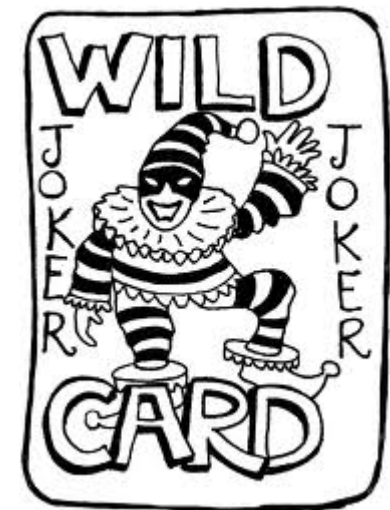


Forelæsning Uge 12

- **Abstrakte klasser og interfaces**
 - En abstrakt klasse er en klasse, som man ikke kan lave instanser af (men man kan lave instanser af dens subklasser)
 - En abstrakt klasse kan indeholde abstrakte metoder, hvor kun hovedet er angivet, mens implementationen (kroppen) mangler
 - I et interface er alle metoder abstrakte
- **Funktionelle interfaces**
 - Har kun én enkelt abstrakt 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

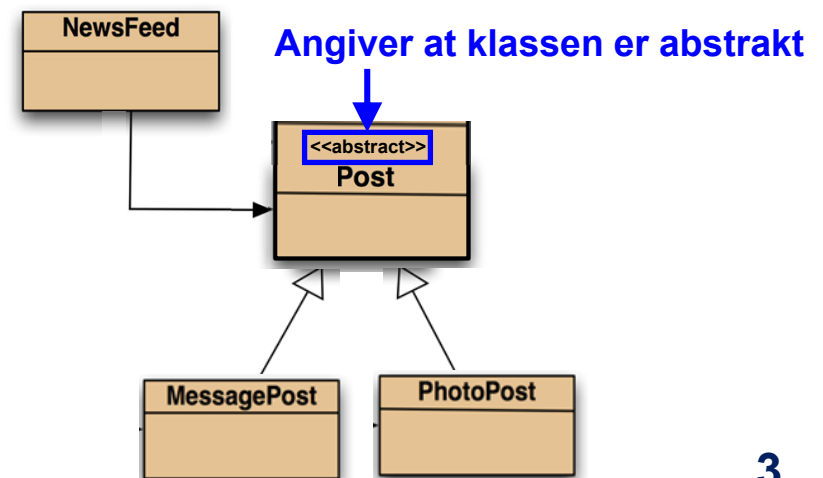
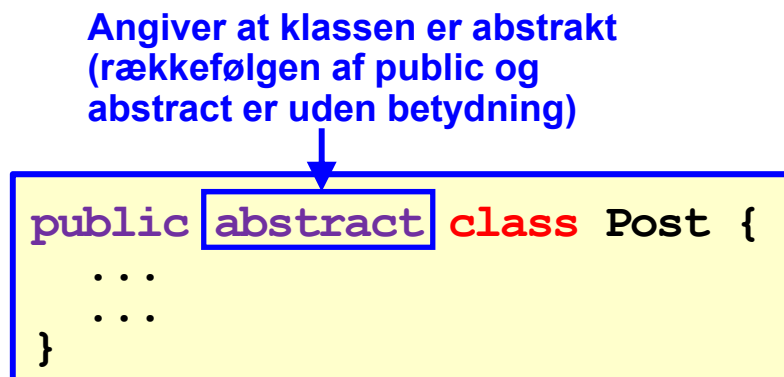


Træning i mundtlig præsentation

- **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

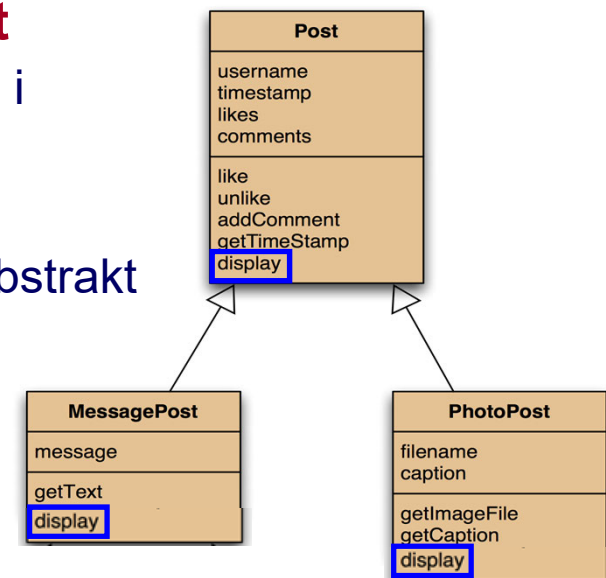
- **En abstrakt klasse kan indeholde abstrakte metoder**
 - En abstrakt metode er en metode, der ikke er implementeret i klassen
 - Vi angiver kun metodens **hoved**, mens kroppen udelades
- **I vores Newsfeed system har vi en display metode i hver af klasserne Post, MessagePost og PhotoPost**

