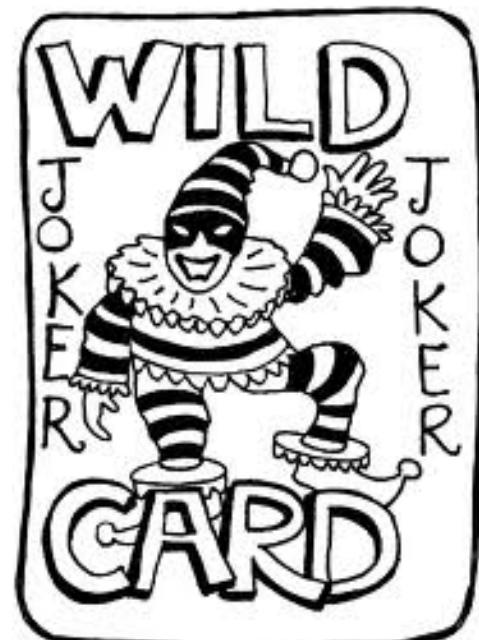


# Forelæsning Uge 12

---

- **Andre former for nedarvning**
  - Interfaces
  - Abstrakte klasser, der er en ”mellemtning” mellem interfaces og almindelige klasser
  - Funktionelle interfaces, som er nyttige i funktionel programmering (og som I har brugt mange gange – uden at vide det)
- **Wildcards (jokere)**
  - Gør det muligt at beskrive forskellige krav til typerne for en metodes parametre
- **Afleveringsopgave: Computerspil 2**
  - Test af de klasser, som I har implementeret i den første delaflevering



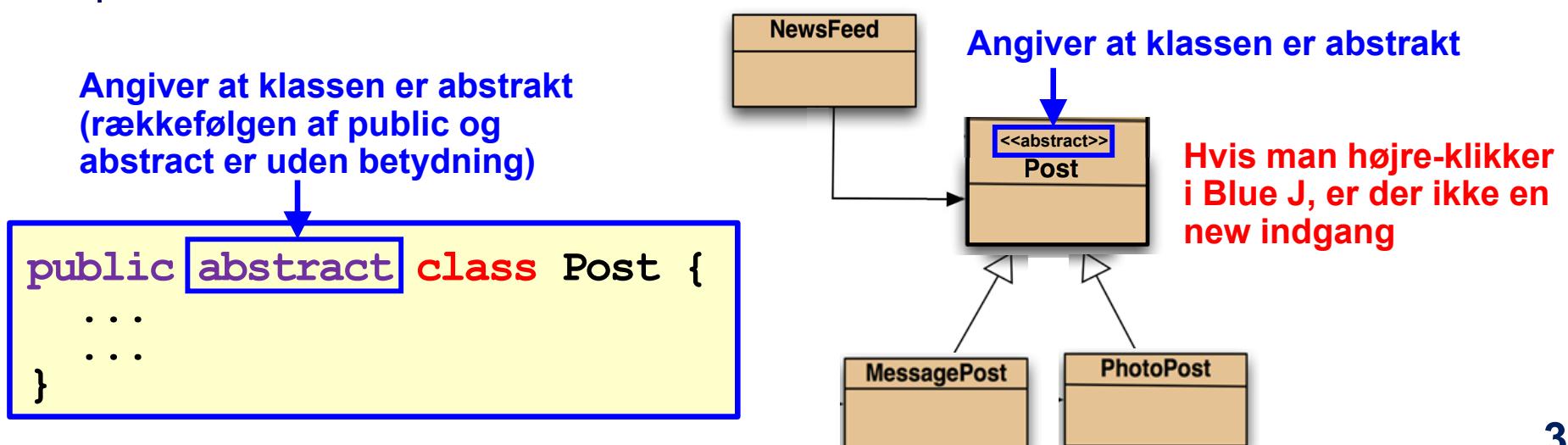
# Træning i mundtlig præsentation

---

- **Deltag i træningen i mundtlig præsentation**
  - Den er uhyre vigtig for jeres succes ved mundtlig eksamen
  - Eneste gang under jeres studier, hvor I får systematisk træning heri
  - Træning gør mester – de timer I bruger på det, er godt givet ud
  - Se videoerne om den "perfekte" eksamenspræstation og hør jeres medstuderendes præsentationer – det lærer I også af
  - Hvis I er nervøse og usikre omkring eksamen og det at skulle lave præsentationer for andre, har I netop brug for træning
- **Det er vigtigt for it-folk at kunne præsentere tekniske problemstillinger for fagfæller og lægfolk**
  - Det er en essentiel del af vores faglige kompetencer, og I kommer alle til at gøre det i jeres daglige arbejde

# ● Abstrakte klasser og interfaces

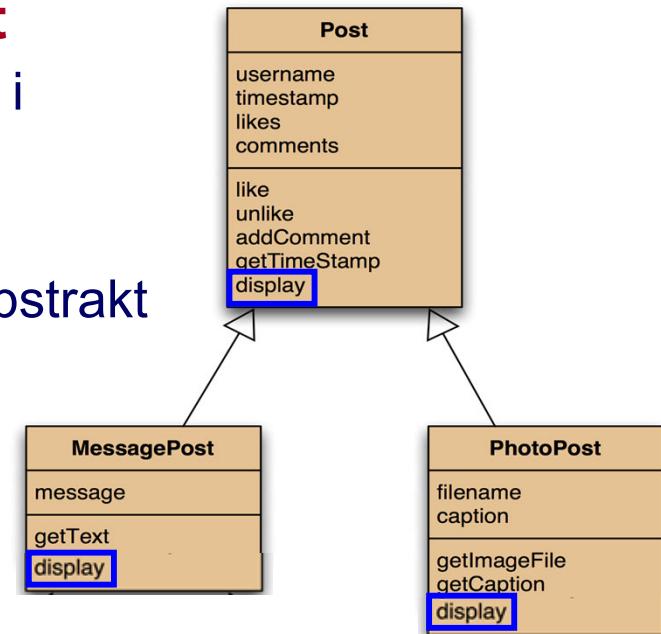
- En abstrakt klasse er en klasse, som man ikke kan lave instanser af
  - new operatoren kan ikke anvendes på klassen
- I vores Newsfeed system vil det være oplagt at erklære Post til at være en abstrakt klasse
  - Det signalerer, at vi ikke vil lave instanser af Post, men kun instanser af dens subklasser MessagePost og PhotoPost
  - Formålet med Post er udelukkende at samle de ting, der er fælles for MessagePost og PhotoPost, og på den måde undgå kodedublering og opnå større læsbarhed



# Abstrakte metoder

- **En abstrakt klasse kan indeholde abstrakte metoder**
  - En abstrakt metode er en metode, der ikke er implementeret i klassen
  - Vi angiver kun metodens **hoved**, mens kroppen udelades
- **I vores Newsfeed system har vi en display metode i hver af klasserne Post, MessagePost og PhotoPost**
  - Lad os for et øjeblik antage, at display metoden i Post klassen ikke har noget fornuftigt at lave, f.eks. fordi Post klassen ingen feltvariabler har
  - Så kan vi erklære display metoden til at være abstrakt

```
public abstract void display();
```
- **Betyder at implementationen af metoden overlades til subklasserne**
  - Hvis en subklasse ikke implementerer metoden, skal subklassen selv være abstrakt
  - Det sikrer, at alle konkrete subklasser har en implementation af metoden



