

Forelæsning Uge 11

- **Nedarvning – en af de mest geniale konstruktioner i objektorienterede sprog**
 - En klasse kan være en subklasse af en anden
 - Det betyder at subklassen arver feltvariabler og metoder fra klassen
- **Object klassen**
 - Indeholder en række nyttige metoder, bl.a. toString, equals, hashCode og getClass
 - Alle klasser er subklasser af Object klassen, hvorfor de arver ovenstående metoder
- **Protected access**
 - Alternativ til public og private
- **Projektopgave om computerspil**
 - I kursets sidste fem uger skal I (sammen med jeres makker) programmere et computerspil

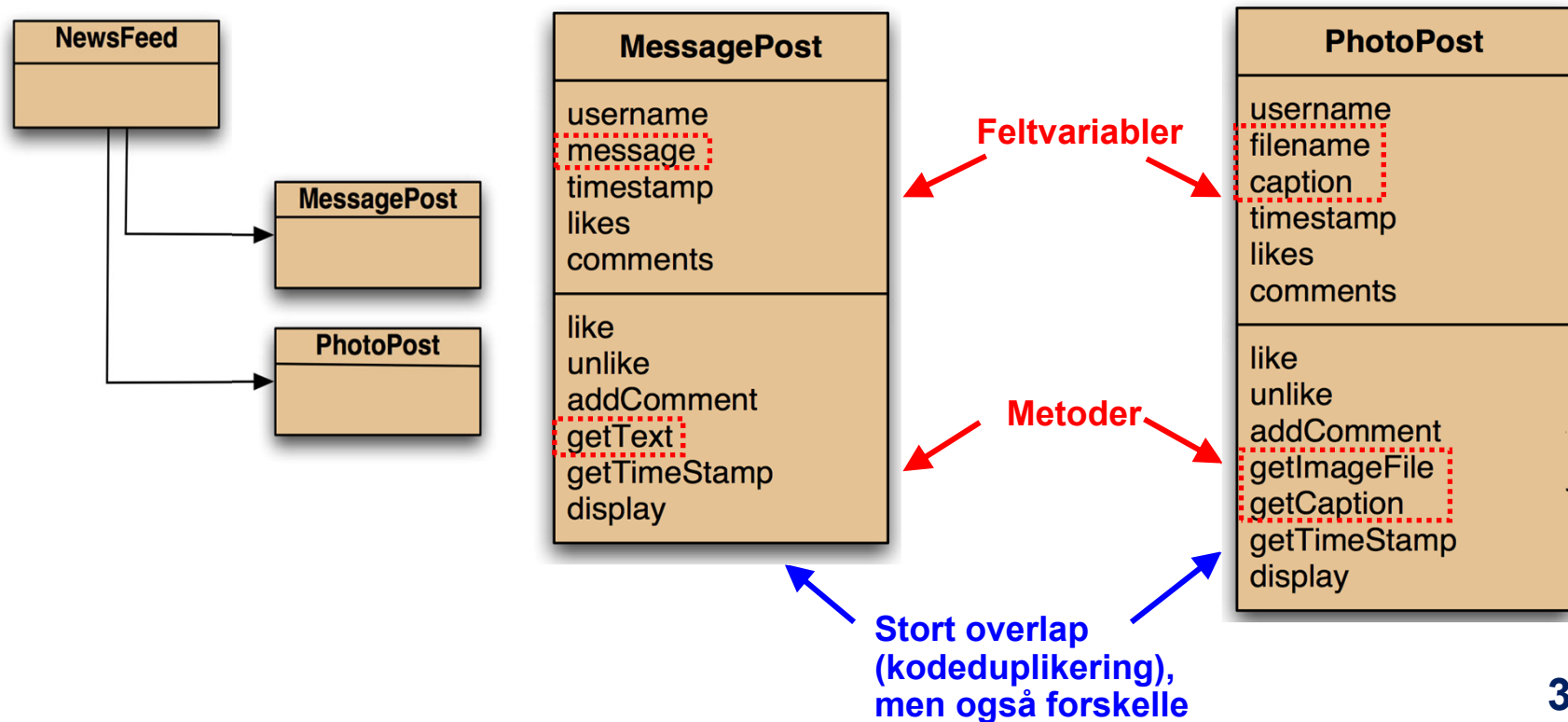


Træning i mundtlig præsentation

- **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
- **Evnen til at lave gode mundtlige præsentationer kan forbedres kraftigt ved intensiv træning**
 - Vi bruger derfor den anden af de to ugentlige øvelsesgange på dette
 - Det er **obligatorisk** at lave mindst 2 præsentationer – som skal **godkendes** af instruktoren
- **Tag træningen alvorligt**
 - Det er den eneste gang under jeres studier, hvor I får **omfattende konstruktiv feedback** på, hvordan I kan **forbedre** jeres mundtlige præsentationer – og dermed jeres karakterer ved mundtlig eksamen
 - Træning gør mester – de timer I bruger på det, er virkelig godt givet ud
 - Se videoerne om den "perfekte" eksamenspræstation og hør jeres medstuderendes præsentationer – det lærer I også meget af

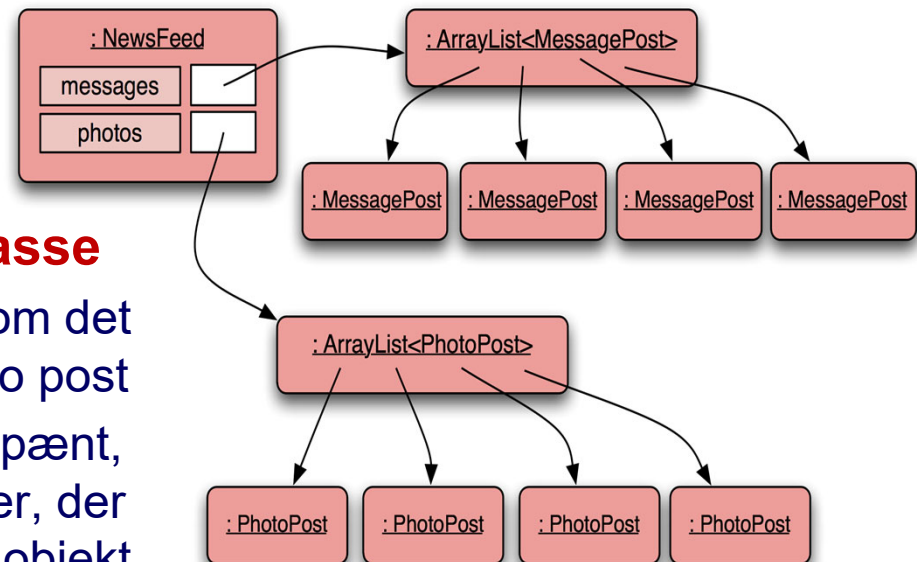
● Nedarvning (subklasser)

- Vi vil gerne modellere et simpelt nyhedssystem (NewsFeed) med to slags meddelelser
 - Almindelige tekstmeddelelse (MessagePost)
 - Fotomeddelelse (PhotoPost)
- Uden brug af nedarvning ser det sådan ud



Dublering af kode

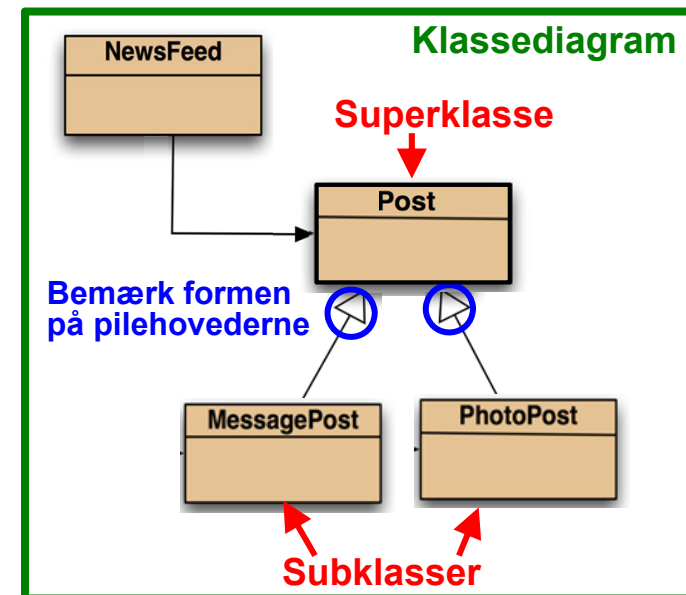
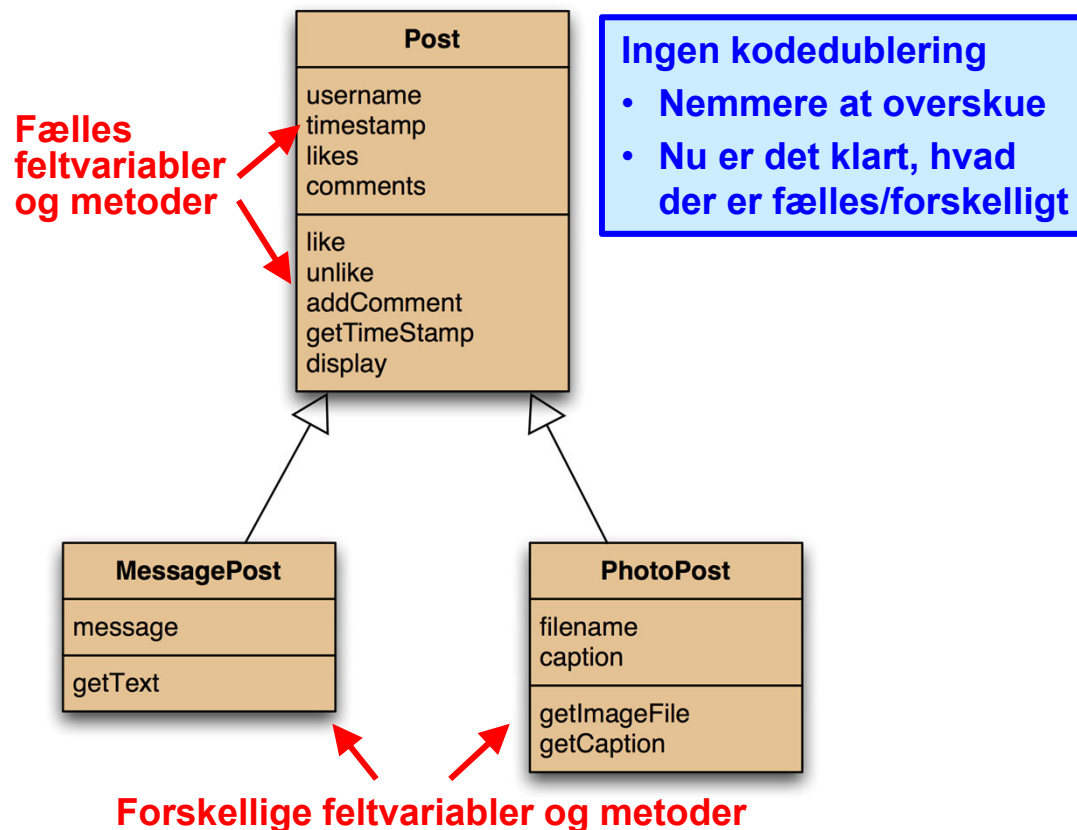
- **MessagePost og PhotoPost ligner hinanden**
 - Store dele af de to klassers Java kode er identiske
 - Det gør koden svær at overskue og vanskelig at vedligeholde
 - Der opstår let fejl og inkonsistens, f.eks. når man ændrer noget i den ene klasse, men glemmer at rette i den anden
- **Også dublering i NewsFeed klassen**
 - Den har to arraylister
 - Mange metoder gennemløber begge lister (dubleret kode)
- **Vi kunne nøjes med en Post klasse**
 - Med en feltvariabel, der angiver om det er en message post eller en photo post
 - Men det bliver heller ikke særligt pænt, idet der så er feltvariabler/metoder, der ikke giver mening for det enkelte objekt



