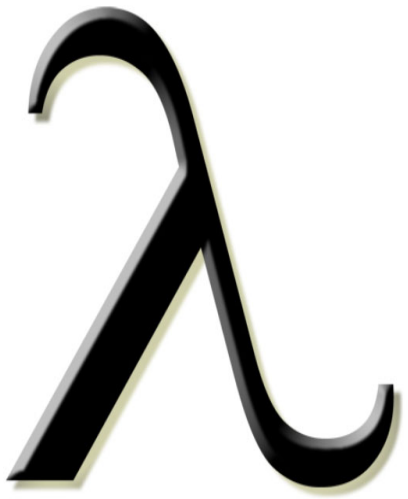
Forelæsning Uge 5 – Torsdag

- **Funktionel programmering i Java (Kapitel 5)**
  - Lambda'er (kodestumper, der kan bruges som parametre i et metodekald)
  - Streams (sekvenser / strømme af data)
  - Brug af assignments erstattes af evaluering af komplekse funktioner
  - De fem algoritmeskabeloner implementeret ved hjælp af streams og lambda'er
  - Sortering ved hjælp af lambda'er
- **Forskellige slags objektsamlinger (Kapitel 6)**
  - List (liste) – kendt fra ArrayList
  - Set (mængde)
  - Map (afbildning / funktion)
  - Polymorfe variabler
- **Dokumentation af jeres egne klasser**



Imperative og funktionelle sprog

- **De dele af Java, som I har set indtil nu, er imperative**
  - En udførsel af et program forstås som en række **operationer**, der ændrer **systems tilstand**, f.eks. via **assignments** til feltvariabler
  - Objekt-orienterede sprog (og de fleste andre programmeringssprog) er (primært) imperative
  - Eksempler på imperative sprog: Java, C#, C og C++
- **Funktionelle programmeringssprog fungerer anderledes**
  - En udførsel af et program forstås som en **evaluering** af et **matematisk udtryk** (uden brug af assignments)
  - Programmer skrevet ved hjælp af funktionel programmering er ofte kortere, mere letlæselige og nemmere at bevise korrekte
  - Eksempler på funktionelle sprog: Standard ML, OCaml, F#, Lisp, Haskell og Erlang
- **Moderne sprog er ofte både imperative og funktionelle**
  - Java indeholder **lambda**'er (som I skal lære om i denne forelæsning)
  - OCaml indeholder **mutable** data (som kan ændres med assignments)

Lambda calculus

- **Funktionelle programmeringssprog bygger på lambda calculus**
  - Formalisme til beskrivelse af beregninger (introduceret i 1930)
- **Java**

```
public int addOne(int n) {
  return n+1;
}
```

Funktion (metode) der lægger 1 til parameteren

- **Standard ML (funktionelt sprog)**

```
fun addOne(n) = n+1;
```

```
int → int
```

- Man behøver ikke at angive typerne
- Dem deducerer oversætteren selv

```
addOne(n) = n+1   for alle n
```

Tæt på den notation vi kender fra matematik

```
fn(n) => n+1;
```

- Anonym funktion (uden navn)
- Kan bruges som parameter til en anden funktion

- **Lambda calculus**

```
λn.n+1
```

Datalogistuderende vil lære meget mere om λ-calculus i senere kurser

Funktionelle aspekter i Java

- **Java er (primært) et imperativt programmeringssprog**
  - Men de nyere versioner af Java (fra og med version 8 i 2014) indeholder også aspekter fra funktionelle programmeringssprog
  - Det gør sproget mere kompliceret (fordi der er flere ting at lære)
  - Til gengæld kan man (som I snart skal se) udtrykke visse ting simplere, mere elegant og mere læseligt
- **De funktionelle dele af Java vinder hurtigt indpas og er dermed et "must" for alle kompetente Java programmører**
  - De er bl.a. yderst velegnede til gennemsøgning og sortering af collections (objektsamlinger)
  - F.eks. skal vi om lidt se, at vi ved hjælp af funktionel programmering
    - kan omskrive vores fem algoritmeskabeloner, så de bliver mere kompakte og letlæselige
    - sortere uden selv at skulle skrive en compareTo eller compare metode

Observationer af dyr (eksempel)

```
public class Sighting {
  private final String animal;   // Which animal
  private final int spotter;     // Who saw it
  private final int count;       // How many
  private final int area;        // Where
  private final int period;      // When

  public Sighting(String animal, int spotter,
                  int count, int area, int period) {
    this.animal = animal;
    this.spotter = spotter;
    ...
  }

  public String toString() {
    return animal +
           ", count = " + count +
           ", area = " + area +
           ", spotter = " + spotter +
           ", period = " + period;
  }
  ...
}
```

"Elephant, count = 24, area = 2, spotter = 3, period = 2"

- BlueJ bogen kalder metoden for getDetails
- Som vi skal se om et øjeblik, er det bedre at kalde den toString

AnimalMonitor klassen

addAll metoden i ArrayList klassen tager en Collection (af Sighting objekter) som parameter og tilføjer dem bagerst i arraylisten

```
import java.util.ArrayList;
public class AnimalMonitor {
   private ArrayList<Sighting> sightings;
   public AnimalMonitor() {
      this.sightings = new ArrayList<>();
   }
   // Add sightings from file
   public void addSightings(String filename) {
      SightingReader reader = new SightingReader();
      sightings.addAll(reader.getSightings(filename));
   }
   public void printList() {
      for(Sighting s : sightings) {
         System.out.println(s);
      }
   }
   ...
}
```

Returnerer en ArrayList<Sighting>

println metoden kalder automatisk toString på s

Elephant, count = 24, area = 2, spotter = 3, period = 2

Lambda'er i Java

- **En lambda er en "kodestump"**
  - Kan bruges i et metodekald (som argument for en parameter)
  - Den kaldte metode kan så udføre lambda'en ("kodestumpen")
  - Skellet mellem kode og data forsvinder

Imperativ kode

```
public void printList() {
   for(Sighting s : sightings) {
      System.out.println(s);
   }
}
```

For-each løkke
- **Bruger kroppen på alle elementer**

Funktionel kode

```
public void printList() {
   sightings.forEach(s -> System.out.println(s));
}
```

Lambda

forEach er en metode i ArrayList klassen (og andre collections)
- **Tager en lambda som parameter**
- **Bruger lambda'en på alle elementerne**

Java syntaks for Lambda'er

- **Den generelle syntax er som følger**

```
(P p, Q q, …) ->
{
  code;
}
```

- **Simplifikationer**
  - Vi kan (som regel) udelade typerne på parametrene, idet oversætteren selv kan deducere dem
  - Hvis der kun er én parameter (uden typeangivelse) kan vi udelade ( )
  - Hvis kroppen kun har én sætning kan vi udelade { } og semikolonnet

```
p -> code
```

