Kapitel 5: Arrays

- Einführung
  Ein Array ist eine Reihung gleichartiger Objekte.

  – Bezeichner a steht für das gesamte Array.
  – Elemente werden über Indizes angesprochen: a[0], a[1], … a[i], …

- Deklaration von Array-Variablen
  – Ein Arraytyp besteht aus dem Basistyp und eckigen Klammern "[]":
    int [] a;
    float [] vector;
  – Es wird noch kein Speicher für das Array belegt, die Länge ist unbekannt.
  – Bevor ein Array benutzt werden kann, muss es erzeugt werden.

Erzeugung von Arrays

- **Erzeugen eines neuen Arrays**
  int[] a = new int [5];
  – legt neues int-Array mit 5 Elementen an und weist dessen Adresse a zu.
  – Array-Variablen enthalten nicht Arrays, sondern Zeiger auf Arrays.

- **Länge von Arrays**
  – Länge ist beliebig und nur durch verfügbaren Speicherplatz beschränkt.
  – Länge eines jeden Arrays kann mit *length* abgefragt werden: a.length
- **Initialisierung mit Array-Konstanten**
  double[] d = {0.17, 0.43, 5.78, 2.65}; // Array der Länge 4.
- **Äquivalent zu**
  double[] d;
  d = new double [4];
  d[0] = 0.17;
  d[1] = 0.43;
  d[2] = 5.78;
  d[3] = 2.65;
- **Array kann auch bei seiner Erzeugung initialisiert werden**
  d = new int[] {0.17, 0.43, 5.78, 2.65};

Benutzung von Arrays

- Zugriff auf die Elemente
  - Elemente haben keine eigenen Namen, sie sind „anonyme“ Variablen.
  - Zugriff über []-Operator: a[0] = 5, a[i] = a[2*i + 1] / a[0], …
  - Gültiger Indexbereich: $0 \leq i \leq$ (a.length–1).

- Beispiel: Summe der Elemente im Array

```
int sum = 0;
for (int i = 0; i < a.length; i++) {
    sum = sum + a[i];
}
```

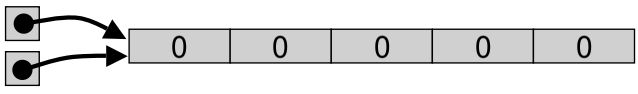
- Fehlermöglichkeiten
  - Zugriff auf Array, das noch nicht erzeugt ist.
  - Index liegt nicht im gültigen Bereich: a[–1] oder a[a.length]

Zuweisen von Arrays

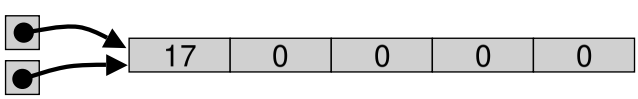
- Arrayvariablen sind Referenzen (d.h. Zeiger, Verweise, Adressen)
  - Bei Zuweisung wird nur Referenz kopiert, nicht der Inhalt eines Arrays.
  - Zuweisungen müssen typkompatibel sein (z.B. nicht float[] ← int[]).
  - Mehrere Arrayvariablen können auf dasselbe Array zeigen.

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

```
int [] b = a;
    /* jetzt ist a == b */
```



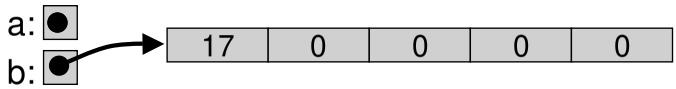

```
a[0] = 17;
    /* hier auch b[0] == 17 */
```



Zuweisen von Arrays (2)

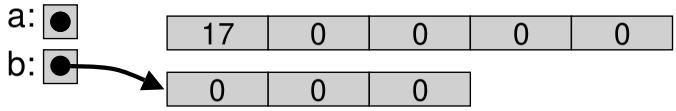
- Zuweisungen an Arrayvariablen überschreiben alte Referenzen
  - Zuweisung der leeren Referenz

    a = null;



  - Zuweisung eines neuen Arrays

    b = new int [3];



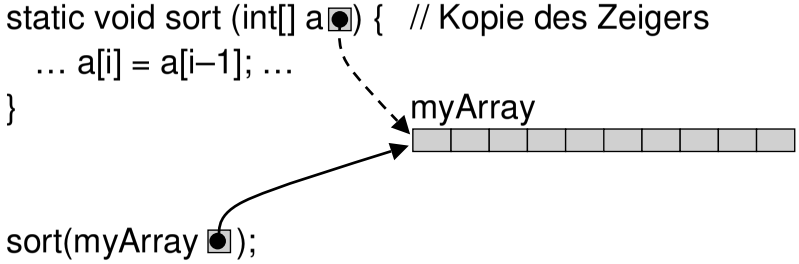
- Explizites Kopieren von Arrays möglich
  - Mit Aufruf von clone(): int[] b = a.clone();
  - Mit Systemmethode arraycopy: System.arraycopy (a, 0, b, 0, a.length);
    Parameter: void arraycopy (source, srcIndex, dest, destIndex, length);

Arrays als Parameter

Vergleich von Arrays!!!

