Beholdere og generiske klasser I

Uke 6

22. februar 2022

Beholdere og generiske klasser - I

- Hvorfor og hvordan velge og bruke beholdere?
- Klassehierarkier for beholdere
  - Bruk av interface, arv og abstrakte klasser
  - Java Collections Framework
- Et egendefinert klassehierarki for beholdere: interface Liste
  - Implementert med array som datastruktur
  - Implementert med lenkeliste som datastruktur
- Nye Java mekanismer
  - Klasseparametere (typeparametere) og generiske klasser (generics)
  - Indre klasser
  - Egne Exceptions: Deklarasjon, opprettelse og behandling

Dagens forelesning dekker det meste av oblig 3. Neste uke gir grunnlag for Del F.

Hva legges på semestersiden?

- Hele koden for class Arrayliste
- Testprogrammet
- Lysarkene
- (ikke mer av class Lenkeliste enn det somer gitt på lysarkene)
- + pensum, Trix-oppgaver, opptak,..

Hvorfor trenger vi beholdere?

- Fra ordlisten for IN1000/ IN1010 (lenke fra semestersiden)

Container	Beholder (f.eks. liste, ordbok eller mengde) for en samling elementer eller objekter

- Når vi skal ta vare på og arbeide med "mange" verdier (referanser til objekter av "samme" klasse)

- Hvordan ville det vært å programmere uten beholdere? Uten lister, arrayer, ArrayList, HashMap...
- Om vi f eks skal lese inn en rekke navn fra terminal eller fil
  - Lage en variabel for hver eneste verdi vi trenger??
  - Lage et nytt objekt å lagre hver verdi i? Hvor lagrer vi referanser til disse objektene?
- Med array:
  - Kan lage et "uendelig" antall like plasser – men **må vite ved kjøring** hvor mange

Operasjoner for en beholder

- Sett noe inn
  - På en gitt posisjon?
  - Med en gitt nøkkel?
  - Sortert på en bestemt egenskap?

- Ta noe ut - hvordan avgjøres hva man tar ut?
  - Det som har vært der lengst (ble satt inn først)?
  - Det som ble satt inn sist?
  - Det som er "størst" eller "minst"?
  - Søk/ oppslag på en bestemt verdi?
  - Oppslag på en gitt posisjon?

Dessuten –
- se på et element (uten å fjerne det)
- erstatte et element
- finne antall elementer
- sortere alle elementer i (annen) rekkefølge
- sette inn flere elementer (fra annen beholder)
- tømme hele beholderen
- etc etc

Funksjonelle egenskaper (syntaks og semantikk i grensesnittet)

Ikke-funksjonelle egenskaper

- Gjerne forbundet med effektivitet
  - Krav til minne (ved lagring og/ eller under utføring)
  - Prosessor-tid
- Ulike operasjoner kan være mer eller mindre effektive
  - Ofte kan for eksempel en effektiv uthenting kreve mer jobb ved innsetting
- Typen bruk og systemarkitektur avgjør hva som er viktig
  - Hvilke ressurser er begrenset
  - Hvilke operasjoner er tidskritiske
  - Hvilke operasjoner utføres oftest

Valg av beholder

- I IN1010 (og mange applikasjoner) betyr effektivitet lite for valg av løsning
  ... men dere lærer noen viktige begreper og mekanismer for å forstå forskjeller og gjøre valg – og for å implementere deres egne

- (i IN2010 lærer man om hvordan man kan beregne og optimalisere ressursbruk for typiske operasjoner)

- Vi skal se på
  - grensesnittet til noen klassiske *typer* av beholdere
  - hvordan beholdere kan struktureres i et klassehierarki ved hjelp av arv og interface
  - to ulike løsninger for implementasjon av beholdere med variabelt antall elementer

- Men først: Recap av kjente Java-beholdere

Beholdere i ulike språk

- Alle høynivåspråk tilbyr verktøy som
  - kan lagre en samling av elementer
  - utføre operasjoner på denne samlingen

- Dere kjenner lister, mengder og ordbøker fra Python - ArrayList og HashMap fra Java

- I objektorienterte språk implementeres en beholder typisk i form av en klasse med
  - et grensesnitt som tilbyr operasjoner på samlingen
  - en datastruktur for å lagre elementene
  - metoder som implementerer grensesnittet ved å operere på datastrukturen

- Samme grensesnitt kan implementeres på ulikt vis av forskjellige klasser

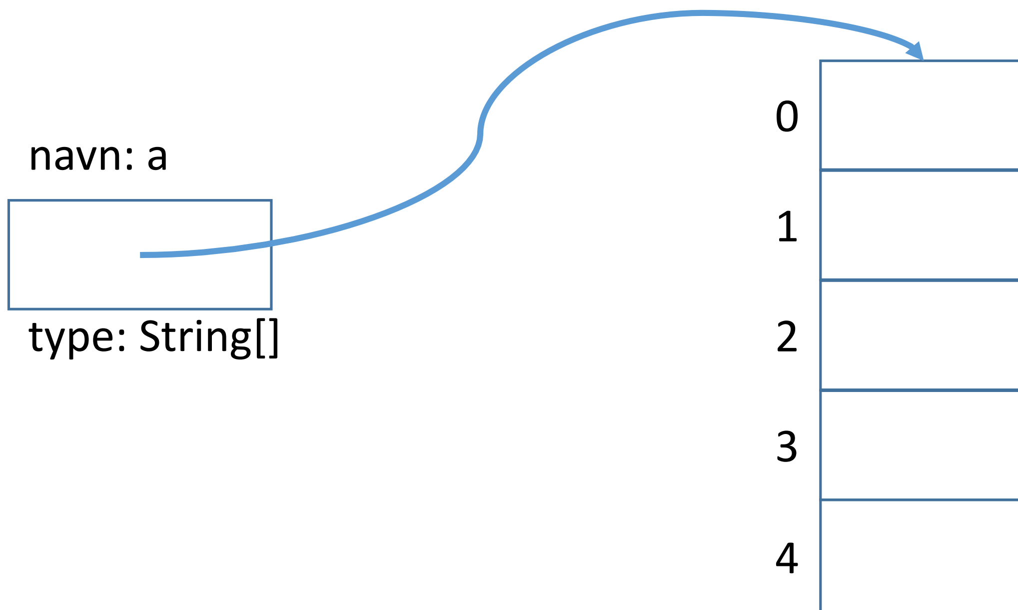
En array kan brukes som beholder – men er ikke en klasse og tilbyr ikke metoder!

Hvorfor er beholdere ("collections") pensum i IN1010?

- Det er nyttige verktøy for svært mange programmer (det har dere allerede sett i IN1000/ IN1900).
- For å velge optimale verktøy bør dere kjenne til hvordan de er bygget opp og fungerer.
- Dere kan få behov for å skrive lignende selv.

=> Dette er veldig gode eksempler på og trening i objektorientert programmering.

array



En array er en sammenhengende gruppe celler i minnet.

- array er *ikke en klasse* med metoder (ikke å forveksle med klassene Array og Arrays.

  (Disse er verktøy-kasser i Java API med statiske metoder for aksess og manipulering av arrayer)

Hva er bra og mindre bra med arrayer?

