

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

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

Fehlerquellen vermeiden

1. Genaue Kenntnis des gewünschten Programmverhaltens

» It's not a bug, it's a feature! «

Fehlerquellen vermeiden

1. Genaue Kenntnis des gewünschten Programmverhaltens
2. Überprüfe an vielen kritischen Stellen, ob das Programm auf dem richtigen Weg ist

Fehlerquellen vermeiden

1. Genaue Kenntnis des gewünschten Programmverhaltens
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)

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 ();
```

Eingabe der Argumente für
die Berechnung

```
// 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
```

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!";
```

Vorbedingung für die weitere Berechnung

```
... // Compute gcd(x,y), store result in variable a
```

Assertions für den $ggT(x, y)$

... und hinterfrage das Offensichtliche! ...

...

```
assert x > 0 && y > 0: "Invalid input: x and y must be positive!";
```

Vorbedingung für die weitere Berechnung

```
... // 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);
```

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);
```

Verschiedene
Eigenschaften
des ggT
überprüfen

Fail-Fast mit Assertions

- Reale Software: viele Java-Dateien, komplexer Kontrollfluss



Fail-Fast mit Assertions

- Reale Software: viele Java-Dateien, komplexer Kontrollfluss



Fail-Fast mit Assertions

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



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;`

Arrays

Arrayvariable deklarieren: `int [] z;` \emptyset

Arrays

Arrayvariable deklarieren: `int [] z;` \emptyset

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

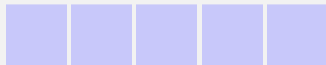
Arrays

Arrayvariable deklarieren: `int [] z;`

z

∅

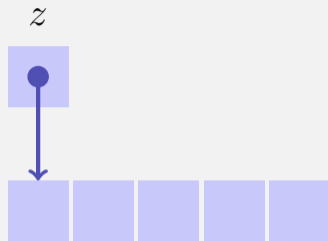
Array erzeugen: `z = new int [5];`



Arrays

Arrayvariable deklarieren: `int [] z;`

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

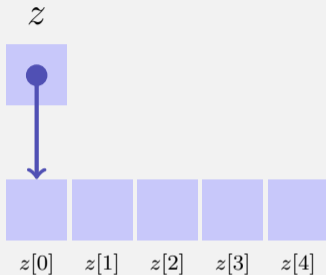


`z` ist eine *Referenz* auf die Arraydaten,

- 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 in Java sind “zero based”



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!

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!

Arrayzuweisungen

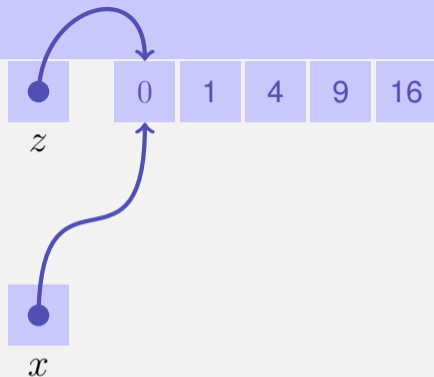
```
int[] z = new int[5];
```

```
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!

Arrayzuweisungen

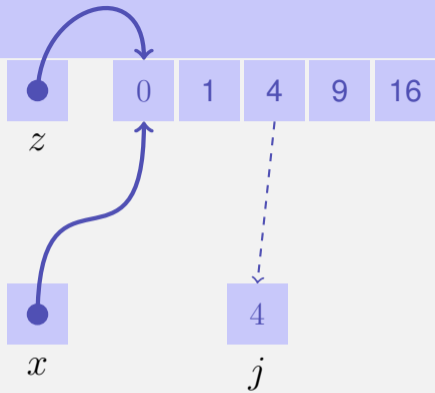
```
int[] z = new int[5];
```

```
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!

Arrayzuweisungen

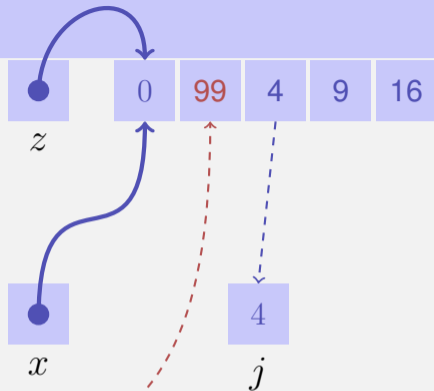
```
int[] z = new int[5];
```

```
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 $[0, \dots, 9]$.

