Lernziele

- Sie verstehen den Vorteil defensiver Programmierung - “Fail Fast”
- Sie wissen wie Assertions genutzt werden können.
- Sie verstehen das Konzept von *Arrays* und können diese erstellen und nutzen.
- Sie entwickeln ein Verständnis für *Referenzsemantik*.
- Sie kennen die Basics von Strings und mehrdimensionale Arrays.

9. Defensives Programmieren

Programmieren mit Assertions

Fehlerquellen

- Fehler, die der Compiler findet:
  syntaktische und manche semantische Fehler
- Fehler, die der Compiler nicht findet:
  Laufzeitfehler (immer semantisch)

Fehlerquellen vermeiden

1. Genaue Kenntnis des gewünschten Programmverhaltens

   ≫ It’s not a bug, it’s a feature! ≪
2. Überprüfe an vielen kritischen Stellen, ob das Programm auf dem richtigen Weg ist
3. Hinterfrage auch das (scheinbar) Offensichtliche, es könnte sich ein simpler Tippfehler eingeschlichen haben

Gegen Laufzeitfehler: *Assertions*

```
assert expr : msg;
```

- hält das Programm an, falls der boolesche Ausdruck `expr` nicht wahr ist
- gibt die Meldung `msg` aus falls die Assertion nicht hält (optional)
- wird mit dem Flag `-ea` beim Starten des Java Programms aktiviert
- In Code Expert ist das Flag aktiviert im Playground und in den kommenden Übungen

Assertions für den $ggT(x, y)$

Überprüfe, ob das Programm auf dem richtigen Weg ist ...

```
// Input x and y
Out.print("x =? ");
x = In.readInt();
Out.print("y =? ");
y = In.readInt();

// Check validity of inputs
assert x > 0 && y > 0 : "Invalid input: x and y must be positive!";
... // Compute gcd(x,y), store result in variable a
```

Eingabe der Argumente für die Berechnung

Vorbedingung für die weitere Berechnung

Assertions für den $ggT(x, y)$

... und hinterfrage das Offensichtliche! ...

```
...
assert x > 0 && y > 0 : "Invalid input: x and y must be positive!";
... // Compute gcd(x,y), store result in variable a

assert a >= 1;
assert x % a == 0 && y % a == 0;
for (int i = a+1; i <= x && i <= y; ++i)
  assert !(x % i == 0 && y % i == 0);
```

Vorbedingung für die weitere Berechnung

Verschiedene Eigenschaften des ggT überprüfen

Fail-Fast mit Assertions

- Reale Software: viele Java-Dateien, komplexer Kontrollfluss
- Fehler machen sich erst spät(er) bemerkbar → Fehlersuche erschwert
- Assertions: Fehler frühzeitig bemerken

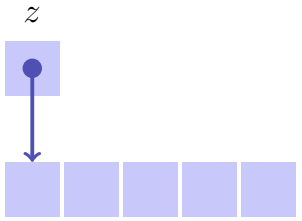
10. Java Arrays und Strings

Allokation, Referenzen, Elementzugriff, Mehrdimensionale Arrays, Strings, Stringvergleiche

Arrays

Arrayvariable deklarieren: `int[] z;`

Array erzeugen: `z = new int[5];`



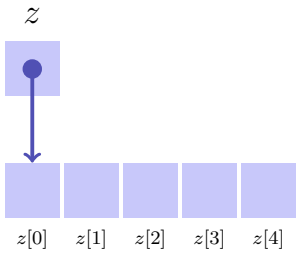
z ist eine *Referenz* auf die Arraydaten,

- aber erst nach der Zuweisung zu den erstellten Daten
- sonst zeigt es nirgendwo hin: `null`.

Arrays

`int[] z;`

`z = new int[5];`



Elemente werden indiziert. Index beginnt bei 0 und endet bei Arraygrösse -1.