+ Kompakt og enkel notasjon:

```
a[i] = a[i+1];
```

+ Bygger på datamaskinens arkitektur og instruksjoner
  + Tar liten plass
  + Raske

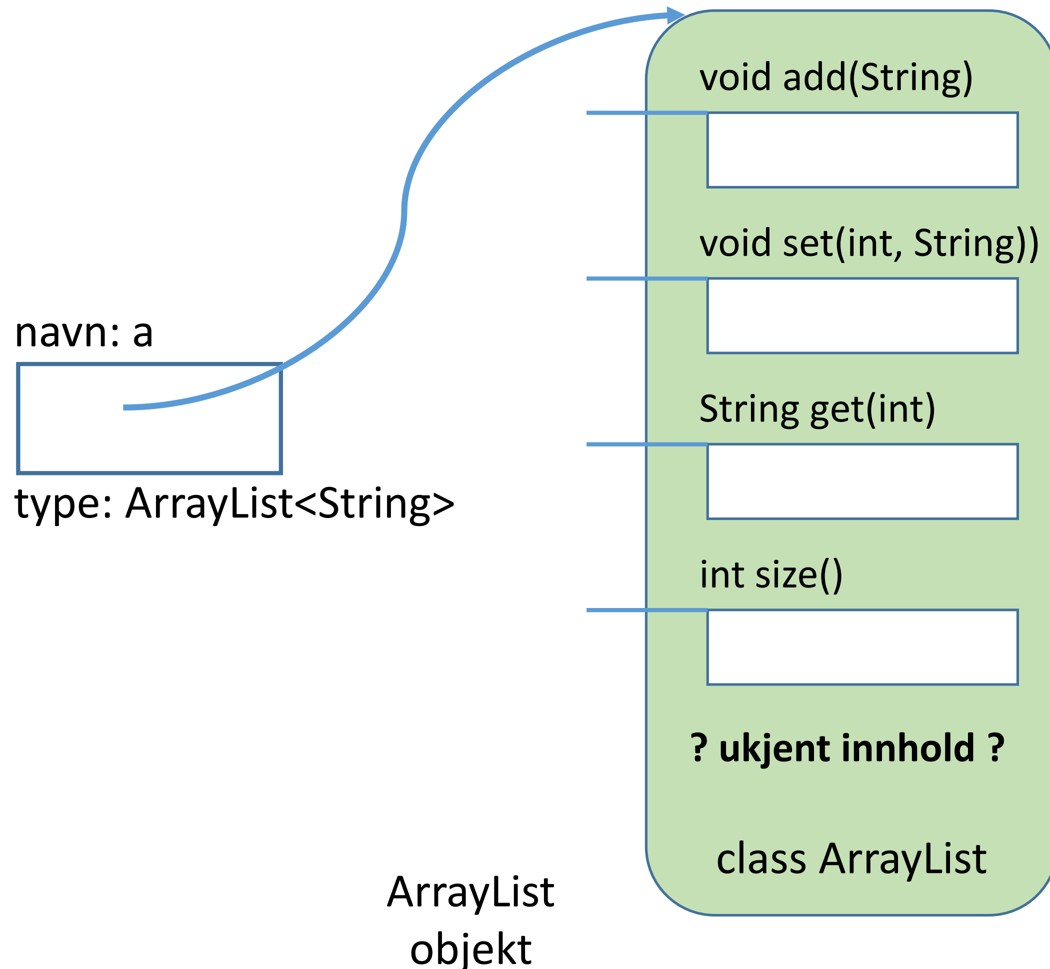
– Vi må vite størrelsen når arrayen opprettes.
  – Størrelsen er uforanderlig.

– Kronglete å legge til nye verdier midt i arrayen.

– Hva innebærer det å "fjerne" et element?

– Ingen innebygde metoder som i en klasse.

Hva er en ArrayList?



- ArrayList er en klasse i Java-biblioteket (Java API).
- Grensesnitt: En liste der elementene har en rekkefølge
- Ukjent implementasjon (hvordan objektene lagres og rekkefølgen vedlike-holdes)

ArrayList sammenlignet med array

- \+ Vi trenger ikke vite størrelsen initielt.
- \+ Størrelsen kan endres underveis.
- \+ Enkelt å legge til og fjerne nye elementer hvor som helst.

– / + Metodekall i stedet for egen syntaks – må huske disse

- – Ikke for primitive typer som int, char,.. (men kan bruke en *wrapper* klasse, for eksempel **`Integer(tall)`**)
- – Tar mye mer plass.
- – Er langsommere i bruk.

Sammenligning med Python lister

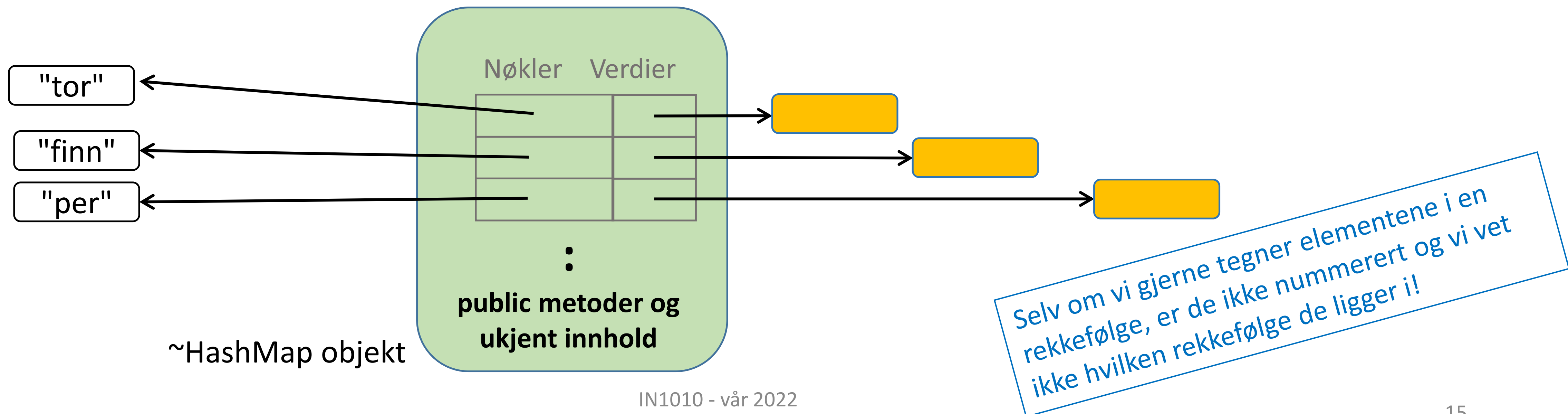
I Python har man *lister* som en mellomløsning:

- \+ Enkel (egen) notasjon (som Javas arrayer)
- \+ Fleksibel størrelse (som Javas ArrayList)
- \+ Stort tilbud av innebygde metoder
- \+ Mange syntaktiske "snarveier"/ kortformer for operasjoner

– Ikke så raskt

HashMap

- Klassen HashMap lar oss lagre (referanser til) objekter uten noen bestemt indre rekkefølge eller nummerering. Den er effektiv og lett å bruke til oppslag.
- Hvert objekt i en HashMap må ha en unik (og immutable) *nøkkel* (ofte en String) som oppgis når vi legger det inn, og brukes for oppslag når noe skal hentes ut



Bruk av HashMap

```java
import java.util.HashMap;

class HashMapTest {
    public static void main (String[] args) {
        HashMap<String, String> emnenavn = new HashMap<>();
        String kode = "IN1010";

        emnenavn.put(kode, "Objektorientert programmering");

        String emne = emnenavn.get(kode);
        if (emne != null) {
            System.out.println("Emnetittel for " + kode + " er " + emne);
        }

        int antall = emnenavn.size();
        System.out.println("Antall emner lagret: " + antall);
    }
}
```

Programmeringsvalg for effektivitet

- Minnebruk
- Prosessorbruk
- Utnyttelse av arkitektur (tråder og antall prosessorer)
- Andre (knappe) ressurser (nettverk, "fysiske dingser), ...)