Det er selvfølgelig endnu værre, hvis vi i stedet for to slags postings har mange forskellige slags

Brug af nedarvning (subklasser)

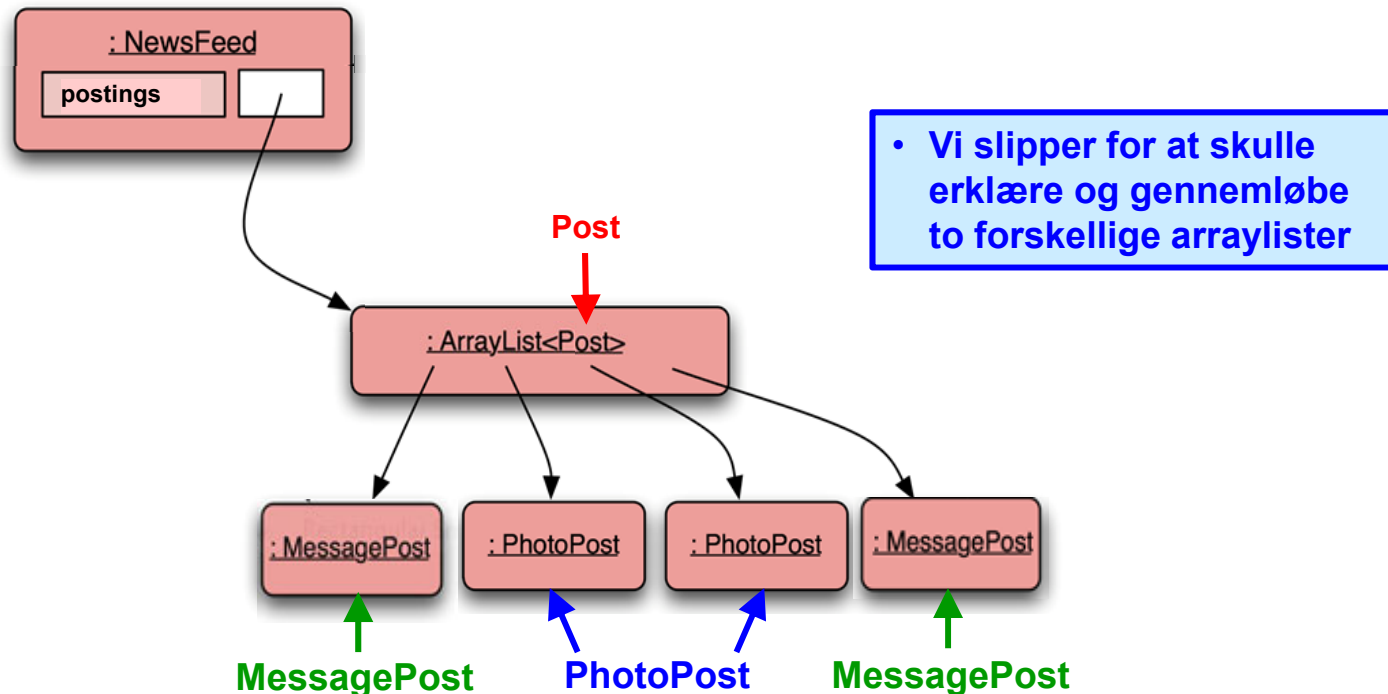
- Vi kan i stedet lave en **Post** klasse, som har **MessagePost** og **PhotoPost** som **subklasser** (underklasser)
 - En subklasse **arver** alle feltvariabler og metoder fra den oprindelig klasse, som kaldes en superklasse
 - Alt det der er fælles for subklasserne placeres i superklassen



- Newsfeed klassen bruger **Post** klassen, men har ikke behov for at kende noget til underklasserne

NewsFeed klassen

- Vi undgår også kodedublering i NewsFeed klassen
 - Nu har vi kun **én** arrayliste med elementtypen **Post**
 - Alle de steder, hvor man skal bruge et **Post** objekt, kan man i stedet bruge et objekt fra en **subklasse**
 - Dvs. at elementerne i arraylisten kan være af typen **Post**, **MessagePost** eller **PhotoPost**



Nedarvning i Java

```
public class Post {
```

Superklasse

```
    private String username;  
    private long timestamp;  
    private int likes;  
    private ArrayList<String> comments;
```

4 feltvariabler

```
    public Post(String author) {  
        username = author;  
        timestamp = System.currentTimeMillis();  
        likes = 0;  
        comments = new ArrayList<>();  
    }
```

Konstruktør
• Initialiserer de
4 feltvariabler

Angiver at klassen er
en **subklasse** af Post

```
    // Methods omitted
```

```
}
```

```
public class MessagePost extends Post {
```

Subklasse

```
    private String message;
```

```
    public MessagePost(String author, String text) {  
        super(author);  
        message = text;  
    }
```

Kald af superklassens konstruktør
(med de rette parametre)

```
    // Methods omitted
```

```
}
```

Feltvariabel

- I tilgift til de 4,
der nedarves

Konstruktør

- Kaller superklassens konstruktør, så de fire nedarvede feltvariabler bliver initialiseret
- Initialiserer egen feltvariabel

Access rettigheder

```
public class Post { Superklasse
    private String username;
    private long timestamp;
    private int likes;
    private ArrayList<String> comments;
    public Post(String author) {
        username = author;
        timestamp = System.currentTimeMillis();
        likes = 0;
        comments = new ArrayList<>();
    }
    // Methods omitted
}
```

Subklassen arver de fire feltvariabler i superklassen

- Men de er **private**, og derfor kan subklassen (som alle andre klasser) kun tilgå dem via **public** accessor og mutator metoder defineret i superklassen

public metoder fra superklassen kan kaldes i subklassen som om de var lokale

- Uden brug af dot notation, f.eks. `getTimestamp()`

- Java kræver, at første sætning i en subklassens konstruktør er et kald til superklassens konstruktør
- Hvis dette ikke er tilfældet, indsætter compileren et sådant kald (uden parametre)
- Det virker kun, hvis der er en konstruktør uden parametre

```
public class MessagePost Subklasse extends Post {
    private String message;
    public MessagePost(String author, String text) {
        super(author);
        message = text;
    }
    // Methods omitted
}
```


Subtyper

- **Alle objekt klasser bestemmer en type**
 - Når en klasse B er en subklasse af klassen A, siger vi at typen B er en subtype af typen A (som er en supertype af typen B)
- **De steder, hvor der skal bruges et objekt af typen A, kan man i stedet bruge et udtryk b, der evaluerer til et objekt af en subtype B**
 - Assignments
 - Parameterværdier
 - Returværdier
 - Elementer i objektsamlinger
- **Ovenstående er kendt som Liskovs substitutionsprincip**
 - Vi har tidligere sagt at typerne skal **matche** (for assignments, parametre, returværdier og objektsamlinger)
 - Mere præcist betyder det, at typen af udtrykket **b** skal være en subtype af den forventede type **A** (eller A selv)

```
a = b;
```

```
public void pip(A param) {...};
```

```
public A pop() {  
    ...  
    return b;  
    ...  
}
```

```
pip(b);
```

```
ArrayList<A> list;  
list.add(b);
```

NewsFeed klassen

```
public class NewsFeed {  
    private ArrayList<Post> posts;  
    public NewsFeed() {  
        posts = new ArrayList<>();  
    }  
    public void addPost(Post post) {  
        posts.add(post);  
    }  
    public void show() {  
        for(Post post : posts) {  
            post.display();  
            System.out.println();  
        }  
    }  
}
```

Feltvariabel

- Arrayliste med elementtypen Post
- Elementerne i listen vil være af typen MessagePost eller PhotoPost (eller Post)

Konstruktør

- Initialiserer feltvariablen

Metode til indsættelse af postings

- Bemærk at parameteren er af typen Post
- Argumenter af typen MessagePost og PhotoPost er også lovlige

Metode til udskrift af alle postings

- For-each løkken løber arraylisten igennem og udskriver de enkelte elementer ved hjælp af display metoden fra Post klassen

Statisk og dynamisk type

- Lad os se lidt nærmere på show metoden fra foregående slide

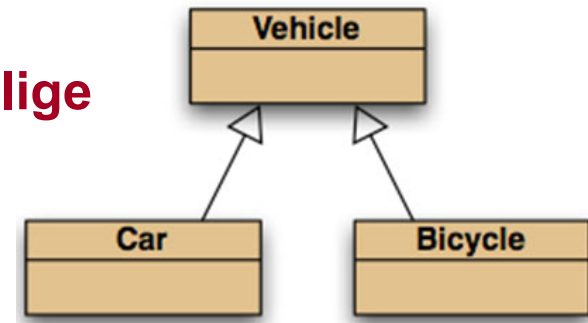
```
public void show() {  
    for(Post post : posts) {  
        post.display();  
        System.out.println();  
    }  
}
```

- Den lokale variabel **post** er erklæret til at have typen **Post**
 - Vi siger derfor, at den **statiske type** for variabelen **post** er **Post**
- Javas variabler er **polymorfe** (\approx kan antage forskellige former)
 - De kan pege på objekter af forskellig type
 - Når **post** peger på et **MessagePost** objekt er den **dynamiske type** **MessagePost**
 - Når **post** peger på et **PhotoPost** objekt er den **dynamiske type** **PhotoPost**
 - Når **post** peger på et **Post** objekt er den **dynamiske type** **Post**
- **Opsummering**
 - Den **statiske type** bestemmes af variabelens erklæring
 - Den **dynamiske type** bestemmes af det objekt, som variabelen **pt** peger på
 - Den dynamiske type er altid en **subtype** af den statiske type (eller identisk med denne)

Typecheck

- Liskovs substitutions princip betyder at nedenstående tre assignments alle er lovlige

```
Vehicle v1 = new Vehicle();  
Vehicle v2 = new Car();  
Vehicle v3 = new Bicycle();
```