Én parameter

```
(p, q, …) -> code
```

Flere parametre

- **Eksemplet fra før**

```
sightings.forEach(s -> System.out.println(s));
```

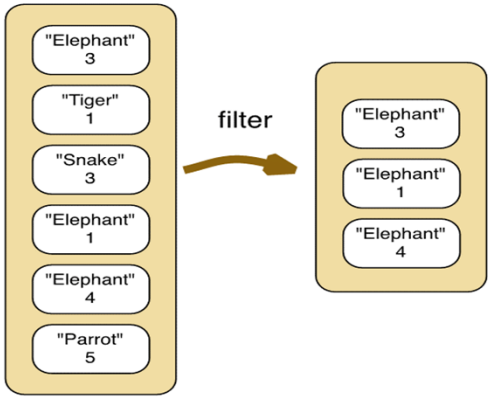
Lambda

Streams i Java (interfacet Stream<T>)

- **En stream er sekvens af data, f.eks.**
  - Elementerne i en Collection (f.eks. en arrayliste)
  - Data der "strømmer" ind via et netværk
  - Tekstlinjer fra en tekstfil
  - Tegn (char værdier) fra en tekststreng (String)
- **Karakteristika for streams**
  - Elementer tilgås ikke via et index (men i den rækkefølge, de kommer)
  - Streams er **immutable** (rækkefølgen og elementer kan ikke ændres), men man kan lave en ny stream ud fra den gamle
  - Streams kan være potentielt uendelige
- **Elementer i en stream kan behandles parallelt på en multi-core maskine**
  - Potentiel stor **effektivitetsgevinst** uden ekstra programmeringsindsats
- **En arrayliste er ikke en stream**
  - Men ArrayList klassen har en metode, som skaber en stream ud fra arraylistens elementer (analogt for andre collections)

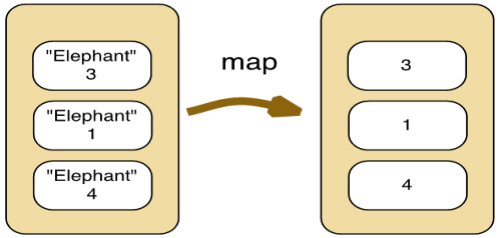
Streams har tre vigtige metoder (funktioner)

- **filter funktionen**
  - Gennemløber en stream og skaber en ny stream indeholdende de elementer fra den gamle, som opfylder en given betingelse



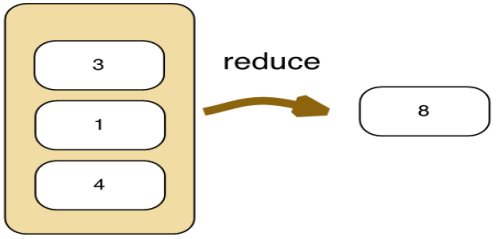
Stream med observationer af en given dyreart

- **map funktionen**
  - Gennemløber en stream og skaber en ny stream ved at bruge en lambda på hvert element i den gamle stream



Stream med antal dyr, der er observeret i de enkelte observationer

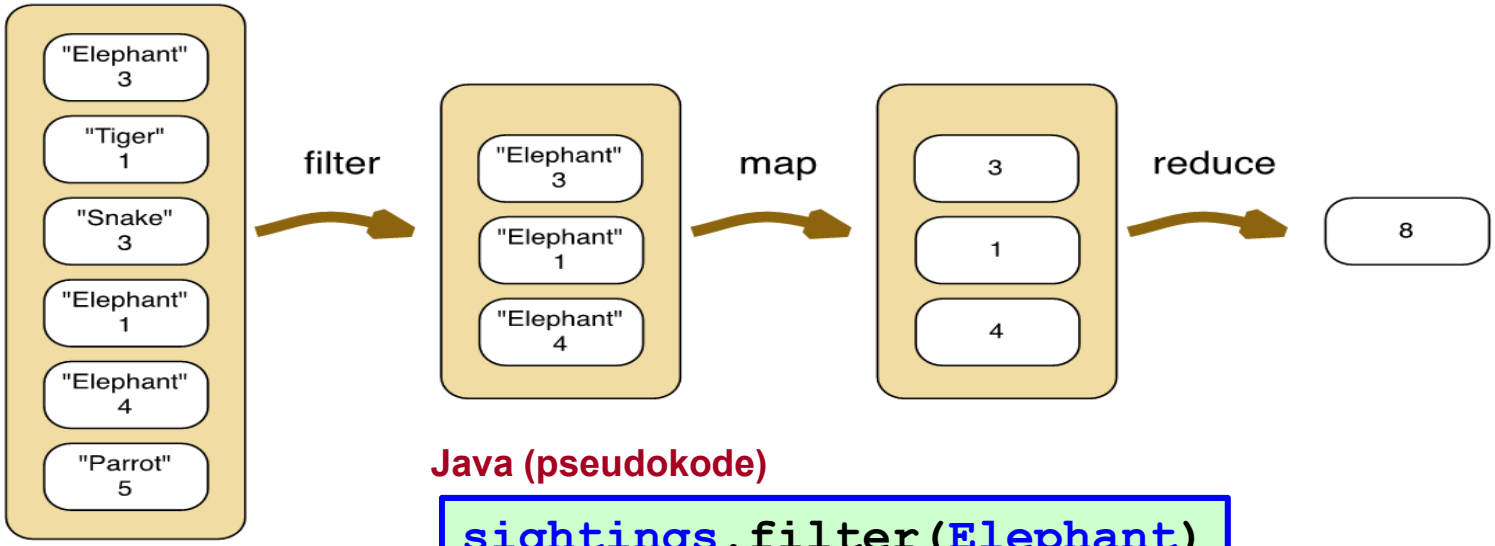
- **reduce funktion**
  - Gennemløber en stream og returnerer en enkelt værdi (f.eks. ved at lægge alle værdierne i stream'en sammen)



Total antal observationer

Pipelines (sammensætning af funktioner)

- **Stream funktioner kan sættes sammen til en pipeline**
  - Nedenstående pipeline beregner hvor mange elefanter der er observeret



Java (pseudokode)

```
sightings.filter(Elephant)
         .map(count)
         .reduce(sum);
```

- **For at få eksekverbar Java kode mangler vi to ting**
  - Arraylisten sightings skal "omdannes" til en stream
  - Parametrene til filter, map og reduce funktionerne skal formaliseres

Opbygning af pipelines

- **Pipelines er opbygget af**
  - en source (kilde)
  - et antal intermediate (mellemliggende) operationer
  - en terminal (afsluttende) operation, som producerer en værdi (eller har resultattypen void)
- **Hver intermediate operation producerer en ny stream**
- **Eksemplet fra før**
  - sightings er kilden
  - filter og map er intermediate
  - reduce er terminal

