CARL VON OSSIETZKY universität OLDENBURG

Teil

Imperative Programmierung

Unterrichtseinheit 17

Arrays

Dr. Dietrich Boles

Gliederung

- Strukturierte Datentypen
- Arrays
  - Motivation
  - Anmerkungen
  - Array-Variablen
  - Array-Erzeugung
  - Array-Elemente
  - Array-Zerstörung
  - „vereinfachte“ for-Schleife
  - Mehrdimensionale Arrays
- Beispiele
- Zusammenfassung

Strukturierte Datentypen

- bisher: einfache Datentypen (`int`, `float`, `char`, ...)
- Benutzung: Speicherung von "einfachen" Daten in "einfachen" Variablen

- häufig: besonderer Zusammenhang zwischen bestimmten Daten
- Beispiele:
  - Menge von Zahlen, die zu sortieren sind
  - Verwaltung von Personendaten (Name, Alter, Adresse, ...)

- Strukturierte Datentypen: Zusammenfassung mehrerer Daten zu einer Einheit
  - Arrays: Daten desselben Typs
  - Verbunde/Klassen: Daten mit u.U. unterschiedlichem Typ

Motivation

Definition:

Ein **Array** repräsentiert ein **homogenes kartesisches Produkt** zur Aufnahme mehrere Daten (**Elemente**) des **gleichen** Typs (genannt **Elementtyp**), wobei auf die Elemente mit Hilfe eines **Index** zugegriffen wird.

Synomyme:

Feld, Tupel, Matrix, Vektor, Tabelle

	0	1	2	3	4
0	2	-2	67	2	90
1	33	3	-6	5	2
2	4	2	2	78	93

- 3 x 5 - Matrix (2-dimensional)
- Elementtyp: `int`
- 3 Zeilen, 5 Spalten
- Nummerierung beginnt bei 0

```
m[0][0] == 2
m[0][2] == 67
m[5][5] → Laufzeitfehler
```

Anmerkungen

- Alternative zu Arrays: **`int v1, v2, v3, ..., v1000;`** ????
  - was ist bei 100.000 Elementen?
  - es existiert kein Zusammenhang zur Laufzeit (Index)!

- Elementtyp ist fest
- Dimension ist fest
- 1-, 2-, ..., n-dimensionale Arrays erlaubt
- Zugriff über n-dimensionalen Index
- random-access-Zugriff (Dateien auslesen $\rightarrow$ sequentiell)

- Arrays sind in Java Referenzdatentypen (wie Objekte)
- Arrays werden in Java dynamisch erzeugt
- Arrays werden in Java automatisch gelöscht, wenn sie nicht mehr benutzt werden (können)

Array-Variablen / Definition (1)

```
<arrayvar-def>  ::= <Typ>                          ← Elementtyp
                    "[" "]" { "[" "]" }            ← Dimension
                    <Bezeichner> { "," <Bezeichner> }
                    ";"
```

Beispiele:

```
int[] vektor1;          // ElemTyp: int,    Dim: 1
float[][] matrix1;      // ElemTyp: float,  Dim: 2
char[] buchstaben;      // ElemTyp: char,   Dim: 1

double[][][] quader1, quader2;
                        // ElemTyp: double, Dim: 3

char ziffern[];         // Definitionsalternative!
```

Array-Variablen / Definition (2)

- Unterscheidung zwischen den **eigentlichen Arrays** und den **Array-Variablen**
- Array-Variablen speichern die Adresse des eigentlichen Arrays: Referenz auf das Array (**Array-Variablen sind Referenzvariablen**!)
- bei der Definition einer Array-Variablen wird **kein** Speicherplatz für das Feld selbst angelegt!!!!!
- vielmehr wird ein Speicherbereich reserviert, dem mittels des **new**-Operators Adressen zugewiesen werden können (→ Zeiger, Felderzeugung)
- man kann die Adressen weder auslesen noch auf den Adressen Operationen ausführen (wie bspw. in C oder C++)
- Default-Wert einer Array-Variablen: `null` (Literal)
- explizite Initialisierung: **`int[] zahlen = null;`**

Array-Erzeugung

```
<array-creation> ::= "new" <Typ>
                     "[" <int-Ausdruck> "]"
                     { "[" <int-Ausdruck> "]" }
```

Nebenbedingung/Anmerkungen:

- Reserviert Speicherplatz auf dem Heap
- int-Ausdrücke bestimmen die Anzahl an Elementen der jeweiligen Dimension
- Array-Elemente werden implizit initialisiert mit dem Default-Wert des Elementtyps