- Oversætterens typecheck anvender de **statiske typer**
 - De dynamiske typer kendes først under programudførelsen, og kan derfor ikke bruges af oversætteren (som ikke aner, hvad de er)
 - I nedenstående erklæringer, har v Vehicle som statisk type, mens c har Car som statisk type – begge har Car som dynamisk type

```
Vehicle v = new Car();  
Car c = new Car();
```

- Ifølge Liskovs substitutionsprincip er det **lovligt** at assigne c til v

```
v = c;
```

- c's **statiske type**, Car, er en subtype af v's **statiske type**, Vehicle

- Det modsatte er **ulovligt** – og giver en **oversætterfejl**

```
c = v;
```

- v's **statiske type**, Vehicle, er ikke en subtype af c's **statiske type**, Car
- Det er lige meget at v's **dynamiske type** er Car

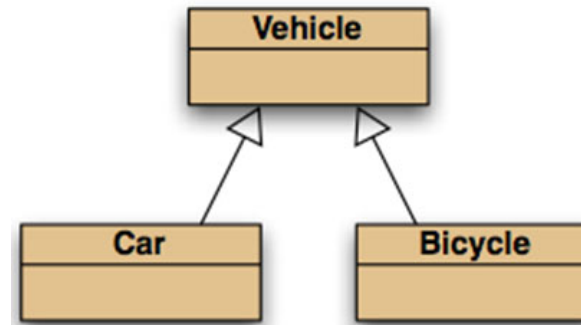
Typeskift (type cast)

Samme erklæringer som før

```
Vehicle v = new Car();  
Car c = new Car();
```

```
c = v;
```

Ulovligt



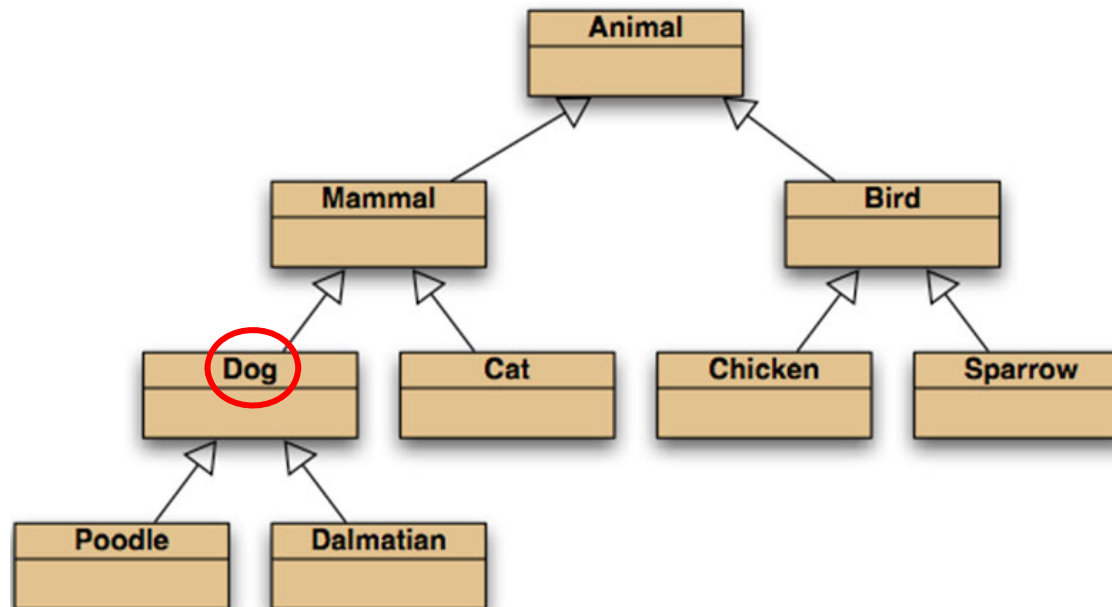
- Ved at bruge et **type cast** kan vi ændre den **statiske type** af et udtryk

```
c = (Car) v;
```

- Højresiden af assignment har nu den statiske type Car, og oversætteren godkender derfor assignmentet
 - Under **udførslen** af programmet tjekkes det, at den **dynamiske type** af v er Car (eller en subtype af Car)
 - Ellers får man en run-time fejl (ClassCastException)
- **Objektet, som v peger på, ændres ikke ved et type cast**
 - Det eneste, der ændres, er **oversætterens opfattelse** af udtrykkets type

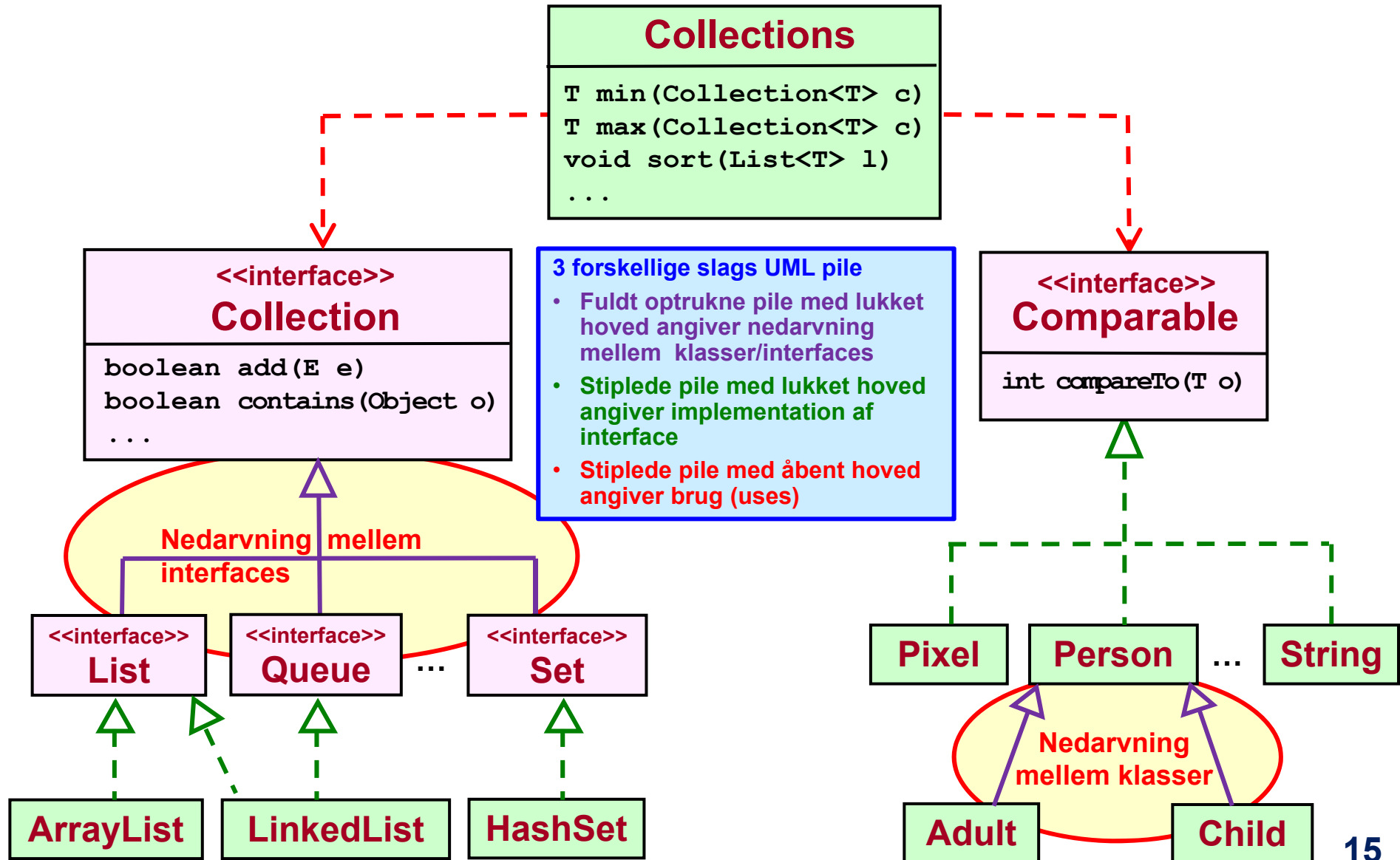
Nedarvning i flere niveauer

- En subklasse kan igen have subklasser, osv.



- **Dog klassen er en**
 - direkte subklasse af Mammal klassen
 - subklasse af Animal klassen (subklasse relationen er transitiv)
 - subklasse af sig selv (subklasse relationen er refleksiv)
 - direkte superklasse for Poodle og Dalmatian klasserne
 - superklasse af sig selv (superklasse relationen er refleksiv og transitiv)

Brug af Collection og Comparable



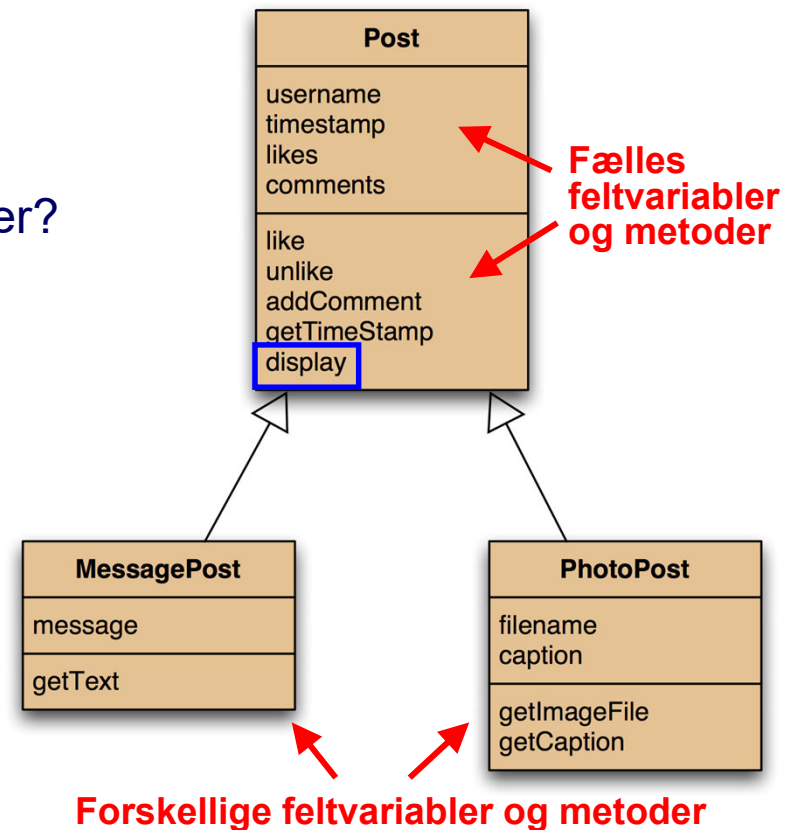
● Metoder i subklasser

- Lad os nu kigge lidt nærmere på metoder i super- og subklasser

- Post klassen har en display metode, der udskriver information om klassens tilstand
- display metoden har kun adgang til feltvariabler i Post klassen
- Hvad gør vi, hvis vi gerne vil udskrive information om subklassernes feltvariabler?