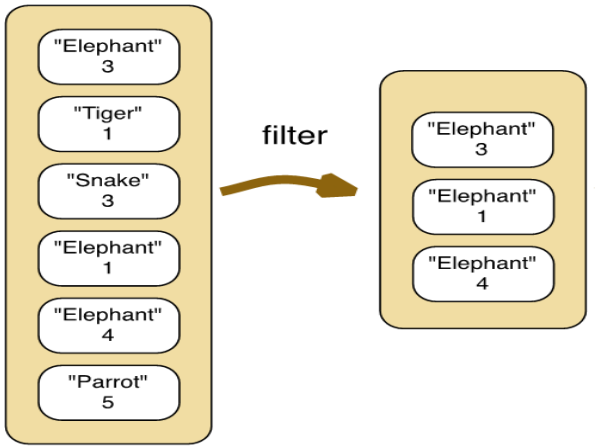
```
sightings.filter(Elephant)
         .map(count)
         .reduce(sum);
```

- **Man kan nemt lave andre beregninger**
  - Hvad gør denne pipeline?

```
sightings.filter(spotterID)
         .filter(dayID)
         .map(count)
         .reduce(sum);
```

Filter funktionen

- **Gennemløber en stream og skaber en ny indeholdende de elementer fra den gamle, som opfylder en given betingelse**
  - Intermediate operation
  - Udvælgelsen sker via et **prædikat** (predicate), dvs. en lambda med returtype boolean
  - Input stream ændres ikke (streams er immutable)



Skaber en stream ud fra arraylisten (metode i ArrayList)

Prædikat, der bruger equals metoden fra String klassen til at afgøre, om det var elefanter, der blev observeret

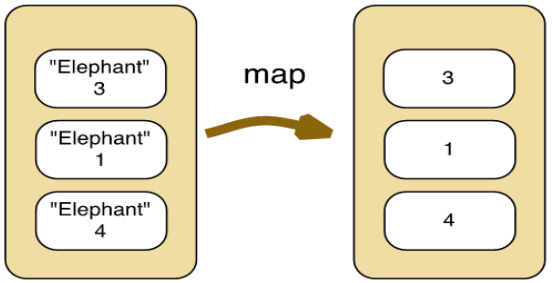
```
sightings.stream()
         .filter(s -> s.getAnimal().equals("Elephant"))
         .map(count)
         .reduce(sum);
```

`Sighting -> boolean`

- **Vi specificerer ikke typen for variablen s**
- **Oversætteren ved at sourcen leverer Sighting objekter**

Map funktionen

- **Gennemløber en stream og skaber en ny ved at bruge en lambda på hvert element i den gamle stream**
  - Intermediate operation
  - Mapningen sker ved hjælp af en **lambda**
  - Input stream ændres ikke (streams er immutable)



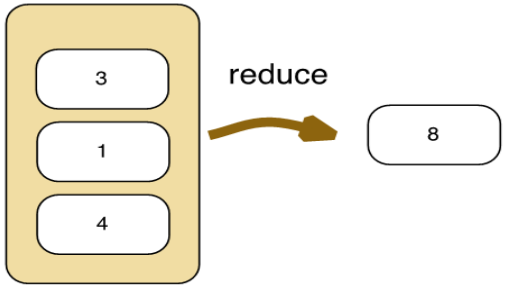

```
sightings.stream()
         .filter( s -> s.getAnimal().equals("Elephant"))
         .map( s -> s.getCount() )
         .reduce(sum);
```

`Sighting -> int`

- Vi specificerer ikke typen for variablen s
- Oversætteren ved at sourcen, og dermed filter metoden, leverer Sighting objekter
- Den nye stream er af typen Stream<Integer>

Reduce funktionen

- **Gennemløber en stream og returnerer én værdi**
  - Terminal operation
  - Metoden har to parametre
    - Første parameter er en startværdi
    - Anden parameter er en lambda med to parametre, hvor den første er det hidtidige mellemresultat, mens den anden er det element, der pt behandles
  - Input stream ændres ikke (streams er immutable)




```
sightings.stream()
         .filter( s -> s.getAnimal().equals("Elephant"))
         .map( s -> s.getCount() )
         .reduce( 0 , (result, elem) -> result + elem );
```

Startværdi

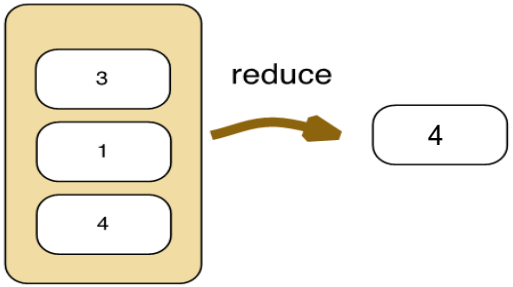
Lambda: int * int -> int

- **result indeholder det hidtidige resultat (initialiseres til startværdien)**
- **Lambda'en beskriver, hvordan den nye værdi af result findes (ud fra den gamle værdi og værdien af det element elem der pt behandles)**
- **I vores eksempel adderes elementets værdi til result, dvs. at elementerne summeres**

result = 0
(0,3) -> 3
(3,1) -> 4
(4,4) -> 8

Alternativ reduce funktionen

- Det maksimale antal elefanter, set i en enkelt sighting, kan beregnes ved at ændre den lambda, der gives som parameter til reduce




```
sightings.stream()
   .filter( s -> s.getAnimal().equals("Elephant"))
   .map( s -> s.getCount() )
   .reduce( 0 , (result, elem) -> Math.max(result, elem) );
```

Startværdi

Lambda: int * int -> int

- result initialiseres til 0 og holder det foreløbige resultat
- For hvert element elem i stream'en bruges lambda'en til at beregne det nye mellemresultat, der gemmes i result
- I dette tilfælde findes det maksimale heltal i stream'en

result = 0
(0,3) -> 3
(3,1) -> 3
(3,4) -> 4

Færdig metode (med streams og lambda'er)

```
/**
 * Return the number of sightings of the specified animal.
 * @param animal  Type of animal.
 * @return  Count of sightings of the given animal.
 */
public int getCount(String animal) {
  return sightings.stream()
      .filter( s -> s.getAnimal().equals(animal))
      .map( s -> s.getCount() )
      .reduce( 0 , (result, elem) -> result + elem );
}
```

ArrayList<Animal>

Stream<Animal>

Stream<Animal>

Stream<Integer>

int

Vores pipeline (med parameteren animal indsat i stedet for konstanten "Elephant")

Hvis man vil have parallel eksekvering af elementerne i stream'en og dermed åbne op for multi-core processering, skal man erstatte stream() med parallelStream()