# Interfaces

- Et interface ligner en abstrakt klasse, hvor alle metoder er abstrakte
  - Derudover er der hverken konstruktører eller feltvariabler
- De abstrakte metoder implementeres i de klasser, der implementerer interfacet
- Eksempel: Comparable

- For hver metode angives hovedet, mens kroppen udelades
- Alle metoder er public og abstract (hvorfor dette ikke angives)
- Comparable har kun én metode, compareTo

Angiver at Comparable er et interface

```
public interface Comparable<T> {  
    int compareTo(T o);  
}
```

Angiver, at klassen implementerer interfacet

compareTo metoden  
implementeres  
i de klasser, der  
implementerer  
Comparable interfacet

```
public class Person implements Comparable<Person> {  
    ...  
    public int compareTo(Person p) {  
        ...  
    }  
    ...  
}
```

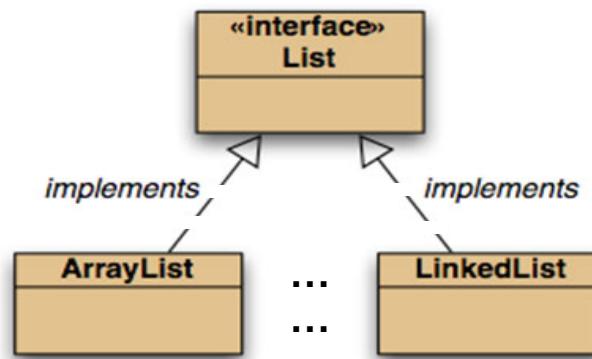
- Interfaces kan nedarve fra hinanden på samme måde som klasser
- Det betyder, at vi taler om subinterfaces og superinterfaces

# List interfacet

- **List interfacet beskriver en sekvens af elementer. Det har mange forskellige implementationer, bl.a.**
  - ArrayList, som opbevarer elementerne i et array
  - LinkedList, som opbevarer elementer i en dobbeltkædet liste, hvor hvert element har pegepinde til det foregående og det efterfølgende element



- **List interfacet gør det let at skifte mellem de forskellige implementationer**
  - Hvis man har erklæret alle sine variable til at være af typen **List** (i stedet for **ArrayList** eller **LinkedList**), er det eneste, der skal ændres, det sted hvor listen instantieres
  - Her skal man udskifte **new ArrayList<>()** med **new LinkedList<>()** (eller omvendt)



# Set og Map interfacet

---

- **Set interfacet beskriver en mængde. Det har mange forskellige implementationer, bl.a.**
  - HashSet, som opbevarer mængden i en hashtabel, hvor nøglerne er elementernes hashkoder
  - LinkedHashSet, som opbevarer mængden i en hashtabel og derudover har en dobbeltkædet liste, der bestemmer den rækkefølge, som de besøges i, når man bruger en iterator (eller en for-each løkke)
  - TreeSet, som opbevarer mængden i en træstruktur, hvilket bevirker, at de fleste operationer kan udføres i logaritmisk tid
- **Map interfacet beskriver en afbildung, hvor man ud fra en nøgle kan slå en værdi op. Det har mange forskellige implementationer, bl.a.**
  - HashMap
  - LinkedHashMap
  - TreeMap

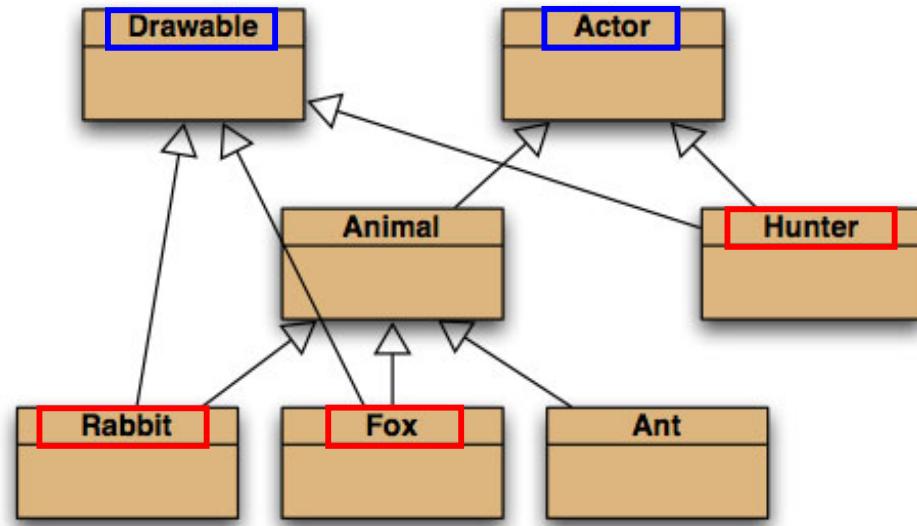
# Hvad opnår vi?

---

- **Fælles for abstrakte klasser og interfaces**
  - De bestemmer en **type**
  - Man kan lave **polymorfe metoder**, som kan bruges på objekter fra
    - alle subklasser af en abstrakt klasse
    - alle de klasser, der implementerer et interface
  - F.eks. kan **reverse** og **shuffle** metoderne i Collections klassen bruges på alle objektsamlinger, der implementerer **List** interfacet, mens **sort** metoden endvidere kræver, at elementtypen i objektsamlingen implementerer **Comparable** interfacet
- **Nedarvning fra abstrakt eller konkret superklasse**
  - Vi arver både noget **implementation** og en **type**
  - Klassen bliver en subtype af superklassen, og dens objekter kan bruges alle de steder superklassens objekter kan bruges
- **Implementation af interface**
  - Vi arver **kun typen** (der er jo ingen implementation at arve)
  - Klassen bliver en subtype af interfacet, og dens objekter kan bruges alle de steder, hvor der kræves et objekt af interface typen

# Abstrakt klasse eller interface?

- **Hvorfor har Java både abstrakte klasser og interfaces?**
  - En abstrakt klasse kan indeholde implementation (og feltvariabler) – det kan et interface ikke
  - En klasse kan implementere flere interfaces – men kun være (direkte) subklasse af én anden klasse
- **Multipel nedarvning**
  - De tre **røde** klasser nedarver fra **begge blå** klasser
  - Dette kan kun lade sig gøre, hvis **mindst en** af de **blå** er et interface
- **Hvor meget er implementeret?**
  - Almindelig konkret klasse: **alt** er implementeret (100%)
  - Interface: **ingen** implementation (0%)
  - Abstrakt klasse: **delvis** implementation (0-100%)



# Interfaces i Java 8 og fremad

- Virkeligheden er (desværre) ikke helt så pæn og simpel som beskrevet på de foregående slides
  - Fra og med Java 8 kan et interface indeholde implementation i form af **klassemetoder** og såkaldte **default metoder** (almindelige metoder)
- Implementationen af disse metoder nedarves til de klasser, der implementerer interfacet
  - Default metoder er primært indført for at kunne tilføje nye metoder til et eksisterende interface uden at genere de klasser, der allerede implementerer det
  - Da et interface ikke har feltvariabler og konstruktører, er det begrænset, hvad man kan gøre i en default metode (der er ingen tilstand at operere på)