display metoden udskriver klassens tilstand på terminalen

- Det ville give **bedre cohesion** at have en toString metode, der returnerer en tekststreng
- Så kan man på kaldsstedet selv bestemme, hvad man vil gøre ved tekststrengen



Situationen er som vist nedenfor

```
public void display() {
    System.out.println(username);
    System.out.print(timestamp(timestamp));
    if(likes > 0) {
        System.out.println(likes + " people like this.");
    }
    else {
        System.out.println();
    }
    if(comments.isEmpty()) {
        System.out.println("No comments.");
    }
    else {
        System.out.println(comments.size() + " comment(s).");
    }
}
```

Post klassen

- Post klassens display metode udskriver information om de fire feltvariabler, der ligger i Post klassen
- Men den kender ikke de feltvariabler, der ligger i subklasserne, og kan derfor ikke udskrive information om disse

```
public void show() {
    for(Post post : posts) {
        post.display();
        System.out.println();
    }
}
```

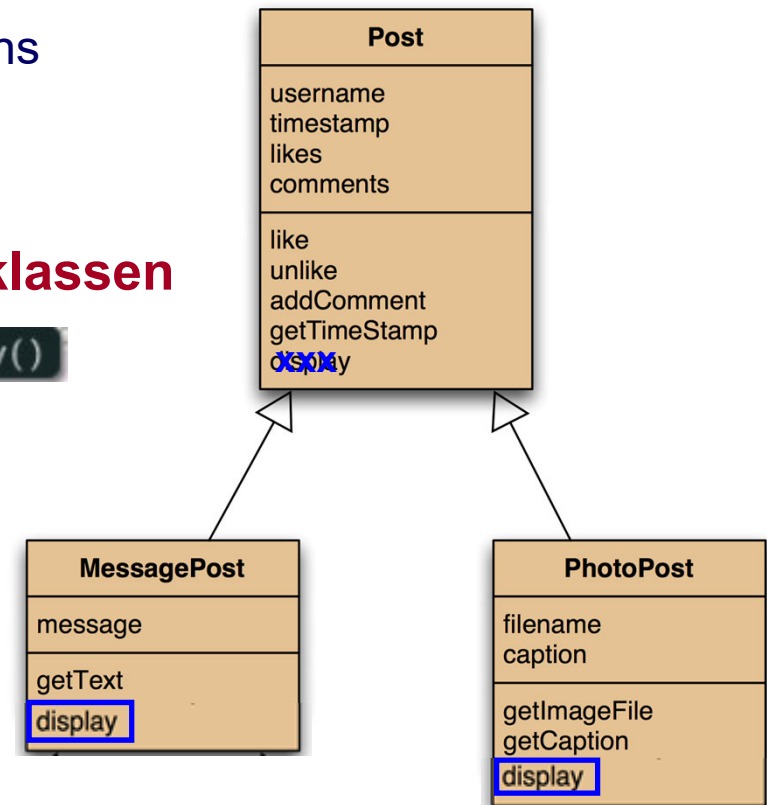
Newsfeed

Første løsningsforslag (virker ikke)

- Vi kan flytte display metoden til de to subklasser
 - Metoderne har kun adgang til superklassens feltvariabler via acces metoder
 - Det giver massiv kodedublering
- Vi får en compile-time fejl i NewsFeed klassen

```
cannot find symbol - method display()

public void show() {
    for( Post post : posts) {
        post.display();
        System.out.println();
    }
}
Newsfeed
```



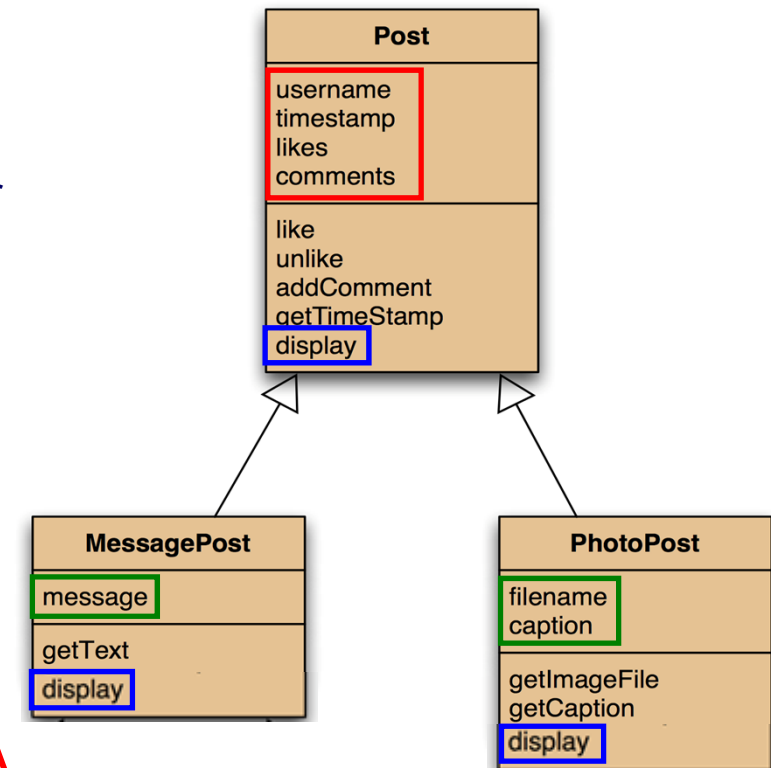
- Oversætteren bruger de statiske typer
 - Den statiske type af post er Post og oversætteren kigger derfor (uden held) i Post klassen (og dens superklasser) for at finde display metoden
 - Det hjælper ikke, at alle subklasserne har en display metode

Korrekt løsning

- Vi har både en display metode i superklassen og i de to subklasser
 - display metoderne i subklasserne kalder display metoden i superklassen
 - Via den er der adgang til superklassens feltvariabler uden brug af accessor metoder (og uden kodedublikering)

```
public void display() {  
    super.display();  
    System.out.println(message);  
}  
MessagePost
```

```
public void display() {  
    super.display();  
    System.out.println(filename);  
    System.out.println(caption);  
}  
PhotoPost
```



Kald af superklassens display metode

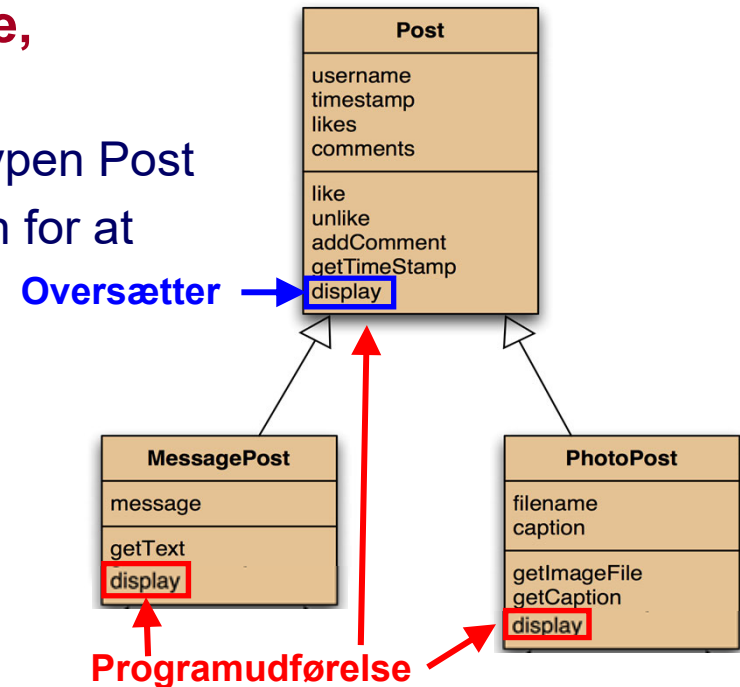
Kaldet af superklassens display metode behøver ikke at være i første linje, og det kan helt mangle (eller der kan være flere kald)

Statiske og dynamiske typer

- **Oversætteren bruger den statiske type, dvs. typen fra variabelens erklæring**
 - Variablen post er erklæret til at være af typen Post
 - Oversætteren kigger derfor i Post klassen for at finde display metoden (og finder den)

```
public void show() {  
    for (Post post : posts) {  
        post.display();  
        System.out.println();  
    }  
}
```

Newsfeed



- **Under programudførelsen bruges den dynamiske type, dvs. typen af variabelens aktuelle værdi**
 - Når den dynamiske type er en MessagePost, kaldes display metoden fra MessagePost
 - Når den dynamiske type er en PhotoPost, kaldes display metoden fra PhotoPost
 - Når den dynamiske type er en Post, kaldes display metoden fra Post
 - Dette princip kaldes **dynamisk method lookup**

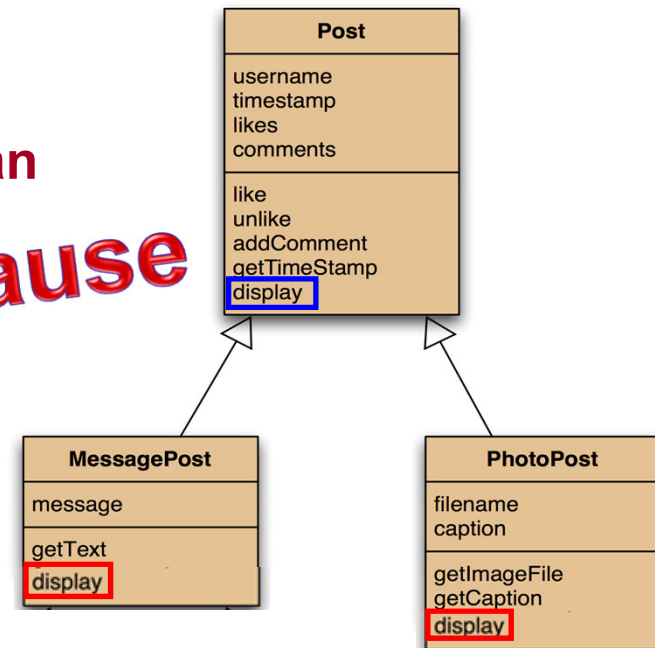
Overskrivning

- De to subklasser **overskriver** superklassens display metode med deres egne udgaver af metoden
 - På engelsk: override ≈ tilsidesætte / underkende
 - De nye metoder vil ofte have **samme** signatur, returtype og access modifier, som den de overskriver
 - Men det er nok, at de **matcher** (se [Link](#))
- Når man **overskriver en metode**, bør man **angive dette via et @Override tag**
 - Gør det lettere at forstå koden
 - Oversætteren protesterer, hvis signatur, returtype eller access modifier ikke matcher

```
@Override
public void display() {
    super.display();
    System.out.println(message);
}
```