Andre Stream metoder

- **Stream klassen har ca. 40 forskellige metoder, hvoraf vi i det følgende vil bruge nedenstående**
  - **count** returnerer antallet af elementer i en Stream
  - **findFirst** returnerer første element i en stream af typen Stream<T> som et objekt af typen **Optional<T>**
- **Optional<T> er et alternativ til at bruge null til at angive, at man ikke har et objekt**
  - Buges i de funktionelle dele af Java
  - Metoden **isPresent** fortæller, om der er et T objekt eller ej
  - Hvis der er et T objekt, kan dette hentes via metoden **get**
  - Optional objekter er **immutable**
- **Optional klassen har metoder til at arbejde videre med Optional værdier**
  - **orElse(T other)** returnerer det objekt, der er gemt i Optional objektet (hvis der er et sådan) og ellers værdien af parameteren (dvs. other)

IntStream

- **Stream klassen har en metode, der kan producere en IntStream**
  - **mapToInt** producerer en IntStream ud fra en Stream (ved hjælp af en brugerspecificeret lambda, der mapper hvert enkelt element i et heltal)
- **Det er vigtigt at skelne mellem IntStream og Stream<Integer>**
  - Begge er er en sekvens af heltal, men IntStream har nogle metoder, som en "almindelig" Stream ikke har
  - **sum** returnerer summen af elementerne
  - **min** og **max** returnerer mindste og største element (som en OptionalInt)
  - **average** returnerer gennemsnittet (som en OptinalDouble)

Hvorfor findes de ikke i Stream<Integer>?
Hvorfor returnerer de sidste en Optional?

- **Ved at bruge en IntStream, kan vi ofte slippe for at skrive vores egen reduce metode**

```
.mapToInt( s -> s.getCount() )
.sum();
```

● IntStream

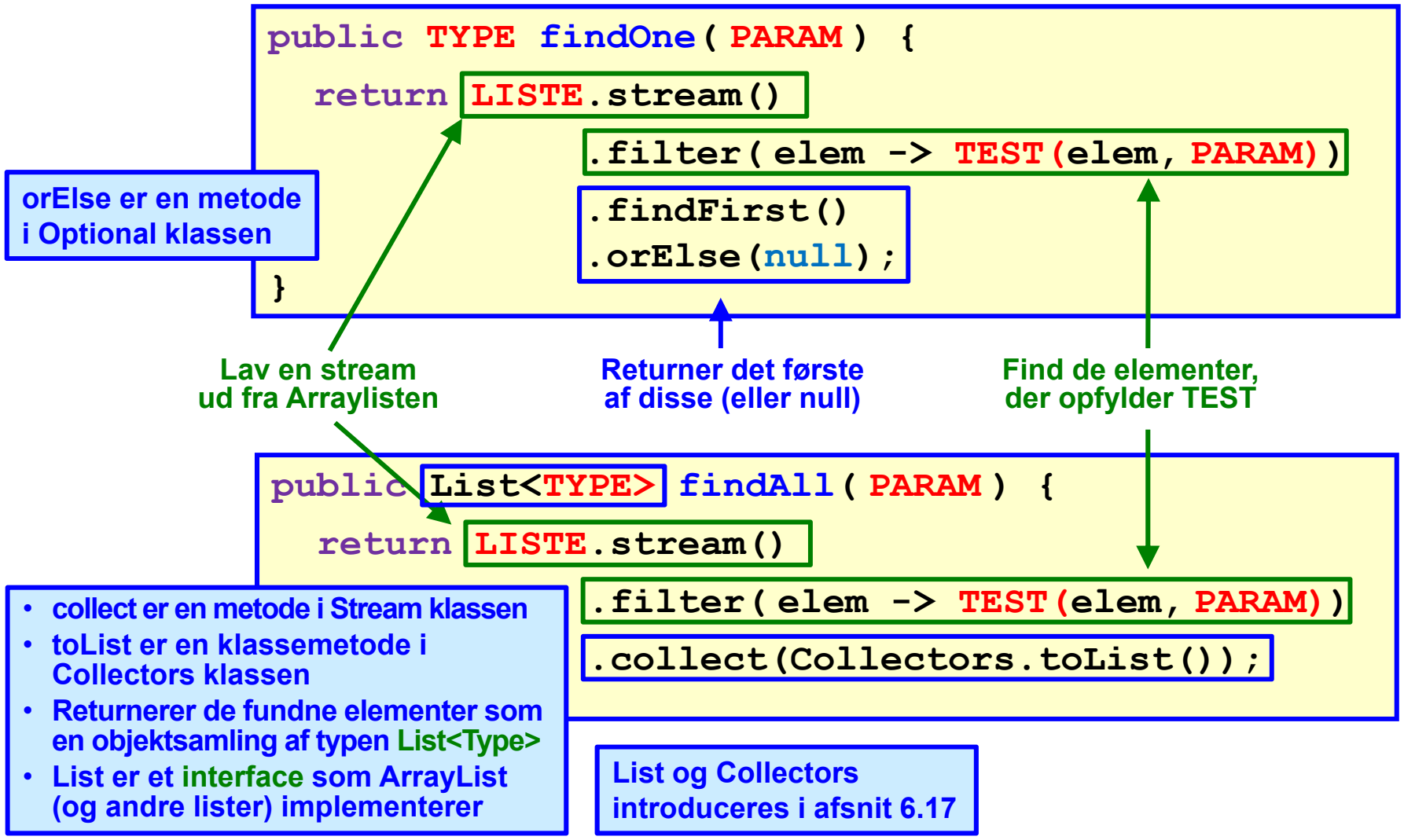
```
.mapToInt( s -> s.getCount() )
.max();
```

