brauchbar für
  - Initialisierung von Arrays / Änderung von Elementen
  - Kopieren von Arrays / Vergleich zweier Arrays

Übung: Traversierung

- Durchlaufen Sie nun das Array `tiere` aus der letzten Aufgabe mit einer for-each-Schleife und geben jeder Tier auf der Konsole aus.
- Was müssen Sie ändern, damit Sie alle "Affe"-Elemente in "Menschenaffe"-Elemente verändern können?

Variable Parameteranzahl bei Methoden

Einführung

- bisher feste Anzahl Argumente bei Methodenaufrufen

```
void methode(double doubleArgument, int intArgument);
```

- manchmal Bedarf: variable Anzahl von Argumenten

  → Vararg (**var**iable length **arg**ument lists)

  - kann eine variable Anzahl an Argumenten übergeben werden

- Syntax
  - drei Punkte direkt nach Typangabe

```
<Typ>... <Variablenname>
```

- Beispiel:

```
int summe(int... summanden){
        ...
}
```

Verwendung

- ausschließlich in Parameterlisten erlaubt!
- im Methodenrumpf verwendbar wie ein Array

```
int summe(int... summanden)
```

... ist im Rumpf der Methode gleichwertig mit ...

```
int summe(int[] summanden)
```

- Beispiel: Addition aller Argumente

```
int summe(int... summanden){
    int ergebnis = 0;
    for(int summand: summanden){
     ergebnis = ergebnis + summand;
    }
    return ergebnis; // Summe zurückliefern
}
```

Methodenaufruf

- Aufrufer liefert beliebig viele Argumente für einen Vararg-Parameter
- jedes einzelne Argument muss kompatibel zum Vararg-Parametertyp sein
- Parameterübergabe:
  - Erzeugen eines neuen Arrays mit Länge = Anzahl Argumente
  - Initialisieren des Arrays mit Argumentwerten
  - Zuweisen des Arrays an den Vararg-Parameter

- Beispiele:

```
System.out.println(summe(1, 2, 3));  // 6
System.out.println(summe());         // 0
System.out.println(summe(97, summe(1, 2))); // 100
```

Einschränkungen

- nur ein Vararg-Parameter pro Parameterliste erlaubt
- Vararg-Parameter muss letzter in der Parameterliste sein
- vorausgehende Parameter werden normal behandelt

Beispiel

- Zähle Anzahl Werte in einem `int`-Bereich

```
int zaehleWerte(int unten, int oben, int... werte){
        int anzahl = 0;
        for(int x: werte){
                if(x >= unten &&  x <= oben){
                        anzahl++;
                }
        }
        return anzahl;
}
```

- mindestens zwei Argumente beim Aufruf nötig:

```
zaehleWerte(5, 10, 6, 2, 12, 8) → 2
zaehleWerte(5, 10) → 0
```

Varargs und Überladen

- Was passiert, wenn man eine Methode überlädt (z.B. zwei int-Parameter) und gleichzeitig eine Variante mit einer varargs Parameterliste (auch int) anbietet?
- Beispiel

```
public void methode(int... zahlen) {
        System.out.println("Methode mit varargs Parametern aufgerufen");
}
public void methode(int zahl1, int zahl2) {
        System.out.println("Methode mit zwei Parametern aufgerufen");
}
```

- Auflösung: Variante ohne varargs wird bevorzugt.

Varargs und Überladen

- Regelwerk
  - Widening beats Boxing (Vererbung/Interfaces vs. Auto(un)boxing)
  - Boxing beats Varargs (Auto(un)boxing vs. Varargs)
  - Legacy beats Varargs (konkrete Parameter vs. Varargs)

Mehrdimensionale Arrays

Mehrdimensionale Arrays

- zu jedem Typ wird ein korrespondierender Arraytyp erzeugt
- auch Arrays selbst können Elemente eines anderen Arrays sein
  - mehrdimensionale Arrays oder geschachtelte Arrays

Erzeugen

- Deklaration eines zweidimensionalen Arraytyps:
  - Elementtyp + zwei leere eckige Klammern

```
<Elementtyp>[][]
```