## Eksempel fra funktionel sortering

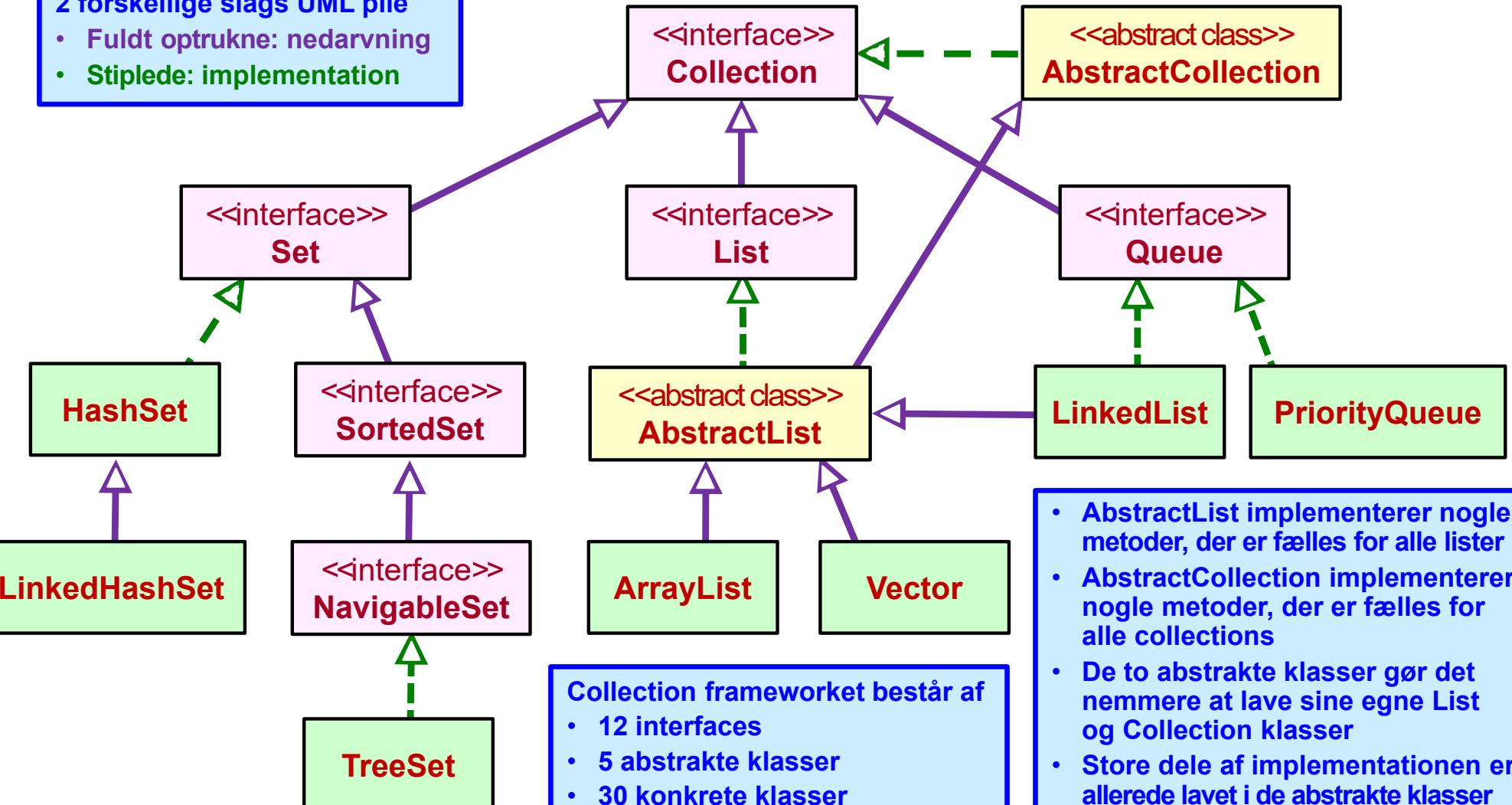
```
Collections.sort(persons, Comparator.comparing( (Person p) -> p.getName() )  
                .thenComparing(p -> p.getAge() ) );
```

Klassemetode i Comparator interfacet  
(tager en lambda som parameter og  
returnerer et Comparator objekt)

Default metode i Comparator interfacet (kaldes på  
det Comparator objekt, som comparing metoden  
returnerede, og returnerer et nyt Comparator objekt)

# Collection frameworket (udsnit)

- 2 forskellige slags UML pile
- Fuldt optrukne: nedarvning
  - Stipede: implementation



Collection frameworket består af

- 12 interfaces
- 5 abstrakte klasser
- 30 konkrete klasser

- **AbstractList** implementerer nogle metoder, der er fælles for alle lister
- **AbstractCollection** implementerer nogle metoder, der er fælles for alle collections
- De to abstrakte klasser gør det nemmere at lave sine egne List og Collection klasser
- Store dele af implementationen er allerede lavet i de abstrakte klasser

Bemærk at **Map<K,V>** ikke er et subinterface af **Collection<E>** (selvom Map indgår i det såkaldte collection framework)

# Brug af Collection og Comparable

3 forskellige slags UML pile

- Fuldt optrukne: nedarvning
- Stipede pile: implementation
- Stipede med åbent hoved: brug

## Collections

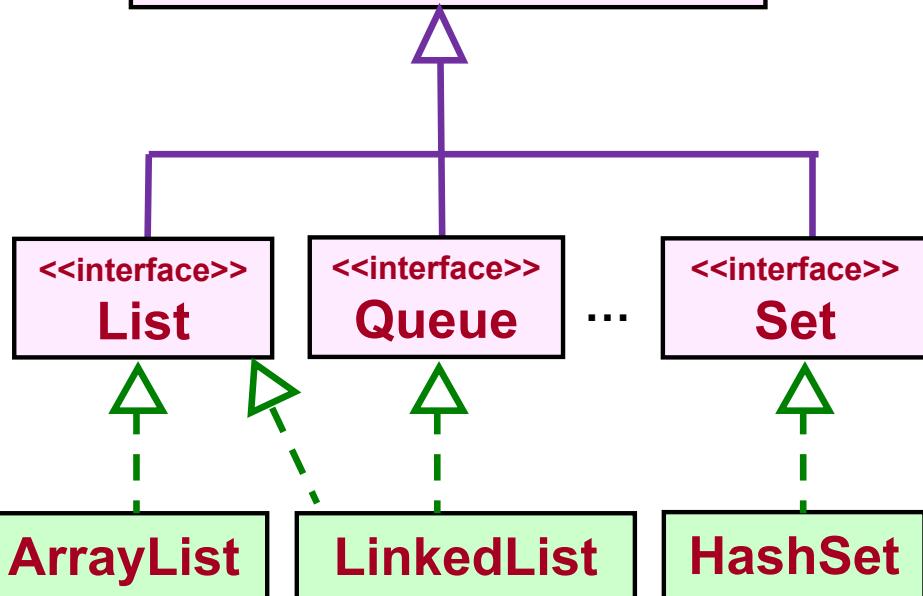
```
T min(Collection<T> c)
T max(Collection<T> c)
void sort(List<T> l)
...
...
```