- 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 subclasserne**

- Hvis en subklasse ikke implementerer metoden, skal subclassen selv være abstrakt
- Det sikrer, at alle konkrete subclasser 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

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

compareTo metoden
implementeres
i de klasser, der
implementerer
Comparable interfacet

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

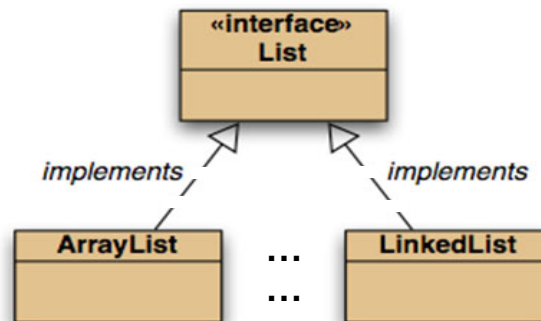
List interfacet

- **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 afbildning, 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

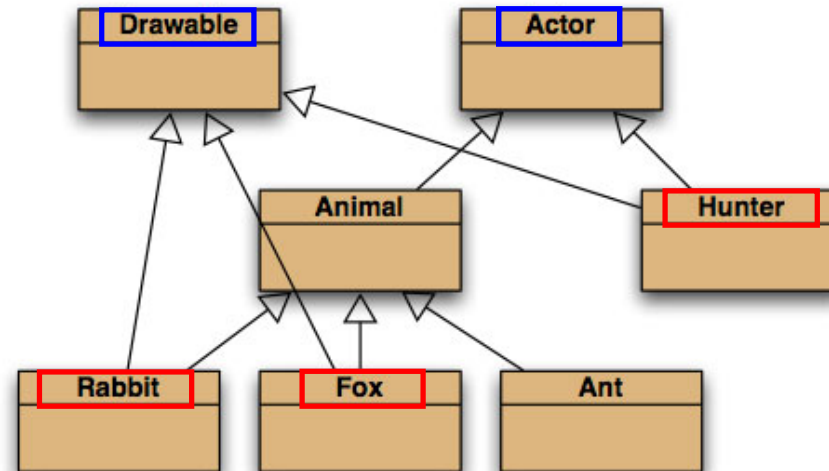
Abstrakt klasse eller interface?