● IntStream

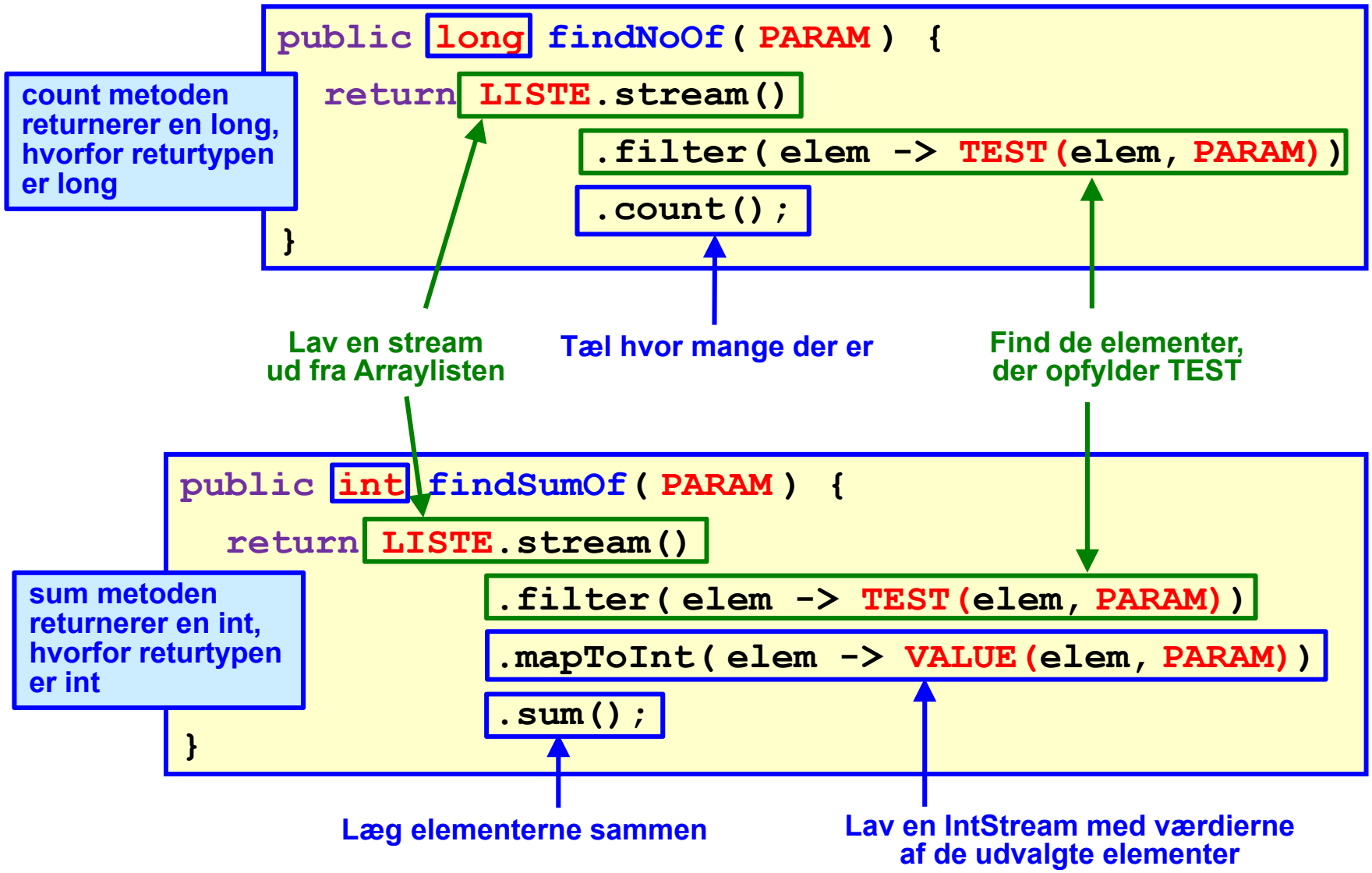
Analogt, kan man mappe en Stream til en DoubleStream eller en LongStream

Algoritmeskabelonerne, findOne + findAll

- Vores fem algoritmeskabeloner kan implementeres via streams og lambda'er



findNoOf og findSumOf



findBest

Find de elementer der opfylder TEST

```
public TYPE findBest( PARAM ) {
   return LISTE.stream()
                .filter( elem -> TEST(elem, PARAM) )
                .max(new BEST())
                .orElse(null);
}
```

Lav en stream ud fra Arraylisten

Returner bedste element (eller null)

- Ordningen bestemmes ved hjælp af en klasse BEST, der implementerer Comparator interfacet

- **Comparator interfacet har en metode, der kan lave en sådan klasse**
  - Tager en lambda som parameter og returnerer en Comparator klasse, dvs. en klasse der implementerer Comparator interfacet

```
public Dog oldestDog(){
   return dogs.stream()
               .max( Comparator.comparing ( d -> d.getAge() ))
               .orElse(null);
}
```

Klassemetode

Parameteren "udpeger" den feltvariabel, hvis værdier skal sammenlignes (ved hjælp af den naturlige ordning)

Hvis man vil finde den yngste hund, ændres max til min

Sammenligning af algoritmeskabelonerne

- De funktionelle er mere kompakte og mere ens end de imperative

De to første linjer i kroppen er helt ens

Det er kun de sidste 1-2 linjer og returtypen, der er forskellige

```
public ??? findXXX( PARAM ) {
    return LISTE.stream()
                .filter( elem -> TEST(elem, PARAM) )
                .???
}
```

findOne	`.findFirst()` `.orElse(null);`	TYPE
findAll	`.collect(Collectors.toList());`	List<TYPE>
findNoOf	`.count();`	long
findSumOf	`.mapToInt( elem -> VALUE(elem, PARAM) )` `.sum();`	int
findBest	`.max( Comparator.comparing(d -> d.getField()) )` `.orElse(null);`	TYPE

Pause

For at bruge de funktionelle skabeloner skal man importere Collections, Comparator, og Optional via import java.util.* og Collectors via import java.util.stream.Collectors

Ved køreprøven skal de to sidste opgaver løses ved hjælp af funktionel programmering, dvs. Streams, lambda'er og de funktionelle algoritmeskabeloner

Sortering

- **Indtil nu har vi sorteret ved at skrive en compareTo metode**
  - For Person klassen ser dette ud, som vist nedenfor
  - Vi sorterer efter alder og hvis to personer er lige gamle alfabetisk efter navn

```
public int compareTo(Person p){
   if(this.age != p.age) {
     return this.age - p.age;
   }
   // Alderen er identisk
   return this.name.compareTo(p.name);
}
```

Fastlæggelse af ordning via compareTo metode

```
public void printPersons(){
   Collections.sort(phones);
   for(Person p : persons {
     System.out.println(p);
   }
}
```

Sortering (via den naturlige ordning fastlagt af vores compareTo metode)

Udskrift af den sorterede arrayliste

Funktionel sortering version 1

- **Som vi har set, har Comparator interfacet en klassemetode, der gør det let at definere en ordning uden selv at skrive en compareTo metode**
  - For Persons kan dette anvendes, som vist nedenfor
  - Som før sorteres efter alder, og hvis to personer er lige gamle alfabetisk efter navn

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

Udskrift af den sorterede arrayliste

Vi sorterer to gange

- **Vil den sidste sortering ikke blot ødelægge den første?**
- **Nej, sorteringerne er stabile (stable). Det betyder, at de kun bytter om på elementer, når det er nødvendigt**
- **Derfor vil den første sortering stadig være gældende for de elementer, der har samme ordning i den anden sortering**

- **Sortering via to Comparator klasser (der anvender den naturlige ordning for henholdsvis String og int)**
- **Klassemetoden comparing returnerer et Comparator objekt**
- **Bemærk, at vi starter med det mindst betydende kriterie og slutter med det mest betydende**
- **Hvis man vil have de ældste først sætter man et minus på lambda'ens højre side**

