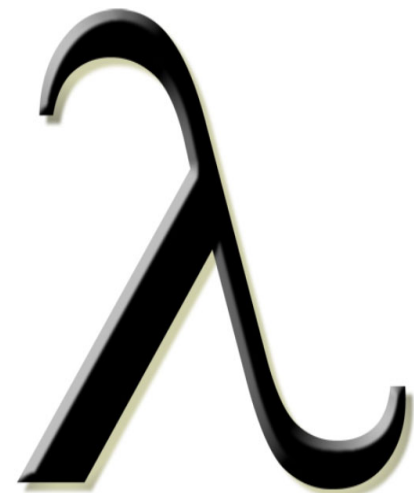


● Forelæsning Uge 5 – Torsdag

- **Funktionel programmering i Java (Kapitel 5)**
 - De dele af Java, som I har set indtil nu, er **imperative**
 - Funktionelle programmeringssprog fungerer anderledes
 - De er ofte kortere, mere letlæselige og nemmere at bevise korrekte
 - Som I vil se, bliver de fem algoritmeskabeloner og sortering simple, idet man ikke selv skal skrive så meget kode
- **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**

```
 $\lambda n. n+1$ 
```

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));  
}
```

forEach er en **metode** i ArrayList klassen (og andre collections)

- Tager en lambda som parameter
- Bruger lambda'en på alle elementerne

↑
Lambda