- **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**
- Implementationen af disse metoder nedarves til de klasser, der implementerer interfaceet
 - 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() ) );
```

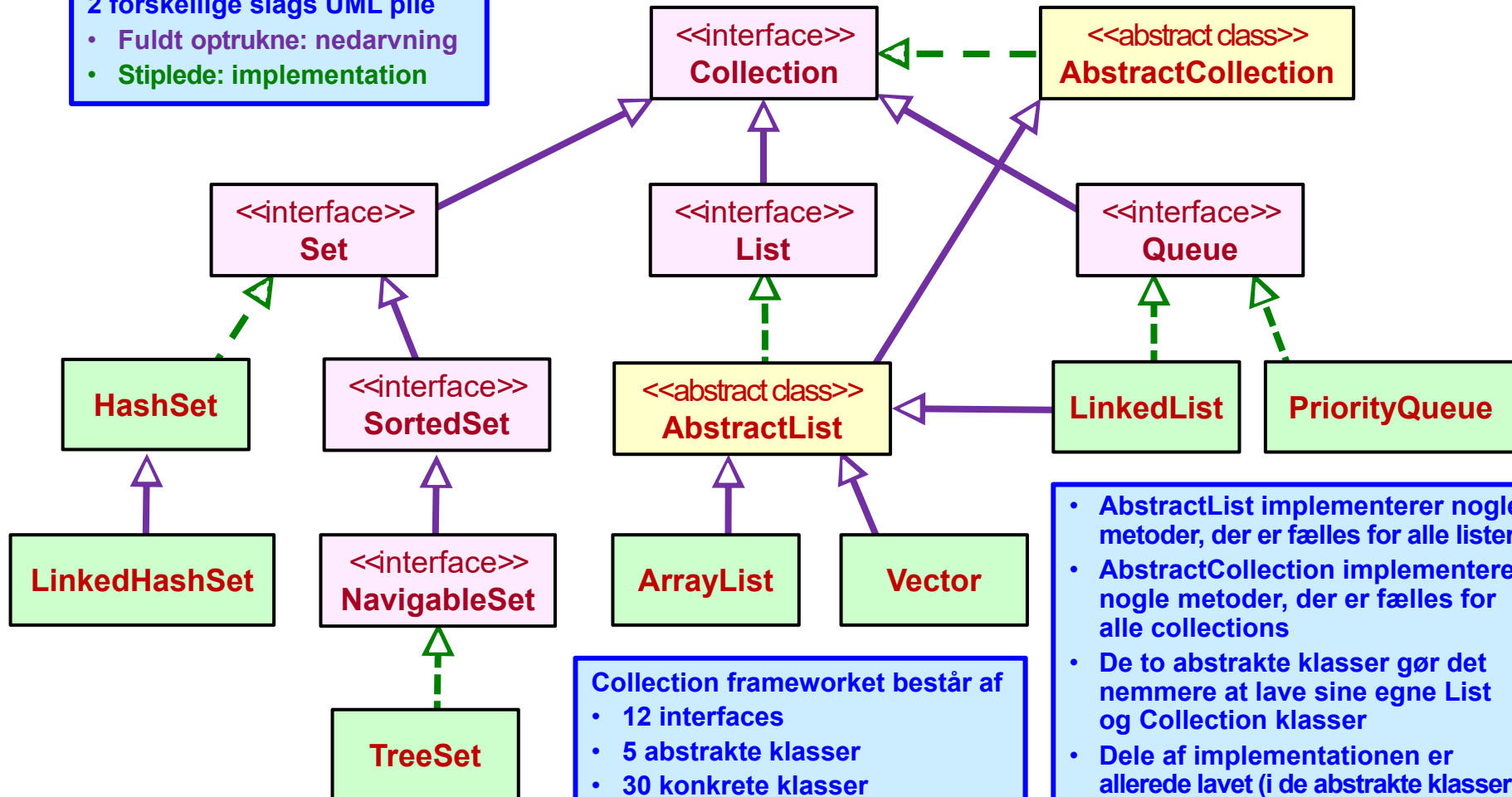
Klassemetode i Comparator interfaceet
(tager en lambda som parameter og
returnerer et Comparator objekt)

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

Collection frameworket (udsnit)

2 forskellige slags UML pile

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

Collections

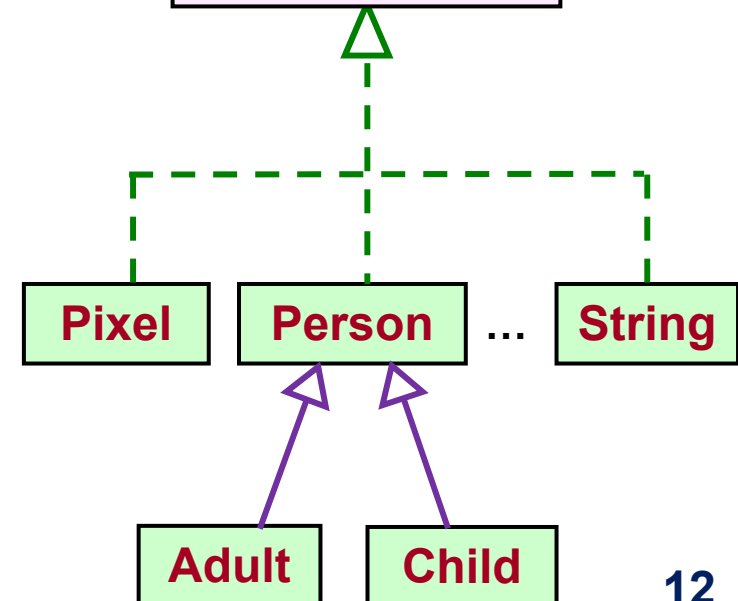
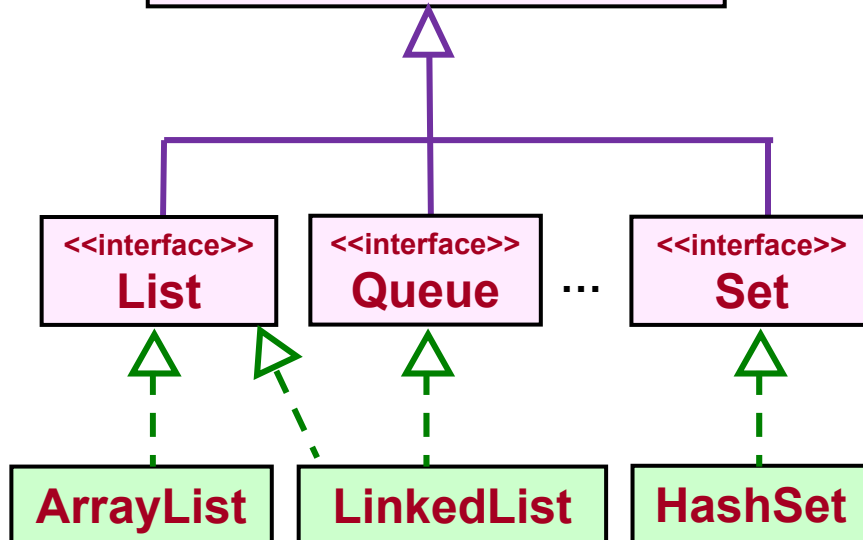
```
T min(Collection<T> c)
T max(Collection<T> c)
void sort(List<T> l)
...
```

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

Metoder i Stream interfacet

- I Stream interfacet er parametrene til **filter**, **map** og **reduce** metoderne funktionelle interfaces
 - Det er derfor vi kan bruge lambda'er, når vi kalder de tre metoder
 - 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()  
        .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 ($\text{Integer} \rightarrow \text{Integer}$)

