

Sammanfattning

(Arrayer, Collections, ...)

Generics: Parametrisk polymorfism

Extraavsnitt på svenska

Arrayer i Java

Enligt TDDD73 (tidigare Pythonkurs):

"**Listan** är en mycket användbar sammansatt datatyp.
I många andra språk kallar man listor för **arrayer**."

Många språk har **både** listor och arrayer – även Java och Python!

Exakta definitioner varierar...

Arrayer

Oftast lägre nivå, mer maskinnära,
mindre funktionalitet

Lagras "sekventiellt" i minnet
Vissa operationer mycket snabba

Ofta grundläggande datatyp i språket,
egen syntax

Listor

Fokus på funktionalitet / gränssnitt,
många olika sätt att lagra dem

Olika implementation →
olika egenskaper

Python har *listor*
som grundläggande datatyp

```
Circle[] circles;  
int[] numbers;
```

För varje typ T
finns en arraytyp T[]

```
Circle[] circles = new Circle[10];  
int[] numbers = new int[rnd()];
```

Arrayer skapas med **new**
Storleken sätts när de skapas, ändras aldrig

```
int second = numbers[1];
```

Element hämtas ut med index (första = 0)

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

Index: 0...arr.length-1

```
int val = numbers[42000];
```

Indexkontroll: Ger
ArrayIndexOutOfBoundsException

Repetition!

numbers

Object header:	(data)
length	42
[0]	0
[1]	0
[41]	0

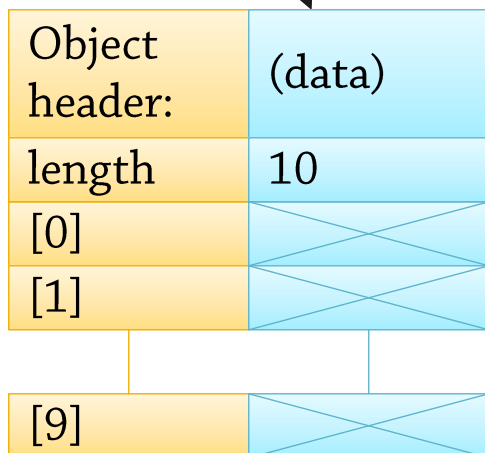
Tomma
element skapas
och *initialiseras*:
0, 0.0, null,
false

Arrayer 2: Pekar-arrayer

- Objektarrayer innehåller **pekare**:

- `Circle[ ] circles = new Circle[10];`

circles



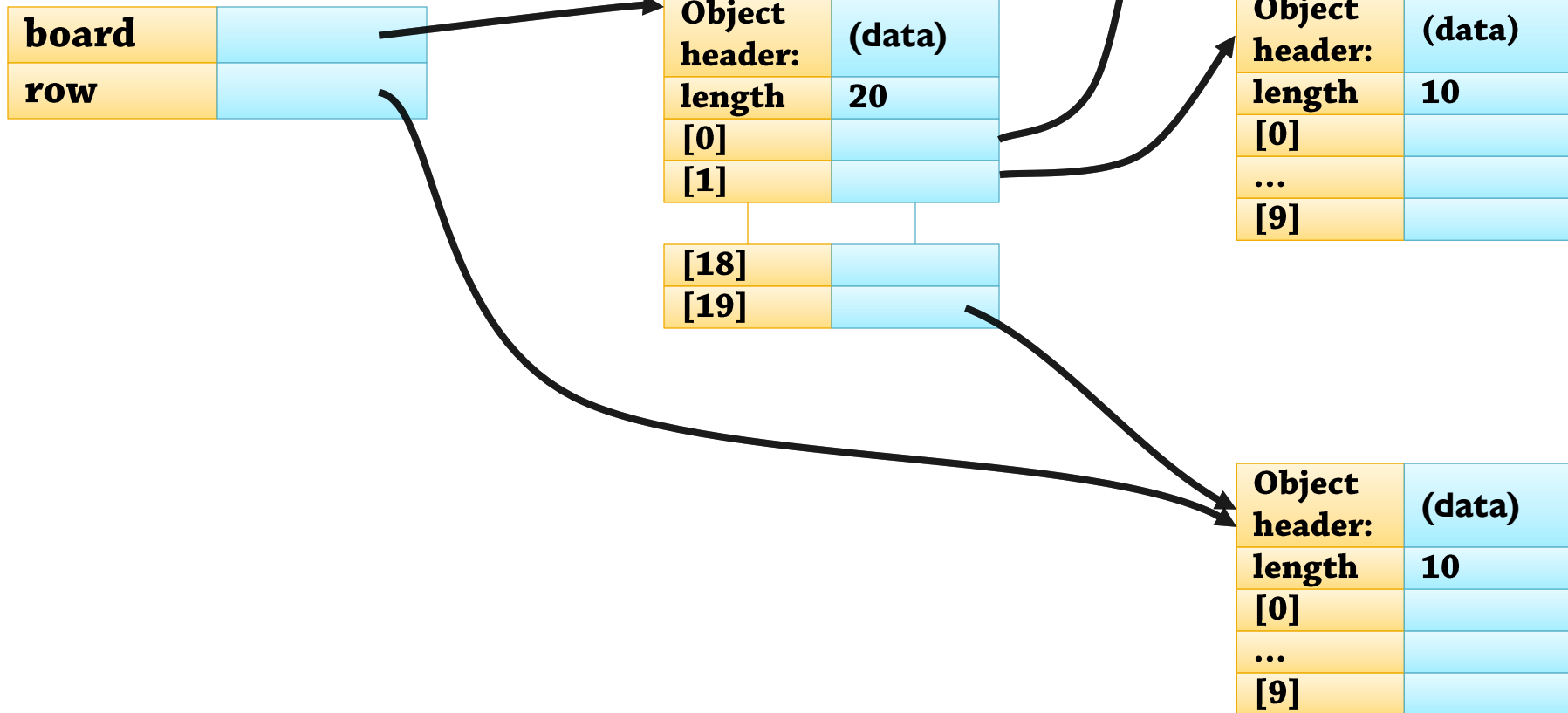
Element initialiseras till **null**

Inga nya **Circle**-objekt skapas!

Arrayer 3: Flerdimensionella arrayer

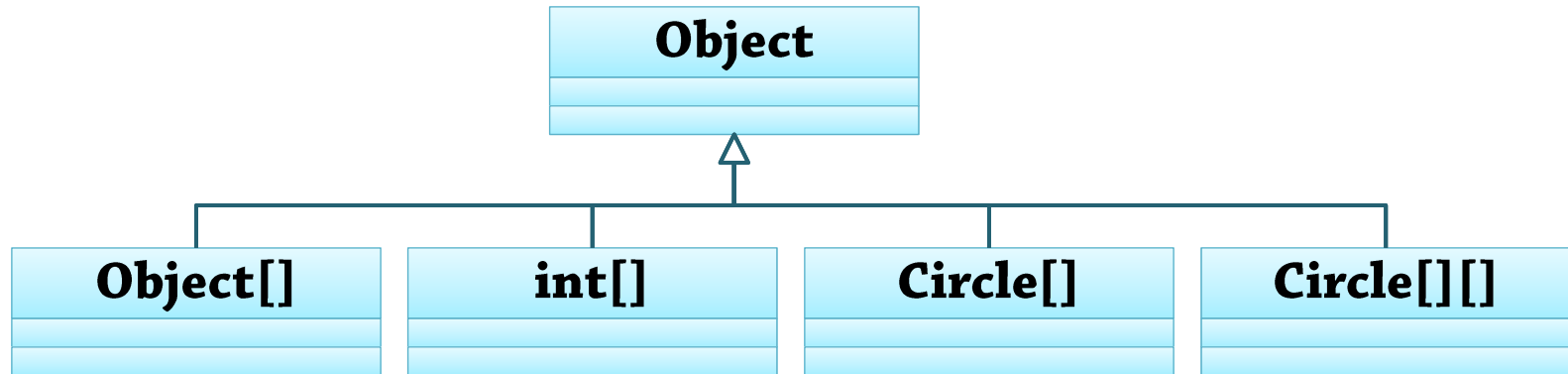
■ Arrayer av arrayer:

- `Square[ ][ ] board` = `new Square[20][10];`
- `Square[ ] row` = `board[19];`
- `Square pos` = `board[1][0];`



Arrayer 4: Tillgängliga metoder

- Arraytypen är subklass till **Object**, ärver metoder



Arrayer 5: Default-metoder



- Av historiska anledningar: Bara **default**-implementationerna

Default-implementationer...

equals() testar identitet

```
int[ ] ar1 = new int[3]; // 0, 0, 0
int[ ] ar2 = new int[3]; // 0, 0, 0
System.out.println(ar1.equals(ar2));
// false
```

Kan inte ändras:
Bakåtkompatibilitet!

Vad vi oftast vill

Hjälpmetoder i java.util.Arrays

```
int[ ] ar1 = new int[3]; // 0, 0, 0
int[ ] ar2 = new int[3]; // 0, 0, 0
System.out.println(Arrays.equals(ar1,ar2));
// true
```

Också i java.util.Arrays: sort(),
binarySearch(), copyOfRange(),
deepToString(), hashCode(), fill(), ...