Beispiele:

```
new int[8]
  // Reservierung von 8 Speicherplätzen für int-Variablen
int i = 3;
new float[i][2]
 // Reservierung von 3*2 Speicherplätzen für float-Variablen
```

Array-Erzeugung / Array-Variablen-Zuweisung

Nebenbedingung/Anmerkungen:

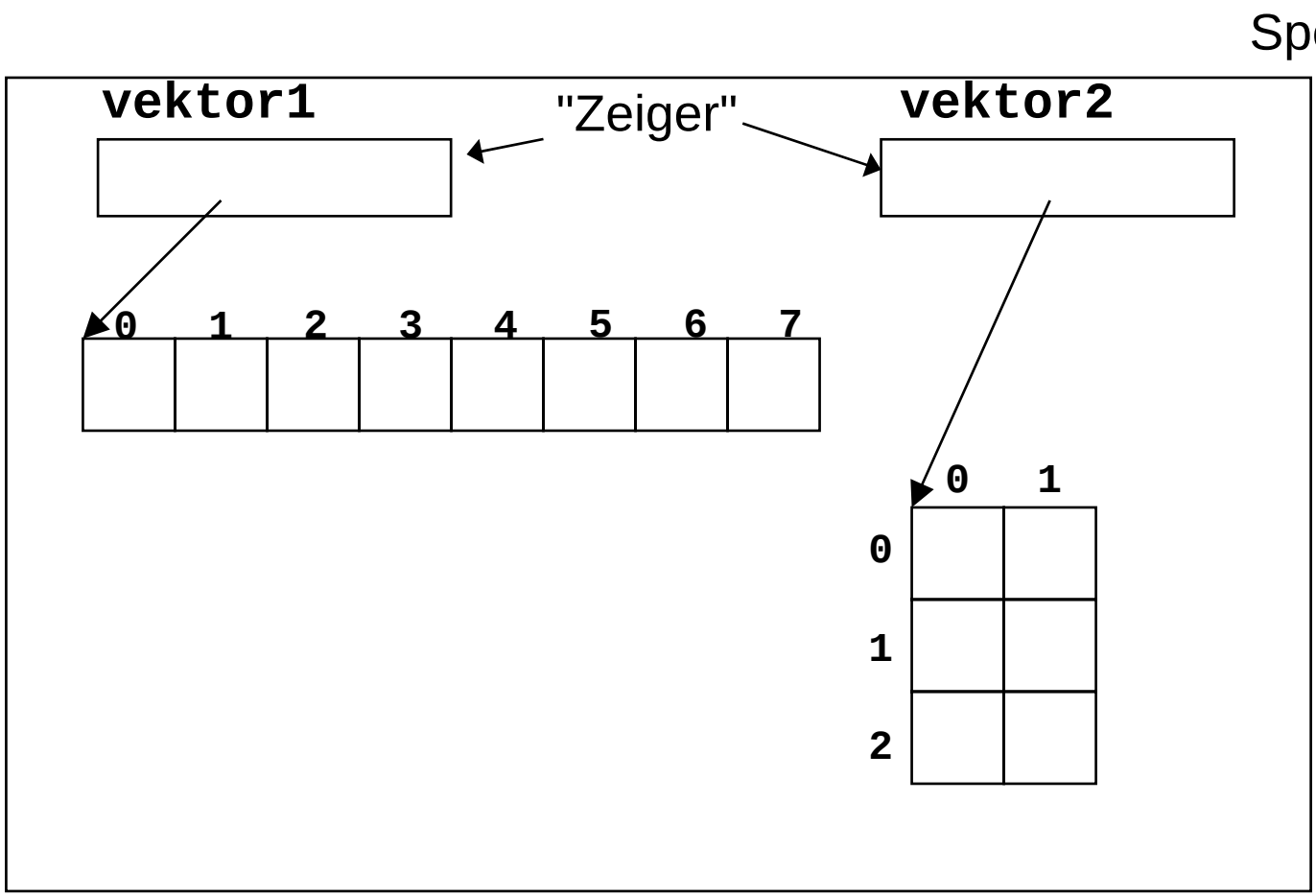
- Elementtyp der Array-Variablen und Elementtyp des Arrays müssen gleich sein!
- Dimension der Array-Variablen und Dimension des Arrays müssen gleich sein!
- Array-Größe kann nachträglich nicht verändert werden