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

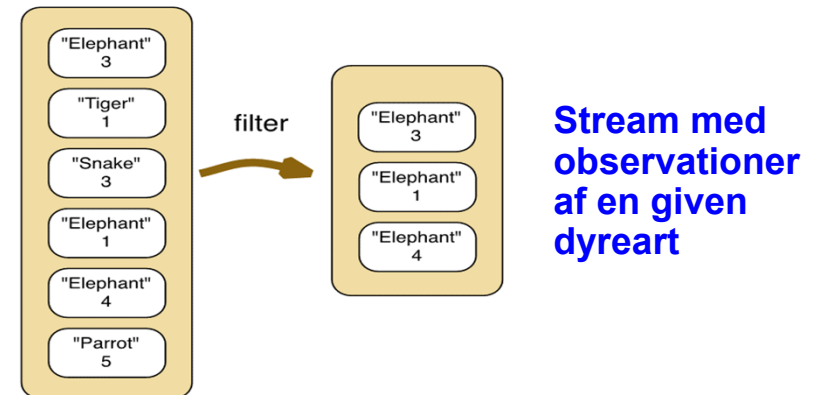
● Streams i Java (interfacet Stream<T>)

- **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)

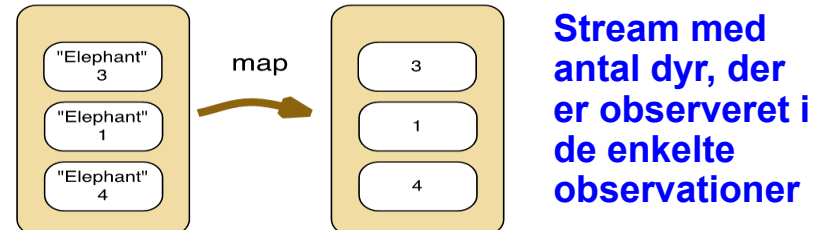
- **filter funktionen**

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



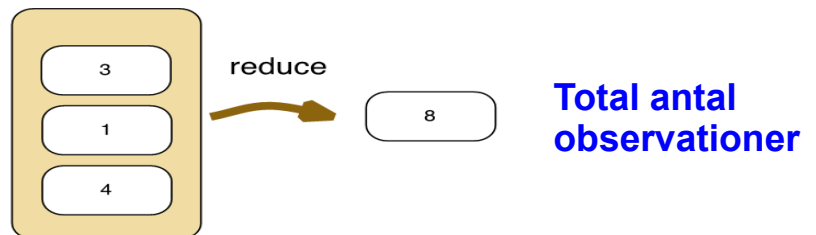
- **map funktionen**

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



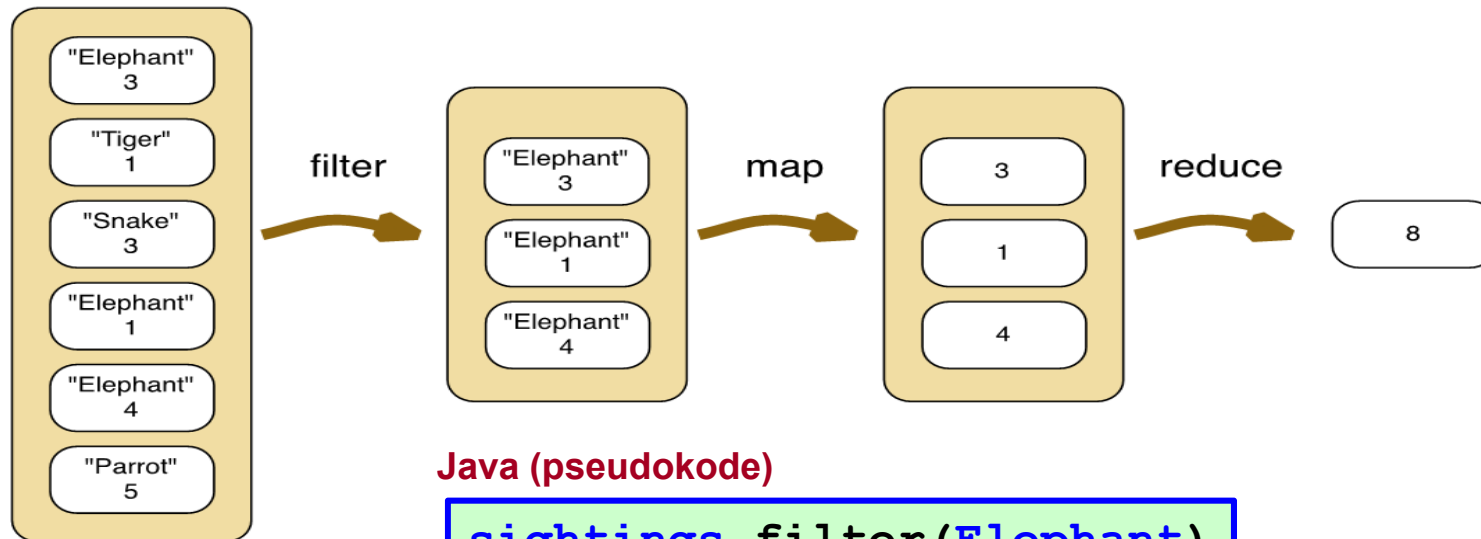
- **reduce funktion**

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



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

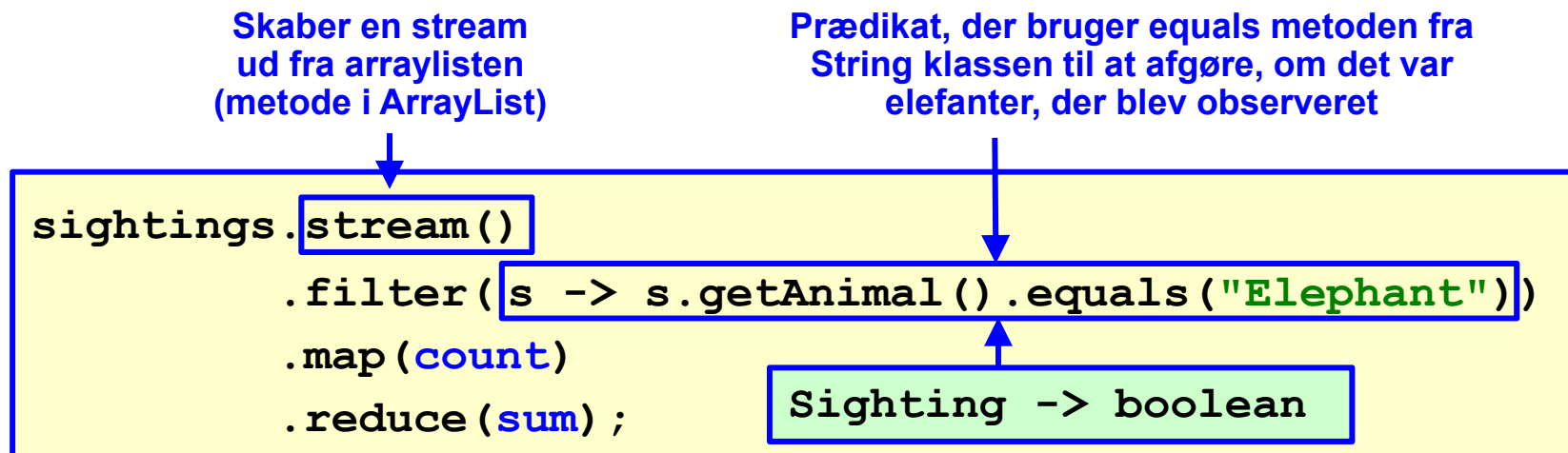
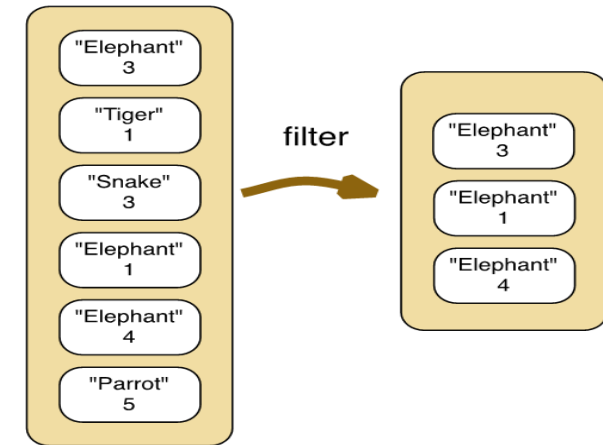
```
sightings.filter(Elephant)
           .map(count)
           .reduce(sum) ;
```