MessagePost

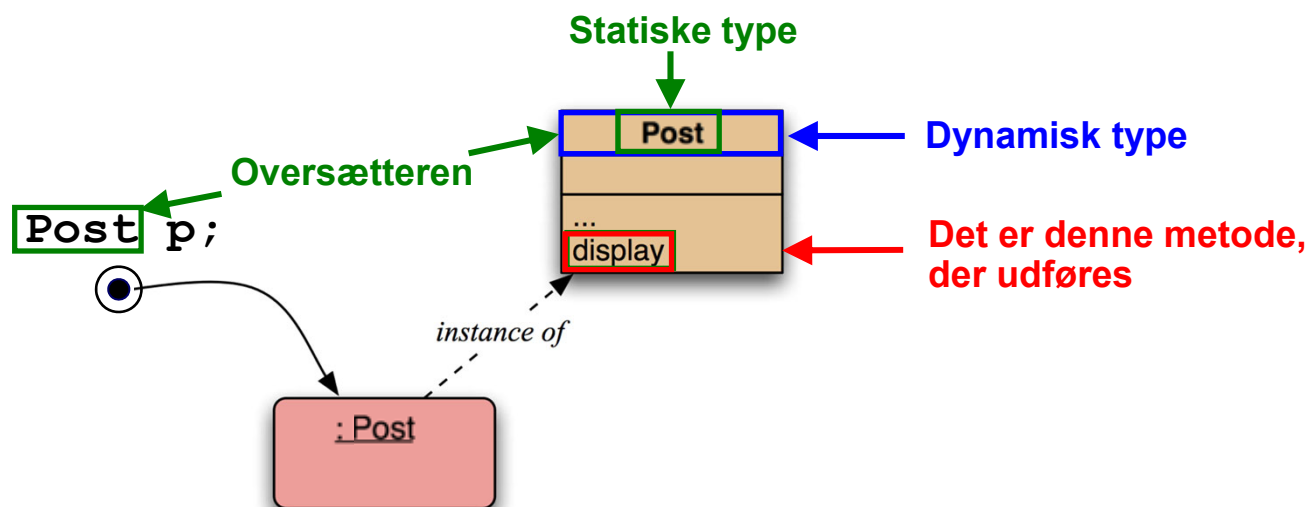
Pause



De to **røde** display metoder
overskriver den **blå**

Metodekald (simpelt eksempel, én klasse)

- Hvilken metode udføres ved metodekaldet **p.display()**?



Oversætteren

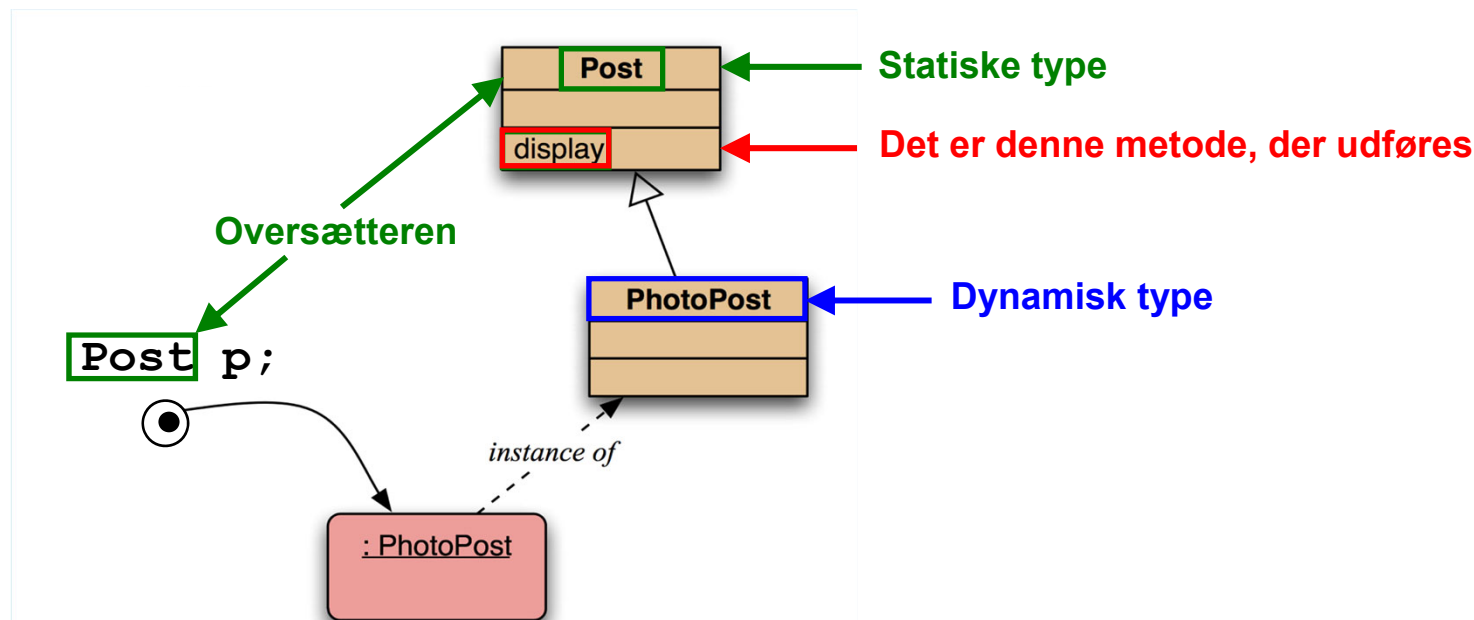
- Variablen `p` har den statiske type `Post`, og her har oversætteren fundet en `display` metode

Programudførelsen

- Variablen `p` har den dynamiske type `Post`
- `display` metoden søges i `Post` og findes der

Metodekald (nedarvning)

- Hvilken metode udføres ved metodekaldet `p.display()`?



Oversætteren

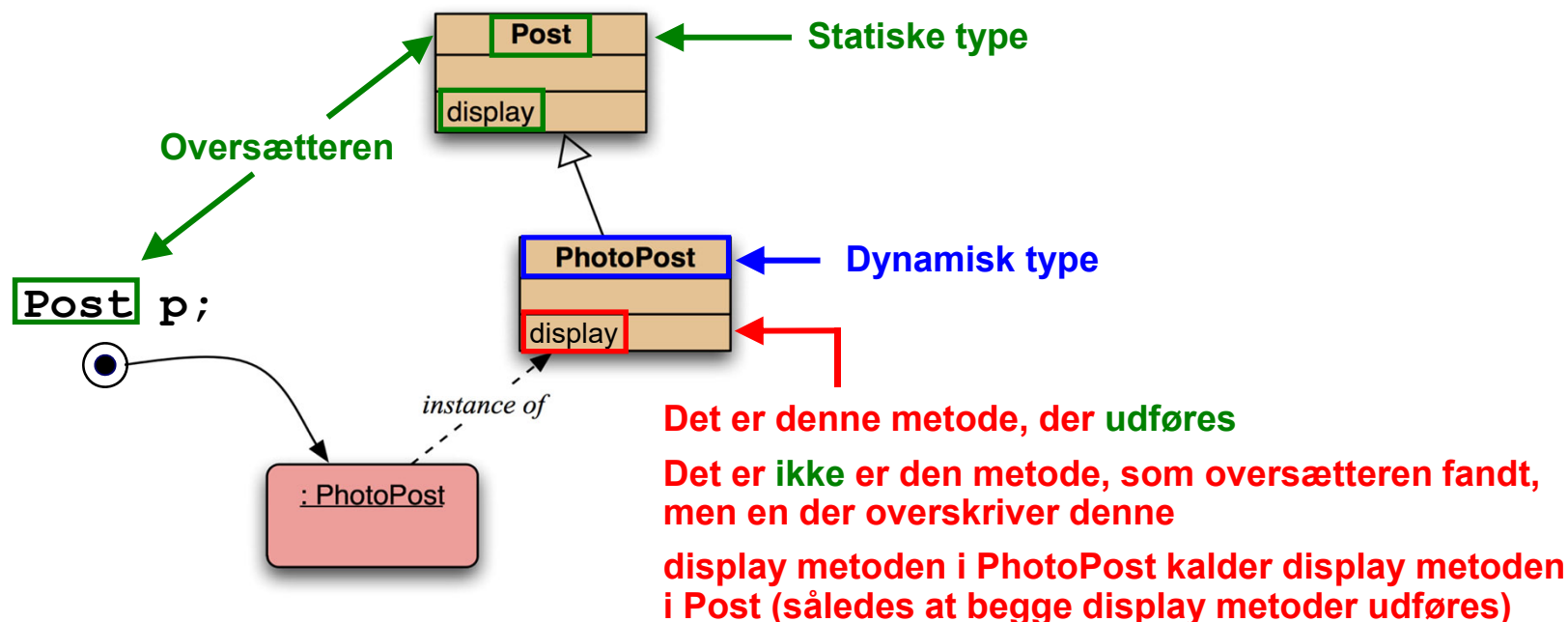
- Variablen `p` har den statiske type `Post`, og her har oversætteren fundet en `display` metode

Programudførelsen

- Variablen `p` har den dynamiske type `PhotoPost`
- `display` metoden søges i `PhotoPost` (uden held)
- `display` metoden søges i superklasserne (efter tur) og findes i `Post`

Metodekald (nedarvning og overskrivning)

- Hvilken metode udføres ved metodekaldet `p.display()`?