Elementzugriff: `name[index]`

Arrays sind dynamische Objekte

Arrays sind grundsätzlich *dynamisch* erzeugt.

```
int[] b;
b = new int[10]; // 10 elements with index 0...9
...
b = new int[20]; // can be reassigned
```

Grösse eines Arrays kann also zur Laufzeit festgelegt werden. Ein Array wächst jedoch nicht automatisch!

Arrays sind nicht primitiv

Arrays tragen *Metadaten* mit sich herum:

```
int sq = new int[7];
for (int i = 0; i< sq.length; ++i){
    sq[i] = i * i;
}
sq[8] = 64;
```

⟵ java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException!

... auch über Methodengrenzen hinweg (nächstes mal)

```
static void print(int[] a){
    for (int i = 0; i< a.length; ++i){
        Out.println("a[" + i + "]=" + a[i]);
    }
}
```


Arrayzuweisungen

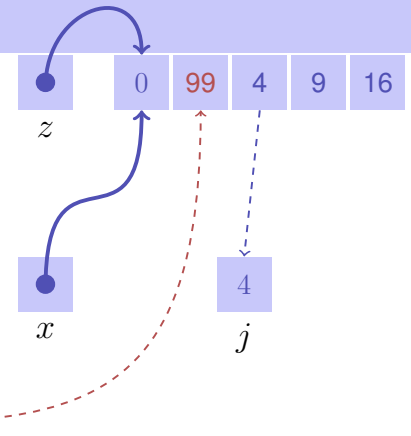
```
int[] z = new int[5];

for (int i=0; i<z.length; ++i) {
    z[i] = i*i;
}

int[] x = z;

int j = x[2];

x[1] = 99;
```



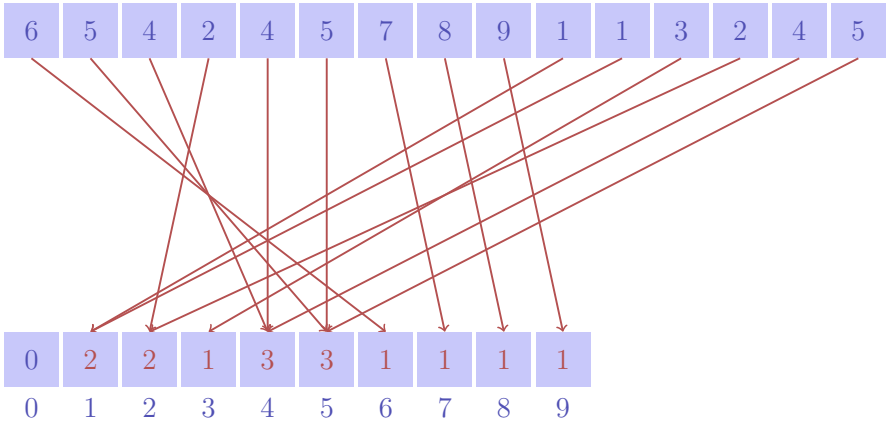
Bei der Zuweisung von Arrays *wird die Referenz kopiert*, nicht die Daten!

Beispiel

Annahme: Ein (unsortiertes) Array x enthalte nur die Zahlen aus dem Bereich $[0, \ldots, 9]$.

Aufgabe: Schreibe ein effizientes Programm, welches für jede solche Zahl ausgibt, wie oft sie in x vorkommt.

Idee



Code

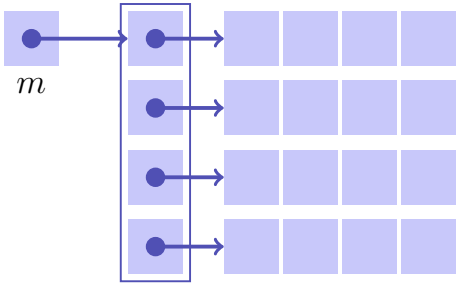
```
public class CountNumbers {
    public static void main(String [] args) {
        int [] numbers = {5, 4, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 1, 1, 3, 2, 4, 5};
        int [] index = new int [10];

        for (int i = 0; i < numbers.length ; i++) {
            index [numbers[i]]++;
        }

        for (int i = 0; i < index.length ; i++) {
            Out.println("Count (" + i + ")=" + index[i]);
        }
    }
}
```