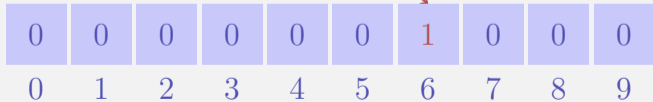
Aufgabe: Schreibe ein effizientes Programm, welches für jede solche Zahl ausgibt, wie oft sie in x vorkommt.

Idee

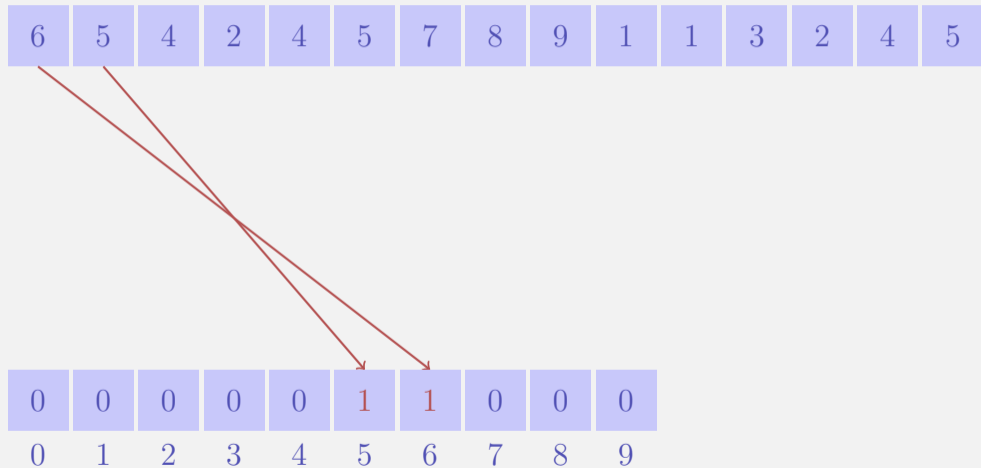
6	5	4	2	4	5	7	8	9	1	1	3	2	4	5
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9