Oversætteren

- Variablen `p` har den statiske type `Post`, og her har oversætteren fundet en `display` metode

Programudførelsen

- Variablen `p` har den dynamiske type `PhotoPost`
- `display` metoden søges i `PhotoPost` og findes der

Dynamic method lookup

- **Under udførslen findes den rigtige metode ved at**
 - bestemme variabelens dynamiske type
 - søge metoden i denne klasse eller i en superklasse af den
- **Oversætteren har tjekket, at metoden findes i**
 - variabelens statiske type (eller en af dennes superklasser)
- **Den dynamiske type er en subtype af den statiske type**
 - Vi er derfor sikre på at finde metoden (under udførelsen)
 - Den er i den statiske type eller en af dennes superklasser
 - Kan være overskrevet i en subklasse heraf
- **Ovenstående er kendt som dynamic method lookup**
 - Spiller en essentiel rolle i anvendelsen af subklasser
 - Tillader at de enkelte subklasser kan lave deres egne specialtilpassede versioner af en metode
 - Eksempel på responsibility-driven design

Polymorfi

- Betyder at noget kan antage forskellige former
- Vi har tidligere set, at Javas **variabler** er polymorfe – dvs. kan pege på objekter af forskellig type
 - Nedenstående variabel kan pege på objekter af typen MessagePost og PhotoPost (samt Post)

```
public void show() {  
    for( Post post : posts) {  
        post.display();  
        System.out.println();  
    }  
}
```

Newsfeed

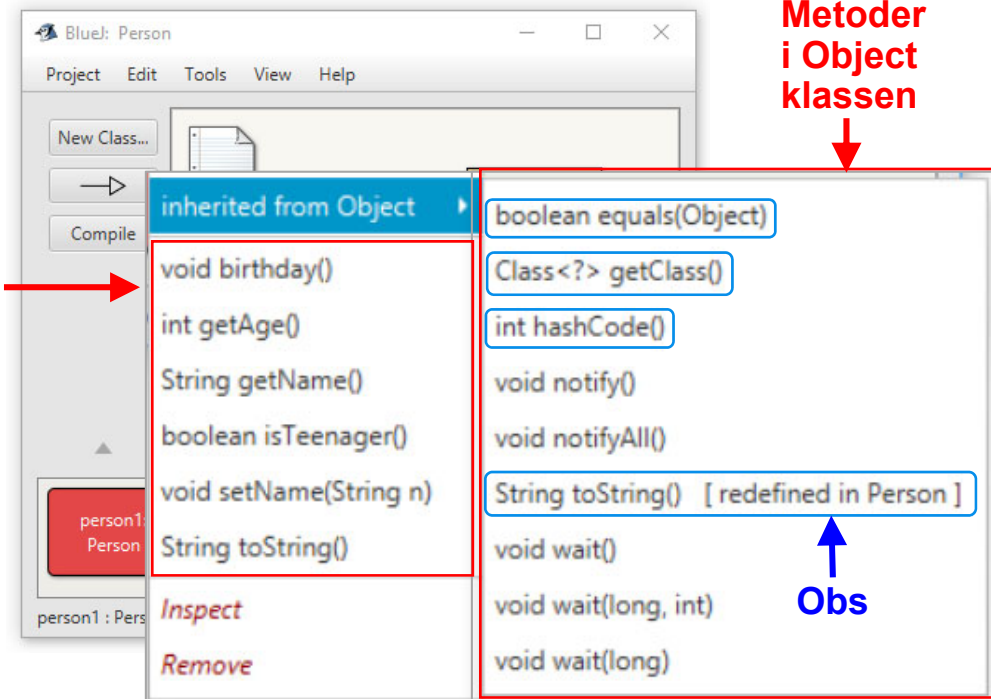
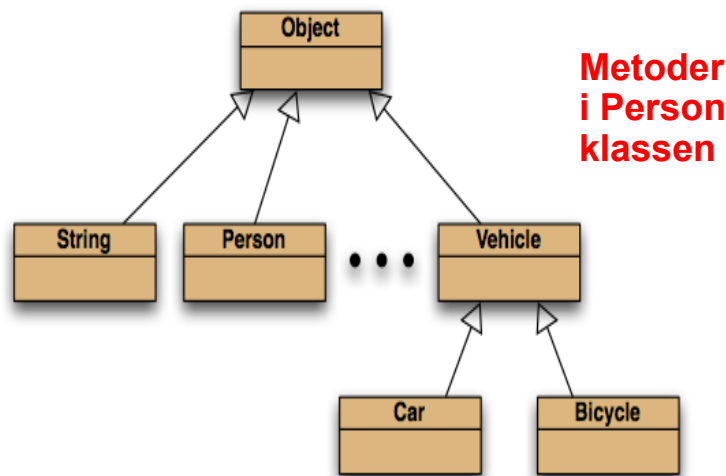
← Polymorf variabel

← Polymorft metode kald

- Vi har nu set, at også Javas **metodekald** er polymorfe – dvs. kan aktivere metoder i forskellige typer (klasser)
 - Ovenstående metodekald kan aktivere display metoden i MessagePost og display metoden i PhotoPost (samt display metoden i Post)

● Object klassen

- Alle klasser i Java er subklasser af Object klassen



- Object klassen indeholder en række nyttige metoder, som de øvrige klasser nedarver (og eventuelt overskriver)
 - **toString** metoden returnerer en tekstrepræsentation af objektet
 - **equals** metoden tjekker om to objekter "ligner hinanden"
 - **hashCode** metoden beregner en hashkode
 - **getClass** metoden returnerer objektets dynamiske type

hashCode metoden

- **Metoden returnerer en hashkode for objektet**
 - Hashkoder bruges som nøgler i såkaldte hashtabeller, f.eks. i klasserne HashSet og HashMap
 - Det kræves, at hashCode metoden er **konsistent** med equals metoden
 - ❖ $x.equals(y) \Rightarrow hashCode(x) == hashCode(y)$
 - hashCode metoden bør konstrueres således, at der for to umage objekter er **lille sandsynlighed** for, at deres hashkoder er identiske
- **I Object klassen returnerer hashCode metoden objektets memory adresse (det sted, hvor objektet ligger i computerens lager)**
 - Object klassens equals metoden er defineret ved hjælp af == operatoren (hvilket betyder, at equals kun evaluerer til sand, hvis objekterne er identiske)
 - Dermed er det nemt at se, at konsistenskravet er opfyldt
- **Hvis jeres egne klasser overskriver equals metoden, vil det normalt også være nødvendigt at overskrive hashCode metoden**
 - Hvis I tillader to forskellige objekter at være mage til hinanden, skal de ifølge konsistenskravet også have samme hashkode

Hashkoder for tekststreng

- **Det er en hel videnskab at definere hashkoder, hvor der er så få kollisioner som muligt**
 - Lad os starte med at se, hvordan hashCode kan defineres i String klassen
 - Et første forsøg kunne være nedenstående, hvor s er en feltvariabel, der indeholder værdien af tekststrengen

```
public int hashCode() {  
    int hc = 0;  
    for( int i = 0; i < s.length(); i++) {  
        hc = hc + s.charAt(i);  
    }  
    return hc;  
}
```

```
hashCode("eat") = 'e' + 'a' + 't' = 101 + 97 + 116 = 314
```

- **Det fungerer ikke ret godt**
 - Hvis vi ombytter tegnene i tekststrengen får vi samme hashkode
 - Det giver rigtig mange kollisioner (tekststreng med samme hashkode)

```
hashCode("tea") = 't' + 'e' + 'a' = 116 + 101 + 97 = 314
```

Hashkoder for tekststrengene version 2

- Ved at gange et primtal på før summeringen, får vi langt færre kollisioner (tekststrengene med samme hashkode)

```
public int hashCode() {  
    int hc = 0;  
    for( int i=0; i<s.length(); i++) {  
        hc = 31 * hc + s.charAt(i);  
    }  
    return hc;  
}
```

```
hashCode("eat") =  $31^2 * 'e' + 31 * 'a' + 't'$  = 100184
```

```
hashCode("tea") =  $31^2 * 't' + 31 * 'e' + 'a'$  = 114704
```

Overskrivning af hashCode metoden

- For Person klassen kan man overskrive hashCode som følger

```
public int hashCode() {  
    return 11 * name.hashCode() +  
           13 * new Integer(age).hashCode();  
}
```

Kald af hashCode metoden i String klassen

Kald af hashCode metoden i Integer klassen

- Hashkoderne for feltvariablerne multipliceres med **forskellige** primtal
- Primitive værdier konverteres først til deres wrapper type
- Vi bruger kun feltvariabler, som sammenlignes i equals metoden
 - På den måde vil konsistenskravet automatisk være opfyldt
- I subklassen Child kan man definere hashCode som følger

```
public int hashCode() {  
    return super.hashCode() +  
           17 * new Integer(noOfToys).hashCode();  
}
```

- Kald af hashCode metoden i superklassen
- Hashkode baseret på superklassens feltvariabler

Hashkode baseret på feltvariabler i subklassen

toString metoden

- **Metoden bruges bl.a. i print og println metoderne**
 - Hvis argumentet til metoderne ikke allerede er en tekststreng, bruges toString til at konvertere argumentet til en tekststreng
 - Det er også toString metoden, der bruges, når den ene side af en + operation ved konkatenering skal konverteres til en tekststreng
- **I Object klassen er toString metoden defineret til at returnere**
 - **Person@19bb25a**, hvor Person er klassens navn og 19bb25a er objektets hashkode i det hexadecimale system (16-tals systemet)
 - Ovenstående giver ikke ret meget interessant information, og mange klasser overskriver derfor toString metoden
 - Ex: I String klassen returnerer toString metoden værdien af den tekststreng som String objektet repræsenterer
- **Jeres egne klasser kan også overskrive toString metoden**
 - For Person klassen kan man f.eks. returnere tekststrengen **"Cecilie:18"**, hvor Cecilie er personens navn og 18 er personens alder
 - I køreprøvesættene overskrev i toString metoden (for den simple af klasserne)

getClass metoden

- **I tilgift til Object klassen er der også en klasse, der hedder Class**
 - I et kørende Java program har hver type (også de primitive) ét (og kun et) tilhørende objekt fra Class klassen
 - Class er en parametriseret type og objektet for klassen A tilhører Class<A>
- **getClass metoden returnerer objektets dynamiske type**
 - Mere præcist det Class object, som svarer til den dynamiske type

```
v1.getClass() == v2.getClass()
```

Tjekker om de dynamiske typer for variableerne v1 og v2 er identiske

```
v.getClass() == Person.class
```

Tjekker om den dynamiske type for variabelen v er Person

Giver os det Class objekt,
der svarer til Person klassen

- **I begge tilfælde skal de dynamiske typer være identiske**
 - Det er ikke nok, at den ene er en subklasse af den anden

Det reservede ord instanceof

- Man kan også undersøge en variabels dynamiske type ved hjælp af det reservede ord **instanceof**

```
v instanceof Car
```

Tjekker om den dynamiske type for variablen v er Car eller en subklasse af Car (her kræves ikke at typerne er identiske)

- Bruges ofte i forbindelse med type cast

```
if ( v instanceof Car ) {  
    c = (Car) v;  
}
```

Når vi har tjekket, at variabelens dynamiske type er Car (eller en subklasse af Car), kan vi uden fare for run-time exceptions lave et type cast til Car

equals metoden

- **Metoden bruges bl.a. i forbindelse med mængder (Set)**
 - For en mængde vil et kald **add(elem)** kun tilføje elem, hvis der ikke er et element e i mængden, der ligner (elem.equals(e))
- **I Object klassen er equals metoden defineret ved hjælp af ==**
 - Det betyder at e1.equals(e2) kun evaluerer til sand, hvis de to objekter er identiske (e1 == e2)
 - Dette er ofte for restriktivt, og mange klasser overskriver derfor equals metoden
 - Ex: I String klassen tjekker equals metoden om de to tekststrengene er lige til hinanden, dvs. indeholder de samme tegn (i samme rækkefølge)
- **Hvis I overskriver en equals metode, skal nedenstående være opfyldt**
 - Equals skal være en ækvivalensrelation
 - ❖ **Refleksiv**: **x.equals(x)** for alle x
 - ❖ **Symmetrisk**: **x.equals(y)** \Leftrightarrow **y.equals(x)** for alle x,y
 - ❖ **Transitiv**: **x.equals(y)** \wedge **y.equals(z)** \Rightarrow **x.equals(z)** for alle x,y,z
 - Ingen objekter er lige til null: **x != null** \Rightarrow **! x.equals(null)** for alle x