## <<interface>> Collection

```
boolean add(E e)
boolean contains(Object o)
...
...
```

## <<interface>> Comparable

```
int compareTo(T o)
```



# ● Funktionelle interfaces

---

- **Et funktionelt interface har én enkelt abstract metode**
  - De steder, hvor man skal bruge et objekt, hvis type er et funktionelt interface, kan man i stedet bruge en lambda
- **Man kan erklære variabler, hvis type er et funktionelt interface**
  - Dermed bliver det muligt at **assigne lambda'er** til variabler, og dermed bruge dem forskellige steder i programmet, f.eks. som parameterværdier
- **java.util.function definerer en række funktionelle interfaces, bl.a.**
  - **Predicate** bruges til lambda'er, der returnerer en boolsk værdi
  - **BinaryOperator** bruges til lambda'er, hvor de to parametre og returværdien er af samme type (f.eks. String x String → String)
  - **UnaryOperator** bruges til lambda'er, hvor parameteren og returværdien er af samme type (f.eks. String → String)
  - **Function** bruges til lambda'er, hvor parameteren og returværdien er af forskellig type (f.eks. String → Integer)
  - **Consumer** bruges til lambda'er der ikke returnerer en værdi, men typisk har en sideeffekt

Comparable har også kun én abstract metode, men er ikke et funktionelt interface

# Metoder i Stream interfacet

- I Stream interfacet er parametrene til **peek**, **filter**, **map** og **reduce** metoderne funktionelle interfaces
  - Det er derfor vi kan bruge lambda'er, når vi kalder de fire metoder
  - Parameteren til **peek** metoden er en **Consumer**
  - Parameteren til **filter** metoden er et **Predicate**
  - Parameteren til **map** metoden er en **Function**
  - Anden parameteren til **reduce** metoden er en **BinaryOperator**

```
public int getCount(String animal) {  
    return sightings.stream()  
        .peek(s -> System.out.println(s))  
        .filter(s -> s.getAnimal().equals(animal))  
        .map(s -> s.getCount())  
        .reduce(0, (result, elem) -> result + elem);  
}
```

# Funktionel sortering

---

- I funktionel sortering er parametrene til comparing og thenComparing metoderne et funktionelt interface af typen Function
  - Det er derfor vi kan bruge lambda'er, når vi kalder de to metoder
  - Parametrene har typebegrænsninger, der sikrer, at de afbilder over i en type, som implementerer Comparable interfacet (eller har en supertype, der gør det)
  - Det betyder, at typen har en naturlig ordning
  - Det er denne naturlige ordning, der anvendes til sorteringen i de Comparator objekter, som de to metoder returnerer.

```
public void printPersons() {  
    Collections.sort(persons, Comparator.comparing((Person p) ->p.getAge())  
                .thenComparing (p -> p.getName()));  
    persons.forEach(p -> System.out.println(p));  
}
```

# Billedredigering

- Operationerne i billedredigeringsopgaven fra uge 4 kan implementeres ved hjælp af funktionelle interfaces
  - I de simple billedoperationer (såsom brighten, darken, invert og noise) kan en pixel's nye gråtone beregnes ud fra den gamle ved hjælp af en **lambda**

Funktionelt interface (`Integer → Integer`)

```
public Image simpleFilter(UnaryOperator<Integer> modification) {  
    for(int x = 0; x < image.getWidth(); x++) {  
        for(int y = 0; y < image.getHeight(); y++) {  
            int oldValue = image.getPixel(x,y).getValue();  
            image.getPixel(x,y).setValue(modification.apply(oldValue));  
        }  
    }  
    image.updateCanvas();  
    return image;  
}
```

Beregning af den nye værdi ved hjælp af `apply` metoden i det funktionelle interface `UnaryOperator`, dvs. den lambda, der bruges som parameterværdi i kaldet

```
public Image brighten(int amount) {  
    return simpleFilter(v -> v + amount);  
}
```

Ved kald af `simpleFilter` er parameterværdien en lambda, der automatisk giver os et objekt af typen `UnaryOperator`

```
public Image invert() {  
    return simpleFilter(v -> 255 - v);  
}
```

# Billedredigering (fortsat)

- I de operationer, der spejler, roterer og resizer, bliver gråtonen for en pixel kopieret fra en anden pixel
  - Beregningen af denne pixel's koordinater kan beskrives ved hjælp af to lambda'er

Funktionel interface (`Integer x Integer → Integer`)

```
public Image complexFilter(int width, int height,  
    BinaryOperator<Integer> xPos, BinaryOperator<Integer> yPos) {  
    Image newImage = new Image(width, height, image.getTitle(), false);  
    for(int x = 0; x < width; x++) {  
        for(int y = 0; y < height; y++) {  
            Pixel p = image.getPixel(xPos.apply(x, y), yPos.apply(x, y));  
            newImage.getPixel(x, y).setValue(p.getValue());  
        }  
    }  
    image = newImage;  
    image.updateCanvas();  
    return image;  
}
```

Positionen, hvor gråtoneværdien skal hentes

```
public Image mirror() {  
    int w = image.getWidth();  
    int h = image.getHeight();  
    return complexFilter(w, h, (i, j) -> w-i-1, (i, j) -> j);  
}
```

Pause

I næste uge vil vi se, at funktionelle interfaces også er særdeles nyttige i forbindelse med grafiske brugergrænseflader

```
public Image rotate() {  
    int w = image.getWidth();  
    int h = image.getHeight();  
    return complexFilter(h, w, (i, j) -> j, (i, j) -> h-i-1);  
}
```

Den nye gråtoneværdi  
for (i,j) hentes i (j, h-i-1)

# ● Wildcards og typebegrænsninger

---

- **Klasser med typeparametre (fx. `ArrayList<E>`) kaldes generiske klasser**
  - Når man, for metoderne i en generisk klasse, skal beskrive parametrenes type og returtypen, bruges der en speciel notation indeholdende **wildcards** (jokere) og **typebegrænsninger**
  - Det kan være nyttigt at kende og forstå de hyppigst forekomne wildcards og typebegrænsninger, f.eks. når man slår op i Javas API
  - Dem vil vi nu illustrere ved hjælp af nogle eksempler

# Eksempler fra `ArrayList<E>` klassen

---

## `boolean add(E e)`

Tilføjer elementet e til enden af listen

- Nem at forstå (ingen wildcards eller typebegrænsninger)

## `boolean addAll(Collection<? extends E> c)`

Tilføjer alle elementerne fra c

- Parameteren skal implementere Collection interfacet (dvs. være en objektsamling)
- Elementtypen i objektsamlingen skal være en **subtype** af E (inklusiv E selv)
- Sikrer at det er lovligt at tilføje elementerne i c til vores arrayliste