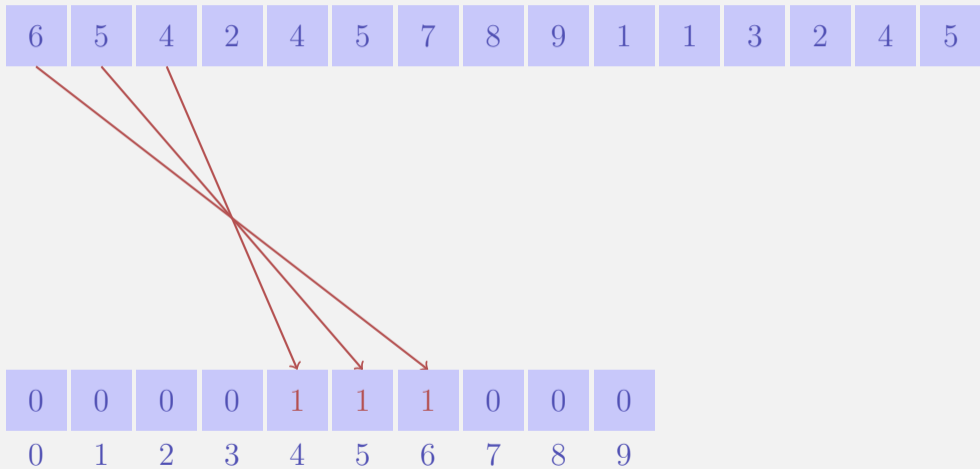
Idee



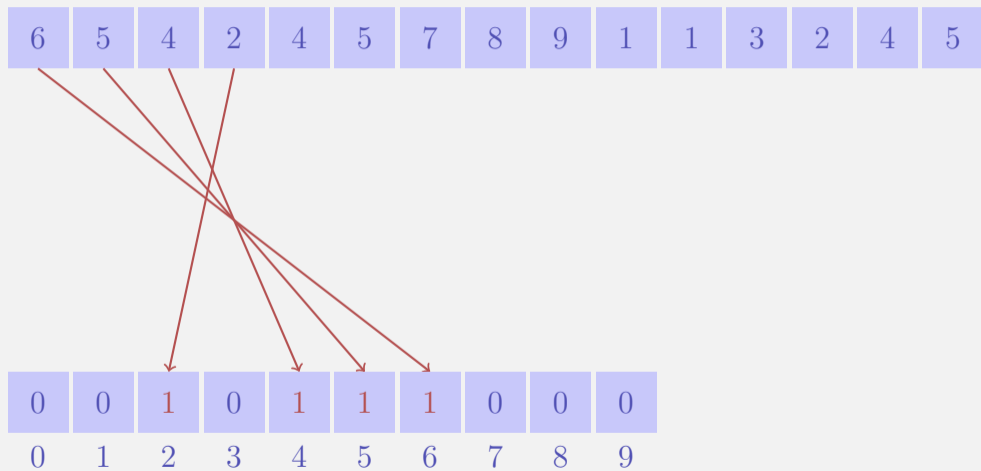
Idee



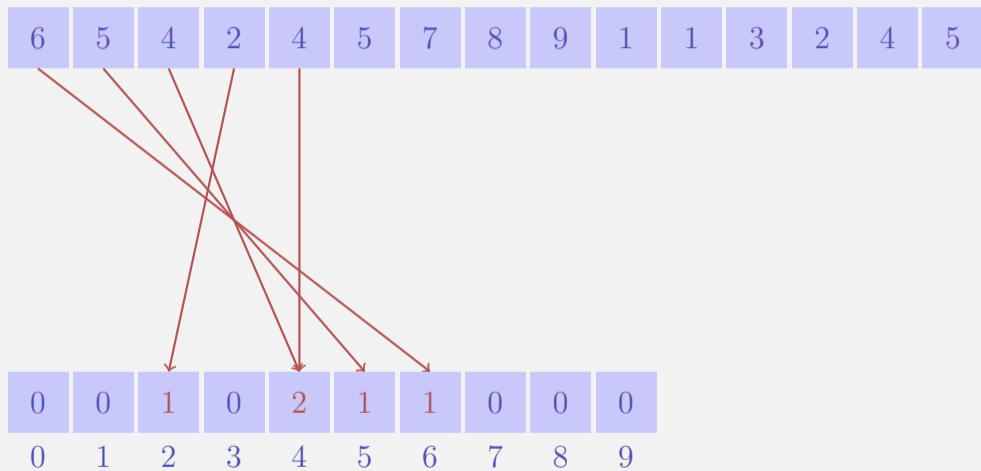
Idee



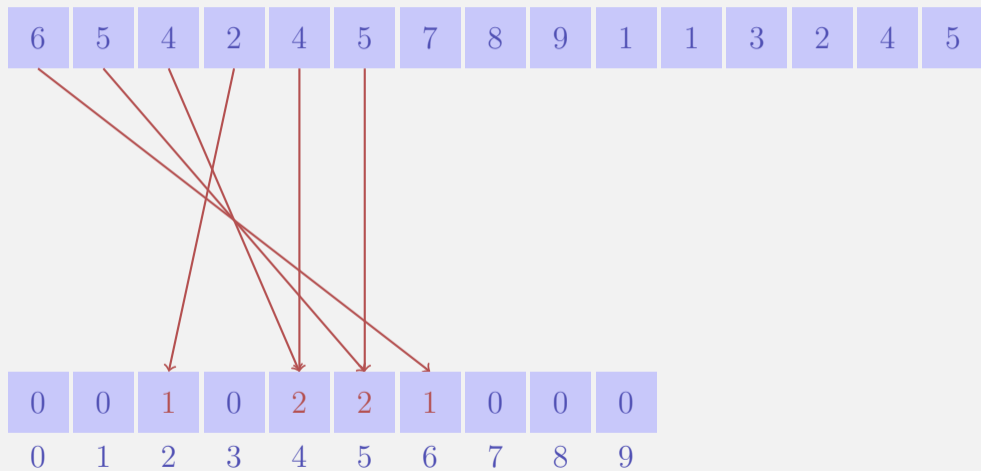
Idee



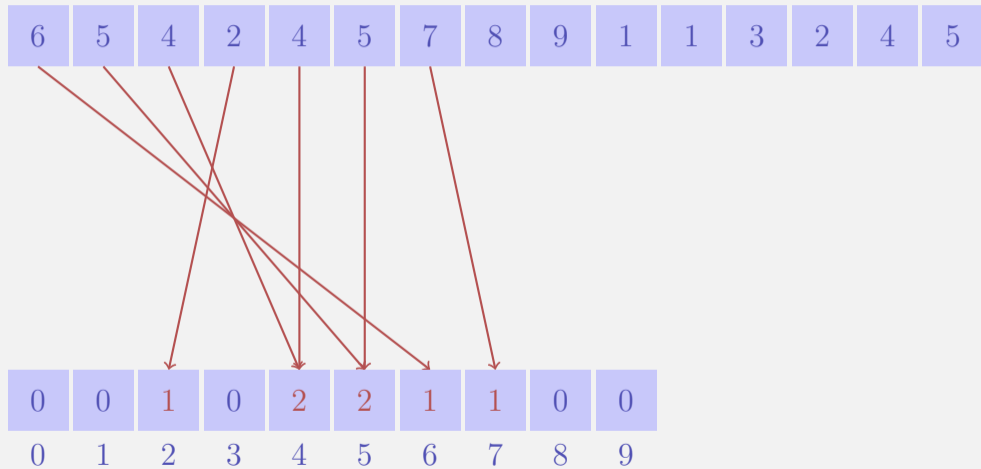
Idee