Beispiele:

```
int[] vektor1;
vektor1 = new int[8];

int i = 3;
float[][] vektor2 = new float[i][2];

char[] alphabet = new double[26];          // Fehler
boolean[] aussagen = new boolean[2][3];    // Fehler
```

Array-Erzeugung / Schema

```
int[] vektor1 = new int[8];
float[][] vektor2 = new float[3][2];
```



Array-Elemente / Zugriff

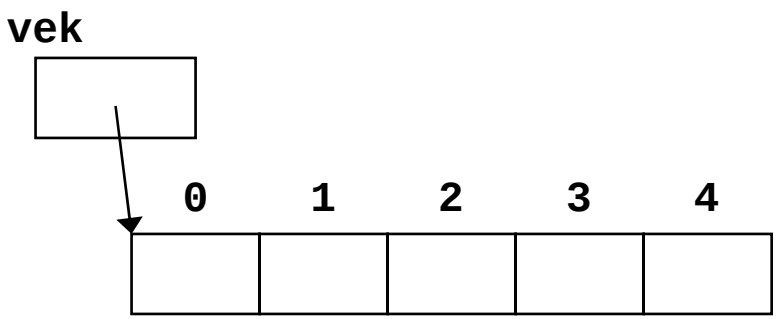
```
<array-access> ::= <Bezeichner>
                   "[" <int-Ausdruck> "]"
                   { "[" <int-Ausdruck> "]" }
```

Nebenbedingungen / Anmerkungen:

- Bezeichner muss gültige Array-Variable sein
- int-Ausdruck muss Wert zwischen 0 und der Anzahl der Elemente - 1 der jeweiligen Dimension liefern (→ Laufzeitfehler!)
- Zugriff auf Array-Elemente nennt man **Indexierung**

Beispiele:

```
int[] vek = new int[5];
vek[0] = -23;
vek[1] = vek[0] + 25;
vek[vek[1]] = -4;
vek[5] = 56; // Laufzeitfehler!
```

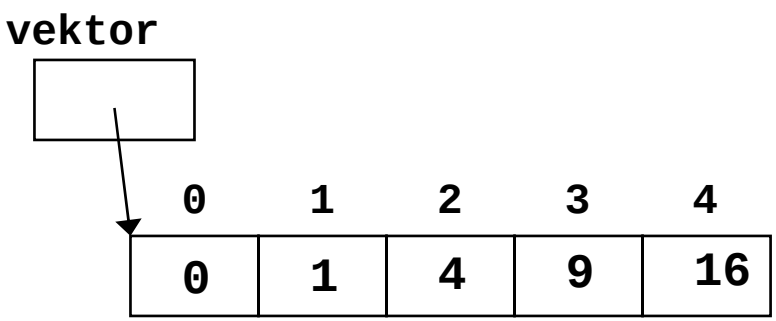


Array-Elemente / Initialisierung (1)

- Default-Initialisierung der Elemente mit Default-Wert des Elementtyps

Explizite Initialisierung:

```
int[] vektor = new int[5];
for (int i=0; i<vektor.length; i++)
  vektor[i] = i*i;
```



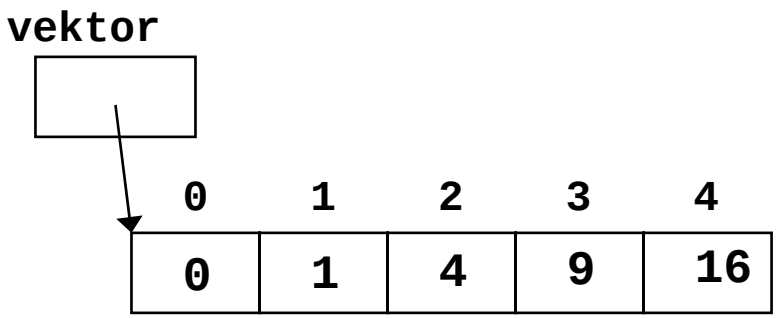
length:

- liefert Anzahl an Elementen (der angegebenen Dimension)
- nur lesbar!