## `boolean removeIf(Predicate<? super E> filter)`

Fjerner alle de elementer der opfylder filter

- Parameteren skal være et prædikat (dvs. en boolsk lambda)
- Prædikatets parameter skal være en **supertype** af E (inklusiv E selv)
- Sikrer at prædikatet kan bruges på elementer af typen E

# Eksempler fra Collections

---

**void shuffle(List<?> list)**

Permuterer listens elementer

- Parameteren skal være af en type, der implementere List interfacet
- Elementtypen i listen kan være vilkårlig
- Metoden kan bruges på alle lister, men f.eks. ikke på et Set eller Queue object (med mindre det også er en liste)

**int frequency(Collection<?> c, Object o)**

Returnerer antallet af forekomster af objektet o i objektsamlingen c

- Første parameter skal være af en type, der implementerer Collection interfacet
- Anden parameter er af vilkårlig type (alle klasser er subklasser af Object)
- Lovligt at spørge om frekvensen af objekter, der slet ikke kan forekomme i listen (de har trivielt frekvensen 0)

# Eksempler fra Collections (fortsat)

**<T> void copy(List<? super T> dest, List<? extends T> src)**

Kopierer alle elementer fra source listen (src) til destination listen (dest)

- Begge parametre skal være af typer, der implementerer List interfacet
- Der skal eksistere en type T, således at elementtypen i dest er en supertype af T, og elementtypen i src er en subtype af T
- Dvs. at elementtypen i src er en subtype af elementtypen i dest (eller lig med denne)
- Sikrer at det er lovligt at indsætte elementerne fra src i dest

**Foran returtypen listes de typer, der bruges til typebegrænsninger**

- Det er dog ikke nødvendigt at liste de typer, der er type parameter for den generiske type, som vi er i færd med at definere
  - F.eks. behøver vi ikke at liste E i
    - **boolean addAll(Collection<? extends E> c)**
- idet E allerede er introduceret som en type parameter i ArrayList<E>

# Eksempler fra Collections (sort metoderne)

**<T> void sort(List<T> list, Comparator<? super T> c)**

Sorterer listen ved hjælp af en comparator

- Første parameter skal være en liste med en vilkårlig elementtype T
- Anden parameter skal være af en type, der implementere Comparator interfacet for T (eller har en supertype, der gør det)
- Sikrer at T (eller en supertype af T) stiller en compare metode til rådighed for sorteringen

**<T extends Comparable<? super T>> void sort(List<T> list)**

Sorterer listen ved hjælp af den naturlige ordning

- Parameteren skal være en liste
- Elementtypen T skal implementerer Comparable interfacet (eller have en supertype, der gør det)
- Sikrer at T (eller en supertype af T) stiller en naturlig ordning til rådighed for sorteringen

# Eksempel fra foxes and rabbits projektet

- **Vi vil lave en afbildning (Map), hvor nøglerne er dyrenes klasser og værdierne de farver, hvormed dyrene vises på spillepladen**
  - Klasserne repræsenteres ved hjælp af klassen Class<T>, der indeholder **ét objekt** for hver klasse i et kørende program
  - Rabbit repræsenteres af objektet **Rabbit.class** (af typen Class<Rabbit>)
  - Fox repræsenteres af objektet **Fox.class** (af typen Class<Fox>)
- **Nu kan vi definere vores afbildning på følgende måde**

Wildcardet ? angiver, at vi på dette sted kan  
bruge en vilkårlig klasse, f.eks. Rabbit og Fox

```
private Map<Class<?>, Color> colors;  
.....  
colors.put(Rabbit.class, Color.ORANGE) ;  
colors.put(Fox.class, Color.BLUE) ;
```

Nøgler (objekter i typen Class<?>)

Værdier (konstanter i Color klassen fra Javas API)

- **Yderligere info om wildcards og typebegrænsninger:**  
<https://docs.oracle.com/javase/tutorial/extras/generics/wildcards.html> [Link](#)

# Opsummering af wildcards og typebegrænsninger

---

- **Wildcards og typebegrænsninger er komplekse**
  - Det er ikke noget vi vil høre jer I til eksamen
  - Men det kan være en stor fordel at kende lidt til dem, idet I så lettere kan forstå de typer, der angives i Javas API

## Hjemmeopgave for de "barske"

- **Find nedenstående metoder i API'en og se, om I kan forstå deres wildcards og typebegrænsninger**
  - **filter**, **map**, **mapToInt** og **reduce** i Stream klassen
  - **comparing** og **thenComparing** i Comparator interfacet
- **Bemærk at der er flere metoder, der hedder det samme – men har forskellige parametre (dvs. forskellig signatur)**
  - Start med at finde ud af, hvilken af metoderne det er, som I har brugt

# ● Afleveringsopgave: Computerspil 2

---

- I den anden delaflevering skal I bruge de ting, som I har lært om regression tests, på de fire klasser, som I har implementeret i den første delaflevering
  - Lav velvalgte regression tests for de fire klasser
    - Positive tests skal afprøve programmets normale opførsel – herunder om det fungerer korrekt omkring forskellige grænseværdier
    - Negative tests skal afprøve om programmet kan håndtere uventede situationer (f.eks. de specialtilfælde, der er beskrevet i opgaveformuleringen)
    - I behøver ikke lave testmetoder for
      - trivielle accessor og mutator metoder, der blot returnerer/ændrer en enkelt feltvariabel uden at gøre andet
      - compareTo, equals og hashCode metoderne (det bør man normalt gøre, men da det kan være lidt besværligt og tidskrævende, har vi besluttet at lade jer slippe for det)
- Herudover skal I rette de fejl og mangler, som instruktoren har påpeget i jeres første delaflevering

# Generelt om testmetoder

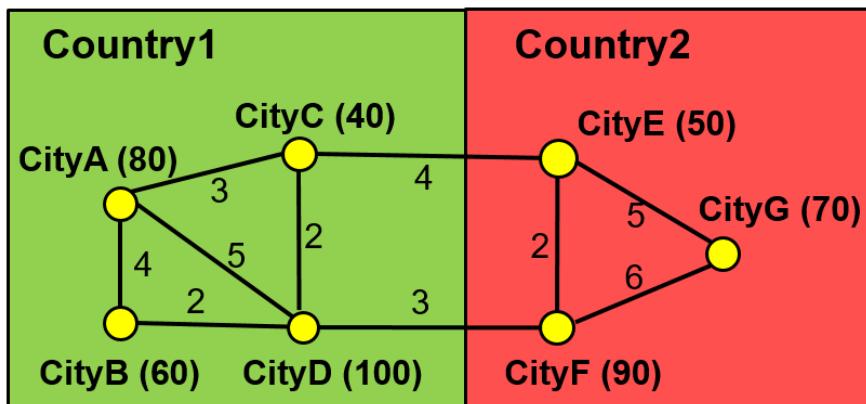
---

- **Der laves normalt én testmetode for hver (ikke trivel) konstruktør/metode**
  - En sådan testmetode kan teste mange forskellige ting (via forskellige assertions)
  - I nogle tilfælde kan det dog være hensigtsmæssigt at lave to testmetoder, for samme metode (f.eks. hvis man vil tjekke, hvordan metoden opfører sig i et grænsetilfælde, hvor den kaldes med en speciel værdi)
- **Navngivning af testmetoder**
  - Testmetoden for konstruktøren kaldes constructor
  - Testmetoden for en metode har samme navn, som den metode den tester
  - Testmetoden for `toString` kaldes dog `testToString` (idet Java ellers tror, at I forsøger at overskrive `toString` metoden i `Object` klassen)