- Basistypen als Parameter (*call by value*)
  - Werte der aktuellen Parameter werden in formale Parameter kopiert.
  - Änderungen auf den Kopien wirken sich nicht auf Originale aus.
  - Rückgabe von Ergebnissen durch Parameter ist **nicht** möglich.

- Arrays als Parameter (*call by reference*)
  - Beim Aufruf wird der Zeiger übergeben, das Array wird nicht kopiert.
  - Änderungen im Array werden für aufrufende Methode wirksam.



Beispiel: Kürzen von Brüchen

- Bisher: keine Ergebnisrückgabe möglich
- Ergebnisrückgabe in neuem Array

```
static int[] reduce (int[] fraction) {
    int t = ggt (fraction[0], fraction[1]);
    int[] result = { fraction[0] / t, fraction[1] / t };
    return result;
}
```

- Ergebnisrückgabe in ursprünglichem Array

```
static void reduce (int[] fraction) {
    int t = ggt (fraction[0], fraction[1]);
    fraction[0] = fraction[0] / t;
    fraction[1] = fraction[1] / t;
}
```

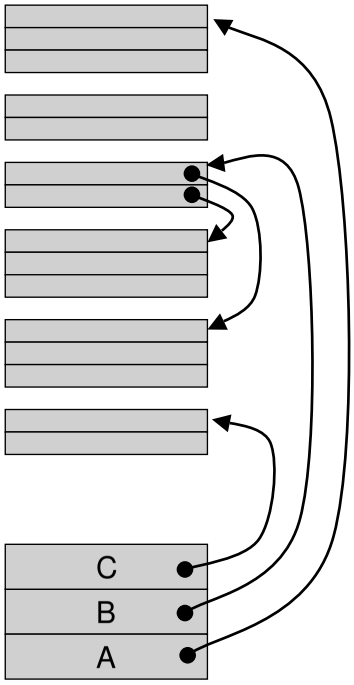

Speicherverwaltung in Programmen

- Statisches Segment
  - für Programmcode, statische Variablen, Array- und Stringkonstanten.
  - Lebensdauer der Objekte von Programmbeginn bis Programmende.
  - Speicherbelegung bleibt über den Programmablauf hinweg konstant.
- Stapel (Stack, Keller)
  - für lokale Variablen und Funktionsergebnisse.
  - Lebensdauer der Objekte jeweils vom Methodenaufruf bis zum Methodenende.
  - Speicherbelegung pulsiert im Rhythmus der Methodenaufrufe.
- Halde (Heap)
  - für dynamisch erzeugte Objekte wie Arrays, Strings u.a.
  - Lebensdauer eines Objektes ab Erzeugung (**new**), bis es nicht mehr erreichbar ist; explizite Freigabe nicht möglich, sondern automatische Freigabe von Zeit zu Zeit.
  - Speicherbelegung ist dynamisch und für das System nicht vorhersehbar.

Freispeicherverwaltung: Garbage Collection

- Prinzip
  - Dynamische Objekte leben nur solange sie erreichbar sind.
  - Suche statt nicht-erreichbarer Objekte die erreichbaren Objekte.
- Ablauf
  - Markiere rekursiv alle Objekte, die vom Heap aus (direkt oder indirekt) erreichbar sind.
  - Gib den gesamten verbliebenen Speicher frei.

```
int[] A;      // int [6]
int[][] B;    // int [3][2]
float[] C;    // float [2]
```



Beispiel: Sieb des Erathostenes

- Aufgabe: Berechne die Primzahlen von 1 bis *n*
  - Sieb: Betrachte natürliche Zahlen von 2 bis *n*.
  - Erste Zahl im Sieb (= 2) ist eine Primzahl; streiche alle Vielfachen.
  - Nächste verbliebene Zahl (= 3) ist eine Primzahl; streiche alle Vielfachen.
  - usw; streiche jeweils die Vielfachen der nächsten Primzahl.
- Implementierung
  - Stelle natürliche Zahlen von 0 bis *n* in einem boolean-Array *prime* dar.
  - Setze anfangs alle Zahlen auf “prim“ (= true) und streiche dann wie oben.