Default-implementationer...

toString(): typnamn + ID

```
System.out.println(new int[10].toString());
// [I@3effd44e
System.out.println(new Circle[4].toString());
// [LCircle;@2b78146d
```

Vad vi oftast vill

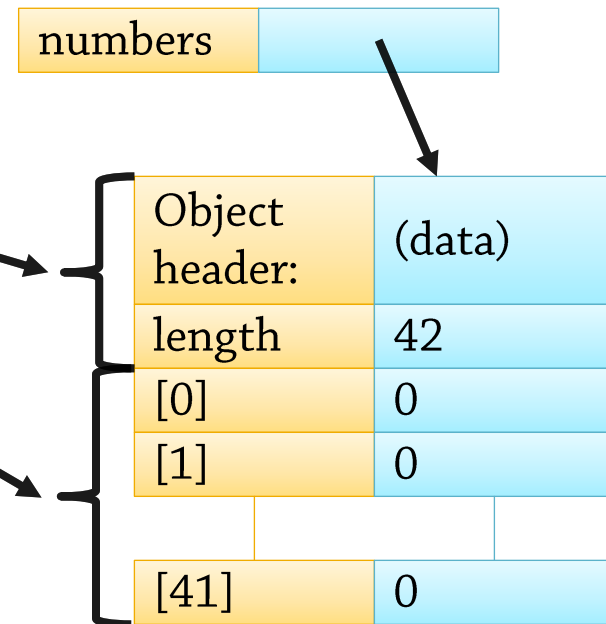
Hjälpmetoder i java.util.Arrays

```
System.out.println(
    Arrays.toString(new int[10]));
// [0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0]
```


Arrayer 6: Styrkor och svagheter

- **Styrka:** Effektiv användning av minne

- Liten konstant "startkostnad",
12–20 bytes
- Plus elementens "verkliga" kostnad
 - Array av **short**: 2 bytes/element



- **Svaghet:** Saknar viss funktionalitet – kan t.ex. inte ändra längd!

- Saknar metoder som add(), append(), remove(), ...

- **Svaghet:** Bara en "variant" med fixerade egenskaper

- Java har *många* olika sorters listor

Listor i Java

- **Listor**:
 - **Variabel storlek** → bekvämare att använda!
 - Ingen speciell **syntax**, utan vanliga **klasser**
- För bättre förståelser för **listor** och **generics**:
 - Vi visar **möjliga implementationer**
 - Börja med ett **gränssnitt**

```
public interface StringList {  
    public void add(String element);  
    public String get(int index);  
}
```

Arraylistor 1: Alternativ

- Ett sätt att lagra listor: med arrayer

```
public class StringArrayList implements StringList {  
    private String[] elements;  
    ...  
}
```

Listan har men är inte en array
Metoderna använder arrayen

Alt. 1: Arraystorlek = listlängd

Skapa tom lista → |
Addera element → 1
Addera element → 1 2
Addera element → 1 2 3
Addera element → 1 2 3 4
Addera element → 1 2 3 4 5

Vid varje tillägg:
Allokera array med ny längd
Kopiera över gamla innehållet
Lägg till det nya elementet

Alt. 2: Allokera "extra" element

Skapa tom lista → - - - -
Addera element → 1 - - -
Addera element → 1 2 - -
Addera element → 1 2 3 -
Addera element → 1 2 3 4
Addera element → 1 2 3 4 5 - - -

Ha en "reserv" av tomma platser
Fullt → dubblera storleken
Måste lagra *antal använda platser*!

Arraylistor 2: En listklass

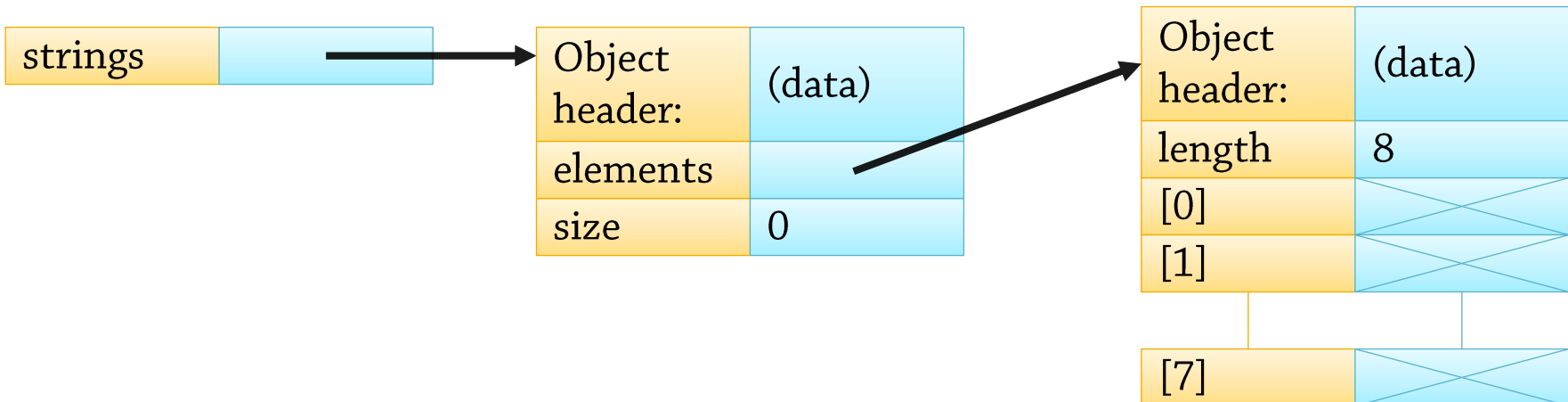
```
public class StringArrayList implements StringList {  
    private String[] elements;  
    private int size; // Använda platser
```

```
public StringArrayList() {  
    this.elements = new String[8];  
    this.size = 0;  
}
```

Allokerar lite extra plats

Hur många av platserna är använda?

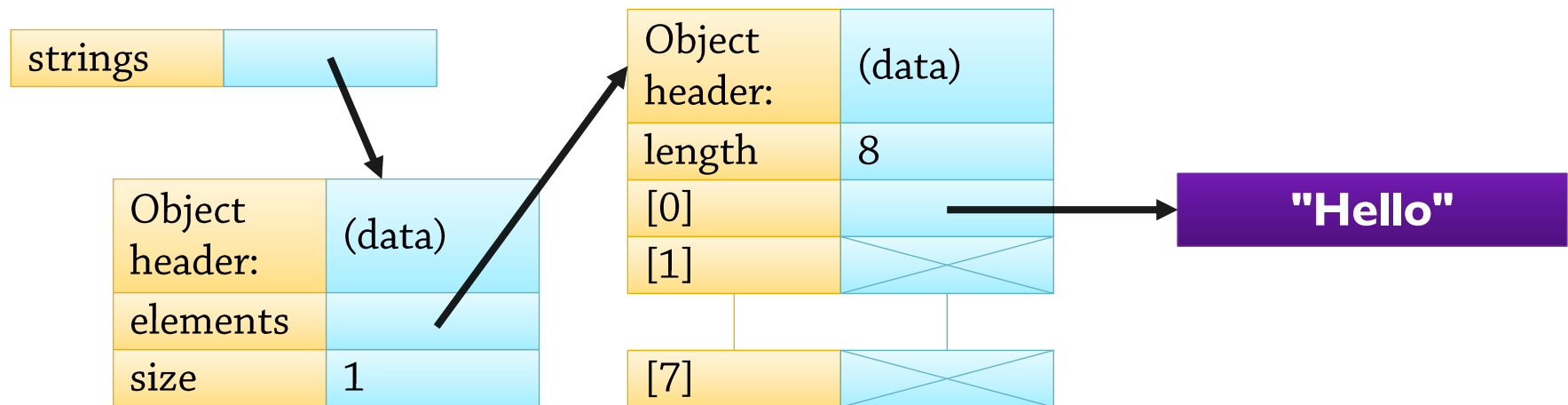
```
StringList strings = new StringArrayList();
```



Arraylistor 3: Addera element

```
public void add(String element) {  
    elements[size] = element;  
    size++;  
}
```

```
StringList strings = new StringArrayList();  
strings.add("Hello");
```



Men... vad händer när arrayen blir full?

Arraylistor 4: Utöka utrymmet

```
public void add(String element) {  
    if (size == elements.length) {  
        int newsize = 2*size;  
        String[] arr2 = new String[newsize];  
        System.arraycopy(...);  
        this.elements = arr2;  
    }  
    elements[size] = element;  
    size++;  
}
```

Är interna lagringen full?

Skapa större array,
kopiera innehållet,
kasta bort gamla arrayen!

data →

A	B	C	D
---	---	---	---

size = 4

data →

A	B	C	D
---	---	---	---

size = 4

A	B	C	D	?	?	?	?
---	---	---	---	---	---	---	---

data →

A	B	C	D
---	---	---	---

size = 4

A	B	C	D	?	?	?	?
---	---	---	---	---	---	---	---

Arraylistor 5: Hämta element

```
public String get(int index) {  
    if (index < 0 || index >= size) {  
        throw new IndexOutOfBoundsException();  
    } else {  
        return elements[index];  
    }  
}
```

Kolla index:
Tillåt inte get(4) när size==2!

Arraylistor 6: Stoppa in element

- Effektiv representation – för de flesta operationer, men...

```
public void insert(int index, String element) {  
    if (size == elements.length) { ... allocate more memory ... }  
  
    System.arraycopy(elements, index, elements, index + 1, size - index);  
    elements[index] = element;  
    size++;  
}
```

A	B	C	D	E	F	G	H								
---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--	--

```
list.insert(2, "X");
```

A	B	C	C	D	E	F	G	H							
---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--

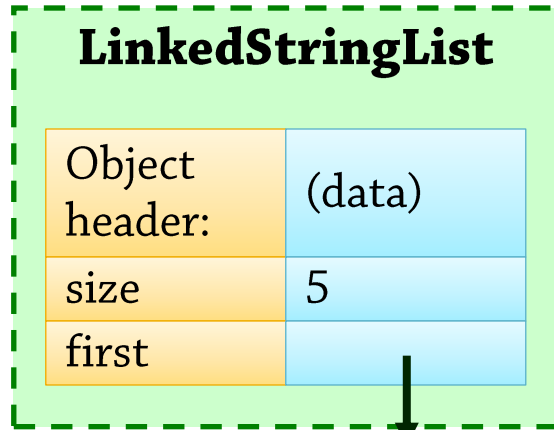
Kopiera – tar tid!