# Brug af Test Fixture

- Når I skal teste metoderne i computerspillet har I behov for skabe nogle byer, lande og veje

- Til dette formål har vi lavet en **Test Fixture** (fast opsætning) som realiserer nedenstående netværk af lande, byer og veje



- Test Fixture'en kan kopieres til "Object benchen", som så får dette udseende



- Opgaveformuleringen forklarer, hvordan Test Fixture'n hentes og anvendes

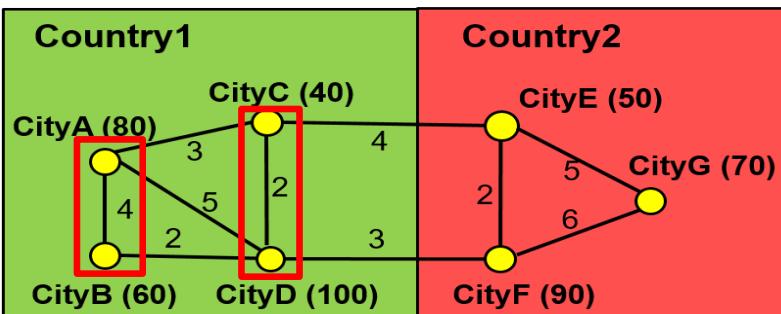
# Test of Road klassen

## Test Fixture for Road klassen

- Hele teksten er kopieret fra den generelle Test Fixture i CGTest klassen
- Vi vil kun bruge det første land og de første fire byer og ikke nogen af vejene (derfor er resten fjernet for at lette overskueligheden)
- Tagget `@BeforeEach` angiver, at `setUp` metoden udføres før hver testmetode (dette etablerer test fixturen)
- BlueJ's testsystem er ligeglæd med, hvad metoden hedder, men testserveren kræver, at den hedder `setUp` (sådan som den gør, når en ny testklasse skabes)

Det eneste, som I selv skal skrive, er tingene i de to grønne bokse, hvor vi laver to `Road` objekter og to feltvariabler, der peger på dem

- Den første vej går fra `cityA` til `cityB` og har længden 4
- Den anden vej går fra `cityC` til `cityD` og har længden 2



```
import static org.junit.jupiter.api.Assertions.*;
import org.junit.jupiter.api.AfterEach;
import org.junit.jupiter.api.BeforeEach;
import org.junit.jupiter.api.Test;
public class RoadTest {
    private Game game;
    private Country country1;
    private City cityA, cityB, cityC, cityD;
    private Road road1, road2;
    @BeforeEach
    public void setUp() {
        // Create game object
        game = new Game(0);

        // Create country
        country1 = new Country("Country 1");
        country1.setGame(game);

        // Create cities
        cityA = new City("City A", 80, country1);
        cityB = new City("City B", 60, country1);
        cityC = new City("City C", 40, country1);
        cityD = new City("City D", 100, country1);

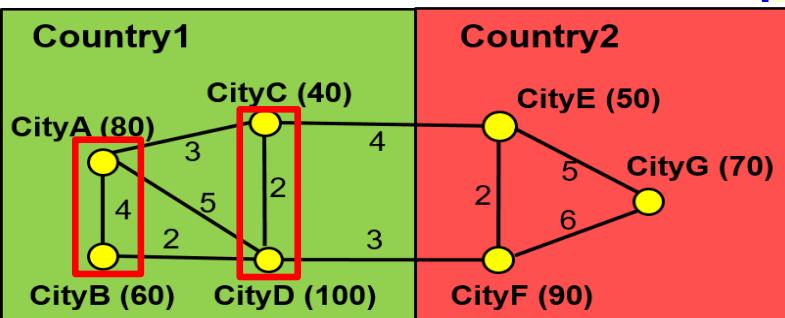
        // Connect cities to countries
        country1.addCity(cityA);
        country1.addCity(cityB);
        country1.addCity(cityC);
        country1.addCity(cityD);

        // Create roads
        road1 = new Road(cityA, cityB, 4);
        road2 = new Road(cityC, cityD, 2);
    }
    ...
}
```

# Test af Road klassen (fortsat)

## Testmetode for konstruktøren

- Vi tjekker, at feltvariablerne initialiseres korrekt
- Brug det forventede som første parameter og metodekaldet som anden parameter
- Tjekker også (implicit) de tre simple accessormetoder



## @Test

```
public void constructor() {  
    // Første vej går fra CityA til CityB og har længde 4  
    assertEquals(cityA, road1.getFrom());  
    assertEquals(cityB, road1.getTo());  
    assertEquals(4, road1.getLength());  
  
    // Anden vej går fra CityC til CityD og har længde 2  
    assertEquals(..., road2.getFrom());  
    assertEquals(..., road2.getTo());  
    assertEquals(2, road2.getLength());  
}
```

## Testmetode for `toString`

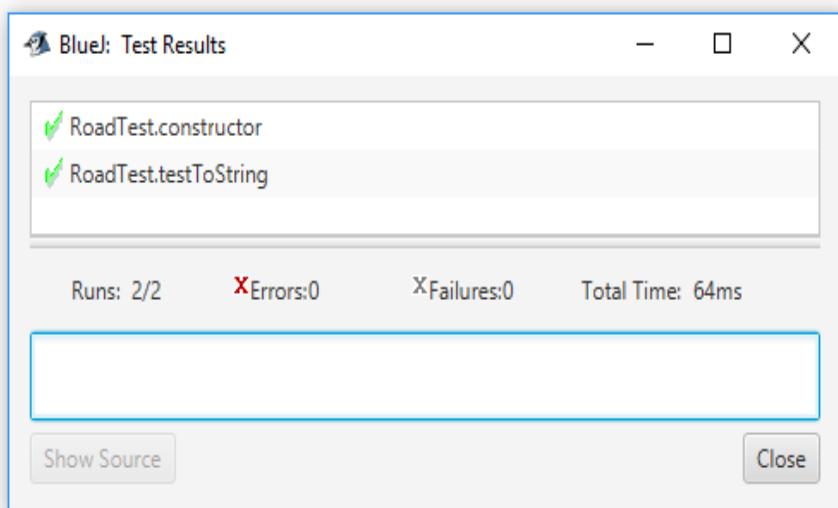
- Vi tjekker at returværdien er korrekt

## @Test

```
public void testToString() {  
    assertEquals("City A (80) -> City B (60) : 4", road1.toString());  
    assertEquals(".....", road2.toString());  
}
```