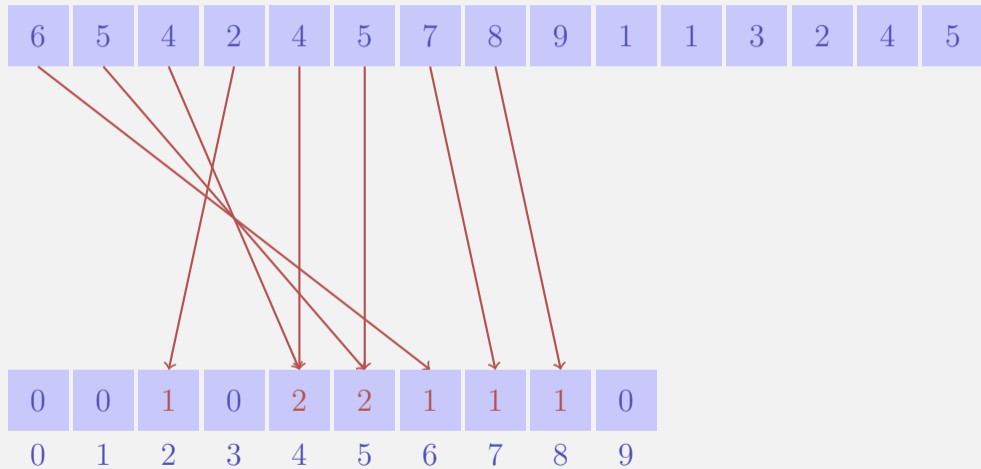
Idee



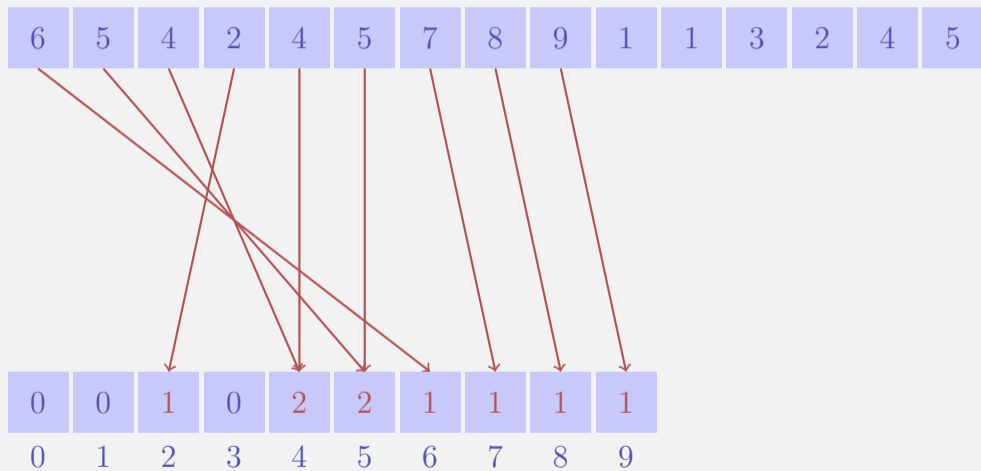
Idee



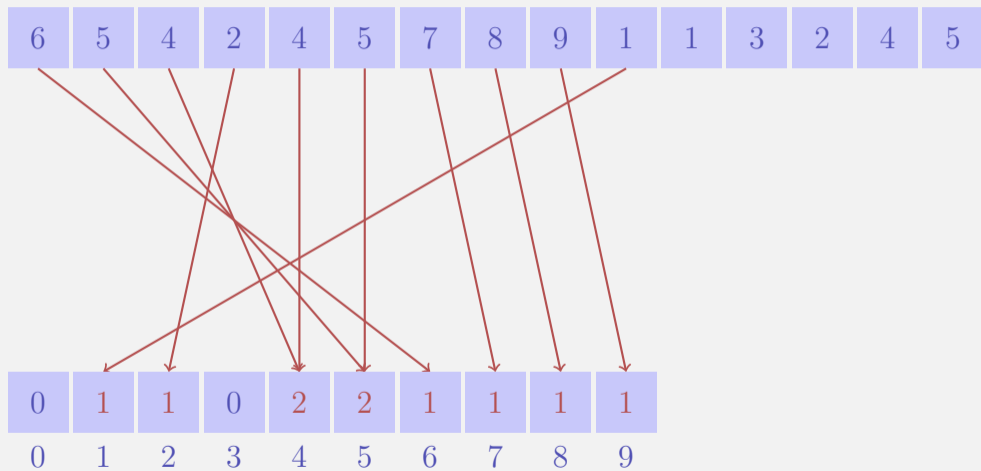
Idee



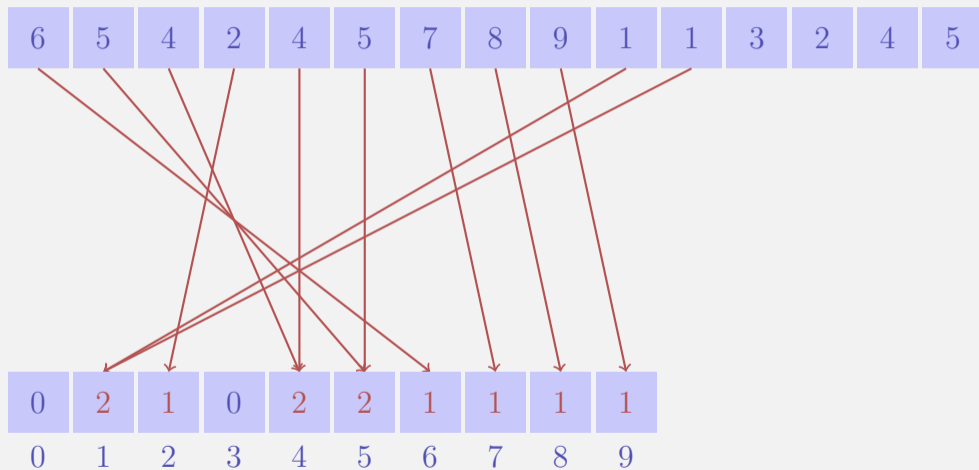
Idee



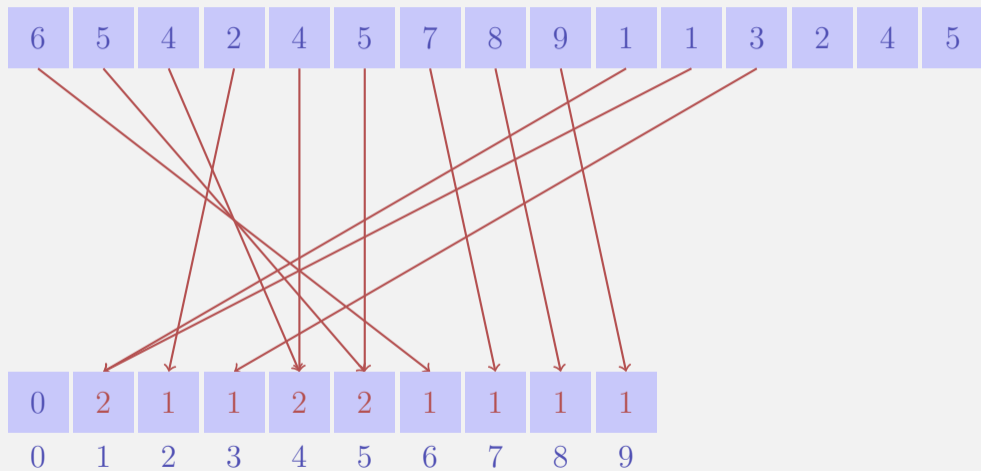
Idee