```
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 parameter værdi i kaldet

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

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

Ved kald af **simpleFilter** er parameter værdien en **lambda**, der automatisk giver os et objekt af typen **UnaryOperator**

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 ($\text{Integer} \times \text{Integer} \rightarrow \text{Integer}$)

```
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);
}
```

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

Pause

I næste forelæsning 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)
- Prædikats 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 interface
- 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 interface
- Anden parameter er af vilkårlig type (alle klasser er subclasses 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 interface
- 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 parametre 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 for en supertype af T)
- 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/extra/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
- Herudover skal I rette de fejl og mangler, som instruktoren har påpeget i jeres første delaflevering

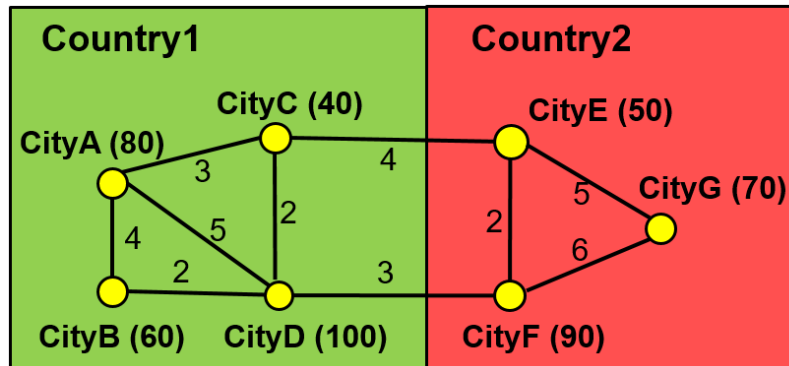
Generelt om testmetoder

- **Der laves normalt én testmetode for hver (ikke triviel) 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 vi forsøger at overskrive toString metoden i Object klassen)
- **I behøver ikke at teste 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

Brug af Test Fixture

- Når man skal teste metoderne i computerspillet har man 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 Fixturen kan kopieres til "Object benchen", som så får dette udseende



- 2 Country objekter
- 7 City objekter
- 1 Game objekt

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

Test of Road klassen

TestFixture for Road klassen

- Fra den generelle Test Fixture kan I kopiere import sætningerne, feltvariableerne og setUp metoden
- Tingene i de røde bokse skal I selv tilføje
- For overskuelighedens skyld fjernes de dele af den generelle Test Fixture, som I ikke bruger
- Her bruges kun det første land og de første fire byer (og ikke nogen af vejene, idet vi laver vores egne)

- Tagget `@BeforeEach` angiver, at `setUp` metoden udføres før hver testmetode (dette etablerer test fixturen)
- Analogt angiver tagget `@AfterEach`, at en metode udføres efter test fixturen – for at rydde op (men det får I ikke brug for i denne opgave)