Array-Elemente / Initialisierung (2)

Implizite Erzeugung und Initialisierung:

```
int i = 3;
int[] vektor = {0, 1, 4, i*i, 16};
```

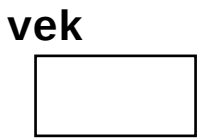


- erzeugt Array mit entsprechender Elementanzahl
- initialisiert die Elemente
- Initialisierungswerte können durch Ausdrücke des entsprechenden Elementtyps gebildet werden (häufig Literale)

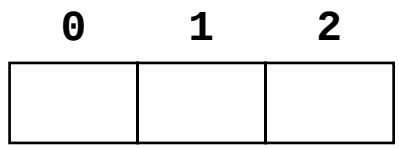
Array-Zerstörung

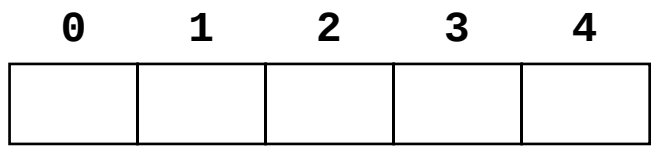
- Java: automatisches Garbage-Collection!
- Kein **`delete`**-Operator
- Speicherplatz wird automatisch freigegeben, wenn nicht mehr auf Heap-Speicherplatz referenziert ("gezeigt") wird

Beispiel:




```
int[] vek = new int[3];
vek[0] = 4;
// ...
vek = new int[5];
vek[2] = 45;
vek[4] = -5;
```

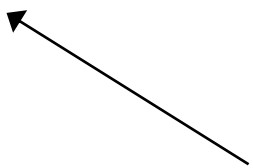




„vereinfachte“ for-Schleife (1)

Beispiel: Berechnen der Summe eines Zahlen-Arrays

```
public static void main(String[] args) {
  int[] zahlen = {2, 4, 6, 5, 1, 2};
  System.out.println(summe(zahlen));
}

static int summe(int[] zahlen) {
  int sum = 0;
  for (int i = 0; i < zahlen.length; i++) {
    sum += zahlen[i];
  }
  return sum;
}
```



Durchlauf über alle Array-Elemente

„ vereinfachte“ for-Schleife (2)

Beispiel: Berechnen der Summe eines Zahlen-Arrays

```
public static void main(String[] args) {
  int[] zahlen = {2, 4, 6, 5, 1, 2};
  System.out.println(summeNeu(zahlen));
}

static int summeNeu(int[] zahlen) {
  int sum = 0;
  for (int zahl : zahlen) {
    sum += zahl;
  }
  return sum;
}
```

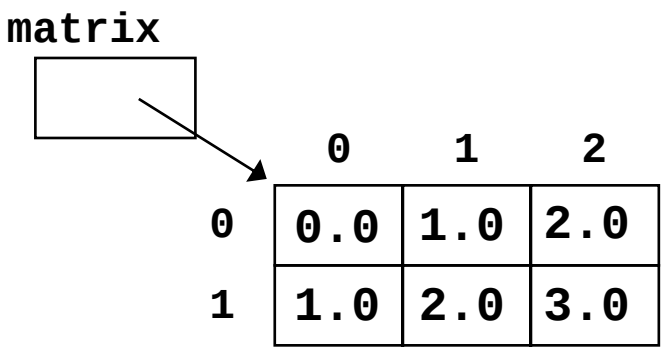
Durchlauf über alle Array-Elemente beginnend bei 0

```
for (<variable> : <array>) {
  <variable> nimmt Wert des
  jeweiligen Elementes an
}
```

Mehrdimensionale Arrays (1)

Normalfall: Anzahl an Elementen pro Dimension ist identisch

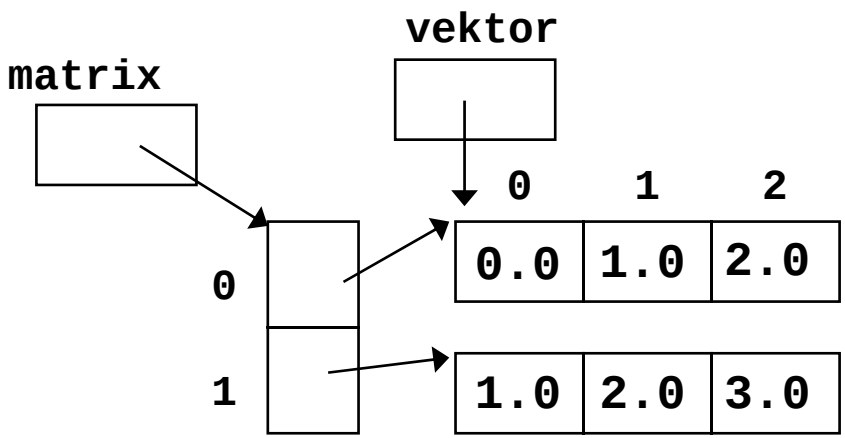
```
double[][] matrix = new double[2][3];
for (int z = 0; z < 2; z++)
  for (int s = 0; s < 3; s++)
    matrix[z][s] = z + s;
```



Mehrdimensionale Arrays (2)

- Interne Realisierung mehrdimensionaler Arrays: Array von Array!