- Beispiel: Deklaration einer Matrix m

```
int[][] m;
```

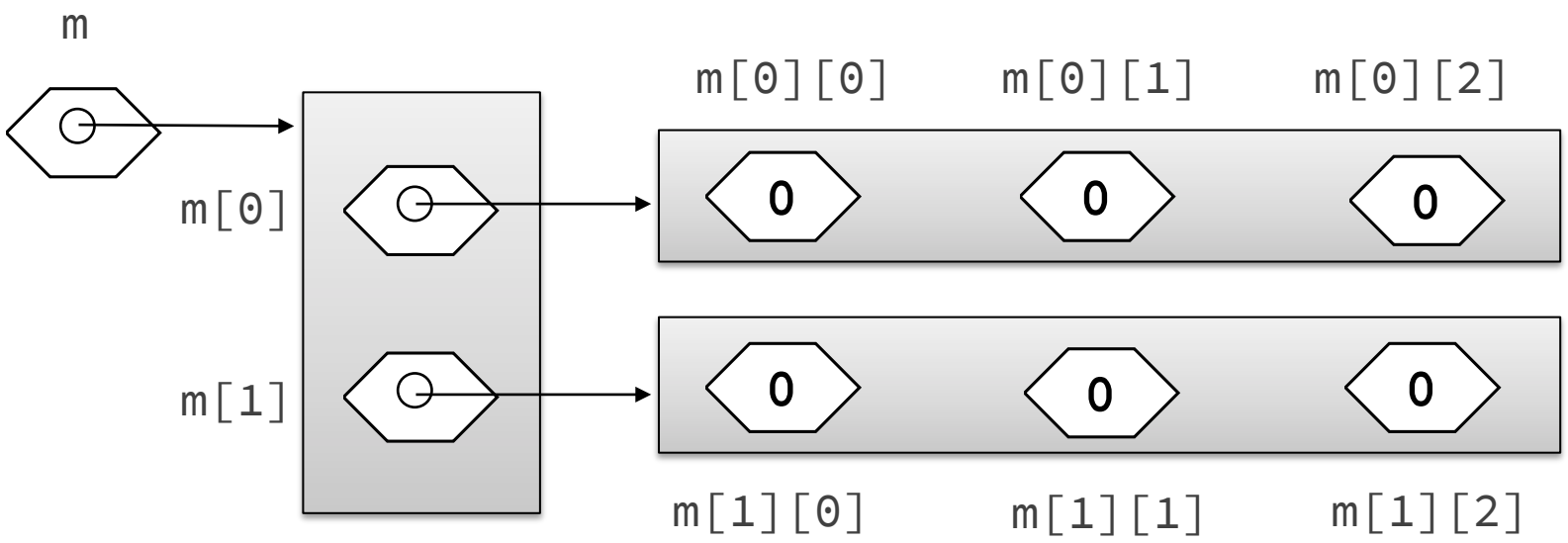
- Erzeugen mit `new` + Anzahl Elemente in jeder Dimension

```
int[][] m = new int[2][3];
```

  - erzeugt ein Array mit 2 Elementen, von denen jedes ein Array mit 3 `int`-Elementen ist

Erzeugen


```
int[][] m = new int[2][3];
```



Elementzugriff

- Elementzugriff: ein Index für jede Dimension
- Beispiel:

```
m[1][0] = 10;
```

  - erster Index für das Array der ersten Ebene
  - zweiter Index für das Array der zweiten Ebene
- Beispiel: Array initialisieren

```
int[][] m = new int[2][3];
m[0][0] = 0;
m[0][1] = 34;
m[0][2] = 234;
m[1][0] = -10;
m[1][1] = 1;
m[1][2] = 15452;
```

Traversierung

- Beispiel: Erzeugung und Ausgabe einer 1x1-Tabelle

```
int[][] m = new int[10][10];
for (int i = 0;  i < m.length;  i++){
        for (int j = 0;  j < m[i].length;  j++){
                m[i][j] = (i+1)*(j+1);
        }
}

// Ausgabe mit for-each-Schleife
for (int[] zeile: m){
        for (int wert: zeile) {
                System.out.format("%4d", wert);
        }
        System.out.println(); // Zeilenvorschub ausgeben
}
```

Initialisierung

- vereinfachte Initialisierung zweidimensionaler Arrays
- Syntax für eine m x n-Matrix:

```
<Array-Variable> = {
     {<Element00>, <Element01>, ...., <Element0n>},
     {<Element10>, <Element11>, ...., <Element1n>},
     ....
     {<Elementm0>, <Elementm1>, ...., <Elementmn>}
}
```

Beispiel:

```
int[][] m = { { 0, 1, 2},
              {10, 11, 12}
};
```

Übung: Mehrdimensionale Arrays

- Gegeben ist folgendes zweidimensionales Array bestehend aus 2 Zeilen und 3 Spalten

```
int [][] array = {{1,2,3},{4,5,6}};
```

- Schreiben Sie Code zur Ausgabe des Arrays (mit beliebigen Dimensionen) auf der Konsole.

```
1   2   3
4   5   6
```