Vi laver to Road objekter

- 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 of 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(.., road2.getLength());
}
```

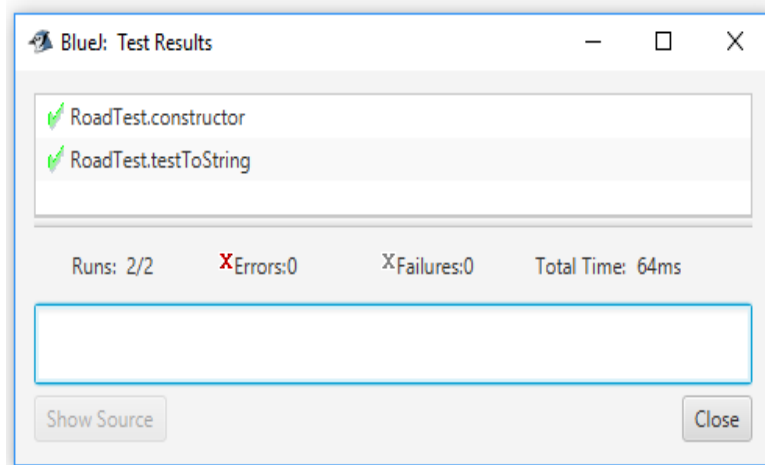
Testmetode for toString

- Vi tjekker at returværdien er korrekt

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

Test of Road klassen (fortsat)

Når man vælger Test All får man forhåbentlig nedenstående resultat

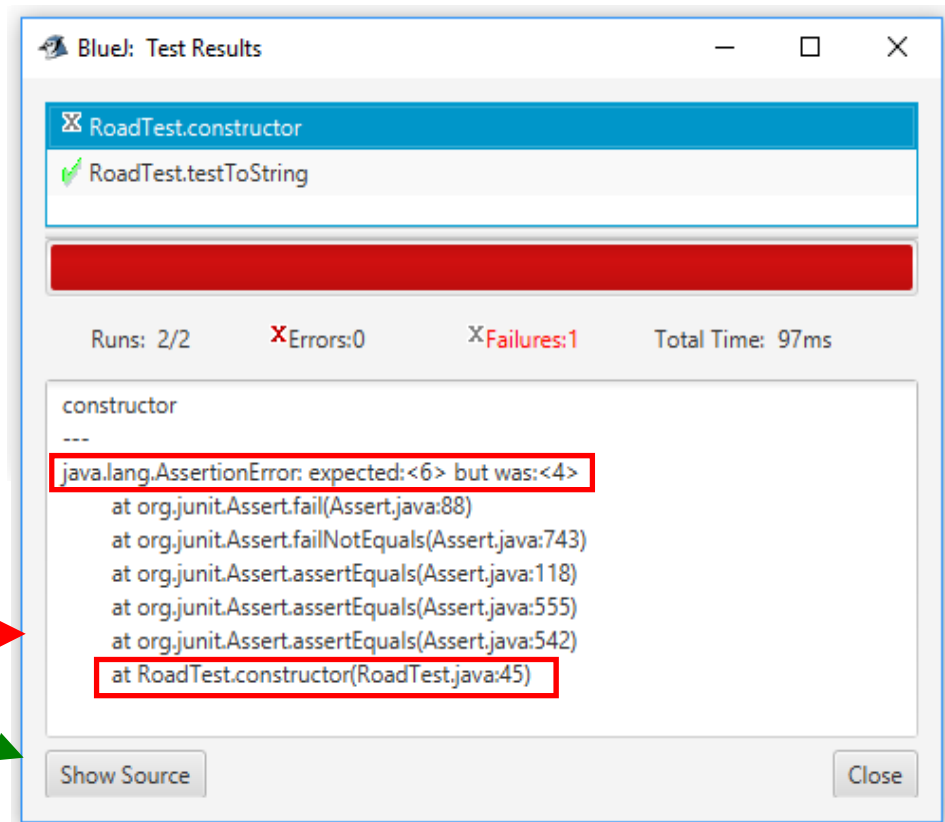


Når man vælger den fejlramte metode kan man i det nederste felt se, hvad der er galt

- 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());  
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

TestFixture for Position klassen

- Som før kan I kopiere det meste fra den generelle Test Fixture
- Tingene i de to røde bokse skal I selv tilføje
- Fjern de ting i Test Fixturen, som I ikke bruger

Vi laver to Position objekter

- 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

Test at returnværdi og værdien af value er korrekt

```
@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(....., cityA.getValue());
}
```

Man kan også 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
    }
}
```

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

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

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 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 fejlrapport, bør I rette alle de fejl, der rapporteres og kontrollere, at rettelserne er korrekte, **før** I atter forsøger at køre testserveren
- **Testserveren understøtter ikke Hamcrest og Jupiter**
 - Som nogle af jer måske kender fra andre kurser

● 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 klassemetoder 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