- Utvikler-effektivitet!!
  - Den som skriver programmet
  - Den som bygger på eller videreutvikler programmet
  - Den som er avhengig av at programmet fungerer feilfritt

Beholdere har ulike funksjonelle og ikke-funksjonelle egenskaper

- *Grensesnittet* (inkl semantikken i metodene) definerer de funksjonelle egenskapene
- De ikke-funksjonelle egenskapene (typisk effektivitet) avhenger av *implementasjonen*

- Alle objekter som implementerer samme interface kan refereres til av referanse-variabler med dette som type (selv om objektene tilhører ulike klasser) – og har (noen) metoder som brukes likt
- En klasse som utvider funksjonaliteten i en annen klasse kan implementeres som en subklasse av den andre klassen

- Dette gir oss noen hint om hva som kan være nyttig klassehierarki (inkludert interface og abstrakte klasser) når vi skal lage flere ulike beholdere egnet for ulike formål

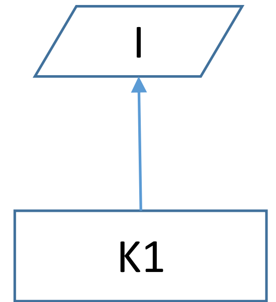
NB: Java API, denne forelesningen og oblig3 definerer hvert sitt klassehierarki for beholdere!

Grensesnittet til en beholder

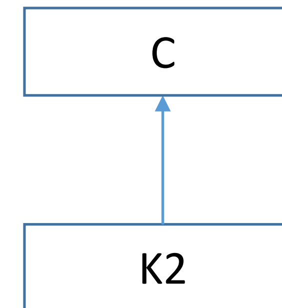
- Syntaks (metodenavn, parametere, returtype)
- Semantikken (f.eks. *hvilket* element får vi om vi kaller på taUt uten parametere?)
  - Det som ble satt inn først?
  - Det som ble satt inn sist?
  - Det som har høyest prioritet?

- Operasjoner i et interface kan implementeres med ulik semantikk i ulike klasser – en taUt-metode med samme signatur kan virke ulikt i ulike typer beholdere:
  - Ta ut elementet som har ligget lengst (First in First Out, kø)
  - Ta ut elementet som ble lagt inn sist (Last in First Out, stabel/ stack)
  - Ta ut elementet med lavest/ høyest verdi for en egenskap (prioritetskø)

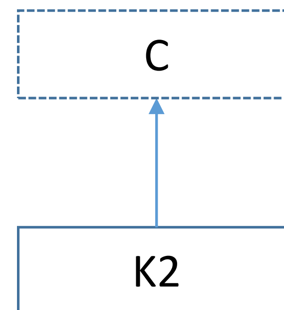
Oppsummert om interface og arv



- **`K1 implements I`** betyr at **`K1`** forplikter seg til å kunne utføre operasjonene i interface **`I`**



- **`K2 extends C`** betyr at **`K2`** arver egenskaper fra klassen **`C`**



- om **`C`** er en abstrakt klasse betyr det at man ikke kan lage objekter av den – men den kan ha subklasser som arver egenskaper
  => man kan bruke abstrakte klasser til å samle kode for gjenbruk flere steder

Java Collection Framework

Verktøy for lagring og organisering av objekter

Java dokumentasjonen: *A collections framework is a unified architecture for representing and manipulating collections*

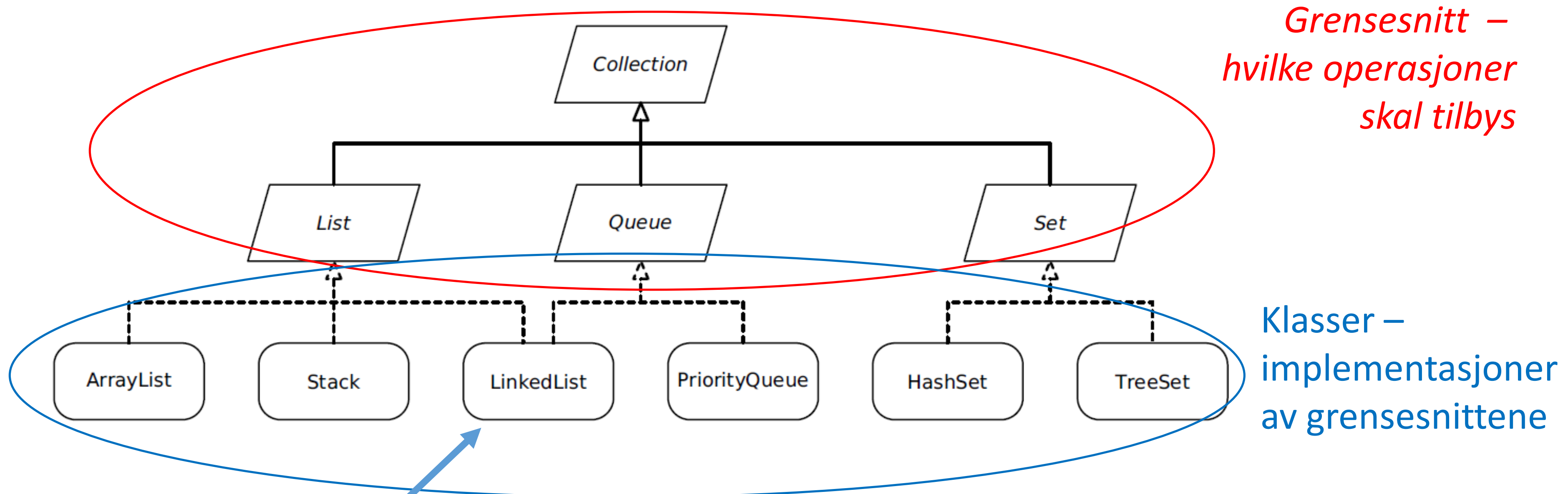
Hierarki av interface- og klassetyper for beholdere.

Collection Interface er et felles grensesnitt for lister (med rekkefølge) og mengder (uten rekkefølge)

Map er grensesnitt for organisering av nøkkel+verdi par.

- Mange klasser som implementerer et eller flere grensesnitt
- Mange grensesnitt som er implementert av en eller flere klasser

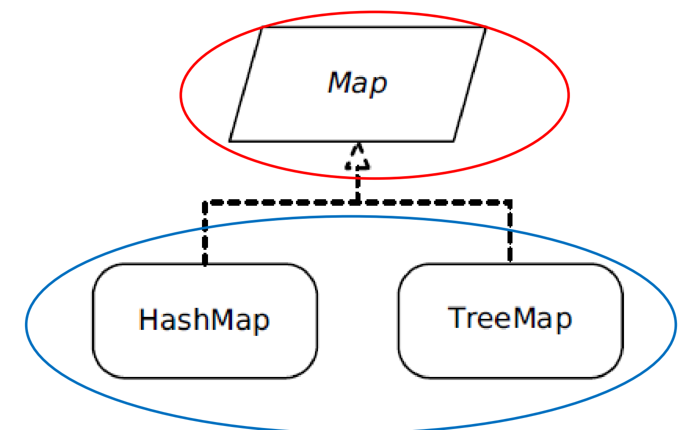
Java Collections Framework (utdrag! fra Big Java)



Grensesnitt – hvilke operasjoner skal tilbys

Klasser – implementasjoner av grensesnittene

Klassen LinkedList implementerer (her) 2 grensesnitt



Et eget **`interface Liste`**

.. og to eksempler på implementasjon

Grensesnitt for Liste

- Ønsker å tilby følgende metoder for beholdere:

```
int size();
void add(Object x);
void set(int pos, Object x);
Object get(int pos);
Object remove(int pos);
```

- Ønsker å deklarere et Interface som kan brukes som felles type uansett implementasjon av beholdere

Klasser som implementerer beholdere for samlinger av ukjent type

- Dere har skrevet klasser som refererte til objekter av andre klasser

- Eksempel fra IN1000: **class Spilleliste** med **Sang**-objekter. Spilleliste-objekter kunne bare organisere Sang-objekter, og var skreddersydd for disse (*tett koblete klasser)*

- Men vi ønsker å kunne gjenbruke <u>samme</u> verktøy (beholder-klasse) til f.eks:
  - lister av Resept-objekter
  - lister av Lege-objekter
  - lister av String-objekter
  - (kaniner, biler, oster, ...)