```
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)

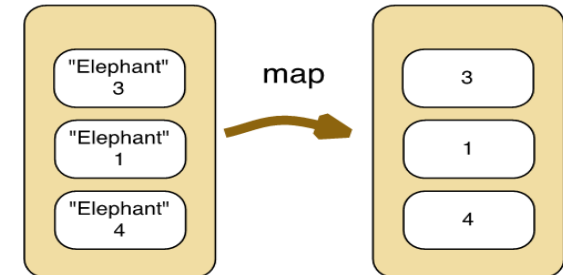


- Vi specificerer ikke typen for variabelen s
- Oversætteren ved at sourcen leverer Sighting objekter

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);
```

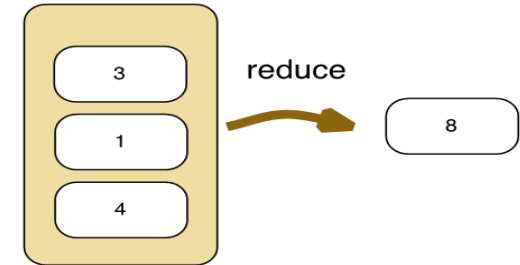
Sighting -> int

- Vi specificerer ikke typen for variabelen 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

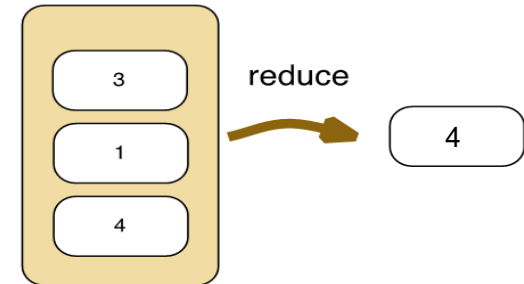
Lambda: $\text{int} * \text{int} \rightarrow \text{int}$

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

result
↓
elem ↓ 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: $\text{int} * \text{int} \rightarrow \text{int}$

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

elem	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() ● Stream<Sighting>