Kopieren von Arrays

Wertzuweisung

- Erinnerung: Arrays haben Referenzsemantik!
- Wertzuweisung eines Arrays kopiert die Referenz
  - nicht das Array-Objekt, nicht die Elemente

```
int[] quelle = {71, -4, 7220, 0, 238};
int[] ziel = quelle;
```

- Änderungen über eine Variable sind in beiden sichtbar
  - Aliasing

```
quelle[0] = 23;
System.out.println(ziel[0]); // gibt 23 aus
```

Kopieren

- Erzeugen einer echten Kopie
  - 1. neues Array erzeugen (`new`)
  - 2. Originalwerte elementweise der Kopie zuweisen
- Beispiel für Elemente eines primitiven Typs (`int`):

```
int[] quelle = {71, -4, 7220, 0, 238};
int[] ziel = new int[quelle.length];
for(int i = 0;  i < quelle.length;  i++){
   ziel[i] = quelle[i];
}
```

- Ergebnis
  - zwei unabhängige Array-Objekte, deren Elemente aber jeweils identische Werte besitzen

Kopieren

- Methode `System.arraycopy`
- Vordefiniert zum Kopieren von Arrays:
  - statische Methode `arraycopy` in Klasse `System`

```
static void arraycopy(Object src, int srcPos, Object dest, int destPos, int length)
```

- Argumente:
  - `src` Original-Array, wird gelesen ("source" = "Quelle")
  - `srcPos` Index des ersten Elementes in `src`, das kopiert werden soll
  - `dest` Ziel-Array, wird geschrieben ("destination" = "Ziel")
    `dest` muss vom gleichen Elementtyp wie `src` sein
  - `destPos` Index in `dest`, ab dem geschrieben wird `length` Anzahl der Elemente

Kopieren

- Beispiel:

```
int[] quelle = {71, -4, 7220, 0, 238};
int[] ziel = new int[quelle.length];
System.arraycopy(quelle, 0, ziel, 0, quelle.length);
```

Kopieren

- Kopierschleife mit Wertzuweisungen und `System.arraycopy` erzeugen jeweils eine flache Kopie
  - die Werte der Array-Elemente werden in ein neues Array kopiert
- ausreichend bei Wertesemantik des Elementtyps
  - primitive und unveränderliche Typen
- unzureichend für Arrays mit veränderlichen Objekten als Elementen
  - es werden nur die Referenzen kopiert!

Flache Kopie

- Flache Kopien mit `arraycopy`
  - Hinweis: `System.out.println()` für Objekte ohne `toString()`-Methode liefert den Klassennamen und die Speicheradresse

```
Bruch[] quelle = new Bruch [2];
quelle[0] = new Bruch ();
quelle[1] = new Bruch ();
Bruch [] ziel = new Bruch [quelle.length];
System.arraycopy(quelle, 0, ziel, 0, quelle.length);
System.out.println(quelle[0]);
System.out.println(ziel[0]);
```

Tiefe Kopie

- es werden auch neue Element-Objekte erzeugt
- erst ganzes Array, dann Elemente einzeln duplizieren!
- Beispiel mit Kopier-Konstruktor:

```
Bruch[] quelle = { new Bruch (), new Bruch () };
Bruch[] ziel = new Bruch [quelle.length];
for (int i = 0; i < quelle.length; i++) {
     ziel [i] = new Bruch(quelle[i]);
}
System.out.println(quelle[0]);
System.out.println(ziel[0]);
```

Vergleichen

- Vergleich mit == liefert Aussage über Identität, nicht inhaltliche Gleichheit
  - paarweiser Elementvergleich nötig!
- Inhaltlicher Vergleich von Arrays:
  - zunächst Längen vergleichen
  - dann paarweise die Elemente
- Elementvergleich mit == ausreichend bei Typen mit Wertesemantik
- Bei Elementen von Referenztypen
  - Elemente paarweise mit `equals` vergleichen
  - `equals()` muss für Objekte des Elementtyps von der Klasse zur Verfügung gestellt werden

Übung: Kopieren

- Wir betrachten noch einmal das mehrdimensionale Array aus der letzten Übung:

```
int [][] array = {{1,2,3},{4,5,6}};
```

- Schreiben Sie Code, der dem Array eine weitere Spalte hinzufügt (mit 0'en)
-

Zusammenfassung

- Erzeugung und Elementzugriff
- Traversierung von Arrays
- Variable Parameteranzahl bei Methoden
- Mehrdimensionale Arrays
- Kopieren von Arrays