Object som type for elementene

- Dette virker – men krever typekonvertering når vi henter ut elementer som skal brukes videre

- Bruker av klassen må selv passe på at listen kun inneholder riktige typer
  => usikker løsning

```
interface Liste {
    int size();
    void add(Object x);
    void set(int pos, Object x);
    Object get(int pos);
    Object remove(int pos);
}
```

```
:
String element = (String) minListe.get(10);
```

Klasseparametere

- Vi har brukt parametere for å få en metode til å bruke en ny verdi (av samme type) for hver gang den blir kalt – i stedet for å skrive en egen metode for hver tenkelige verdi (ikke gjennomførbart!)

- Klasser i Java kan ha parametere som angir en type (klasse) som skal brukes (inne) i en bestemt instans av klassen Dette kaller vi generiske klasser med klasseparametere

- Brukes f.eks. i ArrayList:

```
ArrayList<String> minListe = new ArrayList<String>();
```

```
ArrayList<String> minListe = new ArrayList<>();
```

Deklarasjon og bruk av generisk klasse

- En parameter i en klassedeklarasjon (formell parameter) angir at klassen kan bruke referanser til ulike klasser eller interface
- Kalles *klasseparameter* eller *typeparameter*

- Når vi lager en instans av klassen bestemmer vi hvilken type denne instansen (objektet) skal jobbe med
- Kalles *aktuell parameter/ argument*

- Veldig nyttig for beholdere!

```
class Beholder<E> {
    E element1;
    E element2;

    public void settInn(E ny1, E ny2) {
        element1 = ny1;
        element2 = ny2;
    }

    public E taUt1() {
        return element1;
    }

    public static void main(String[] args) {
        Beholder<Integer> b = new Beholder<>();
        b.settInn(5, 17);
        System.out.println(b.taUt1());
    }
}
```

Om klasseparametere

- Interface kan ha og være klasseparameter på samme måte som klasse
- Kalles også *typeparameter* (siden den kan angi klasse *eller* interface)

- Navnekonvensjon for typeparametere (fra Java doc):
  - T - Type
  - S,U,V etc. - 2nd, 3rd, 4th types
  - E - Element (vanlig i Java Collections Framework)
  - K - Key
  - V - Value
- Bruk av typeparametere i Java: *Generics*

NB: Ikke samme klassehierarki og klasser som i obligen eller Java API!

Et generisk Liste-interface (grensesnitt)

- Grensesnittet kan ha en typeparameter som representerer typen til objektene i listen.

```
interface Liste<T> {
    int size();
    void add(T x);
    void set(int pos, T x);
    T get(int pos);
    T remove(int pos);
}
```

NB: Ikke samme klassehierarki og klasser som i obligen eller Java API!

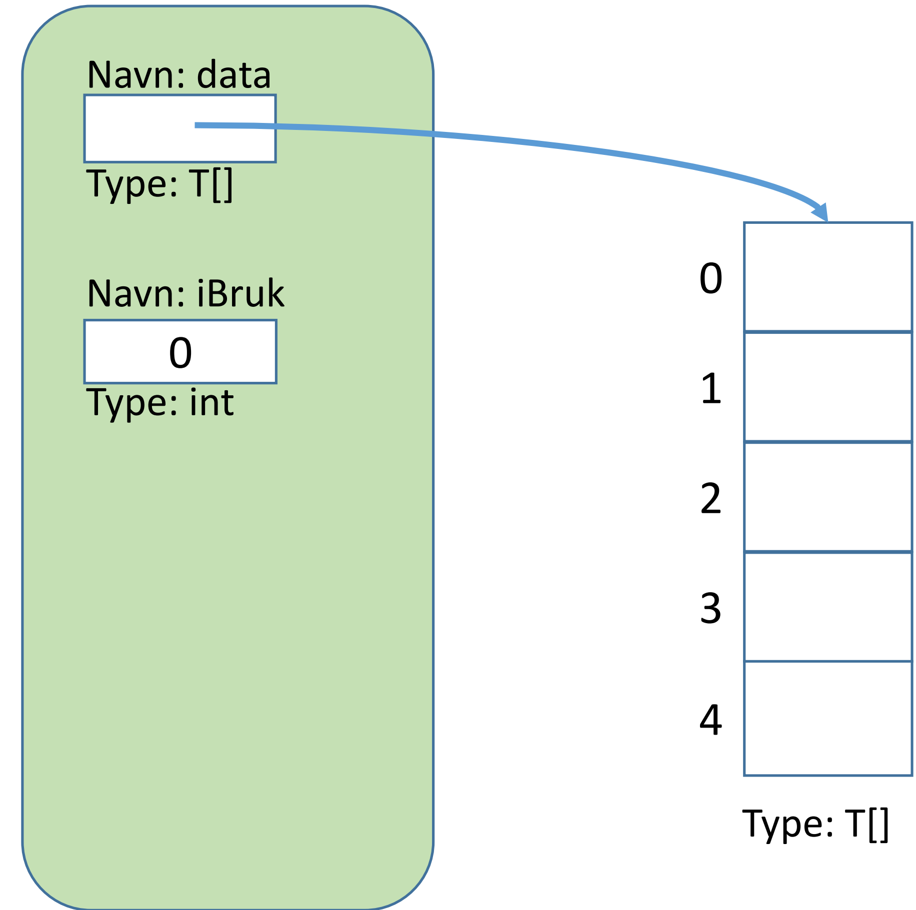
Liste-interface implementert med array

Full implementasjon av Arrayliste. Koden med testprogram ligger på uke6-siden.

Implementasjon med array

- Skriver en egen klasse **Arrayliste**
- Implementerer interface **Liste**
- Lagrer elementene i en array

NB: Ikke samme klassehierarki og klasser som i obligen eller Java API!



Datastruktur – og en mangel i Java

```
public class Arrayliste<T> implements Liste<T>
{
    private T[] data = new T[10];
```

```
Siri>javac .\Arrayliste.java
.\Arrayliste.java:2: error: generic array creation
    private T[] data = new T[10];
                       ^
1 error
Siri>
```

- Fungerer ikke?!