        ● ArrayList<Sighting> .filter( s -> s.getAnimal().equals(animal)) ● Stream<Sighting>
        .map( s -> s.getCount() ) ● Stream<Integer>
        .reduce( 0 , (result, elem) -> result + elem ); ● 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()**
- Giver kun en tidsgevinst, hvis man har **mange elementer**

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

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

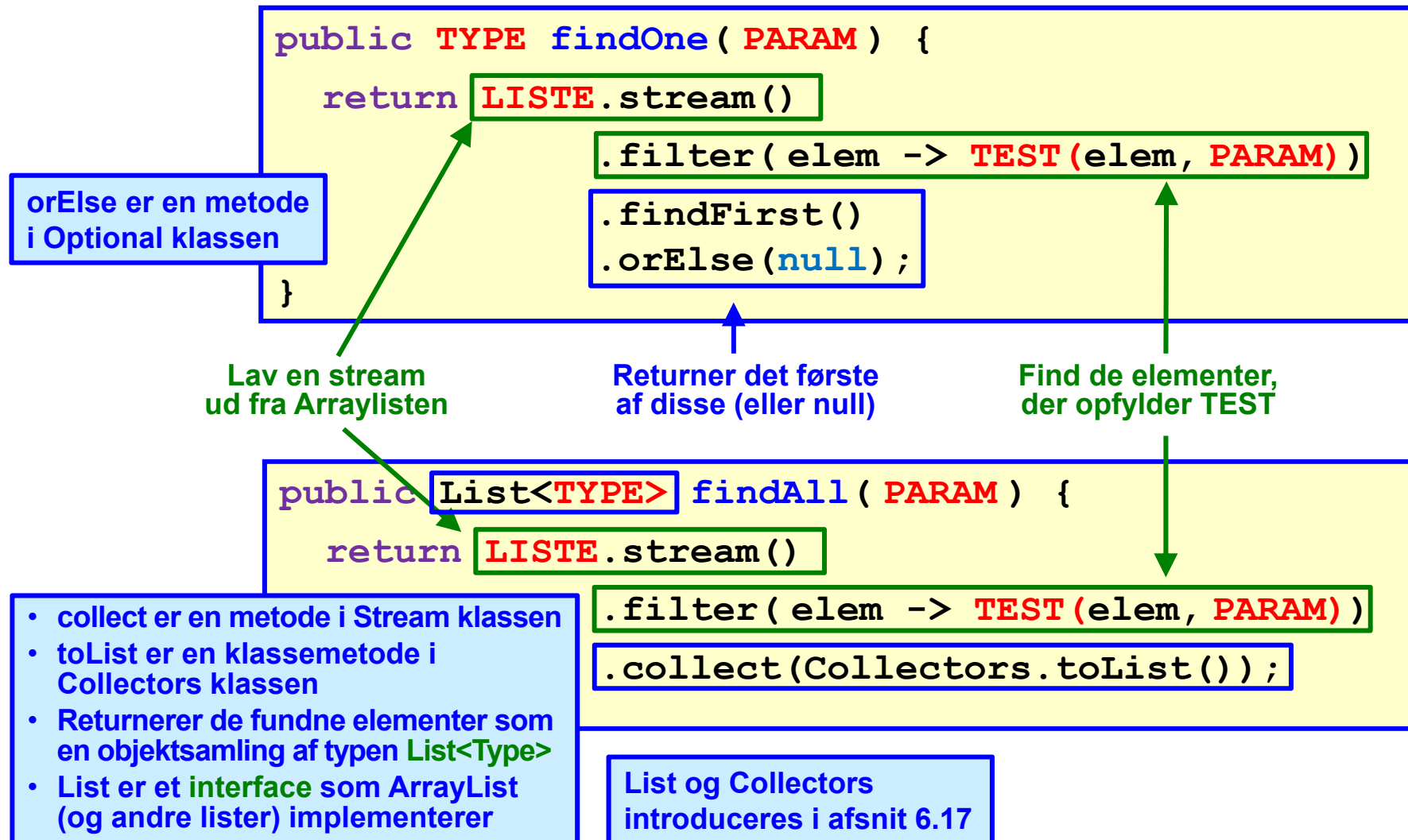
```
.mapToInt ( s -> s.getCount() ) ● IntStream  
.sum () ;
```

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

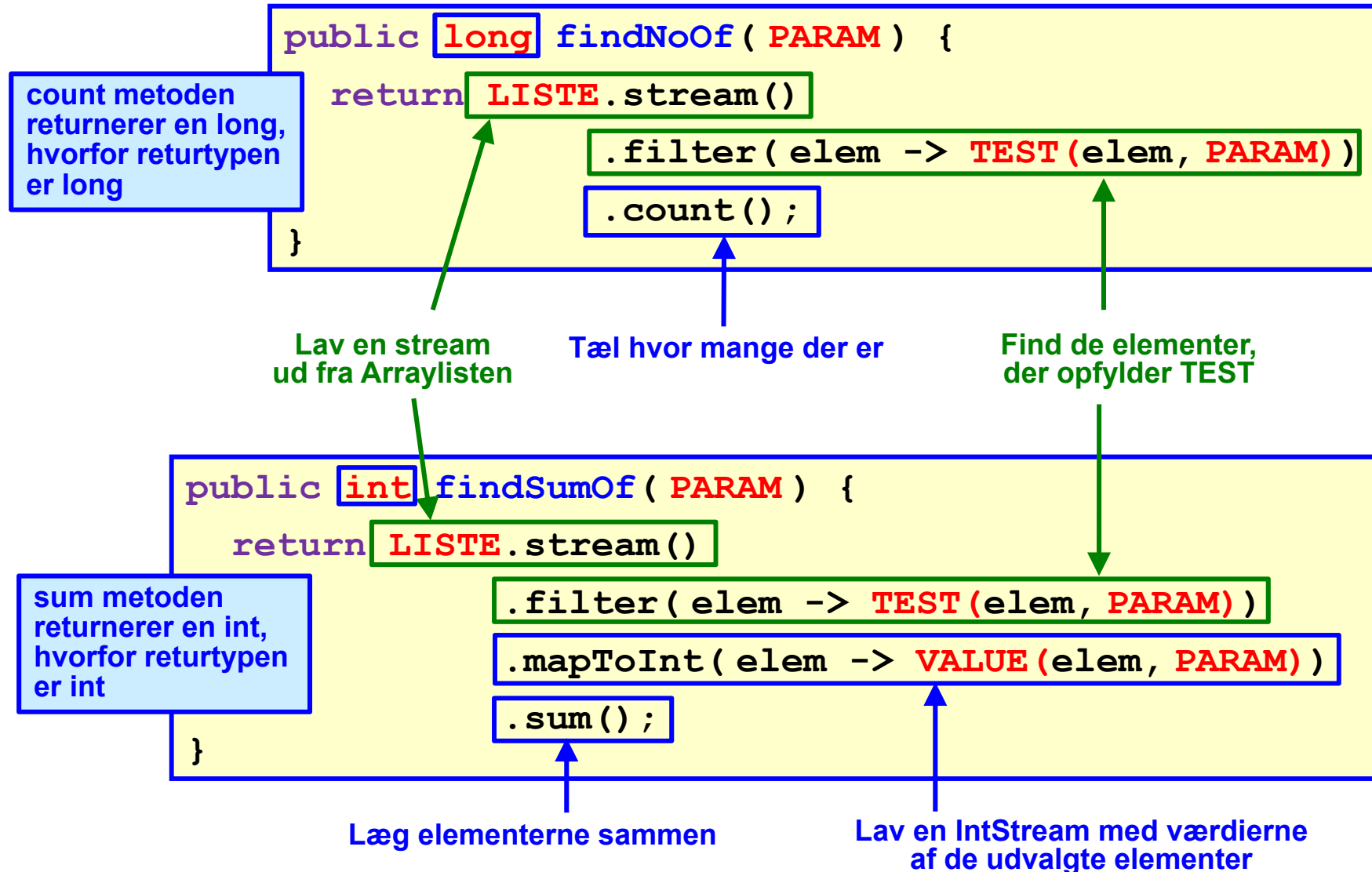
Analogt, kan man mappe en Stream til en DoubleStream eller en LongStream

● 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 interface

- **Comparator interface 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 interface