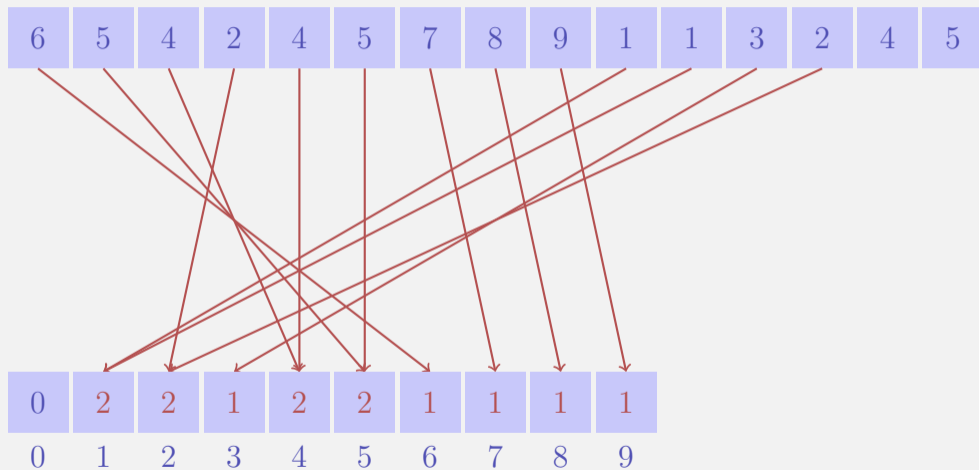
Idee



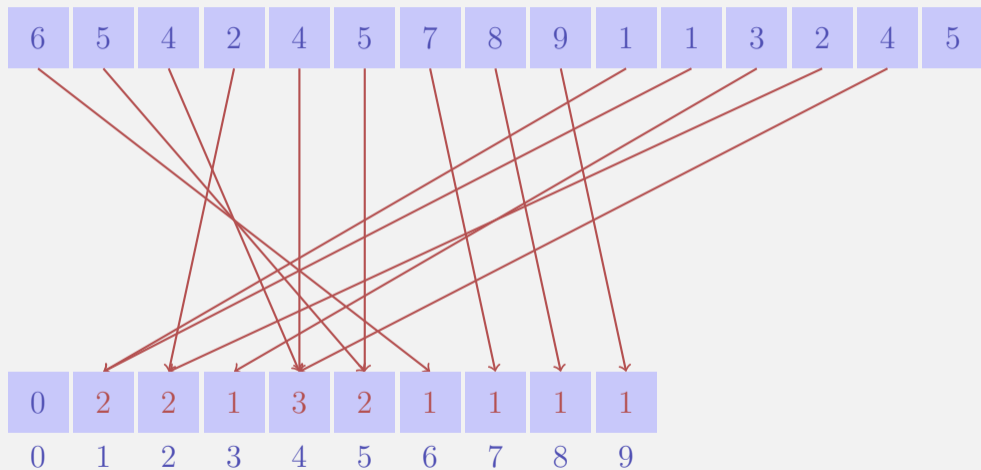
Idee



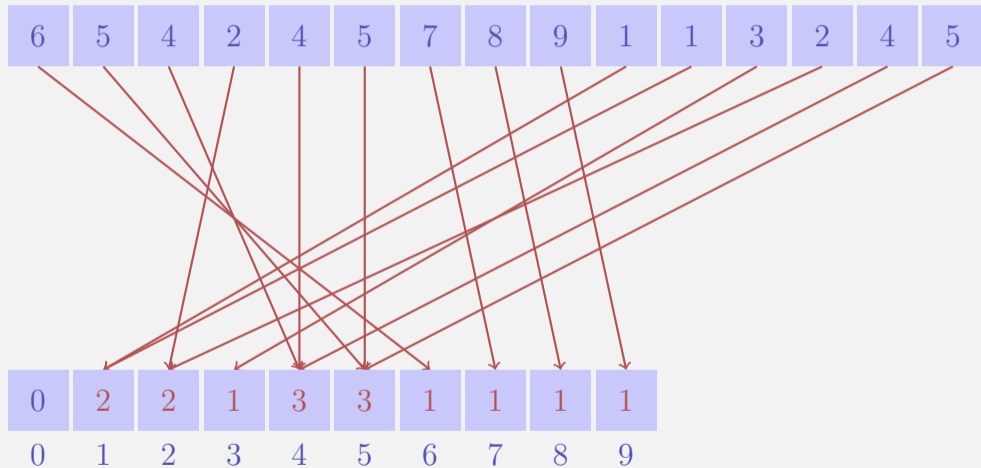
Idee



Idee



Idee



Code

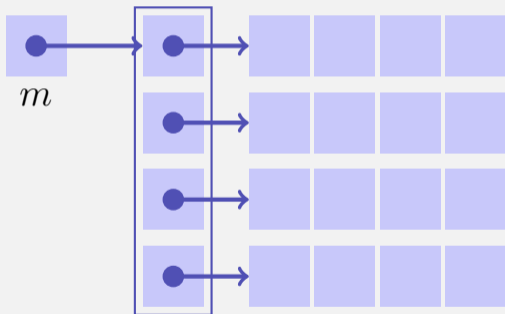
```
public class CountNumbers {
    public static void main(String [] args) {
        int [] numbers = {5, 4, 2, 4, 5, 7, 8, 9, 1, 1, 3, 2, 4, 5};
        int [] index = new int [10];

        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:

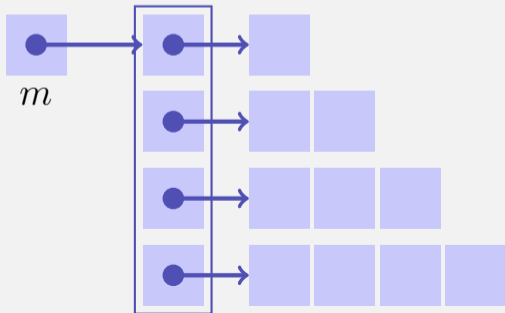
```
double[] [] matrix = ...;

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);
}
```

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);
}
```

⁵Bei Arrays geht das nicht!

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

⁵Bei Arrays geht das nicht!