A	B	X	C	D	E	F	G	H							
---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	--	--	--	--

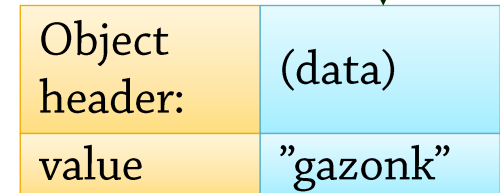
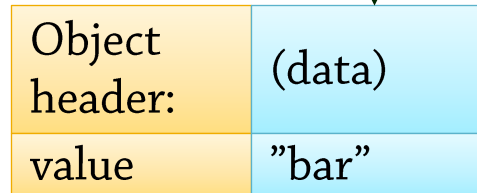
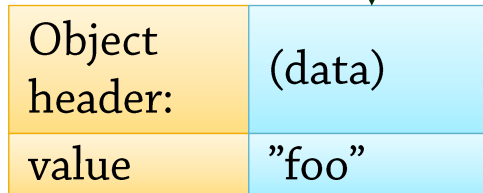
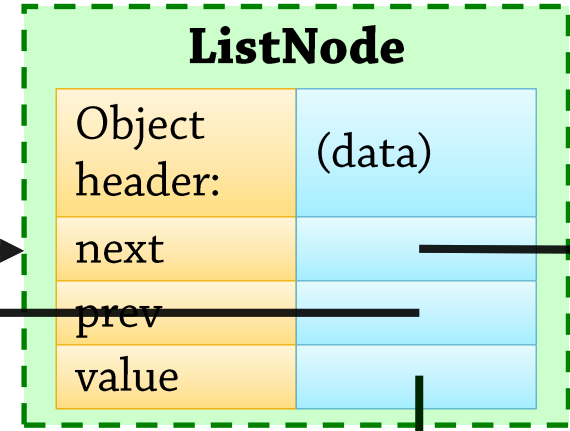
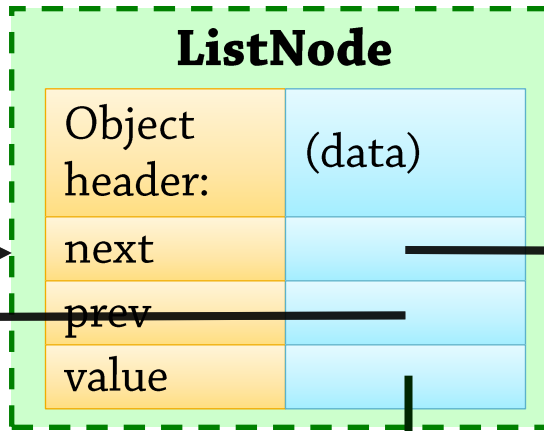
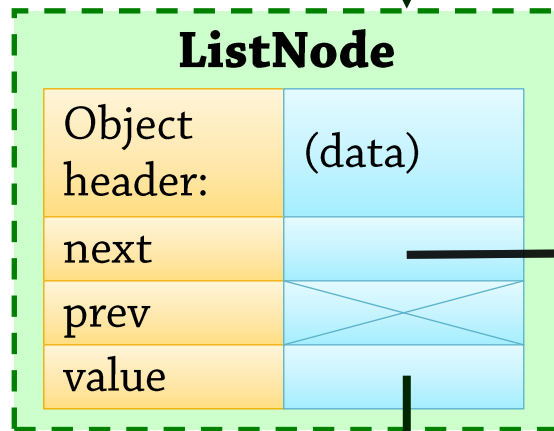
Stoppa in

Länkade listor 1: Principen

- Principen bakom **länkade** listor:

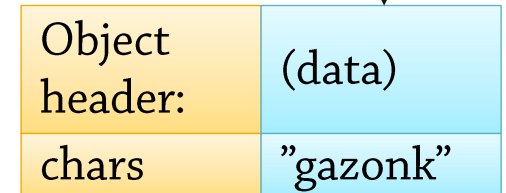
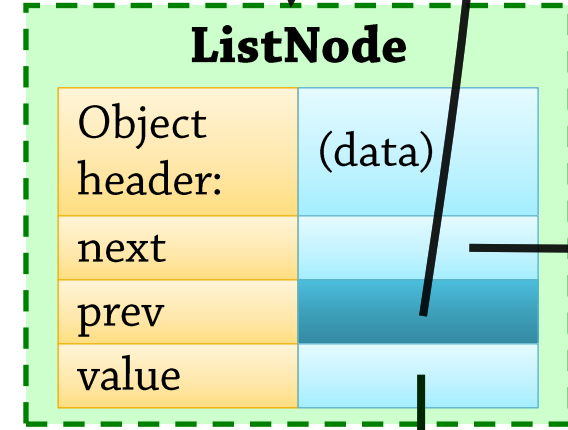
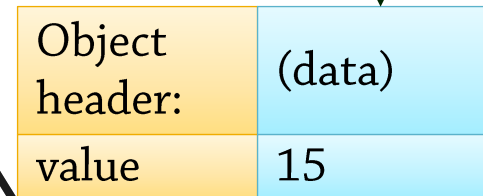
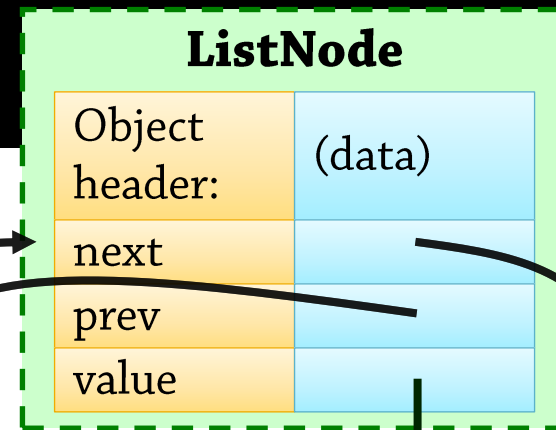
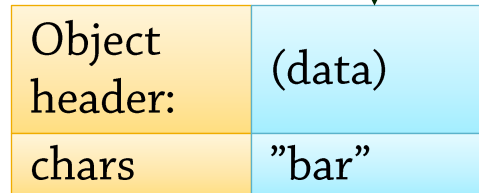
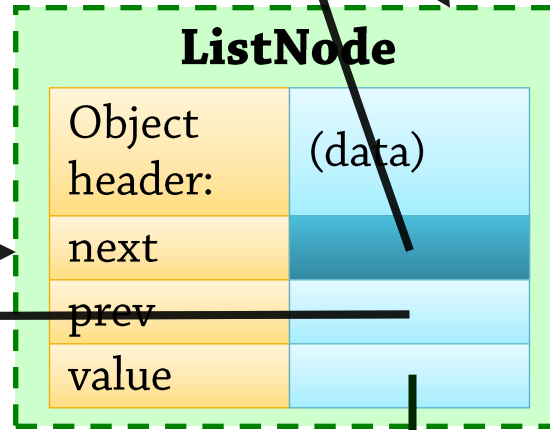
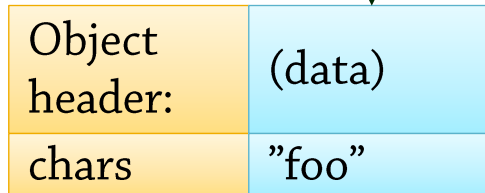
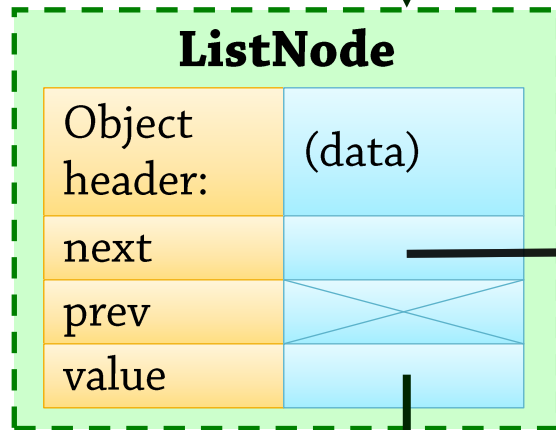
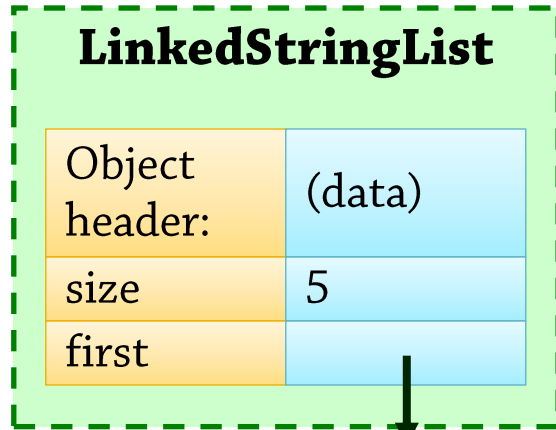


En extra listnod per element
→ använder mer minne



Länkade listor 2

Snabbt att skjuta in / ta bort värden



Länkade listor 3

Tar lång tid att ta fram värde nummer n i listan

LinkedList

Object header:	(data)
size	5
first	

```
String get(int index) {  
    ListNode x = first;  
    for (int i = 0; i < index; i++)  
        x = x.next;  
    return x.value;  
}
```

ListNode

Object header:	(data)
next	
prev	
value	

ListNode

Object header:	(data)
next	
prev	
value	

ListNode

Object header:	(data)
next	
prev	
value	

Object header:	(data)
chars	"foo"

Object header:	(data)
chars	"bar"

Object header:	(data)
chars	"gazonk"

Använda arrayer eller listor?

Arrayer används:

- För att **implementera** datatyper
 - ArrayList måste använda en “primitiv” array
- När **varje nanosekund** spelar roll
 - Bara efter CPU-profilering som visar att listhantering spelar roll
- När **varje byte** spelar roll
 - Bara efter minnesprofilering...
- Ibland om **storleken** är **fixerad**
 - Om storleken varierar:
Låt listorna hantera detta!