⇒ Java håndterer ikke arrayer med typeparametere

- Kan ha generiske klasser og interface – men ikke generiske arrayer

En "fix" – som fungerer

```
public class Arrayliste<T> implements Liste<T> {
    private T[] data = (T[]) new Object[10];
    private int iBruk = 0;
```

fortsatt Object[] som type for arrayen

men caster referansen til T[]

```
Siri>javac .\Arrayliste.java
Note: .\Arrayliste.java uses unchecked or unsafe operations.
Note: Recompile with -Xlint:unchecked for details.
Siri>javac .\Arrayliste.java -Xlint
.\Arrayliste.java:2: warning: [unchecked] unchecked cast
    private T[] data = (T[]) new Object[10];
                             ^
  required: T[]
  found:    Object[]
  where T is a type-variable:
    T extends Object declared in class Arrayliste
1 warning
Siri>
```

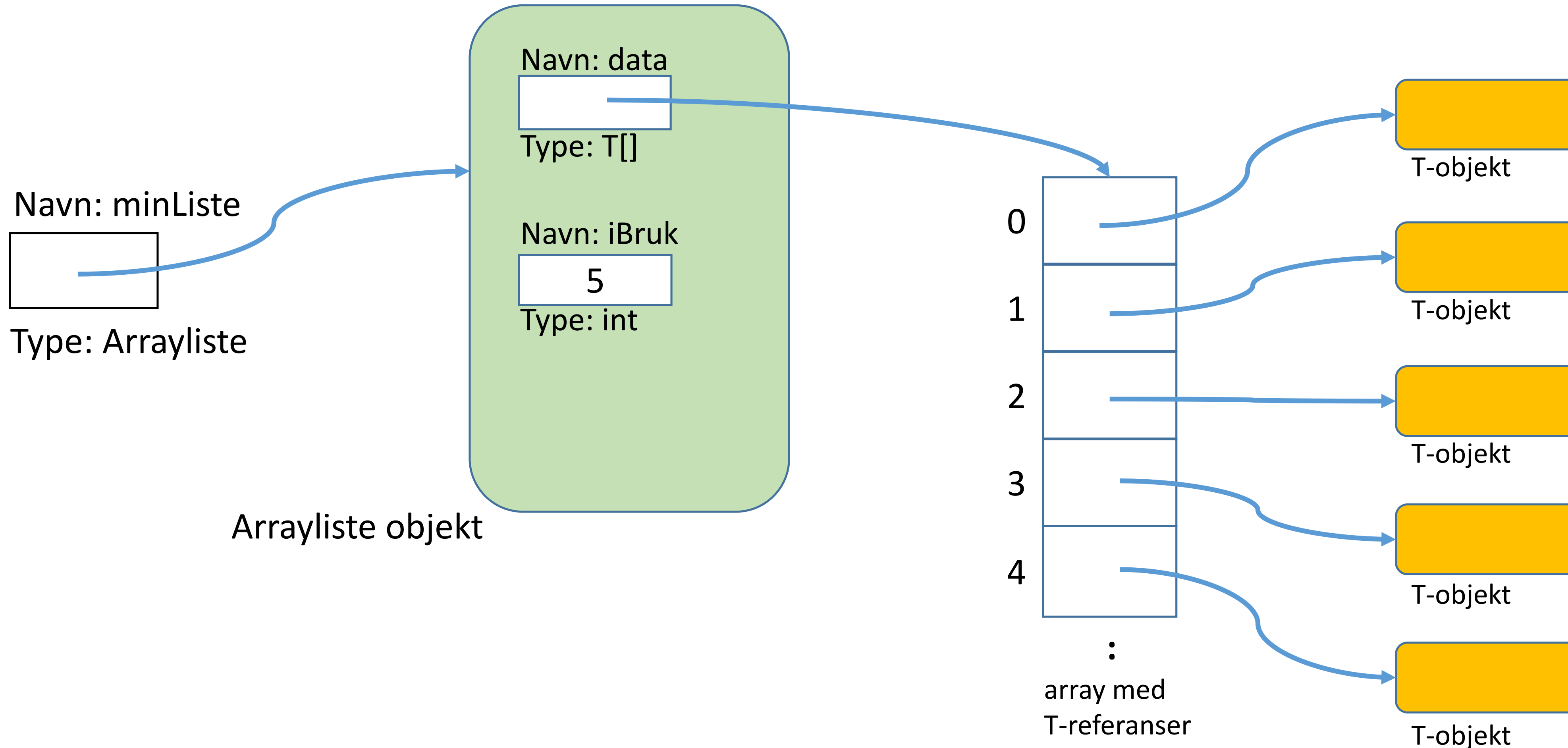
Advarsel fra Java: Objektene i arrayen har kanskje ikke T-egenskaper

Ignorerer advarselen fordi:
- alle metodene krever T-objekter i grensesnittet
- inne i beholderen bruker vi ingen av T-egenskapene

```
@SuppressWarnings("unchecked")
private T[] data = (T[]) new Object[10];
```

Arrayliste objekt

Det finnes ikke T-objekter! Under kjøring vil de ha en annen, eksisterende type (for eksempel String) som vi opprettet listen med

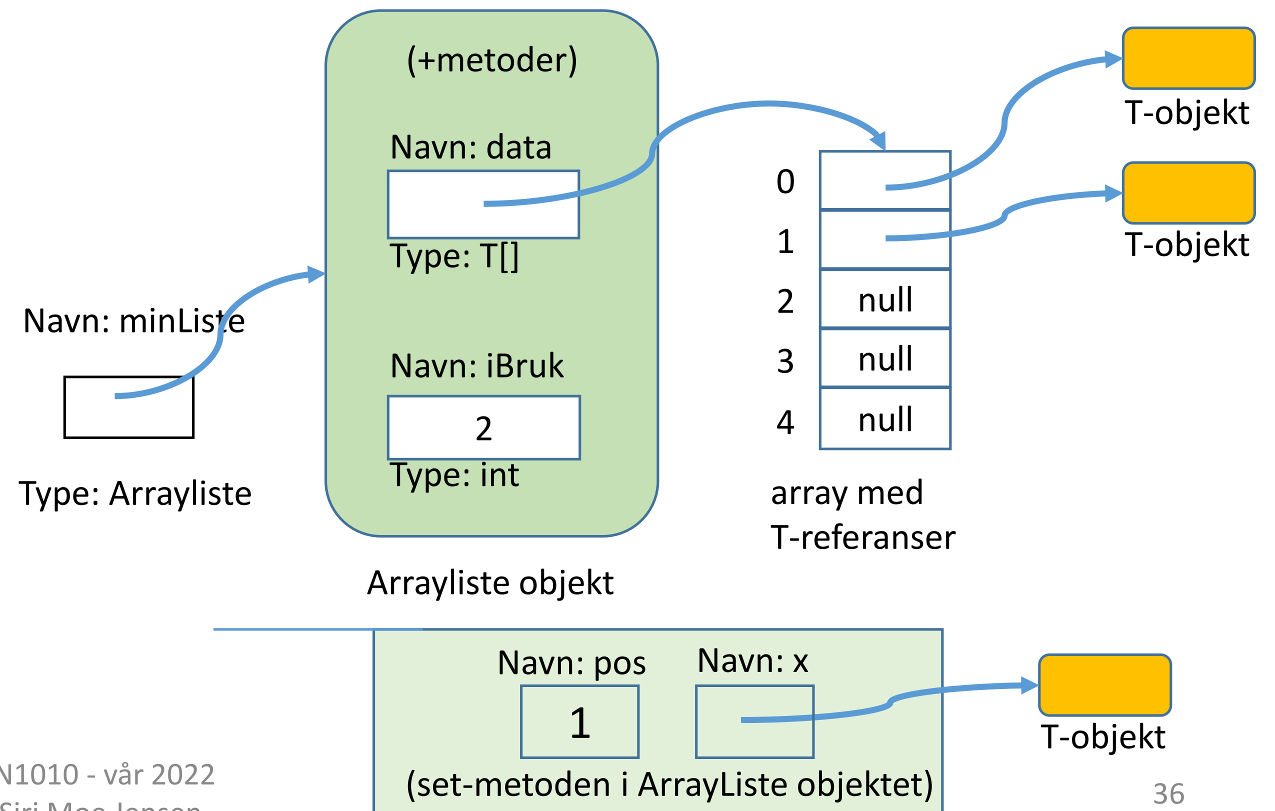


Klassen Arrayliste: size, set, get

```java
public class Arrayliste<T> implements Liste<T> {
    @SuppressWarnings("unchecked")
    private T[] data = (T[]) new Object[10];
    private int iBruk = 0;

    @Override
    public int size() {
        return iBruk;
    }

    @Override
    public T get(int pos){
        return data[pos];
    }

    @Override
    public void set(int pos, T x){
        data[pos] = x;
    }
}
```