Overskrivning af equals metoden

- For Person klassen kan man overskrive equals som følger

```
public boolean equals (Object otherObject) {  
    if ( this == otherObject ) {return true;}  
    if ( otherObject == null ) {return false;}  
    if ( getClass() != otherObject.getClass() ) {return false;}  
    Person other = (Person) otherObject;  
    return name.equals(other.name) && age == other.age;  
}
```

Optimalisering → `if (this == otherObject)`

null? → `if (otherObject == null)`

Dynamiske type → `if (getClass() != otherObject.getClass())`

Type cast → `Person other = (Person) otherObject;`

Sammenlign (udvalgte) feltvariabler → `return name.equals(other.name) && age == other.age;`

Bemærk at parameteren har typen Object

`name.equals` → equals metoden i String

`age ==` → For primitive typer er det ok at bruge ==

- I subklassen Child kan man overskrive equals som følger

```
public boolean equals (Object otherObject) {  
    if ( ! super.equals (otherObject) ) {return false;}  
    Child other = (Child) otherObject;  
    return noOfToys == other.noOfToys;  
}
```

Kald af equals metoden i superklassen (tjekker den dynamiske type og superklassens feltvariabler) → `if (! super.equals (otherObject))`

Type cast → `Child other = (Child) otherObject;`

Tjek af subklassens egne feltvariabler (eller nogle af dem) → `return noOfToys == other.noOfToys;`

BlueJ bogen overskriver equals på en lidt anden måde og kommer ikke ind på overskrivning i subklasser

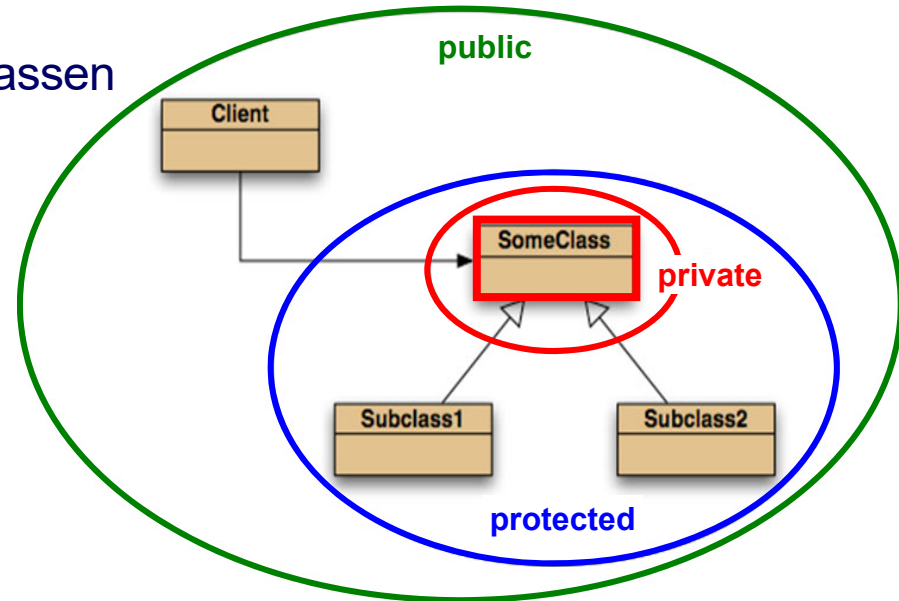
Hvis I overskriver equals, skal I også overskrive hashCode

I behøver ikke at huske detaljerne i overskrivning af `equals` og `hashCode` metoderne udenad

I kan slå op i mine slides, når I får bruge for det, f.eks. i Computerspil 1

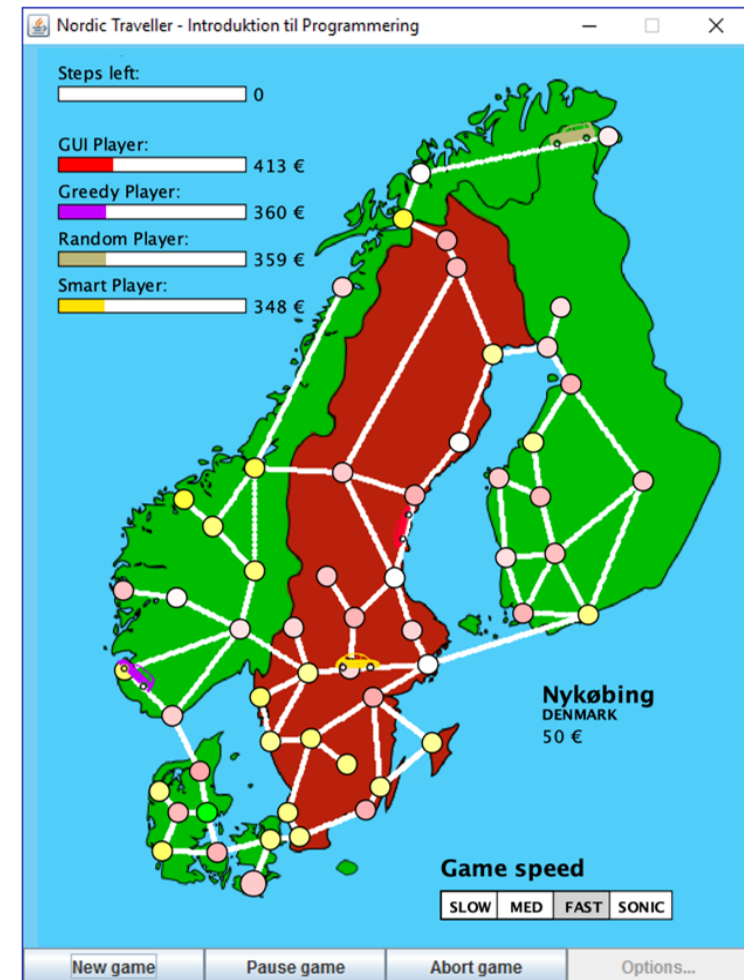
● Protected access

- Vi har tidligere set, at feltvariabler og metoder kan være **private** eller **public**
 - De kan også være **protected**
 - Det betyder, at de kan tilgås fra klassen selv og alle dens subklasser
- **protected feltvariabler**
 - Samme ulemper som public
 - Bør **aldrig** bruges
- **protected metoder**
 - Kan i nogle situationer give god mening
- I Java kan feltvariabler og metoder, der er **protected**, også tilgås fra klasser i **samme programpakke (package)**
 - Det gør det mere tvivlsomt at benytte protected
 - Man kan også helt **udelade** access modifier'en, hvilket betyder, at feltvariabler/metoder kan tilgås fra klasser i samme programpakke (men ikke fra subklasserne)



● Projektopgave om computerspil

- I kursets sidste fem uger skal I, sammen med jeres makker, programmere et computerspil
 - Den første af ugens øvelsesgange bruges på projektopgaven
 - Hver uge tilføjer I ting, som I har lært om i de nærmest foregående uger
- Et antal spillere rejser rundt i Norden
 - En af spillerne (GUI player) styres af brugeren ved hjælp af musen
 - De øvrige tre spillere styres af spillet (dvs. computeren)
 - Ved ankomst til en by kan man optjene/miste point
 - Det gælder om at samle flest point



Pointgivning

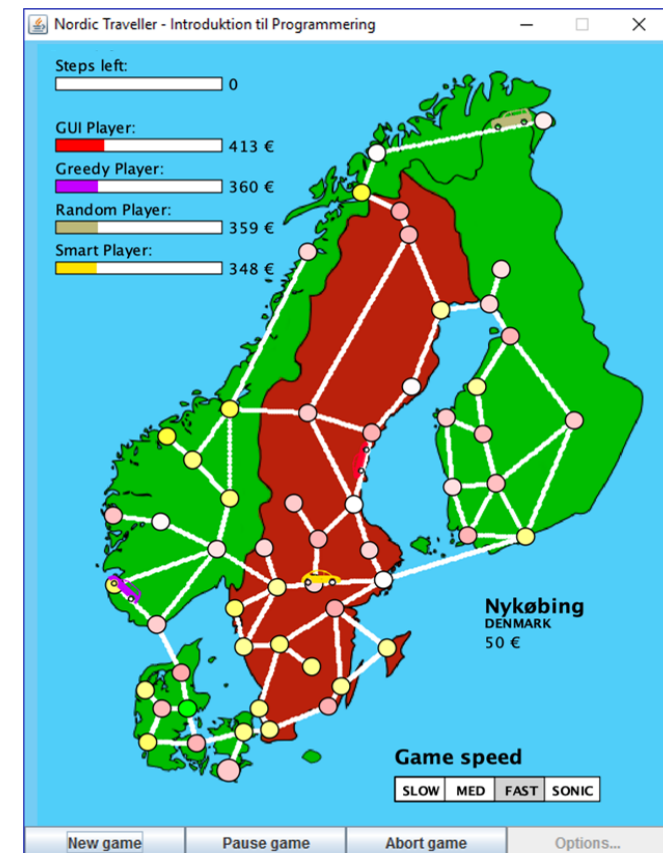
- **Hver delaflevering giver op til 3 point, som (sammen med pointene fra køreprøven) indgår ved fastlæggelsen af den endelige karakter for kurset**
 - 3 = fremragende (få og uvæsentlige mangler)
 - 2 = fortrinlig (nogle mindre mangler)
 - 1 = acceptabel (adskillige mangler)
 - 0 = genaflevering
 - Der kan gives halve point

- ≥ 1 er godkendt
 - De påpegede fejl rettes i næste delaflevering

- 0 betyder genaflevering, hvor man højst kan få 1
- **Fradrag**
 - Hvis man afleverer for sent (uden gyldig grund) trækkes 1 point pr påbegyndt døgn
 - Hvis man ikke retter fejl fra de foregående delafleveringer, trækker de ned en gang til
 - Genaflevering skal ske senest 1 uge efter den oprindelige afleveringsfrist
 - En aflevering tæller først som værende afleveret, når eventuelle genafleveringer af alle foregående opgaver (inklusive Dronninger og Raflebæger 4) også er afleveret
- **Opgaverne rettes først, når afleveringsfristen er udløbet**
 - Hvis I (inden afleveringsfristens udløb) afleverer en forbedret udgave, er det den, der rettes
 - Hvis man har afleveret (en eller flere gange) inden fristen, må man **ikke** aflevere efter fristen (det betragtes som forsøg på snyd og kan give fradrag)

Computerspil 1 (første delaflevering)

- I første delaflevering skal I bl.a. modellere byerne og vejene imellem dem, samt landene hvori byerne ligger i
 - Når I er færdige, vil I kunne spille
 - Der er forholdsvis meget at lave, men langt de fleste af tingene er lette at implementere
 - En af instruktorerne lavede en løsning på under en time