0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
		t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t	t
		t	t	–	t	–	t	–	–	–	t	–	t	–	–	–	t	–	t	–

Sieb des Erathostenes (2)

```
static void printPrimes (int n) {
    boolean[] prime = new boolean [n+1];
    int i, j;
    for (i = 2; i <= n; i++) prime [i] = true;          // Initialize 2..n as prime
    i = 2;
    while (i <= n) {
      System.out.println (i);                           // i is prime
      for (j = i; j <= n; j = j + i) prime [j] = false; // remove multiples of i
      while (i <= n && !prime[i]) i++;                  // locate next prime
    }
}
```


Beispiel: Monatstage berechnen

- Bisher: Berechnung durch Anweisungen
  - if-else-Kaskade
  - switch-Anweisung

- Neue Alternative: Ergebnisse aus Array holen

```
static int[] dayTab = {31, 28, 31, 30, 31, 30, 31, 31, 30, 31, 30, 31};
days = dayTab [month – 1];
if (month == 2 && leapyear) days = 29;
```

- Implementierung in Methodenrumpf verbergen

```
static int daysOfMonth (int month, boolean leapyear) { … }
```

Beispiel: Binäre Suche

Rekursive Lösung

```
static int search (int q, int[] a, int first, int last) {
    int m = (first + last) / 2;
    if (first > last) return –1;     // empty
    if (q == a[m]) return m;         // found q
    else if (q < a[m])
            return search (q, a, first, m–1);
    else /* q > a[m] */
            return search (q, a, m+1, last);
}

static int search (int query, int[] a) {
    return search (query, a, 0, a.length – 1);
}
```


Beispiel: Binäre Suche

Iterative Lösung

```
static int search (int q, int[] a) {
    int first = 0;
    int last = a.length – 1;
    while (last >= first) {
        int m = (last + first) / 2;
        if (q == a[m]) return m;
        else if (q < a[m]) last = m – 1;
        else /*q > a[m]*/  first = m + 1;
    }
    return –1;        // not found
}
```

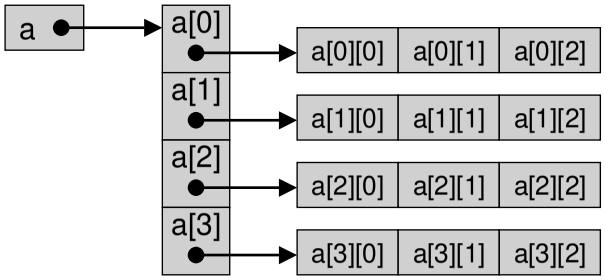
Ohne return in der Schleife:

```
static int search (int q, int[] a) {
    int first = 0;
    int last = a.length – 1;
    int m;
    boolean notFound = true;
    while (last >= first && notFound) {
        m = (last + first) / 2;
        if (q == a[m]) notFound = false;
        else if (q < a[m]) last = m – 1;
        else /*q > a[m]*/  first = m + 1;
    }
    return notFound ? –1 : m;
}
```

Mehrdimensionale Arrays

- Zweidimensionale Arrays (= Matrizen) und deren Speicherung

a[0]	a[0][0]	a[0][1]	a[0][2]
a[1]	a[1][0]	a[1][1]	a[1][2]
a[2]	a[2][0]	a[2][1]	a[2][2]
a[3]	a[3][0]	a[3][1]	a[3][2]



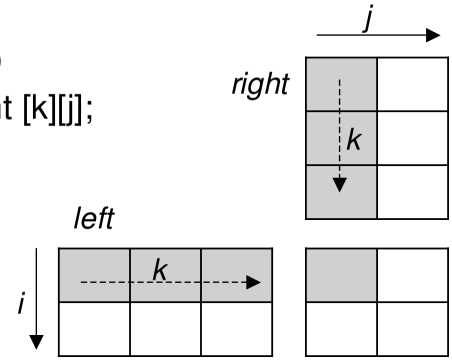
- Deklaration

```
int [][] a = new int [4] [3];          // keine Initialisierung
int [][] m = { {1, 2, 3}, {4, 5, 6} }; // Initialisierung mit Konstanten
```

1	2	3
4	5	6

- Höhere Dimensionen

```
int [][][] q = new int [2][2][2];      // 3D: Quader
```


Beispiel: Matrixmultiplikation

```
/** matrix product of left and right */
static float[][] product (float[][] left, float[][] right) {
    float[][] prod = new float [left.length] [right[0].length];
    for (int i = 0; i < left.length; i++) {
      for (int j = 0; j < right[0].length; j++) {
        float prod_ij = 0;
        for (int k = 0; k < right.length; k++)
          prod_ij = prod_ij + left [i][k] * right [k][j];
        prod [i][j] = prod_ij;
      }
    }
    return prod ;
}
```