Listor används:

- Nästan alltid!
 - Många hjälpfunktioner tillgängliga
 - Kan lätt lägga till och ta bort element, osv
 - Används av många klasser i Javas klassbibliotek
 - ...

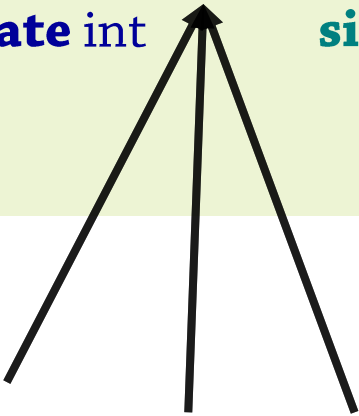
Tetrislabben använder arrayer eftersom Board-storleken är fixerad!

Listor och elementtyper

Elementtyper 1: Typspecifika listor?

- Våra listklasser lagrar bara strängar!

```
public class StringArrayList implements StringList {  
    private String[] elements;  
    private int size;  
    ...  
}
```



Behöver vi en listklass för varje elementtyp?

Elementtyper 2: Godtyckliga objekt

```
public class ObjectArrayList {  
    private        elements;  
    private int size;  
    public ObjectArrayList() {  
        this.elements = new            8];  
        this.size = 0;  
    }  
    public        get(int index) {  
        if (index >= 0 && index < size) { return elements[index]; }  
        else /* Signal error */  
    }  
    public void add(           element) {  
        if (size == elements.length) { /* Create a new array; copy old element */ }  
        elements[size] = element;  
        size++;  
    }  
}
```

Array av Object-pekare,
kan peka på objekt av godtycklig klass

Elementtyper 3: Problem

- Nu får vi **nya problem!**

- 1: **Ingen typsäkerhet** när vi **adderar** element!

- Vill ha en lista där vi stoppar in strängar:

```
ObjectArrayList greetings = new ObjectArrayList();
```

- Kan lägga in strängar:

```
greetings.add("hello");
```

- Kan råka lägga in cirklar också – inget fel vid kompilering eller körning!

```
greetings.add(new Circle(1, 1, 3));
```

```
public class ObjectArrayList {  
    public ObjectArrayList() { ... }  
    public Object get(int index) { ... }  
    public void add(Object element) { ... }  
}
```

Elementtyper 4: Problem

- Problem 2: Ingen typinformation när vi hämtar element!

```
ObjectArrayList greetings = new ObjectArrayList();  
greetings.add("hello");  
greetings.add(new Circle(1, 1, 3));  
...  
String str = greetings.get(0); // Kompileringsfel
```

```
String str = (String) greetings.get(0); // OK
```

Vi måste tala om för kompilatorn:
"Jag vet att jag la en sträng på position 0 – jag lovar!"
Krävs en *cast* – extra arbete för oss

```
public class ObjectArrayList {  
    public ObjectArrayList() { ... }  
    public Object get(int index) { ... }  
    public void add(Object element) { ... }  
}
```

Elementtyper 5: Problem

- Problem 3: Tänk om vi har fel!

```
ObjectArrayList greetings = new ObjectArrayList();  
greetings.add("hello");  
greetings.add(new Circle(1, 1, 3));  
  
for (int i = 0; i < greetings.size(); i++) {  
    String str = (String) greetings.get(i);  
    // Runtime error for i=1 – it's a Circle!  
}
```

Upptäcks inte när programmet kompileras

Generics i Java: Parametrisk Polymorfism

Vanliga parametrar till metoder

```
void printMult3() {  
    for (int i = 1; i <= 13; i++) {  
        System.out.println(3 * i);  
    }  
}
```

```
void printMult5() {  
    for (int i = 1; i <= 13; i++) {  
        System.out.println(5 * i);  
    }  
}
```

```
void printMult(int num) {  
    for (int i = 1; i <= 13; i++) {  
        System.out.println(num * i);  
    }  
}
```

num är en
heltalsvariabel

Kan ha värdet
3, 4, 5, 8, ...

```
void printMult4() {  
    for (int i = 1; i <= 13; i++) {  
        System.out.println(4 * i);  
    }  
}
```

```
void printMult8() {  
    for (int i = 1; i <= 13; i++) {  
        System.out.println(8 * i);  
    }  
}
```

Typparametrar till klasser

```
class ListOfString {  
    String[] elements;  
    int size;  
    String get(int index) { ... }  
    void add(String element) { ... }  
}
```

```
class ListOfShape {  
    Shape[] elements;  
    int size;  
    Shape get(int index) { ... }  
    void add(Shape element) { ... }  
}
```

```
class MyList<E> {  
    E[] elements;  
    int size;  
    E get(int index) { ... }  
    void add(E element) { ... }  
}
```

*E är en
typvariabel*

**Kan ha värdet
String, Shape, ...**

```
class ListOfCircle {  
    Circle[] elements;  
    int size;  
    Circle get(int index) { ... }  
    void add(Circle element) { ... }  
}
```

```
class ListOfButton {  
    Button[] elements;  
    int size;  
    Button get(int index) { ... }  
    void add(Button element) { ... }  
}
```

- Generiska typer med typparametrar

```
class [redacted] {  
    E[]    elements;  
    int    size;  
    E      get(int index)    { return elements[index]; }  
    void   add(E element)    { ... } // Takes a parameter of type E  
}
```

En array där elementen har typ *E*
– verkliga typen är inte angiven än

- Kan "instansieras" med olika typer som parameter

MyList<String> – nästan exakt som:

```
class MyList<String> {  
    String[] elements;  
    int      size;  
    String   get(int index)    { ... }  
    void     add(String element) { ... }  
}
```

MyList<Shape> – nästan exakt som:

```
class MyList<Shape> {  
    Shape[] elements;  
    int      size;  
    Shape    get(int index)    { ... }  
    void     add(Shape element) { ... }  
}
```

Generics 2: Användningsexempel

```
class MyList<E> {  
    E[] elements;  
    int size;  
    E get(int index)          { return elements[index]; }  
    void add(E element)       { ... }  
}
```

- En lista där **E=String**:

```
MyList<String> greetings = new MyList<String>();  
greetings.add("hello");           // OK  
greetings.add(new Circle(1, 1, 3)); // Compile-time error: add(String)  
String str = greetings.get(0);     // No cast needed: String get(int index)
```

- En lista där **E=MyList<String>** → en lista av listor!

```
MyList<MyList<String>> lists = new MyList<MyList<String>>();  
lists.add(greetings);
```


Generics 3: Att skriva mindre

```
class MyList<E> {  
    E[] elements;  
    int size;  
    E get(int index)      { return elements[index]; }  
    void add(E element)   { ... }  
}
```

- Mycket repetition:

```
MyList<MyList<String>> listor = new MyList<MyList<String>>();
```

- Syntaktiskt socker: *Diamant*-operatoren (betyder "samma som förut")

```
MyList<MyList<String>> listor = new MyList<>();
```

DRY-principen: Don't Repeat Yourself!



Regelbrott är WET: Write Everything Twice...



Generics 4: "Råa" typer

```
class MyList<E> {  
    E[] elements;  
    int size;  
    E get(int index)      { return elements[index]; }  
    void add(E element)   { ... }  
}
```

- Man *kan* använda en generisk typ utan att ange typparametrar:

```
MyList listor = new MyList(); // Defaultvärde för E blir Object
```

- Undvik** – enbart för **kompatibilitet med gammal kod!**
 - Måste kunna kompilera kod skriven före 2004, när generics inte fanns

- Kallas *generisk programmering*, ger **parametrisk polymorfism**
 - Samma namn (MyList)
 - Olika beteende (beroende på typparameter)
- Jämför med **subtypspolymorfism**
 - Samma metodnamn, flera implementationer inom en typhierarki
- Jämför med **ad-hoc-polymorfism** (overloading)
 - Samma metodnamn, flera implementationer i samma klass

Generics: Wildcards

(Bonusmaterial på engelska)

Generics: Wildcards

```
static boolean contains(List<String> haystack, Object needle) {  
    for (int i = 0; i < haystack.size(); i++) {  
        if (haystack.get(i).equals(needle)) return true;  
    }  
    return false;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    List<String> list = ...;  
    if (contains(list, "hello")) { ... }  
}
```

**Works fine,
but only for string lists!**

```
static boolean contains(List<Object> haystack, Object needle) {  
    for (int i = 0; i < haystack.size(); i++) {  
        if (haystack.get(i).equals(needle)) return true;  
    }  
    return false;  
}  
  
public static void main(String[] args) {  
    List<String> list = ...;  
    if (contains(list, "hello")) { ... }  
}
```

Seems more general...

**...but won't compile!
A list of Strings
is not a list of Objects!**

Generics: Wildcards (2)

- If a **String** is a kind of **Object**...
 - ...why isn't a **List<String>** a kind of **List<Object>** (or vice versa)?

List<Object>

public void add(E element)



public void add(Object element)



Promises to be able to add any Object

public E get(int index)



public Object get(int index)



Only promises to return some Object

List<String>

public void add(E element)



public void add(String element)



Can only add Strings, violating the List<Object> contract

public E get(int index)



public String get(int index)



Promises to always return String (OK: Covariant return types)

Generics: Wildcards (3)

```
static boolean contains(List<?> haystack, Object needle) {  
    for (int i = 0; i < haystack.size(); i++) {  
        if (haystack.get(i).equals(needle)) return true;  
    }  
    return false;  
}
```

**"List of whatever..."
We don't care
what the element type is**

```
public static void main(String[] args) {  
    List<String> list = ...;  
    if (contains(list, "hello")) { ... }  
}
```

Works!