Funktionel sortering version 2

- **Man kan nøjes med en enkelt sortering**
  - Før brugte vi to forskellige Comparator klasser, hvor den ene sorterede efter navn og den anden efter alder
  - Nu bruger vi **én** Comparator klasse, der først sorterer efter navn og dernæst efter alder

Nu er det nødvendigt at hjælpe oversætteren ved at angive p's type

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

Bemærk, at comparing er en klassemetode, mens thenComparing er en almindelig metode

- **Metode i Comparator interfacet**
- **Anvendes på det Comparator objekt, som comparing returnerer**
- **thenComparing returnerer også et Comparator objekt**
- **Nu starter vi med det mest betydende kriterie og slutter med det mindst betydende (hvilket gør koden lettere at forstå)**

Funktionel sortering version 3 og 4

- I stedet for at sortere arraylisten kan vi sortere en stream

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

Metode i Stream klassen (fungerer analogt til sort metoden i ArrayList klassen)

- Bemærk at arraylisten og den Stream, der produceres ud fra den ikke ændres.
- Metoden sorted returnerer en ny Stream, der er sorteret (som angivet af Comparator objektet)

- Derudover kan vi erstatte de tre lambda'er med metode referencer

```
public void printPerons() {
  persons.stream()
         .sorted(Comparator.comparing(Person::getAge )
                           .thenComparing (Person::getName))
         .forEach(System.out::println );
}
```

Forkortelse for lambda'en (Person p) -> p.getAge()

Forkortelse for lambda'en p -> System.out.println(p)

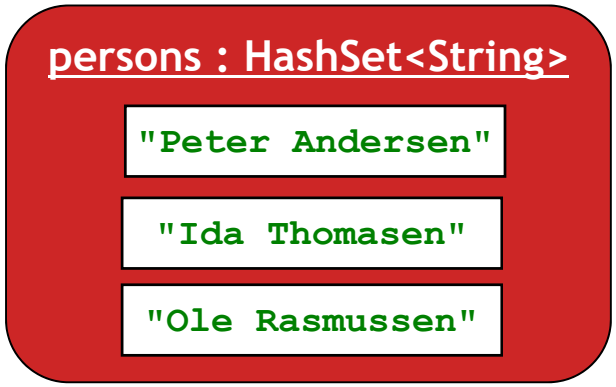
Forkortelse for lambda'en (Person p) -> p.getName()

- Metode referencer er beskrevet på side 219-220 i BlueJ bogen
- De kan også bruges i findBest algoritmeskabelonen

reversed() metoden i Comparator klassen returnerer et Comparator objekt med omvendt sortering

Set (mængde)

- **Matematisk mængde**
  - Et element kan højst forekomme **én gang** i mængden
  - Indsætter man elementet en gang til, har det ingen effekt
  - Der er mange forskellige implementationer af mængder – på samme måde, som der er forskellige implementationer af lister
  - Her vil vi se på **HashSet<E>** klassen
- **En mængde af personnavne kan modelleres via HashSet<String>**



Implementation af mængde af personer

```
import java.util.HashSet;
...
// Oprettelse af mængde
HashSet<String> persons = new HashSet<>();
// Indsættelse af personnavne
persons.add("Peter Andersen");
persons.add("Ida Thomasen");
persons.add("Ole Rasmussen");
System.out.println(persons.size());
...
// Indsæt et navn, der allerede er i mængden
persons.add("Ida Thomasen");
System.out.println(persons.size());
```

- add metoden indsætter elementer
- returnerer true, hvis mængden ændres

3

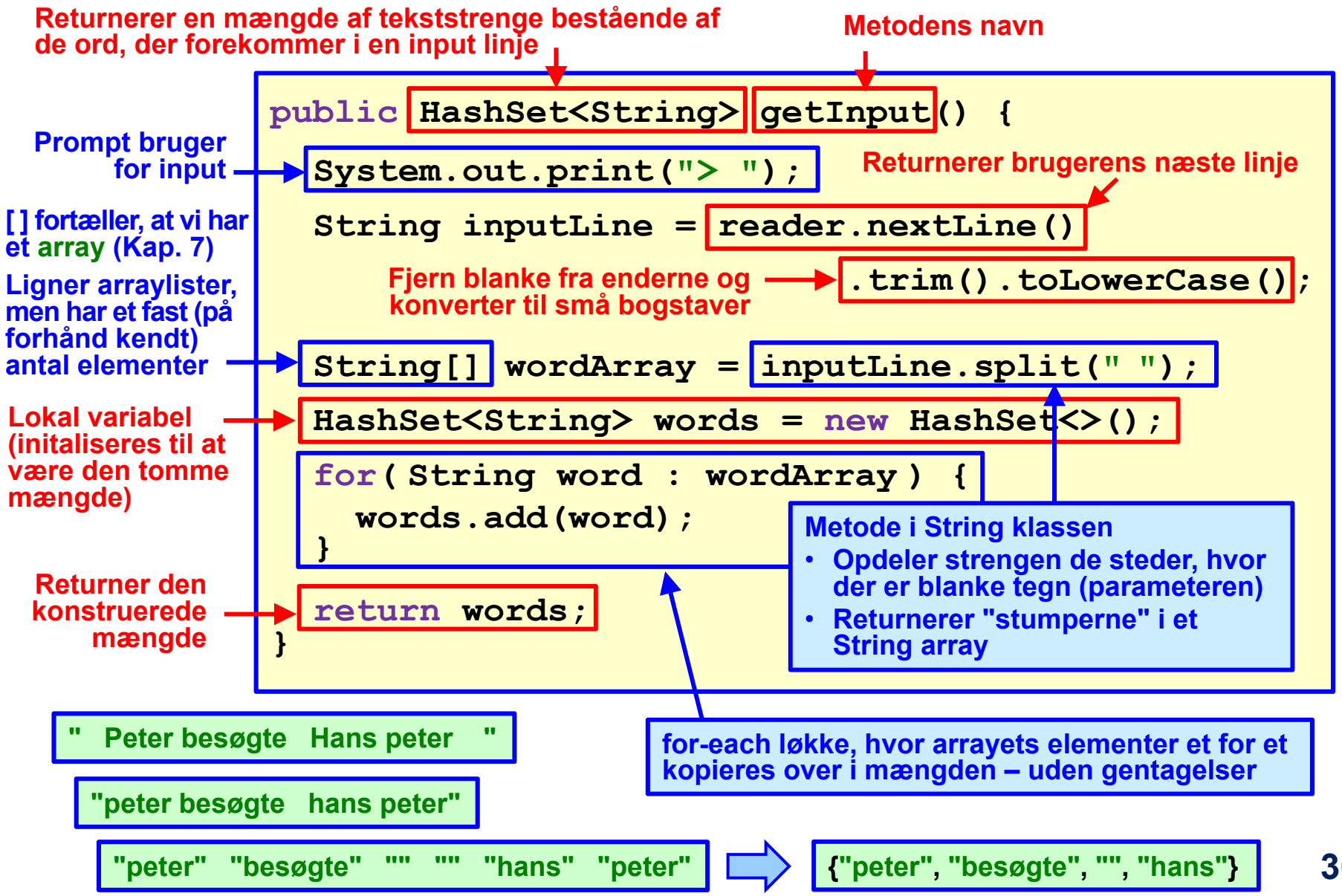
- size metoden fortæller, hvor mange elementer, der er i mængden