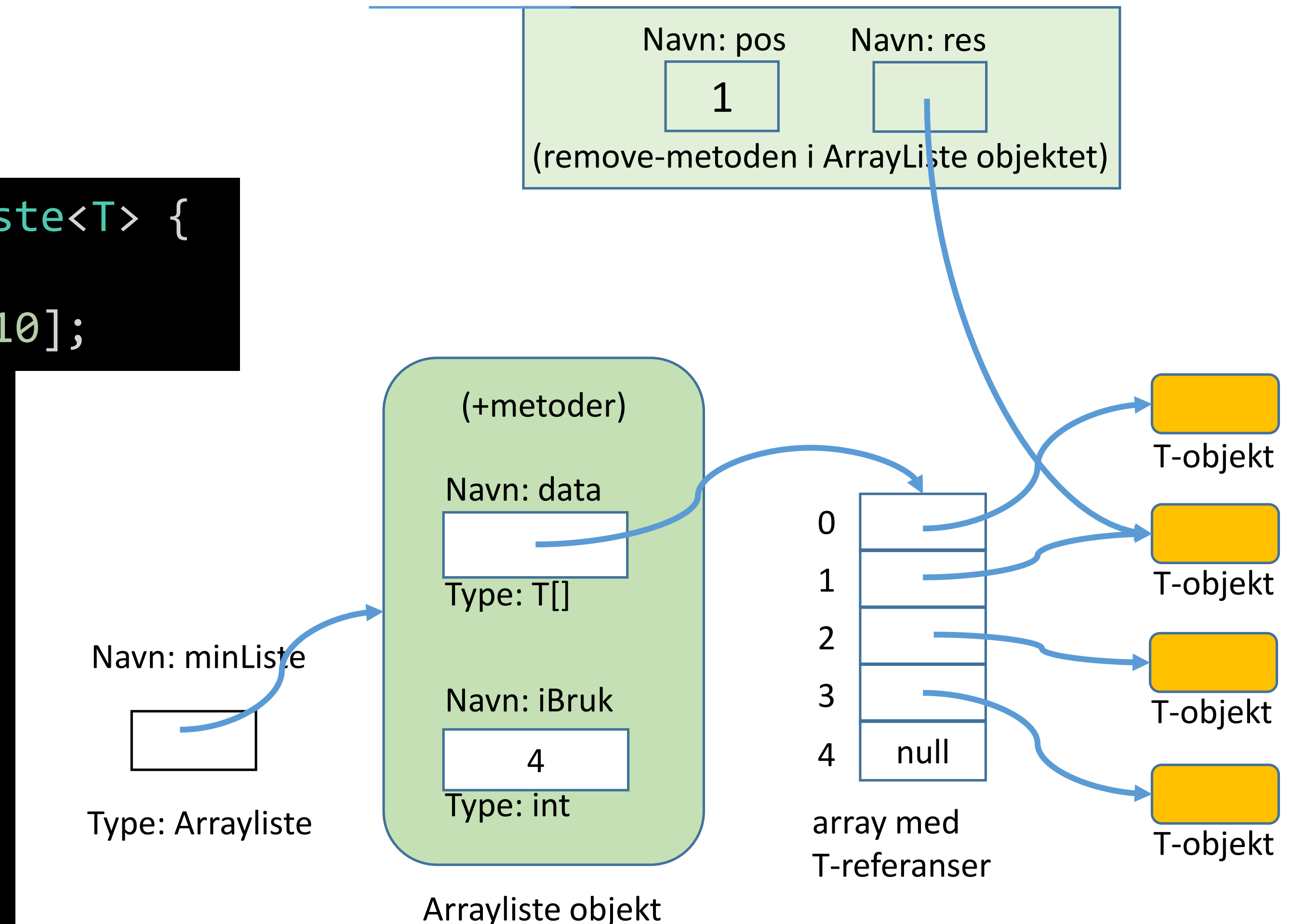
Kan noe skape problemer her?

Kommer tilbake til dette

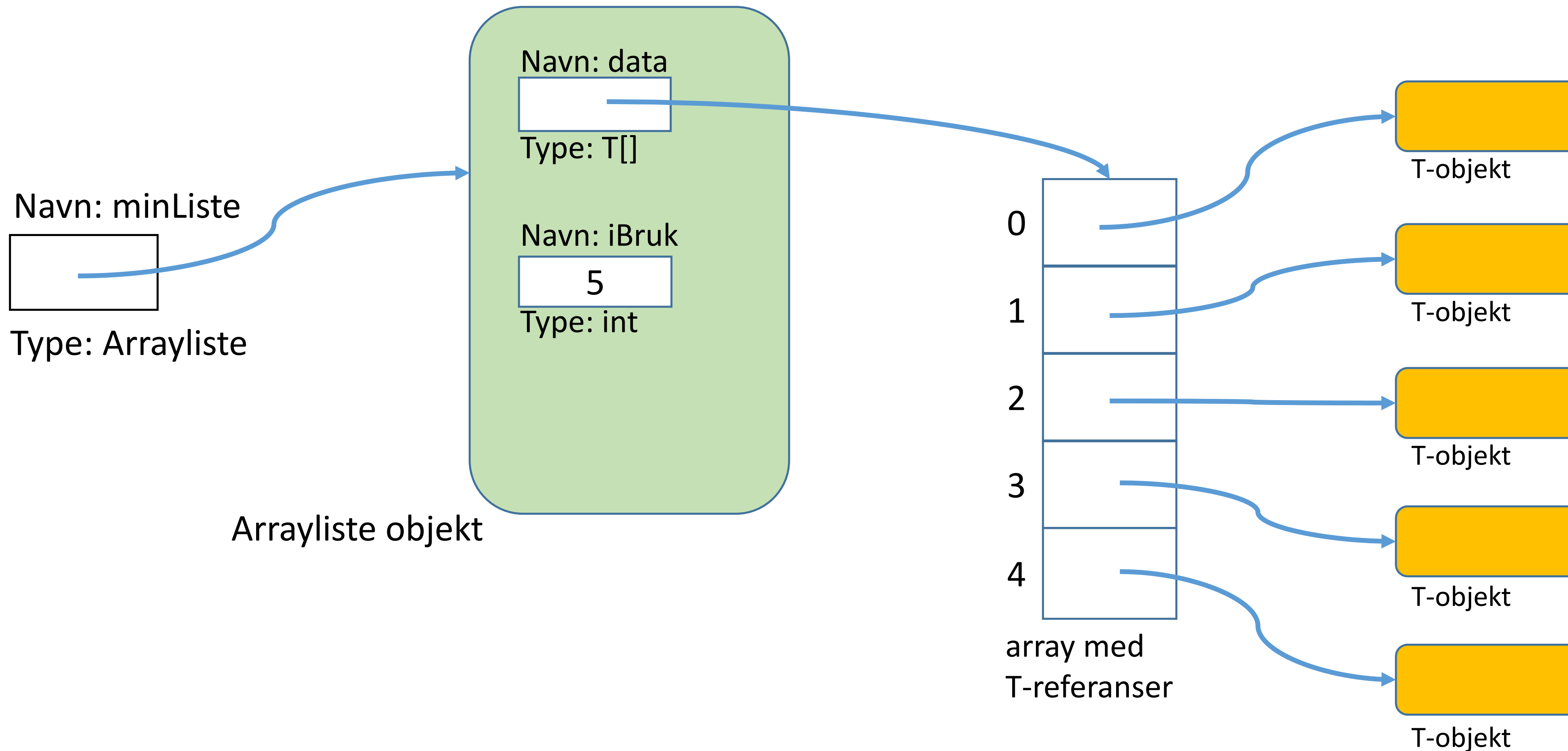


Klassen Arrayliste II: remove

```
public class Arrayliste<T> implements Liste<T> {
    @SuppressWarnings("unchecked")
    private T[] data = (T[]) new Object[10];
    private int iBruk = 0;

        // andre metoder

    @Override
    public T remove(int pos) {
        T res = data[pos];
        for (int i=pos+1; i<iBruk;i++) {
            data[i-1]=data[i];
        }
        iBruk--;
        return res;
    }
}
```