...but contains() can't call haystack.add():

**haystack.add("Hello") →
what if the list's actual element type is SquareType?**

Generic Methods

Type dependencies between arguments

Generics: Type Variables for Methods

```
public class ArrayTools
```

```
{  
    static void arrayToCollection1(Object[] arr, Collection<Object> coll) {  
        for (Object o : arr) {  
            coll.add(o);  
        }  
    }  
}
```

Only works for object arrays
and object collections

How do we generalize?

```
public class ArrayTools
```

```
{  
    static <T> void arrayToCollection2(T[] arr, Collection<T> coll) {  
        for (T o : arr) {  
            coll.add(o);  
        }  
    }  
}
```

The class isn't *necessarily* generic

The array and collection
must have the *same* element type T,
but we don't care what T is

Generics: Bounded Wildcards

Bounded Wildcards 1

```
public class ArrayTools
```

```
{
```

```
    static <T> void arrayToCollection2(T[] arr, Collection<T> coll) {
```

```
        for (T o : arr) {
```

```
            coll.add(o);
```

```
        }
```

```
    }
```

```
}
```

Types have to be matched exactly!

How do we add an array of GraphicCircles
into a collection of Circles?

Should be possible:
If it can contain *any* Circle,
it can contain GraphicCircle objects

Circle

+x, y, r: double

+getArea(): double



GraphicCircle

+outline, fill: Color

+draw(DrawWindow): void

Bounded Wildcards 2

```
public class ArrayTools
```

```
{
```

```
    static <T> void arrayToCollection2(T[] arr, Collection<? super T> coll) {
```

```
        for (T o : arr) {
```

```
            coll.add(o);
```

```
        }
```

```
    }
```

```
}
```

“We need an array of *some* type *T*,
and a collection whose element type
is *T* or *something above (super)* it.

T = GraphicCircle, ? = Circle

T = Player, ? = GameObject

T = String, ? = Object

Circle

+x, y, r: double

+getArea(): double



GraphicCircle

+outline, fill: Color

+draw(DrawWindow): void

Generics:

Bounded Wildcards – another example

Generics: Element Types

```
class MyList<E> implements List<E> {  
    E[] elements;  
    int length;  
  
    void add(E element) {  
        if (element.equals(...)) { ... }  
  
        String str = element.toString();  
  
        ... element.getBounds() ...  
    }  
}
```

What can we do with **element**?
Depends on its static (apparent) type,
but E is a type *variable* / *placeholder*...

E could be String, Component, Shape,...
but *all* classes inherit from
java.lang.Object!

equals() and toString() can be used:
Defined in Object

getBounds() can't be used:
Exists in java.awt.**Shape** (for example),
but this code is also used for
MyList<**String**>...

■ Bounds on types

- A `ShapeList` that can **only** be applied to `Shape` subclasses:

```
class ShapeList<                      implements List<E>{  
    // Any E is at least a Shape:  
    // Might be Area, Rectangle2D, Arc2D, ..  
    E[] elements;  
    int length;  
  
    void getLargest() {  
        ...  
        E element = ...;  
        if (element.getBounds() ... ) ...  
        ...  
    }  
}
```

“Must specify some class E
that is a *subtype* of Shape”

`getBounds()` can be used:
E is some kind of Shape,
where this method exists

- `new ShapeList<Area>()`
- `new ShapeList<Rectangle2D>()`
- `new ShapeList<String>()`

// OK, can only store Areas

// OK, can only store Rectangle2Ds

// **Wrong**: String is not a Shape

Generics: Type Bounds / extends (2)

■ How about another example?

- **public abstract class** GameObject {
 public abstract void tick();
}
- **public class** GameObjectList<E **extends** GameObject> {
 // We know that any E is a GameObject or a subtype

private List<E> objects;

```
    public void tickAllObjects() {  
        for (E object : objects) {  
            // If GameObject has tick(), we can do object.tick()  
            // Even through E might be Player  
            object.tick();  
        }  
    }  
}
```

- **new** GameObjectList<Player>() // Can only contain Players (subclass of GameObj)
- **new** GameObjectList<Enemy>()

Generics: Objekttyper och primitiva typer

Wrappers

Typpparametrar och objekttyper



En typparameter
måste ange en *objekttyp*!

```
class List<E> {  
    E[]    elements;  
    int    size;  
    E      get(int index)    { ... }  
    void   add(E element)    { ... }  
}
```

```
List<String> strings; // OK  
List<Button> buttons; // OK
```

```
List<int> numbers; // Does not work!
```

...för egentligen
skapas bara en klass!

```
class List {  
    Object[] elements;  
    int      size;  
    Object   get(int index)    { ... }  
    void     add(Object element) { ... }  
}
```

Kompilatorn
tar hand om resten

Sparar minne...
men List<int> då?

- Hur skapar vi en listklass som accepterar heltal?

Implementera om strukturerna?

```
public class IntArrayList {  
    private int[] elements;  
    private int size;  
    public int get(int index) {  
        return elements[index];  
    }  
    void add(int element) { ... }  
}
```

Repetera för 8 primitiva typer
och för *varje datastruktur*

Kan göras – finns färdiga bibliotek
på nätet (GNU Trove, ...)

Använd wrappers!

```
public class Integer {  
    private final int value;  
    public Integer(int value) {  
        this.value = value;  
    }  
    public int intValue() {  
        return value;  
    }  
}
```

Repetera för 8 primitiva typer
→ klart

Wrappers 2: Jämförelse

IntArrayList

Object header:	(data)
size	5
elements	



Object header:	(data)
length	8
[0]	12
[1]	14

[4]	20
-----	----

ObjectArrayList

Object header:	(data)
size	5
elements	



Object header:	(data)
length	8
[0]	
[1]	

[4]	
-----	--

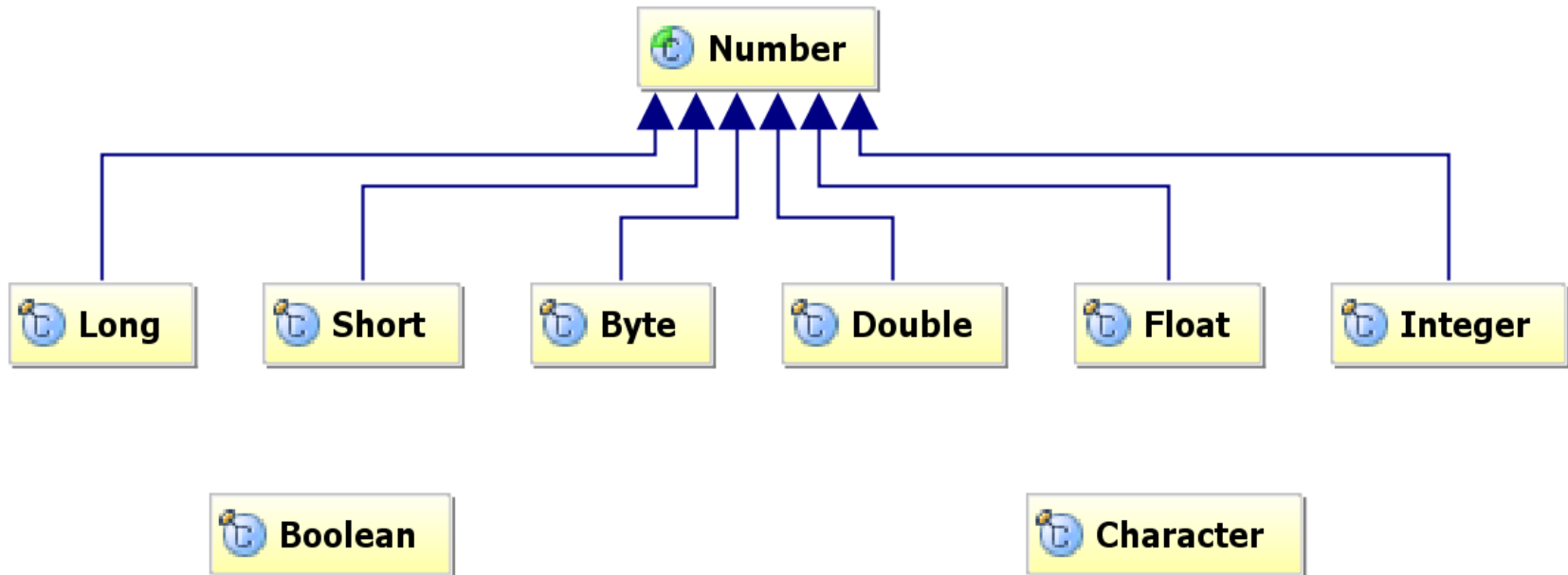
Object header:	(data)
value	12

Object header:	(data)
value	14

Wrappers ger mindre
andel overhead om
strukturerna är mer
komplexa...

Wrappers 3: Wrapper-objekt

- Det finns en wrapper-klass för varje primitiv datatyp



Används bara om vi ska lagra i listor, objektpekare, ...!

Använd int, double, boolean, ... i normalfallet:
Returvärden, parametrar

- **Kan** skapas med vanlig konstruktor

```
List<Number> numbers = new ArrayList<>();  
numbers.add(new Integer(10));  
numbers.add(new Double(3.14));
```

- **Bättre**: Statiska **fabriksmetoden** **valueOf()**

```
numbers.add(Integer.valueOf(10));  
numbers.add(Double.valueOf(3.14));
```

Sparar tid och minne: **Återanvänder** objekt för vanliga värden!

Integer-klassen har redan skapat objekt för heltalen -128 till +127

- Alternativ: **Autoboxing** ("paketinslagning")

```
numbers.add(10);  
numbers.add(3.14);
```

Kompilatorn:
"Vi **behöver** ett objekt men **får** ett heltal.
Stoppa in Integer.valueOf()!"