3

- add metoden returnerer false, hvis mængden ikke ændres
- size ændres ikke

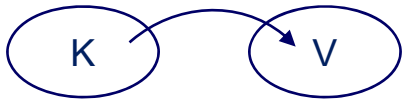
- **Det er equals metoden (for element typen E), der bruges til at afgøre, om elementet allerede forekommer i mængden**
  - Object klassen (som alle klasser er underklasser af) har en equals metode
  - Dette sikrer at alle klasser har en equals metode

Eksempel: Indlæsning af kommandoer



Map (afbildning / funktion)

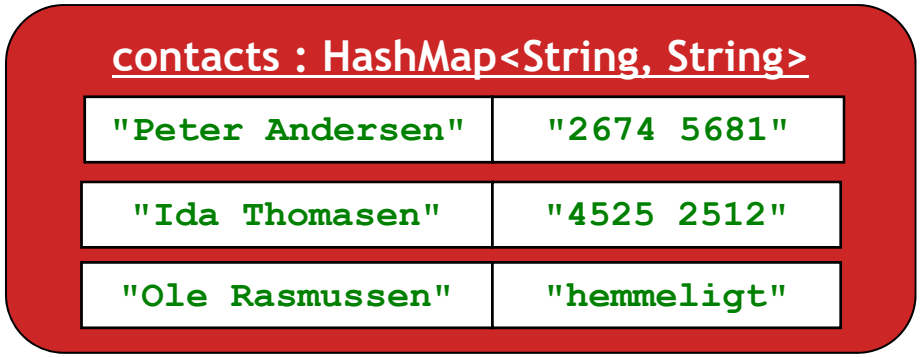
- **Matematisk funktion (afbildning) fra en mængde til en anden**
  - Der er mange forskellige implementationer af maps – på samme måde, som der er forskellige implementationer af lister og mængder
  - Her vil vi se på **HashMap<K, V>** klassen
- **Parametriseret klasse med 2 type parametre**



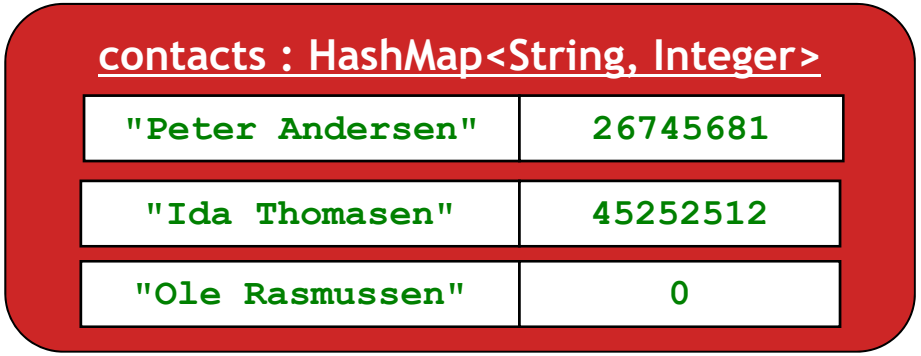
  - Første parameter **K** angiver **keys (nøgler)** – den type der afbildes fra
  - Anden parameter **V** angiver **values (værdier)** – den type der afbildes til
- **Et Map objekt indeholder par på formen (k,v), hvor k er af typen K og v af typen V**
  - Hvis man kender nøglen **k**, kan man slå værdien **v** op (ved hjælp af Map objektet)
  - En værdi **v** kan være knyttet til flere nøgler (afbildningen behøver ikke være injektiv)
  - Omvendt har en nøgle højst én tilknyttet værdi (ellers ville det være en relation og ikke en afbildning)

Telefonliste

- **En telefonliste er et typisk eksempel på brug af Map**
  - K er personer, mens V er deres telefonnumre
  - Begge repræsenteres som tekststrenge (String)



- **Alternativt kan man bruge HashMap<String, Integer>**
  - Nu er værdierne heltal (og hemmeligt nummer angives som 0)



Implementation af telefonliste

```
import java.util.HashMap;
...
...
// Oprettelse af kontaktliste
HashMap<String, String> contacts = new HashMap<>();
// Operettelse af kontakter
contacts.put("Peter Andersen", "2674 5681");
contacts.put("Ida Thomasen", "7412 3716");
contacts.put("Ole Rasmussen", "hemmeligt");
contacts.put("Ida Thomasen", "4525 2512");
// Opslag i kontaktlisten
String number = contacts.get("Ida Thomasen");
System.out.println(number);
```

- put metoden indsætter et nyt par
- Hvis nøglen allerede er i brug glemmes det gamle par

- get metoden laver opslag
- Returnerer den værdi, der er knyttet til den anvendte nøgle (null hvis nøglen ikke er i brug)

```
"4525 2512"
```

- **Andre metoder i HashMap**
  - **size** metoden fortæller, hvor mange par, der er i afbildningen
  - **keySet** metoden returnerer en **mængde** indeholdende alle de nøgler (keys), der er i brug
  - I alt er der ca. 20 metoder (kan ses i Java API'en)

Collections (objektsamlinger)

- **Forskellige måder at gruppere objekter**
  - ArrayList, LinkedList, … (lister / sekvenser)
  - HashSet, LinkedHashSet, TreeSet, … (mængder)
  - HashMap, LinkedHashMap , TreeMap, … (afbildninger / funktioner)
  - **Sidste del** af navnet angiver, om det er en liste, mængde (set) eller afbildning (map)
  - **Første del** af navnet angiver implementationsmetoden
  - Der er ca. 30 forskellige slags collections (objektsamlinger)
- **Alle collections er parametriserede typer**
  - Parametrene skal være objekt typer
  - For de primitive typer bruges de tilsvarende wrapper typer
- **Alle collections bruger de samme metodenavne**
  - F.eks. **size**, **clear** og **isEmpty**
  - Bemærk dog, at man i lister og mængder indsætter via **add** metoden, mens man i maps indsætter via **put** metoden