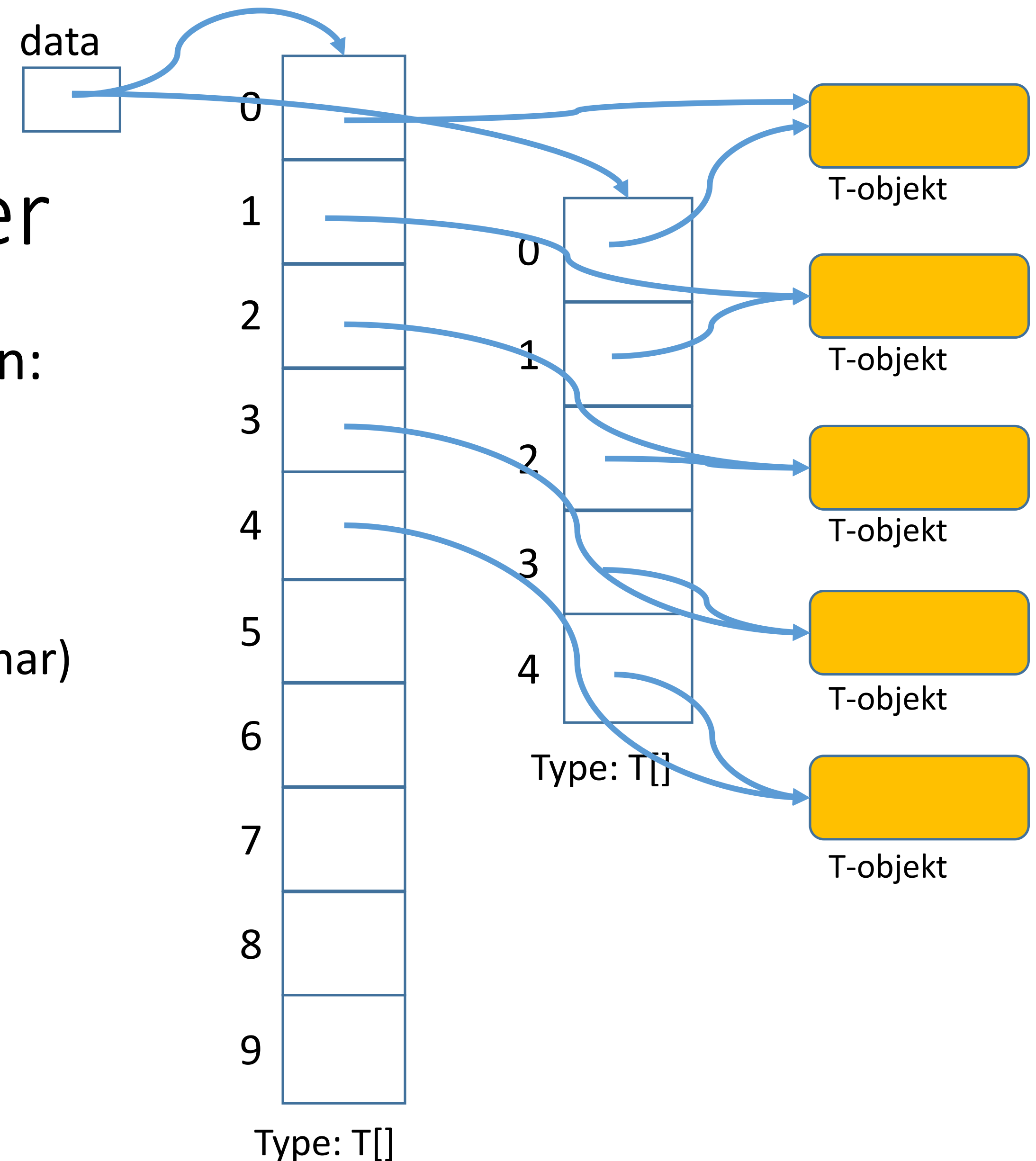
Arrayliste objekt med full array



Klassen Arrayliste: Lage plass til flere elementer

- Spesialtilfelle ved tillegg nytt element i listen:
  - arrayen som holder dataene kan være full!

- Må da allokere mer plass =>
  - oppretter ny array med flere plasser (2* den vi har)
  - flytter eksisterende elementer over
  - legger til det nye på første ledige plass



Klassen Arrayliste III (add)

```
@Override
public void add(T x){
    if (iBruk == data.length) {
        @SuppressWarnings("unchecked")
        T[] ny = (T[]) new Object[2*iBruk];
        for (int i=0; i<data.length;i++) {
            ny[i] = data[i];
        }
        data = ny;
    }
    data[iBruk] = x;
    iBruk++;
}
```

Invariant (se også forrige ukes forelesning)

- Invarianter er nyttige når vi skal sikre oss mot feil i programmene våre: Hjelpemiddel for mer systematisk analyse

- En invariant er en påstand som alltid gjelder på et bestemt sted (før/ etter en gitt programsetning/ blokk) under utføring av et program
- En invariant sier noe (men ikke nødvendigvis alt) om programmets *tilstand* på det aktuelle punktet.

- Invarianter kan for eksempel si noe om hvilke (kombinasjoner av) instansvariabel-verdier som er lovlige mellom metodekall på et objekt

Invarianter for Arrayliste

Gjelder alltid mellom metodekall

- iBruk angir hvor mange elementer beholderen har
- arrayen **data** er alltid fyllt fra indeks 0 til iBruk-1
- **iBruk == data.length** betyr at arrayen er full!
  - ellers er iBruk indeks for neste ledige plass

- Nyttig å formulere mens man designer datastrukturen for Arrayliste?
- Nyttig å minne seg på under implementasjon av Arrayliste?

Testprogram I

class TestArrayliste

```
public static void main(String[] args) {
    Liste<String> lx = new Arrayliste<>();

    // Sett inn 13 elementer:
    for (int i = 0; i < 13; i++) {
        lx.add("A" + i);
    }

    // sjekk antall
    System.out.println("Listen har " + lx.size() + " elementer");

    // Marker element nr 10:
    lx.set(10, lx.get(10) + "*");
```

Testprogram Arrayliste

TestArrayliste.java

```
public class TestArrayliste<T> {
    public static void main(String[] args) {
        Liste<String> lx = new Arrayliste<>();
        // Sett inn 13 elementer:
        for (int i = 0; i < 13; i++) {
            lx.add("A" + i);
        }
        // sjekk antall
        System.out.println("Listen har " + lx.size() + " elementer");
        // Marker element nr 10:
        lx.set(10, lx.get(10) + "*");
        // Fjern første element
        lx.remove(0);
        System.out.println("Fjernet element 0");
        // Skriv ut listen
        for (int i = 0; i < lx.size(); i++) {
            System.out.println("Element " + i + ": " + lx.get(i));
        }
        // Lag en feil
        lx.remove(999); }
}
```

Kjøring av test

```
Siri>java TestArrayliste
Listen har 13 elementer
Fjernet element 0
Element 0: A1
Element 1: A2
Element 2: A3
Element 3: A4
Element 4: A5
Element 5: A6
Element 6: A7
Element 7: A8
Element 8: A9
Element 9: A10*
Element 10: A11
Element 11: A12
Exception in thread "main" java.lang.ArrayIndexOutOfBoundsException:
 Index 999 out of bounds for length 20
        at Arrayliste.remove(Arrayliste.java:32)
        at TestArrayliste.main(TestArrayliste.java:20)
Siri>
```

- Det meste går bra, men:

=> gal parameter til remove gir en uforståelig feilmelding.