Wrappers 5: Hämta värdet

- För att hämta ut värdet: Anropa `typeValue()`

```
Number intobj = numbers.get(0);  
int val0      = intobj.intValue();
```

```
double val1    = numbers.get(1).doubleValue();
```

- Alternativ: **Automatisk unboxing** ("öppna paket")

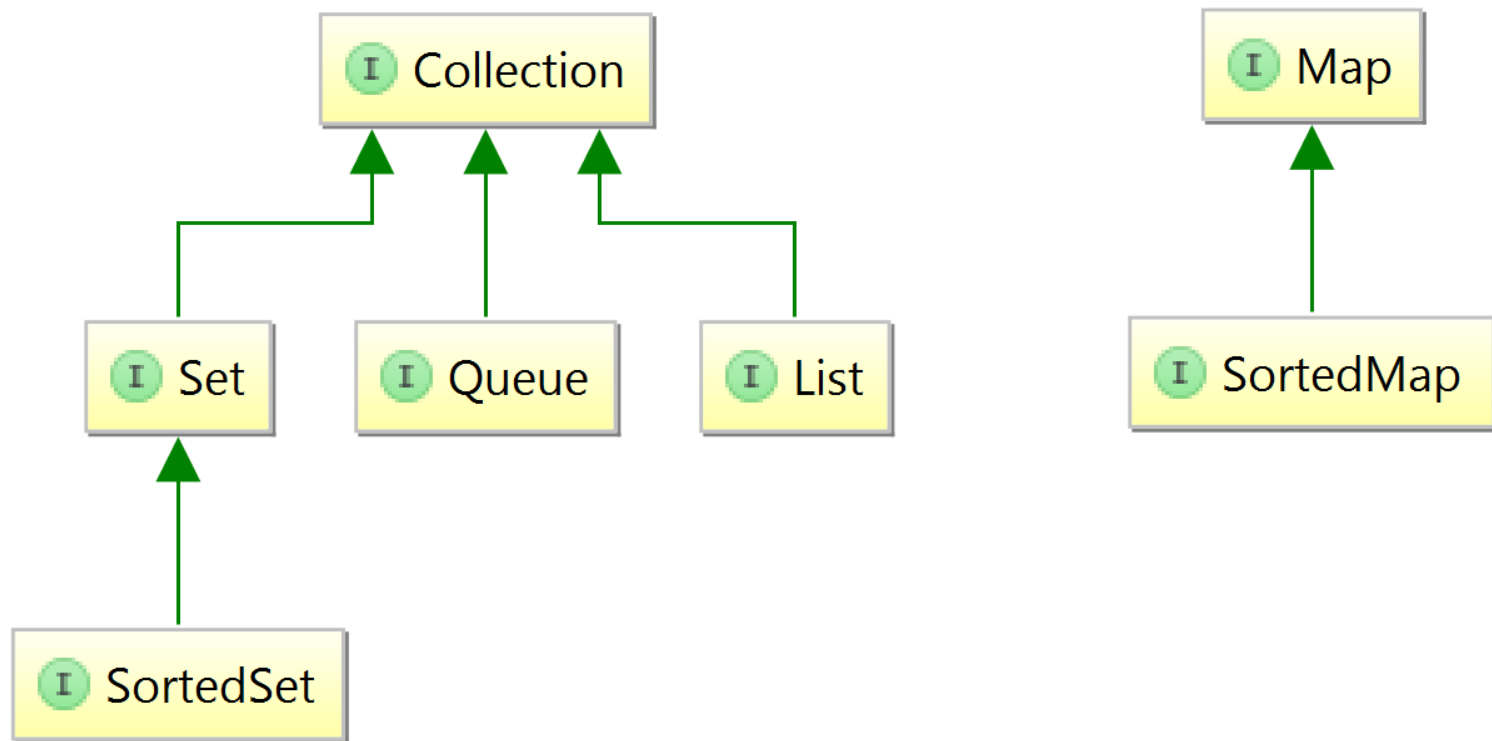
```
double val1 = numbers.get(1);
```

Kompilatorn:
"Vi behöver ett flyttal, så packa upp det."

- **Python** har inga primitiva typer, ***bara*** objekttyper
 - Trevligare på ytan – slipper bry sig om skillnaden
 - Vanliga heltal **är i princip wrapperobjekt**, har metoder!
 - `>>> x = 10`
 - `>>> x.bit_length()`
4
 - `>>> x.__add__(10)`
20
 - I Java: Kan ***välja*** mellan
 - Primitiva typer – inte objekt, vissa begränsningar
 - Wrapperklasser – är objekt, men långsammare, kräver mer minne

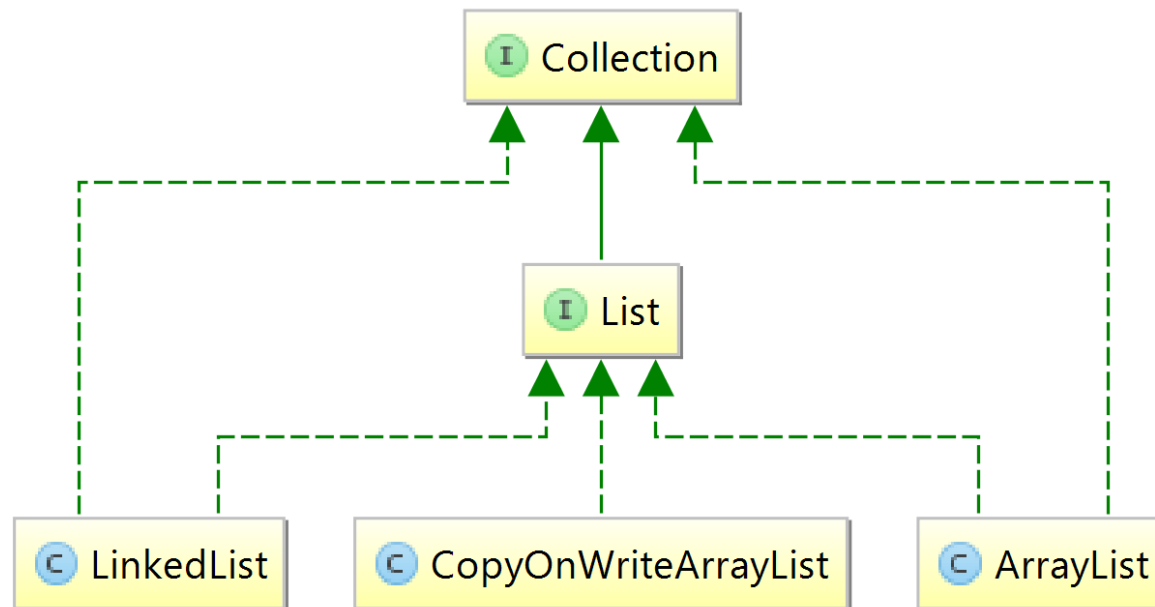
Java Collections Framework

- **Collections Framework**: Många sammansatta datastrukturer
 - 1) Uppsättning **gränssnitt** för *listor*, *köer*, *mängder*, *mappningar*
 - De viktigaste:

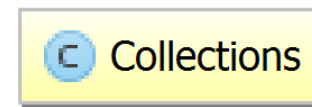
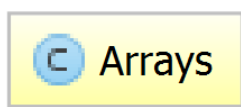
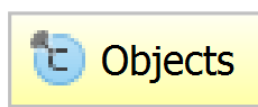


Kom ihåg: Gränssnitt ger oss frihet att välja implementation!

- 2) En uppsättning implementationer

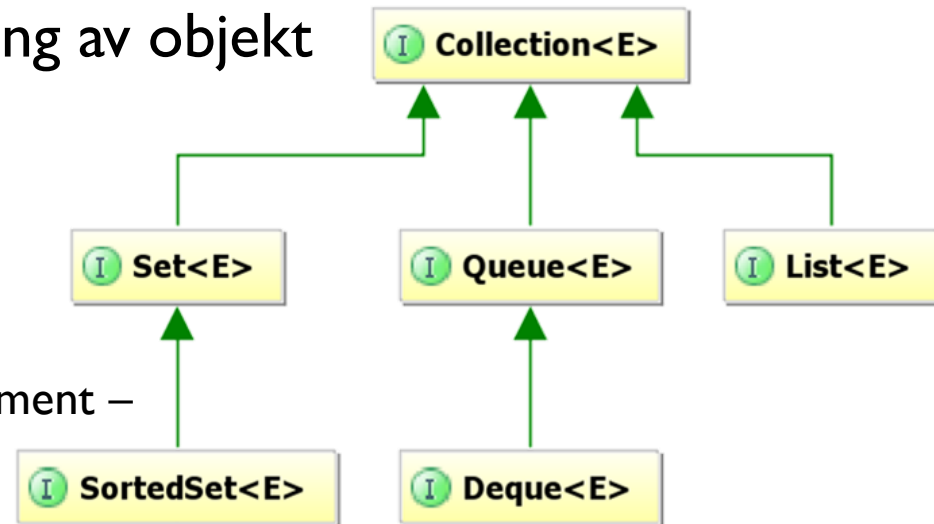


- 3) Några hjälpklasser



- Collection<E>: Generell samling av objekt

- Vissa samlingar är *ordnade*
 - Listor har ett *första* element – inte mängder
- Vissa tillåter *dubblade element*
 - Listor kan innehålla två identiska element – inte mängder



- List<E> **extends** Collection<E>

- Alltid ordnad: Element har index
- Implementeras av
 - ArrayList – Mycket vanlig, implementation liknar våra tidigare exempel
 - LinkedList – Ganska vanlig, andra egenskaper
 - Stack, Vector – Använd inte, **deprecated**

■ Se websidorna:

För att skapa en lista används dessa klasser:

ArrayList	- klart vanligast, implementationen liknar föreläsningsexempel
LinkedList	- om man har specifika krav på snabb insättning/borttagning mitt i en lista
Stack	- gammal klass, används normalt inte
Vector	- gammal klass, används normalt inte