# Test af Road klassen (fortsat)

Når man vælger Test All får man forhåbentlig nedenstående resultat

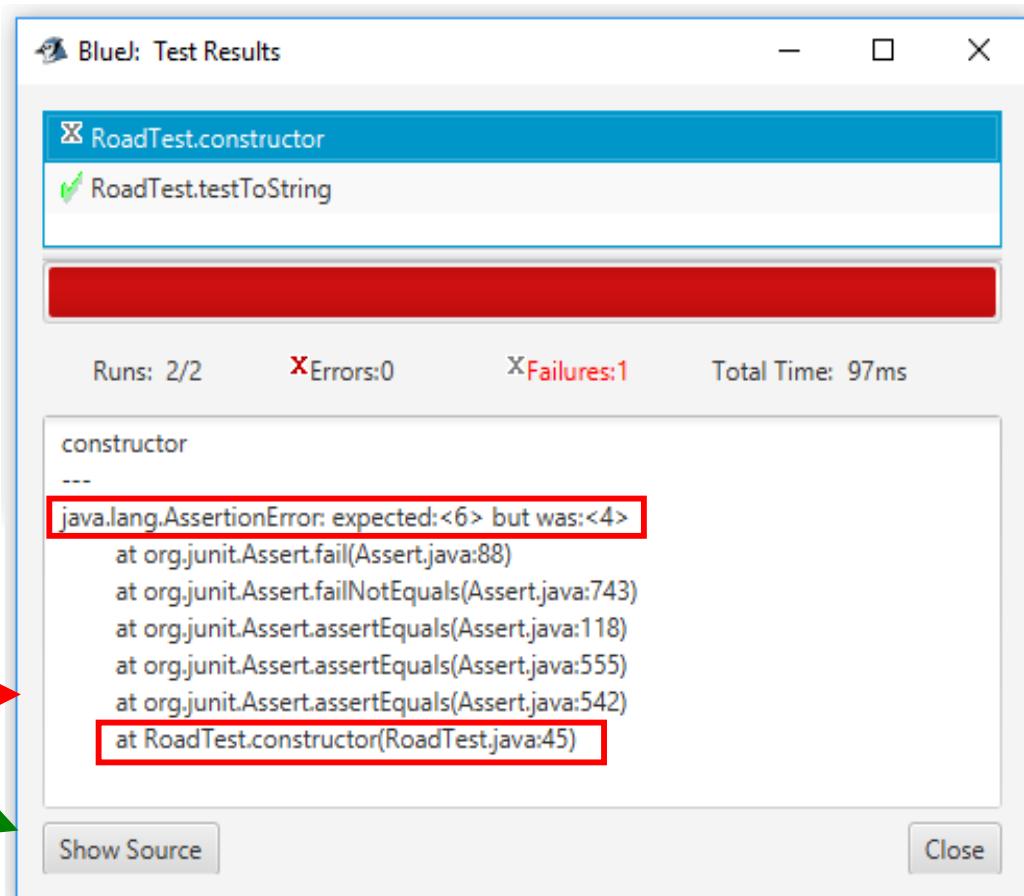


Når man vælger den fejramte metode kan man i det nederste felt se, hvad der er galt

- I linje 45 i testklassen var der en assertion, der returnere 4 i stedet for 6
- Hvis man trykker på Show Source hopper man til den assertion, der fejlede

```
40
41 @Test
42 public void constructor() {
43     assertEquals(cityA, road1.getFrom());
44     assertEquals(cityB, road1.getTo());
45     assertEquals(6, road1.getLength()); // Assertion error here
46 }
```

Hvis et eller flere af de grønne flueben erstattes af et sort kryds er der noget galt



Bemærk at fejlen både kan ligge i den metode, der bliver testet, og i testmetoden

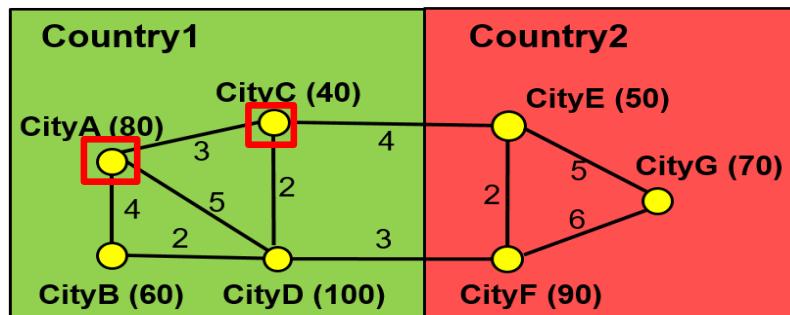
# Test af Position klassen

## Test Fixture for Position klassen

- Som før kan I kopiere det meste fra den generelle Test Fixture i CGTest
- Det er kun tingene i de to grønne kasser, som I selv skal skrive
- Husk at fjerne de ting i Test Fixture, som I ikke bruger

## Vi laver to Position objekter og to feltvariabler, der peger på dem

- I det første står spilleren i cityA og er på vej mod cityB, som kan nås i 4 skridt
- I det andet står spilleren i cityC og er på vej mod cityD, som kan nås i 2 skridt



```
import ...  
  
public class PositionTest {  
    private Game game;  
    private Country country1;  
    private City cityA, cityB, cityC, cityD;  
    private Position pos1, pos2;  
  
    @BeforeEach  
    public void setUp() {  
        // Create game object  
        game = new Game(0);  
  
        // Create country  
        country1 = new Country("Country 1");  
        country1.setGame(game);  
  
        // Create cities  
        cityA = new City("City A", 80, country1);  
        ...  
        // Create positions  
        pos1 = new Position(cityA, cityB, 4);  
        pos2 = new Position(cityC, cityD, 2);  
    }  
    ...
```

# Test af Position klassen (fortsat)

## Testmetode for konstruktøren

- Vi tjekker, at de fire feltvariabler initialiseres korrekt
- Herved tjekker vi også implicit de fire accessor metoder

```
@Test  
public void constructor() {  
    assertEquals(..., pos1.getFrom());  
    assertEquals(..., pos1.getTo());  
    assertEquals(..., pos1.getDistance());  
    assertEquals(..., pos1.getTotal());  
  
    assertEquals(..., pos2.getFrom());  
    assertEquals(..., pos2.getTo());  
    assertEquals(..., pos2.getDistance());  
    assertEquals(..., pos2.getTotal());  
}
```

## Testmetode for move metoden

- Vi kalder metoden nogle gange
- Efter hvert kald tester vi, at returværdien og distance er som forventet

```
@Test  
public void move() {  
    assertEquals(true, pos2.move());  
    assertEquals(1, pos2.getDistance());  
  
    assertEquals(..., pos2.move());  
    assertEquals(..., pos2.getDistance());  
  
    assertEquals(..., pos2.move());  
    assertEquals(..., pos2.getDistance());  
}
```

# Test af Position klassen (fortsat)

```
@Test  
public void turnAround() {  
    pos1.move();  
    pos1.turnAround();  
    assertEquals(..., pos1.getFrom());  
    assertEquals(..., pos1.getTo());  
    assertEquals(..., pos1.getDistance());  
  
    pos1.turnAround();  
    assertEquals(..., pos1.getFrom());  
    assertEquals(..., pos1.getTo());  
    assertEquals(..., pos1.getDistance());  
  
    pos2.turnAround();  
    assertEquals(..., ...);  
    assertEquals(..., ...);  
    assertEquals(..., ...);  
  
    pos2.turnAround();  
    assertEquals(...);  
    assertEquals(...);  
    assertEquals(...);  
}
```