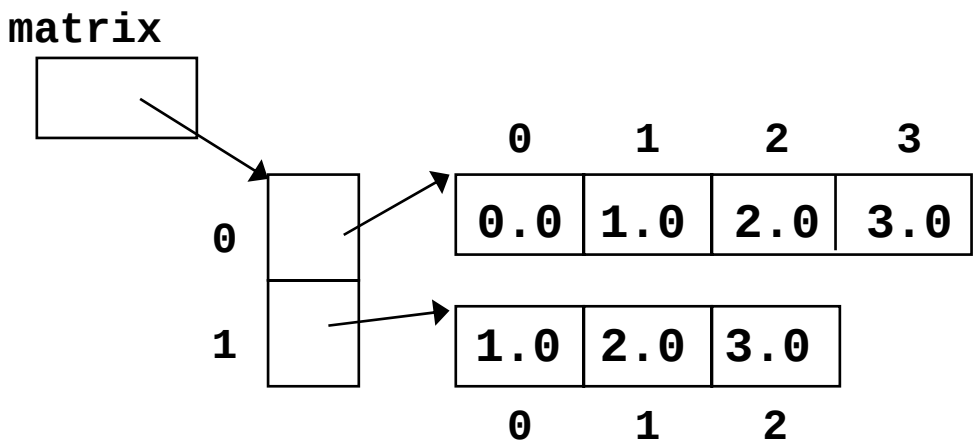
```
double[][] matrix = new double[2][3];
for (int z = 0; z < matrix.length; z++)
  for (int s = 0; s < matrix[z].length; s++)
    matrix[z][s] = z + s;

double[] vektor = matrix[0];
vektor[1] = 3.4;
```



Mehrdimensionale Arrays (3)

Möglich: Anzahl an Elementen pro Dimension ist unterschiedlich

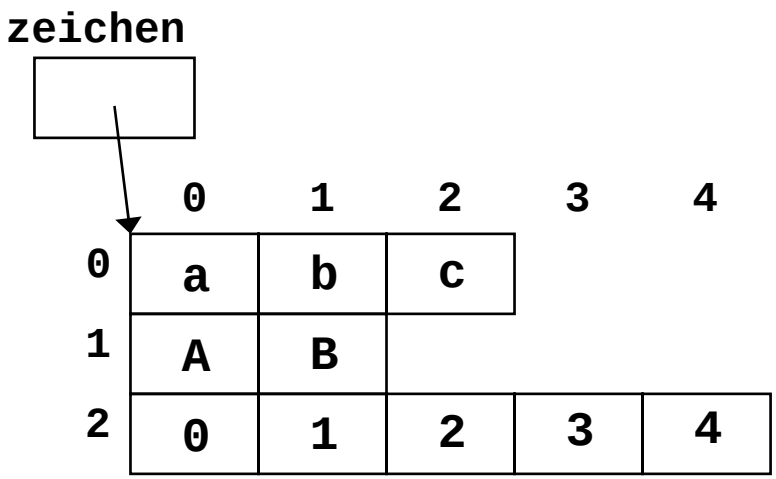
```
double[][] matrix = new double[2][];
matrix[0] = new double[4];
matrix[1] = new double[3];
for (int z=0; z < matrix.length; z++)
  for (int s=0; s < matrix[z].length; s++)
    matrix[z][s] = z + s;
```



Mehrdimensionale Arrays (4)

Implizite Erzeugung und Initialisierung:

```
char[][] zeichen = { {‘a‘, ‘b‘, ‘c‘},
                     {‘A‘, ‘B‘},
                     {‘0‘, ‘1‘, ‘2‘, ‘3‘, ‘4‘}
                   };
```



Mehrdimensionale Arrays (5)

Beispiel: Ausgabe einer Matrix

```
static void print (int[][] matrix) {
  for (int z=0; z<matrix.length; z++) {
      for (int s=0; s<matrix[z].length; s++) {
         IO.print(matrix[z][s] + " ");
      }
      IO.println();
  }
}
public static void main(String[] args) {
  int[][] zahlen = {{1,2},{3,4},{5,6}};
  print(zahlen);
}
```

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

Mehrdimensionale Arrays (6)