Mehrdimensionale Arrays

```
double[][] matrix = new double[4][4];
```



Mehrdimensionale Arrays

```
double[][] matrix = new double[4][4];

// Identity matrix
for (int r=0; r < matrix.length; ++r){
    for (int c=0; c < matrix[r].length; ++c){
        if (r==c){
            matrix[r][c] = 1;
        } else {
            matrix[r][c] = 0;
        }
    }
}
```


Mehrdimensionale Arrays

Ein zweidimensionales Array ist ein Array von Referenzen auf eindimensionale Arrays. Also geht auch das:

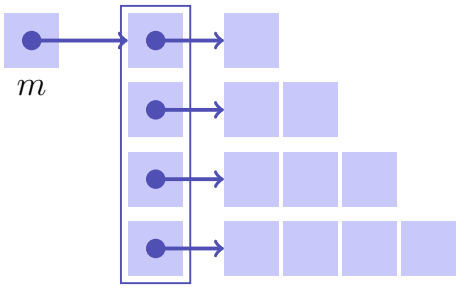
```
double[][] matrix = ...;

for (int r = 0; r < matrix.length; ++r){
    double[] vector = matrix[r];
    for (int c = 0; c < vector.length; ++c){
        Out.print(vector[c] + " ");
    }
    Out.println();
}
```

Mehrdimensionale Arrays

Es geht sogar das:

```
double[][] m = new double[5][];
for (int r = 0; r < m.length; ++r) {
    m[r] = new double[r+1];
}
```



Array-Vergleiche

Erneut aufgepasst: Arrays sind Referenzen!

```
double[] x = {1,2,3};
double[] y = x;
double[] z = {1,2,3};

if (y == x) {...} // y==x is true
if (z == x) {...} // z==x is false!
```

Für Kenner:

```
if (z.equals(x)) {...}       // z.equals(x) is also false !!
if (Arrays.equals(x,z)) {...} // Arrays.equals(x,z) is true.
```

Vorsicht bei `Arrays.equals` bei mehrdimensionalen Arrays! (Was wird wohl geprüft?)

Strings

String: ein Objekt, welches Zeichenketten speichert.

```
String name = "Informatics";
String university = "ETH";
String lecture = name + " at " + university;
int x = 3;
int y = 5;
String coordinates = "(" + x + "," + y + ")"; // "(3,5)"
```


Strings

Vorsicht, Evaluationsreihenfolge beachten:

```
int x = 3;
int y = 5;
String s1 = x+y+"X";  // s1 = "8X"
String s2 = "X"+x+y+""; // s2 = "X35"
```

Characters

Elemente eines Strings können auch per Index gelesen (nicht aber geschrieben) werden:

```
String info = "Informatics";
char c = info.charAt(3); // c = 'o'
```

Strings sind auch Referenzen!

Stringvergleiche

Der Vergleich mit '==' vergleicht Referenzen, nicht den Inhalt!

```
String n1 = In.readWord();
String n2 = In.readWord();
if (n1 == n2){
  Out.println(n1 + "==" +n2);
} else {
  Out.println(n1 + "!=" + n2);
}
```

Eingabe: Info Info

Ausgabe: Info != Info

Stringvergleiche

Der Vergleich mit 'equals' vergleicht den Inhalt![5]

```
String n1 = In.readWord();
String n2 = In.readWord();
if (n1.equals(n2)){
  Out.println(n1 + " equals " +n2);
} else {
  Out.println(n1 + " not equals " + n2)
}
```

Eingabe: Info Info

Ausgabe: Info equals Info

[5] Bei Arrays geht das nicht!