Polymorfe variabler

- **Når vi skriver et program, behøver vi ikke fra start at fastlægge, hvilken type objektsamling vi vil anvende**
  - I stedet for at erklære en variabel til at referere til en arrayliste

```
ArrayList<Person> persons;
```

kan man med **stor fordel** nøjes med at angive at den refererer til en liste

```
List<Person> persons;
```

- **Man kan så senere let udskifte en liste implementation med en anden**
  - Det eneste sted man skal ændre i koden er der, hvor listen oprettes. Her angiver man, hvilken liste implementation, man vil bruge

```
persons = new ArrayList<>();
```

```
persons = new LinkedList<>();
```

Variablen persons er polymorf, fordi den kan pege på værdier af forskellig type

- **Tilsvarende kan vi bruge polymorfe variabler for mængder og afbildninger**

```
Set<Person> persons;
```

```
Map<Person,Person> farthers;
```

List, Set og Map er interfaces (som vi skal kigge nærmere på i Kap. 12)

Dokumentation

- **Når I fremover konstruerer en klasse skal den dokumenteres lige så godt som klasserne i Javas API**
  - Ellers får I genaflevering
  - Gælder dog **ikke** køreprøvesættene
- **For klassen skal I angive**
  - En kommentar der beskriver klassens overordnede formål og virkemåde (se eksempler i Javas API)
  - Et versionsnummer (som bør indeholde datoen)
  - Forfatterens navn(e)

```
/**
 * Comment
 */
```

```
@version 2019-12-24
```

```
@author Kurt Jensen
```

- **For hver konstruktør/metode skal I angive**
  - En kommentar der beskriver virkemåden
  - Beskrivelse af de enkelte parametre
  - Beskrivelse af den returnerede værdi

```
/**
 * Comment
 */
```

- Første sætning bruges i "Summary"-delen
- Hele kommentaren bruges i "Details"-delen

```
@param animal  Type of animal.
```

```
@return  List of all sightings.
```

Skift fra Source code til Documentation view (i BlueJ editoren) for at kontrollere, at jeres dokumentation ser fornuftig ud

Opsummering

- **Funktionel programmering i Java (Kapitel 5)**
  - Forskellen på imperative og funktionelle programmeringssprog
  - Lambda'er (kodestumper, der kan bruges som parametre i et metodekald)
  - Streams (sekvenser / strømme af data)
  - De fem algoritmeskabeloner implementeret ved hjælp af streams og lambda'er
  - Sortering ved hjælp af lambda'er
- **Forskellige objektsamlinger (Kapitel 6)**
  - Liste (kendt fra ArrayList)
  - Sæt (mængde)
  - Maps (afbildning / funktion)
  - Polymorfe variabler
- **Dokumentation af jeres egne klasser**

Køreprøven

- **Opgave 1-10 skal løses ved hjælp imperativ programmering. Man må altså ikke bruge streams og lambda'er**
- **Opgave 11-12 skal løses ved hjælp af funktionel programmering, dvs. streams, lambda'er og de funktionelle algoritmeskabeloner**

Husk at I SKAL tjekke køreprøveopgaverne ved hjælp af testserveren, før I afleverer dem

- **Så ved I, at de virker**
- **Instruktorerne kigger på koden i testserveren**

Resten af kapitel 6 i BlueJ bogen

- **Kapitel 6 er forholdsvis langt, men det indeholder mange ting, som I allerede er stødt på her i kurset og derfor vil have let ved at læse**
  - Læsning og skrivning af Java dokumentation
  - Brug af klassen Random til at generere tilfældige tal
  - Import af klasser og pakker fra Javas klassebibliotek
  - Automatisk konvertering af værdier mellem primitive typer og de tilhørende wrapper klasser
  - Brug af nøgleordene public og private
  - Klassevariabler og klassemetoder (static)
  - Konstanter (final)
- **Læs kapitlet grundigt – uden at springe afsnit over**
  - Det er nyttig repetition og tilføjer **mange nye detaljer**

Status

- **Forelæsninger**
  - Dagens forelæsning er den sidste før køreprøve og efterårsferie
  - I har nu haft 10 forelæsninger og mangler kun 7
- **Når I når frem til køreprøven, har i afleveret**
  - 6 programmeringsopgaver (Raflebæger, Skildpadde og Billedredigering)
  - 7 køreprøvesæt
  - 5 quizzer
  - 4 studieteknikopgaver
- **I mangler så kun 7 programmeringsopgaver**
  - De er noget større end dem, som I hidtil har haft, men de enkelte dele er ikke meget sværere
  - Al erfaring viser, at hvis I kan klare opgaverne frem til køreprøven, kan I også klare de sidste syv

Forberedelse til køreprøven

- **Husk at se videoerne om køreprøvesættene**
  - Hvis du ikke allerede har set videoerne om Phone, Pirate, Car og Turtle, er det **på høje tid**, at du ser dem nu
  - Se også Penguin (der løses ved hjælp af funktionel programmering)
- **Det er ikke nok at se videoerne**
  - Efter hvert sæt, bør I **selv** prøve at løse opgaverne
  - Hvis det kniber, ses videoerne igen
  - Bliv ved, indtil I kan løse sættet hurtigt og sikkert (tag tid)
- **Løs tidligere opgavesæt**
  - Kan findes på Brightspace siden ”Køreprøvesæt fra tidligere år” under ”Øvelser (inklusiv afleveringsopgaver)”
  - Det er helt normalt, at det på nuværende tidspunkt tager 1 time at løse et opgavesæt
  - Til køreprøven kan de fleste studerende klare det på 30 minutter
  - Test din besvarelse ved hjælp af testserveren (gælder også de sæt, der er på videoerne, og de sæt, som I skal aflevere i uge 5 og 6)
- **Deltag i prøve-køreprøven ved den første øvelsesgang i uge 7**

Træning i mundtlig præsentation

- **I kurset sidste halvdel er der intensiv træning i, hvordan man går til mundtlig eksamen**
  - I skal hver især lave 2 præsentationer af et eksamensspørgsmål (studerende på Hold 1 slipper dog med 1 præsentation)
  - Det er den eneste gang under jeres studier, at I får systematisk oplæring i og feedback omkring, hvordan man laver en god mundtlig præsentation
  - Kan få stort betydning for jeres fremtidige eksaminer og jeres fremtidige job
- **Held og lykke med køreprøven**
  - Hvis I forbereder jer godt, har I intet at frygte
  - Sidste år var der 75 % som afleverede fuld besvarelse og 90 % fik mindst 4 tjekpunkter godkendt
  - Rekorden for fuld besvarelse er imponerende 11 minutter og 13 sekunder
  - De tre hidtil hurtigste tider indehaves af Hans Christian, Magnus og Mikkel, som nu alle er instruktorer på kurset

Det var alt for nu….. … spørgsmål