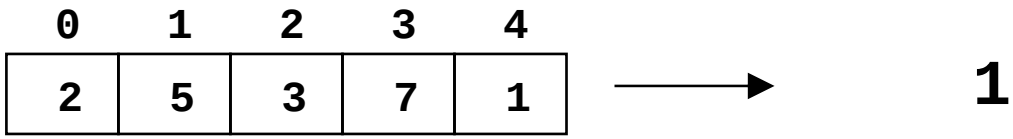
Beispiel: Ausgabe einer Matrix (mit „vereinfachter“ for-Schleife)

```
static void print (int[][] matrix) {
  for (int[] array : matrix) {
    for (int elem : array) {
      IO.print(elem + " ");
    }
    IO.println();
  }
}

public static void main(String[] args) {
  int[][] zahlen = {{1,2},{3,4},{5,6}};
  print(zahlen);
}
```

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

Beispiel 1

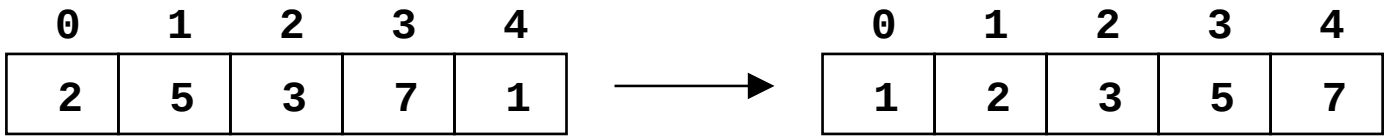
Minimum-Suche:




```
public static void main(String[] args) {
    int[] feld = {2,5,3,7,1};
    System.out.println(minimum(feld));
}

static int minimum(int[] vektor) {
    int min = vektor[0];
    for (int i=1; i<vektor.length; i++) {
        if (vektor[i] < min)
            min = vektor[i];
    }
    return min;
}
```

Beispiel 2 (1)

Sortierung von Zahlen:




```
public static void main(String[] args) {
  int[] feld = {2,5,3,7,1};
  print(feld);
  sortieren(feld);
  print(feld);
}
static void print(int[] vektor) {
  IO.print("Vektor: ");
  for (int i=0; i<vektor.length; i++)
    IO.print(vektor[i] + " ");
  IO.println();
}
```

Beispiel 2 (2)

```
static void sortieren(int[] zahlen) { // Bubblesort
  boolean tauschStattgefunden = true;
  int anzahlSortierteZahlen = 0;
  do {
    tauschStattgefunden = false;
    for (int i = zahlen.length-1;
         i > anzahlSortierteZahlen;
         i--) {
      if (zahlen[i] < zahlen[i-1]) {
        int speicher = zahlen[i];
        zahlen[i] = zahlen[i-1];
        zahlen[i-1] = speicher;
        tauschStattgefunden = true;
      }
    }
    anzahlSortierteZahlen++;
  } while (tauschStattgefunden);
}
```

0	1	2	3	4
2	5	3	7	1

Demo (Hamster)

Beispiel 2 (3)

```
// Selectionsort
static void sortieren(int[] zahlen) {
  for (int aktI = 0; aktI < zahlen.length - 1; aktI++) {
    int minI = aktI;
    for (int suchI = aktI+1; suchI<zahlen.length; suchI++) {
      if (zahlen[suchI] < zahlen[minI]) {
        minI = suchI;
      }
    }
    int speicher = zahlen[aktI];
    zahlen[aktI] = zahlen[minI];
    zahlen[minI] = speicher;
  }
}
```

0	1	2	3	4
2	5	3	7	1

Demo (Hamster)

Beispiel 2 (4)

```
// Insertionsort
static void sortieren(int[] zahlen) {
  for (int aktI = 1; aktI < zahlen.length; aktI++) {
    int aktZ = zahlen[aktI];
    int vglI = aktI - 1;
    while (vglI >= 0 && zahlen[vglI] > aktZ) {
      zahlen[vglI + 1] = zahlen[vglI];
      vglI--;
    }
    zahlen[vglI + 1] = aktZ;
  }
}
```

0	1	2	3	4
2	5	3	7	1

Demo (Hamster)

Zusammenfassung

- Array: Zusammenfassung mehrerer Variablen desselben Typs zu einer Einheit
- Array-Variable: Variable zur Referenzierung eines Arrays
- Zugriff auf die einzelnen Variablen (Elemente) via Array-Variable über einen Index
- Arrays müssen erzeugt werden
- Arrays werden automatisch gelöscht