```
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 primært sorterer efter alder og sekundært efter navn

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

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

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

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

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

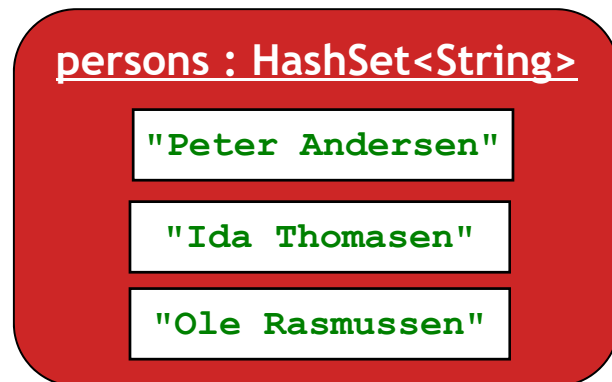
reversed() metoden i Comparator klassen returnerer et Comparator objekt med omvendt sortering

● 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

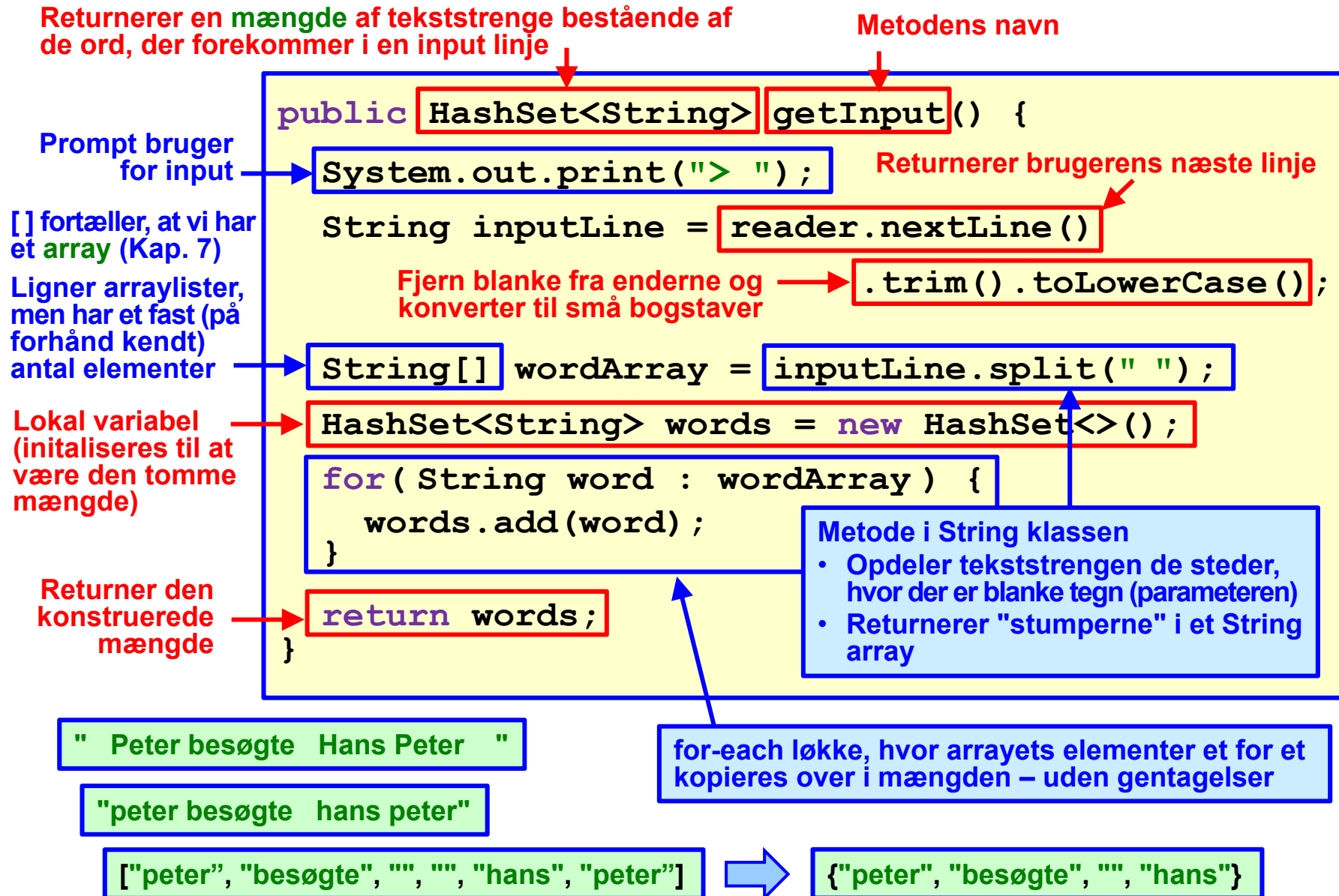
- size metoden fortæller, hvor mange elementer, der er i mængden

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

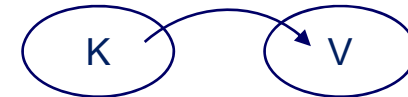


● Map (afbildning / funktion)

- **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 tekststreng (String)

<u>contacts : HashMap<String, String></u>	
"Peter Andersen"	"2674 5681"
"Ida Thomasen"	"4525 2512"
"Ole Rasmussen"	"hemmeligt"

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

<u>contacts : HashMap<String, Integer></u>	
"Peter Andersen"	26745681
"Ida Thomasen"	45252512
"Ole Rasmussen"	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

"4525 2512"

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

- **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**, **isEmpty**, **get** og **remove**
 - 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

```
@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

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

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

● Opsummering

- **Funktionel programmering i Java (Kapitel 5)**

- Forskellen på imperative og funktionelle programmeringssprog
- Lambda'er (kdestumper, 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 af **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
- Testserveren bruges **ikke** under køreprøven

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 quizzes
 - 2 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
 - Der er stort set ingen, der falder fra i kursets sidste halvdel

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 instruktører på kurset

Det var alt for nu.....

... spørgsmål