Krav til jeres dokumentation

- **Dokumentation skal følge de retningslinjer, der gives i BlueJ bogen**
 - Herunder specielt afsnit 6.11, afsnit 9.7 og Appendix I
- **Alle klasser, konstruktører og metoder skal have en passende kommentar (der begynder med `/**` og slutter med `*/`)**
 - Første sætning kopieres automatisk til **summary-delen** i Documentation View
 - Hele kommentaren kopieres automatisk til **detail-delen** i Documentation View
 - Der skal indsættes `@author` og `@version` tags i alle klasser samt `@param` og `@return` tags i alle metoder/konstruktører
 - Indsæt også forklarende kommentarer i komplekse kodelistumper
 - For at undgå for mange sprogsift, anbefales det, at alle kommentarer skrives på Engelsk/Amerikansk
- **Brug **Documentation view** til at kontrollere, at resultatet er fornuftigt og giver relevant og letlæselig information til brugere, der ikke kender implementationen af klasserne**
 - Se eventuelt også dokumentationen af Turtle klasen i det projekt, der blev udleveret i Skildpadde 1
 - Den skulle gerne være "eksemplarisk"

Dokumentation af Road klassen

Kommentar
for klassen

```
/**
 * Models a road.
 * Roads are one-directional and hence it takes two roads to be able
 * to travel in both directions
 * @author Nikolaj Ignatieff Schwartzbach.
 * @version August 2019.
 */
```

Forfatter(e) og version

```
public class Road implements Comparable<Road> {
```

```
    private City from, to; // The two cities connected by this Road.
    private int length;    // The length of this Road.
```

Kommentar for
konstruktøren

```
/**
 * Creates a new Road object.
 * @param from The City in which this Road starts
 * @param to The City in which this Road ends.
 * @param length The length of this Road.
 */
```

Kommentarer for
feltvariablerne

```
public Road(City from, City to, int length){
    this.from = from;
    this.to = to;
    this.length = length;
}
```

Beskrivelse af
parametrenes funktion

Kommentar for
metoden

```
/**
 * Returns a reference to the City where this Road starts.
 * @return from city.
 */
```

```
public City getFrom(){
    return from;
}
```

Beskrivelse af hvad der returneres

```
...
...
```

Husk også at indsætte kommentarer
passende steder i kompleks kode

Documentation view

- **Husk at kontrollere, at resultatet er fornuftigt**
 - Skal give relevant og letlæselig information – også for brugere, der ikke kender implementationen af jeres klasser



Documentation view (summaries)

Constructor Summary

Constructors

Constructor and Description

`Road(City from, City to, int length)`

Creates a new Road object.

- Teksten i de røde bokse kopieres automatisk fra `/**...*/` kommentarerne i jeres kode
- I summary-delene medtages kun første sætning i kommentaren

Method Summary

All Methods

Instance Methods

Concrete Methods

Modifier and Type

Method and Description

`int`

`compareTo(Road r)`

`boolean`

`equals(java.lang.Object otherObject)`

`City`

`getFrom()`

Returns a reference to the City where this Road starts.

`int`

`getLength()`

Returns the length of this Road.

`City`

`getTo()`

Returns a reference to the City where this Road ends.

`int`

`hashCode()`

`java.lang.String`

`toString()`

Documentation view (details)

Constructor Detail

Road

```
public Road(City from,
            City to,
            int length)
```

Creates a new Road object.

Parameters:

from - The City in which this Road starts.

to - The City in which this Road ends.

length - The length of this Road.

Method Detail

getFrom

```
public City getFrom()
```

Returns a reference to the City where this Road starts.

Returns:

The from city of this Road.

- Teksten i de **røde** bokse kopieres automatisk fra `/*...*/` kommentarerne i jeres kode
- I detail-delene medtages hele kommentaren
- Teksten i de **grønne** bokse kopieres automatisk fra `@param` og `@return` taggene i jeres kode

Test af computerspilsprojektet

- **I forhold til jeres tidligere afleveringsopgaver er computerspillet et stort og komplekst Java program**
 - Husk at teste jeres kode via testserveren
 - Hvis testserveren finder fejl, skal I gennemgå jeres kode og rette dem
 - Projekter, der ikke er godkendt på testserveren giver helt automatisk genaflevering
 - Har I behov for hjælp, så gå til øvelserne eller i studiecaféen (eller brug diskussionsforummet)
- **Hvis jeres program fejler, kan det være vanskeligt at lokalisere fejlen**
 - Derfor afprøver testserveren hver enkelt af de klasser, som I selv har skrevet, sammen med vores løsning – således at man kan se, hvilke klasser, der er fejl i
 - Afprøvning foretages ved at udføre en række **regression tests** for konstruktørerne og metoderne i klassen

Brug af testserveren

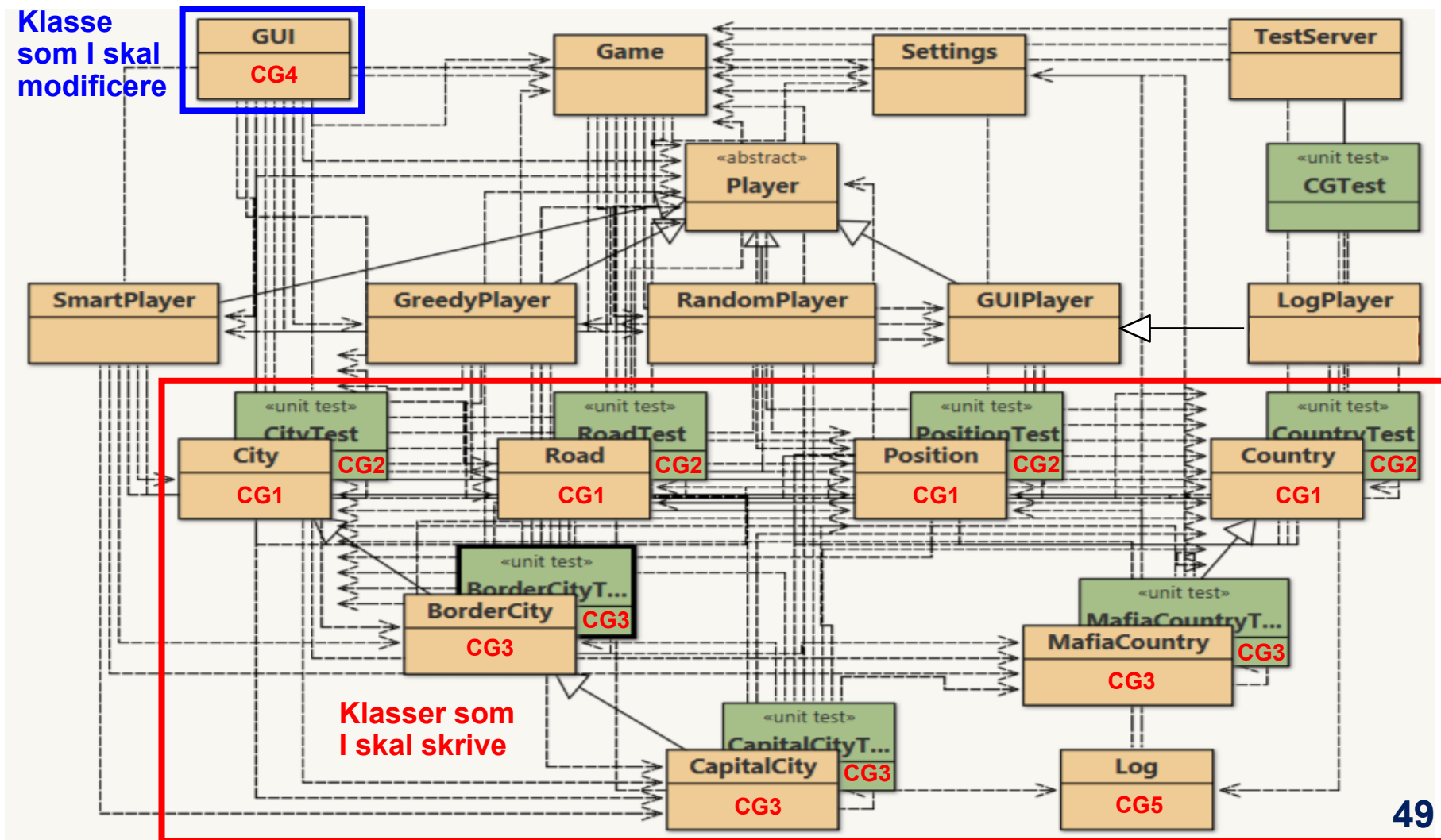
- **Man kan teste hvert enkelt opgave i Computerspil 1**
 - Man kan bruge testserveren på de **enkelte opgaver**, således at man efter hver opgave, straks kan teste, at det man har lavet i opgaven er korrekt
 - Men det er ikke altid muligt at gentage gamle tests
 - Når man f.eks. i opgave 5 ændrer City klassens konstruktør, så den tager en ekstra parameter, kan man ikke længere køre den gamle test fra opgave 1, uden at denne fejler
- **Brug testserveren med omtanke**
 - Når I får en fejlrapport, bør I rette **alle** de fejl, der rapporteres og teste, at rettelserne er korrekte, før I atter forsøger at køre testserveren
 - Hvis I blot retter en enkelt fejl ad gangen (uden selv at teste om rettelsen fungerer) kommer I let til at bruge alt for megen tid på at vente på, at testserveren genererer rapporter til jer (specielt hvis der er kø)

Computerspil 2-5

- **I de næste fire delafleveringer skal I**
 - Lave **regression tests** for alle konstruktører og metoder (Computerspil 2)
 - Bruge **nedarvning** (subklasser) og **dynamisk method lookup** (med overskrivning af metoder) til at strukturere jeres kode, således at der er flere forskellige slags lande og flere forskellige slags byer (Computerspil 3)
 - Udvide den **grafiske brugergrænseflade** med nogle ekstra knapper, labels og tekstfelter samt en menubar (Computerspil 4)
 - Optage spil ved hjælp af en **Log klasse**, hvis objekter kan gemmes i filsystemet, for sidenhen at blive genindlæst og afspillet (Computerspil 5)

Klassediagram

- Det færdig projekt indeholder 25 klasser
 - I skal skrive 8 almindelige klasser og 7 testklaser samt modificere 1 klasse



● Opsummering

- **Nedarvning**
 - Subklasser
 - Forskellen på en variabels statiske og dynamiske type
 - Subtyper og Liskovs substitutionsprincip
 - Typeskift (type cast)
- **Metoder i subklasser**
 - Dynamic method lookup i forbindelse med nedarvning og overskrivning
- **Object klassen**
 - Superklasse for alle klasser
 - Indeholder en række nyttige metoder, bl.a. toString, equals, hashCode og getClass
- **Protected access**
 - Alternativ til public og private
- **Projektopgave om computerspil**

Det var alt for nu.....

... spørgsmål