Testmetoderne for turnAround, hasArrived og toString

- Vi kalder metoderne nogle gange
- Efter hvert kald tester vi, om alt er som forventet

```
@Test  
public void hasArrived() {  
    assertEquals(..., pos2.hasArrived());  
  
    pos2.move();  
    assertEquals(..., pos2.hasArrived());  
  
    pos2.move();  
    assertEquals(..., pos2.hasArrived());  
  
    pos2.move();  
    assertEquals(..., pos2.hasArrived());  
}
```

```
@Test  
public void testToString() {  
    assertEquals("City A (80) -> City B (60) : 4/4", pos1.toString());  
    assertEquals(".....", pos2.toString());  
  
    pos2.move();  
    assertEquals(".....", pos2.toString());  
  
    pos2.move();  
    assertEquals(".....", pos2.toString());  
}
```

# Test af metoder med tilfældige værdier

- Når man skal teste arrive metoden i City klassen kan det være nyttigt at resette den seed værdi som Random objektet bruger
  - På den måde kan man finde ud af, hvad bonus metoden returnerer, når den kaldes inde fra arrive

Sæt seed til et eller andet, f.eks. 0

Kald af bonus metoden med de parametre som arrive om lidt vil kalde bonus med

Sæt seed til samme værdi som før

```
@Test  
public void arrive() {  
    game.getRandom().setSeed(0); // Set seed  
    int bonus = country1.bonus(80); // Remember bonus  
    game.getRandom().setSeed(0); // Reset seed  
    assertEquals(bonus, cityA.arrive()); // Same bonus  
    assertEquals(80 - bonus, cityA.getValue());  
}
```

Man kan "proppe" det hele ind i en for løkke og dermed teste mange forskellige seed værdier

Som ovenfor, bortset fra, at seed nu sættes til seed

Husk at resette byen mellem de enkelte tests

```
@Test  
public void arrive() {  
    for(int seed = 0; seed < 1000; seed++) { // Try different seeds  
        game.getRandom().setSeed(seed); // Set seed  
        int bonus = country1.bonus(80); // Remember bonus  
        game.getRandom().setSeed(seed); // Reset seed  
        assertEquals(bonus, cityA.arrive()); // Same bonus  
        assertEquals(..., cityA.getValue());  
    }  
    cityA.reset();  
}  
}
```

Lav også en testmetode, der tester, hvad der sker, hvis byen har værdien 0

# Eksempler på testmetoder for Country

```
@Test  
public void reset() {  
    cityA.arrive(); cityA.arrive(); cityA.arrive();  
    cityE.arrive(); cityE.arrive(); cityE.arrive();  
    int valueE = cityE.getValue();           // Remember value of cityE  
    country1.reset();  
    assertEquals(..., cityA.getValue());      // cityA is reset  
    assertEquals(valueE, cityE.getValue());    // cityE is unchanged  
}
```

Ved at kalde arrive 3 gange på hver by, er I rimeligt sikre på, at byernes værdi er ændret

```
@Test  
public void bonus() {  
    for(int seed = 0; seed < 100; seed++) {      // Try 100 different seeds  
        game.getRandom().setSeed(seed);  
        ...  
        for(int i = 0; i < 100000; i++) {          // Call method 100.000 times  
            int bonus = country1.bonus(80);  
            Test at værdien ligger i det korrekte interval  
        } ...  
        Test at middelværdien er tæt på det forventede  
        Test at alle de mulige værdier returneres  
    }  
}
```

Lav også en testmetode, der tester, hvad der sker, hvis bonus kaldes med 1 og 0

Disse tre ting kan testes på samme måde, som I testede roll metoden i Die klassen (i Raflebæger 4)

# Negative tests og dokumentation

---

- **Husk de negative test, såsom**
  - `getCity("city")` hvor "city" ikke findes i landet
  - `getRoads(c)` hvor c ikke findes i landet
  - I skal teste alle de specialtilfælde, som er beskrevet i opgaveformuleringen
- **Dokumentationen for jeres testklasser kan holdes på et minimum**
  - Testklassens navn fortæller, hvilken klassen den tester
  - Testmetodens navn fortæller, hvilken metode den tester
  - Testmetoder har ingen parametre og returnerer intet, så `@param` og `@return` tags giver ikke mening
- **I kan derfor nøjes med at indsætte**
  - `@author` og `@version` tags
  - Forklarende // kommentarer i kompleks kode (som illustreret på mine slides)

# Testserveren

---

- **Testserveren skal også anvendes for Computerspil 2**
  - Serveren tester at jeres regression tests er fornuftige
  - Regression tests kan imidlertid laves på mange forskellige måder, og det er ikke altid helt entydigt, hvad der bør testes
- **Som illustreret i videoen om Regression tests, afprøver testserveren derfor, at jeres regression tests**
  - **ikke** finder fejl i et korrekt projekt
  - finder de **fleste** fejl i nogle forkerte projekter
- **Brug testserveren med omtanke**
  - Som i Computerspil 1, kan I teste, hver enkelt opgave, så snart I er færdige med den
  - Når I får en fejlrappport, bør I rette alle de fejl, der rapporteres og kontrollere, at rettelserne er korrekte, **før** I efter forsøger at køre testserveren
- **Testserveren understøtter ikke Hamcrest og Jupiter**
  - Som nogle af jer måske kender fra andre kurser

# Testserveren (fortsat)

---

- **Nogle studerende synes, at det er smart at sende ting til testserveren uden selv at teste dem ordentligt først**
  - Det er generelt dumt og koster ofte en del ekstra bøvl og besvær
  - For regression tests er det endog en **MEGET** dum idé
  - Hvis der f.eks. er en lille fejl i jeres test af en metode, vil **BlueJ's testsystem** fortælle jer præcis hvilken assertion det er, der fejler og hvad den forventede og beregnede værdi er
  - **Testserveren** derimod vil blot fortælle jer, at jeres regression tests for metoden finder fejl i et **korrekt projekt** – uden at fortælle noget om, hvilken assertion, der fejler
  - Dermed bliver fejlen **vanskeligere** at lokalisere

# ● Opsummering

---

- **Abstrakte klasser og interfaces**
  - En abstrakt klasse er en klasse, som man ikke kan lave instanser af
  - En abstrakt klasse kan indeholde abstrakte metoder, hvor kun hovedet er angivet, mens implementationen (kroppen) mangler
  - I et interface er alle metoder abstrakte (men fra og med Java 8 kan der være klassemетодer og default metoder)
- **Funktionelle interfaces**
  - Har kun én enkelt abstract metode
  - De steder, hvor man skal bruge et objekt, hvis type er et funktionelt interface, kan man i stedet bruge en lambda
- **Wildcards (jokere)**
  - Gør det muligt at beskrive komplicerede typebegrænsninger i forbindelse med generiske klasser
- **Afleveringsopgave: Computerspil 2**
  - Test af de klasser, som I har implementeret i den første delaflevering

# Det var alt for nu.....

# ... spørgsmål

---