För att lägga till eller ändra element:

```
coll.add(element)
list.add(int index, E value) - lägg till på given position; flytta resten av elementen
list.set(int index, E value) - ersätt elementet på given position; storlek ändras ej
coll.addAll(coll2) - lägg till element från en annan Collection, t.ex. en lista
list.addAll(int index, Collection c)
Collections.fill(list, element) - ersätter existerande objekt
Collections.replaceAll(list, element1, element2)
```

För att plocka ut specifika element eller delar:

```
list.get(index)
list.subList(fromInclusive, toExclusive) - en del av listan
coll.toArray() - en Object[] med samma element
```

För att testa innehållet / leta efter element:

```
coll.isEmpty()
coll.size()
coll.contains(Object obj)
coll1.equals(Collection c2) - exakt samma element?
coll1.containsAll(Collection c2) - alla element i coll2 finns i coll1?
list.indexOf(Object needle)
list.lastIndexOf(Object needle)
Collections.binarySearch(list, needle, ...) - binärsökning i sorterad lista
```

För att ta bort element:

```
coll.clear() - tar bort alla element
coll.remove(Object)
list.remove(index)
```

För att ändra listan på andra sätt:

```
list.sort() - sortera, om elementen är Comparable (se föreläsning)
list.sort(comparator) - sortera, annars
Collections.shuffle(list) - flytta om alla elementen i listan
Collections.rotate(list, distance) - rotera listan (flytta element d positioner)
```

■ Queue<E> **extends** Collection<E>

- Kan lägga till i *slutet* av kön
- Kan ta bort i *början* av kön

■ Implementeras av

- *ArrayDeque*, *LinkedList* – grundläggande köstrukturer

■ Varianter

- *Deque* – Även "på andra sidan" (Double-Ended QUEUE)
- *PriorityQueue* – har element i sorterad ordning

Vad händer om det är omöjligt?		
Operation	Signalerar fel – exception	Returnerar speciellt värde
Stoppa in element	<u>add(e)</u>	<u>offer(e)</u>
Ta bort element	<u>remove()</u>	<u>poll()</u>
Se på första elementet	<u>element()</u>	<u>peek()</u>
När man "vet" att det ska gå bra – annars är ngt fel		När man vill <i>prova</i> om det går bra

Sorting, Comparable, and Comparator

Sorting 1: Element Class

Element class:

```
public final class Person {  
    public final String firstname, lastname, phone;  
    public Person(String firstname, String lastname, String phone) {  
        this.firstname = firstname;  
        this.lastname = lastname;  
        this.phone = phone;  
    }  
    public String toString() {  
        return firstname + " " + lastname + " (" + phone + ")";  
    }  
    public boolean equals(Object other) {  
        // ... type checking, casting, ...  
        ...    firstname.equals(other.firstname) &&  
                lastname.equals(other.lastname) && phone.equals(other.phone);  
    }  
}
```


Sorting 2: Comparing Elements

- We can sort people:
 - By name
 - By phone number
 - By age
 - By ...
- To tell the sort() method which order to use:
 - Give it a **comparison function**
 - Represented as an **object** with a **comparison method**

```
public interface Comparator<T> {  
    int compare(T obj1, T obj2);  
    boolean equals(Object obj);  
}
```

Returns -1, 0 or 1: obj1 should be before, equal to, or after obj2

Sorting 3: Comparing Elements

- Now we need some person comparators:

```
public interface Comparator<T> {  
    int compare(T obj1, T obj2);  
    boolean equals(Object obj);  
}
```

```
public class NameLengthComparator implements Comparator<Person> {
```

Compares **Person** objects...

```
    public int compare(Person p1, Person p2) {  
        int len1 = p1.lastname.length();  
        int len2 = p2.lastname.length();  
        if (len1 > len2) return 1;  
        else if (len1 < len2) return -1;  
        else return 0;  
    }  
}
```

compare() needs two
Person parameters!

Sorting 4: Comparing Elements

- Another person comparator:

```
public interface Comparator<T> {  
    int compare(T obj1, T obj2);  
    boolean equals(Object obj);  
}
```

```
public class PhoneComparator implements Comparator<Person> {  
    public int compare(Person p1, Person p2) {  
        return p1.phone.compareTo(p2.phone);  
    }  
}
```

**Phone number is a string
String has a compareTo() method**

Sorting 5: Sorting with a Comparator

- Sorting a list:

```
List<Person> students = course.getParticipants();  
Collections.sort(students, new NameLengthComparator());
```

- Technicalities:

- **public static** <T> void sort(List<T> list, Comparator<? **super** T> c);

If T is any
type...

...then we can
sort a list of
T elements...

...given a comparator that
can compare T objects,
and possibly superclasses
as well

Sorting 6: Natural Order

- Some types have a “natural” ordering
 - To support this: Let the type implement **Comparable<T>**

```
class Person implements Comparable<Person> {  
    public final String firstname, lastname, phone;  
    public Person(String firstname, String lastname, String phone) {  
        ...  
    }  
  
    public int compareTo(Person other) {  
        if (!lastname.equals(other.lastname)) {  
            return lastname.compareTo(other.lastname);  
        } else {  
            return firstname.compareTo(other.firstname);  
        }  
    }  
}
```

Any **Person** can compare itself
to other **Person** objects

// Different last names?
// ... then compare them.

// Else use first names.

Calls `String.compareTo(...)`,
which returns -1 or 0 or 1

Sorting 7: Sorting using Natural Order



■ Sorting:

```
class Person extends Comparable<Person>;  
List<Person> students = course.getParticipants();  
Collections.sort(students);
```

This variation of `sort()`
requires elements that can compare *themselves*

■ Technicalities:

■ `public static <T extends Comparable<? super T>> void sort(List<T> list)`

If T is something that
can be compared to itself,
and possibly to supertypes...

...then we can sort
a list of
T elements

Att iterera över objektsamlingar

Iteration 1: Med index

- Hur kan man iterera över alla element i en samling?
 - Med en array eller `ArrayList` fungerar index utmärkt:

```
static boolean contains(List<?> haystack, Object needle) {  
    for (int i = 0; i < haystack.size(); i++) {  
        if (haystack.get(i).equals(needle)) return true;  
    }  
    return false;  
}
```



Iteration 2: Med index

- Hur kan man iterera över alla element i en samling?
 - Med en **LinkedList** fungerar index, men *långsamt*:

```
static boolean contains(List<?> haystack, Object needle) {  
    for (int i = 0; i < haystack.size(); i++) {  
        if (haystack.get(i).equals(needle)) return true;  
    }  
    return false;  
}
```



```
Node<E> get(int index) {  
    Node<E> x = first;  
    for (int j = 0; j < index; j++)  
        x = x.next;  
    return x;  
}
```

```
get(0): Gå genom element j=0  
get(1): Gå genom element j=0, 1  
get(2): Gå genom element j=0, 1, 2  
get(3): Gå genom element j=0, 1, 2, 3  
get(4): Gå genom element j=0, 1, 2, 3, 4  
...
```

- Hur kan man iterera över alla element i en samling?
 - Med en generell **Collection** (eller **Set**) finns inga index!

```
static boolean contains(Collection<?> haystack, Object needle) {  
    for (int i = 0; i < haystack.size(); i++) {  
        if (haystack.get(i).equals(needle)) return true;  
    }  
    return false;  
}
```

Vi är egentligen inte intresserade av index!

Vi vill veta:

Finns det fler element?

Vad är nästa element?

Iteration 4: Iterator

■ Lösning: Gränssnittet Iterator

```
public interface Iterator<E> {  
    public boolean hasNext();  
    public E next();  
    ...  
}
```

Finns det fler element?

Vad är nästa element?

```
static boolean contains(Iterator<?> haystack, Object needle) {  
    while (haystack.hasNext()) {  
        Object element = haystack.next();  
        if (element.equals(needle))  
            return true;  
    }  
    return false;  
}
```

Specialsyntax:
Iterator för vilken elementtyp som helst

Vet inte vilken elementtyp... men:
Det är i alla fall någon sorts Object!

Har en egen implementation för varje datastruktur,
 eget sätt att hålla reda på "var vi är just nu"

Iteration 5: Iterable och for(each)-loopar

- Gränssnittet **Iterable** säger att objektet **kan ge oss** en iterator

```
public interface Iterable<E> {  
    public Iterator<E> iterator();  
}
```

- Implementeras av Collections och arrayer, kan användas i **for**

```
static boolean contains(Collection<?> haystack, Object needle) {  
    for (Object element : haystack) {  
        if (element.equals(needle)) return true;  
    }  
    return false;  
}
```

```
int sum(int[] numbers)  
    for (int i : numbers) { ... }  
}  
void printAll(List<String> greetings) {  
    for (String str : greetings) { ... }  
}
```

Loopen anropar haystack.iterator()

Anta haystack är LinkedList



LinkedList.iterator() returnerar new
LinkedListIterator(), som vet hur man
effektivt itererar över länkade listor

Iteration 6: ConcurrentModificationException



- Om man ändrar en samling medan man itererar över den:
 - **ConcurrentModificationException**
 - Har inget att göra med *multitrådning*!

```
static boolean contains(Iterable<?> haystack, Object needle) {  
    for (Object element : haystack) {  
        if (element.equals(needle)) return true;  
        if (...) {  
            ändra i haystack ...  
        }  
    }  
    return false;  
}
```

Iteration 7: Ta bort element

- Iterator har en **tredje metod**

```
package java.util;  
public interface Iterator<E> {  
    public boolean hasNext();  
    public E next();  
    public void remove();  
}
```

Ta bort elementet
som just returnerades av next()

```
static void removeAllCopies(Iterable<String> haystack, Object needle) {  
    Iterator<String> iter = haystack.iterator();  
    while (iter.hasNext()) {  
        String element = iter.next();  
        if (element.equals(needle)) {  
            iter.remove();  
        }  
    }  
}
```

Tas bort via iteratorn → ingen ConcurrentModificationException

Iteration 8: ListIterator

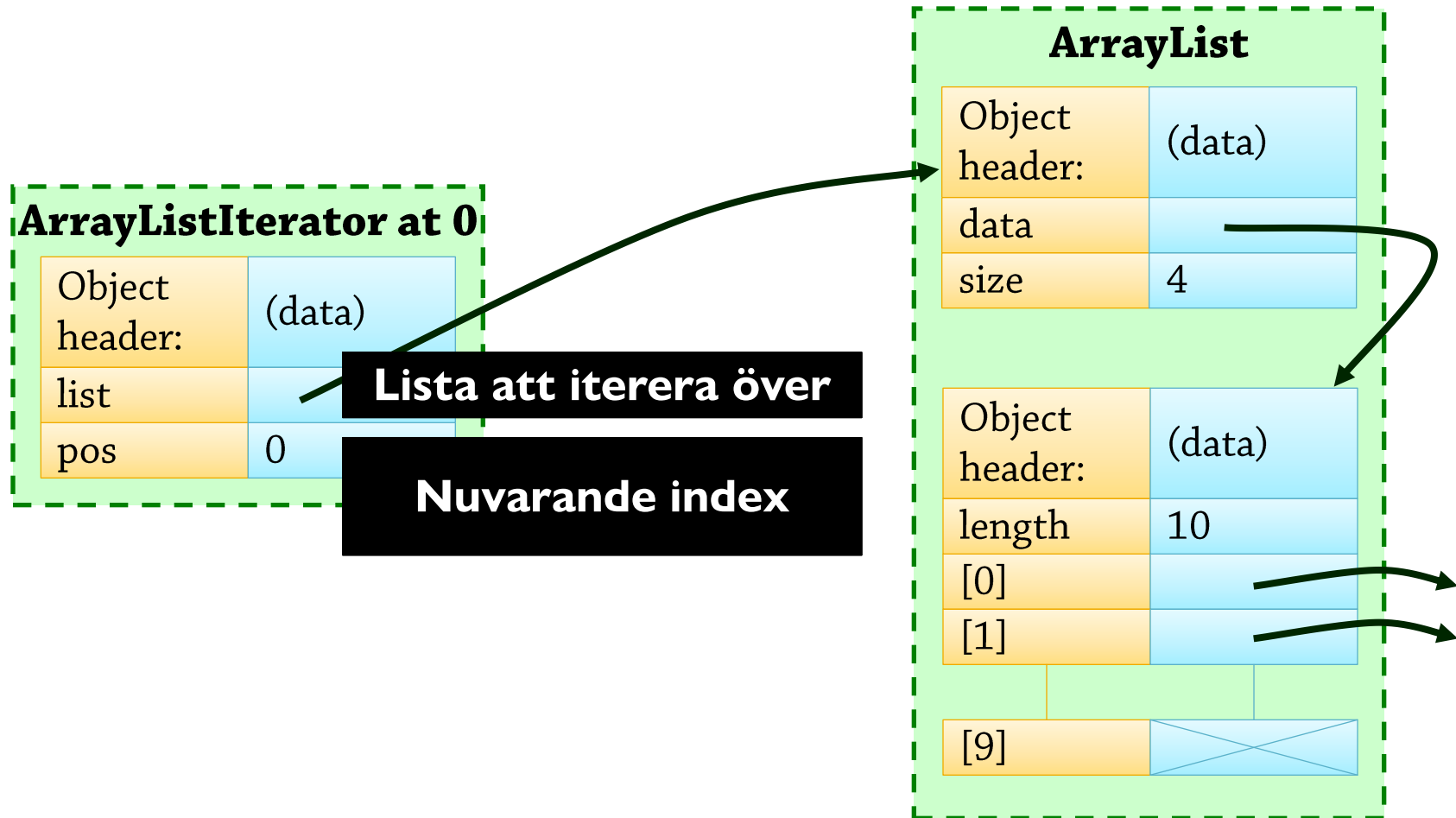
- ListIterator har fler metoder
 - Ändra senast returnerade element
 - Lägg till element innan senast returnerade element
 - Gå framåt och bakåt i listan

```
List<String> greetings = new ArrayList<>();  
ListIterator<String> iter = greetings.listIterator();
```

En egen iterator (eller två)

Iterator för ArrayList 1

- Vad behöver en iterator för ArrayList känna till?



Iterator för ArrayList 2

```
public class ArrayList<E> implements List<E> {  
    public Iterator<E> iterator() {  
        return new ArrayListIterator<E>(this);  
    }
```

```
    private class ArrayListIterator<E> implements Iterator<E> {  
        private ArrayList<E> list;           // Which list should we iterate over?  
        private int pos = 0;                 // How many element have we returned so far?  
        public ArrayListIterator(final ArrayList<E> list) { this.list = list; }
```

```
        public boolean hasNext() {  
            return (pos < list.size());  
        }
```

Finns det flera element?

```
        public E next() {  
            final E element = list.get(pos);  
            pos++;  
            return element;  
        }  
    }  
}
```

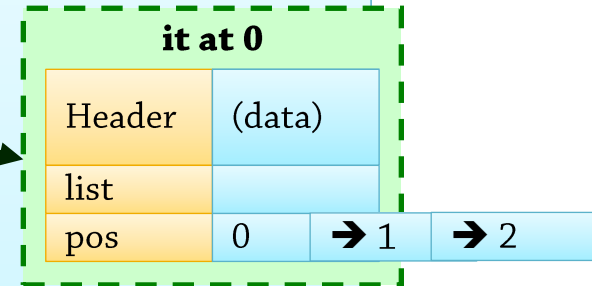
Vad är nästa element?

Iterator för ArrayList 3

```
Anta list=["hello","world"].
```

```
Iterator it = list.iterator();
```

```
while (it.hasNext()) {  
    System.out.println(it.next());  
}
```



Första iterationen: `it=[list,0]`.

Testar: `it.hasNext() → 0 < list.size() → returnerar true`

Anropar: `it.next() → sätter pos = 1, returnerar "hello".`

Andra iterationen: `it=[list,1]`.

Testar: `it.hasNext() → 1 < list.size() → returnerar true`

Anropar: `it.next() → sätter pos = 2, returnerar "world".`

Tredje iterationen: `it=[list,2]`.

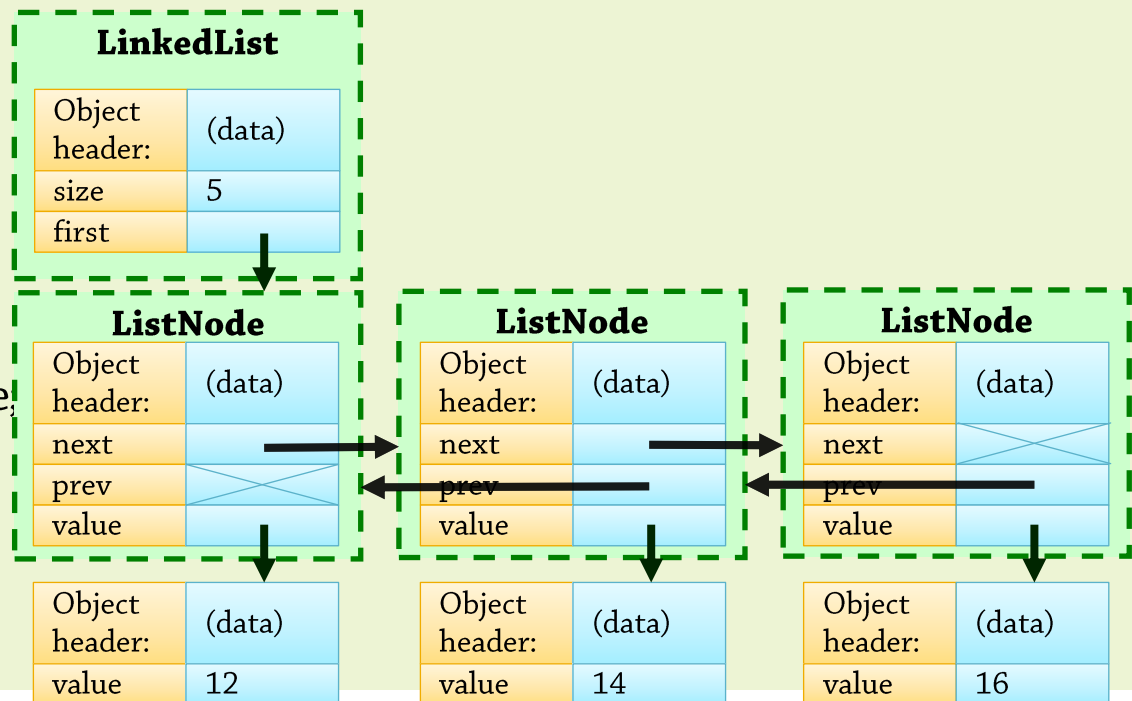
Testar `it.hasNext() → 2 < list.size() → returnerar false.`

Avslutar loopen.

OBS: Själva listan ändras aldrig!

Iterator för LinkedList

```
public class LinkedList<E> implements List<E> {  
    public Iterator<E> iterator() {  
        return new LinkedListIterator<E>(this);  
    }  
    private class LinkedListIterator<E> implements Iterator<E> {  
        private ListNode<E> node;           // Which list node are we currently at?  
  
        public LinkedListIterator(final LinkedList<E> list) { this.node = list.first; }  
  
        public boolean hasNext() {  
            return node != null;  
        }  
  
        public E next() {  
            final E element = node.value;  
            node = node.next;  
            return element;  
        }  
    }  
}
```



- En iteratorclass för textrader i en fil:

```
public class LineIterator implements Iterator<String> {  
    private final BufferedReader reader;  
    public LineIterator(String filename) { ... }  
  
    public boolean hasNext()                { return !reader.eof(); }  
    public String next()                    { return reader.readLine(); }  
    ...  
}
```