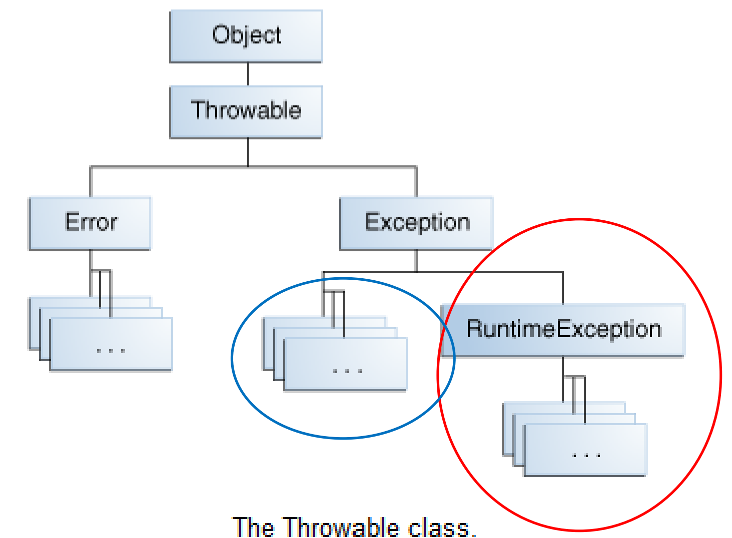
- (Det gjelder også get og set.)

Feilhåndtering

- Hva kan gå galt?
  - Feil i Java => Error, trenger ikke tenke på/ håndtere
  - Feil (bugs) i din kode eller ulovlig input

- checked (eks: prøver å åpne ikke-eksisterende fil)
  - Java krever håndtering
  - kan fanges og håndteres lokalt eller **throw** videre bakover
  - ved **throw** må det angis i metodesignaturen (... **throws** ...)

- unchecked (eks: ArrayIndexOutOfBoundsException)
  - du velger om du vil teste og evt. håndtering
  - kan, men trenger ikke angi i metodesignaturen om du kaster



The Throwable class.

Feilhåndtering med Exceptions

- Der feilen oppdages:
  - Håndter unntaket der og da (se under), eller
  - kast passende Exception (**throw**) til kallsted

- Teste og fange (**try** – **catch**) Exceptions
  - Kan velge hvordan de håndteres, f eks:
    Be om ny verdi fra bruker, avslutte en operasjon eller avslutte programmet
    Gjerne skrive ut/ logge en feilmelding med detaljer
  - Om du *ikke* fanger en Exception som oppstår, håndterer Java den "på sin måte":
    Avslutter programmet med en feilmelding

Egne Exceptions (kan også bruke innebygde)

- Feilmeldinger bør være en subklasse av passende Exception
- Her: RuntimeException eller en subklasse(se Exception klasse-hierarki med forklaringer i Big Java eller Java API).
- Konstruktøren tar parametere med nyttig informasjon om feilen (her: hvilken indeks ble brukt, og hvilke er lovlige)

```
class UlovligListeIndeks extends RuntimeException {
    public UlovligListeIndeks(int pos, int max) {
        super("Listeindeks " + pos + " ikke i intervallet 0-" + max);
    }
}
```

Oppdage at noe er feil

- Vi tar vare på relevant informasjon der feil kan oppstå (for eksempel i metoden remove)
- ... og sender den med til Exception-objektet vi oppretter
- ... som vi så "kaster" tilbake til kallstedet med **throw**

```
    @Override
    public T remove(int pos) {
        if (pos<0 || pos>=iBruk) {
            throw new UlovligListeIndeks(pos, iBruk-1); }
        T res = data[pos];
        for (int i = pos + 1; i < iBruk; i++) {
            data[i - 1] = data[i]; }
        iBruk--;
        return res; }
```

Håndtere feil som oppstår i en metode

- Når vi bruker metoder som kan kaste unntak (som remove) skriver vi en try - catch blokk for å håndtere dem

```
// Lag en feil - og håndter den
try {
    lx.remove(999);
} catch (UlovligListeIndeks u) {
    System.out.println("Feil: " + u.getMessage()); }
```

- Hvordan vet vi om andres metoder kaster unntak?
  - Unchecked: Metode-signatur, dokumentasjon, eller "for sikkerhets skyld"
  - Checked: Alltid i metode-signaturen

Arrayliste med egen feilmelding

```
public class Arrayliste<T> implements Liste<T> {
    @SuppressWarnings("unchecked")
    private T[] data = (T[]) new Object[10];
    private int iBruk = 0;

    @Override
    public void set(int pos, T x)
              throws UlovligListeIndeks {
        if (pos<0 || pos>=iBruk) {
            throw new UlovligListeIndeks(pos, iBruk-1); }
        data[pos] = x; }

    @Override
    public T remove(int pos)
              throws UlovligListeIndeks {
        if (pos<0 || pos>=iBruk) {
            throw new UlovligListeIndeks(pos, iBruk-1); }
        T res = data[pos];
        for (int i = pos + 1; i < iBruk; i++) {
            data[i - 1] = data[i]; }
        iBruk--;
        return res; }
}
```

Testprogram

```
>java TestArrayliste
Listen har 13 elementer
Fjernet A0
Element 0: A1
Element 1: A2
Element 2: A3
Element 3: A4
Element 4: A5
Element 5: A6
Element 6: A7
Element 7: A8
Element 8: A9
Element 9: A10*
Element 10: A11
Element 11: A12
Feil: Listeindeks 999 ikke i intervallet 0-11
Fortsetter etter catch-blokken
```

```java
public class TestArrayliste<T> {
    public static void main(String[] args) {
        Liste<String> lx = new Arrayliste<>();
        // Sett inn 13 elementer:
        for (int i = 0; i < 13; i++) {
            lx.add("A" + i);
        }
        // sjekk antall
        System.out.println("Listen har " + lx.size() + " elementer");
        // Marker element nr 10:
        lx.set(10, lx.get(10) + "*");
        // Fjern første element
        lx.remove(0);
        System.out.println("Fjernet element 0");
        // Skriv ut listen
        for (int i = 0; i < lx.size(); i++) {
            System.out.println("Element " + i + ": " + lx.get(i));
        }
        // Lag en feil - og håndter den
        try {
            lx.remove(999);
        } catch (UlovligListeIndeks u) {
            System.out.println("Feil: " + u.getMessage()); }
        System.out.println("Kommer vi hit?");
    }
}
```

Alternativ implementasjon av Liste – samme grensesnitt

Noen tips for implementasjon med lenkeliste

Kan vi implementere Liste på en annen måte?

- I forrige eksempel implementerte vi interface Liste ved hjelp av klassen Arrayliste
- Arrayliste bruker en array som datastruktur for objektene – krevde håndtering av fullt array

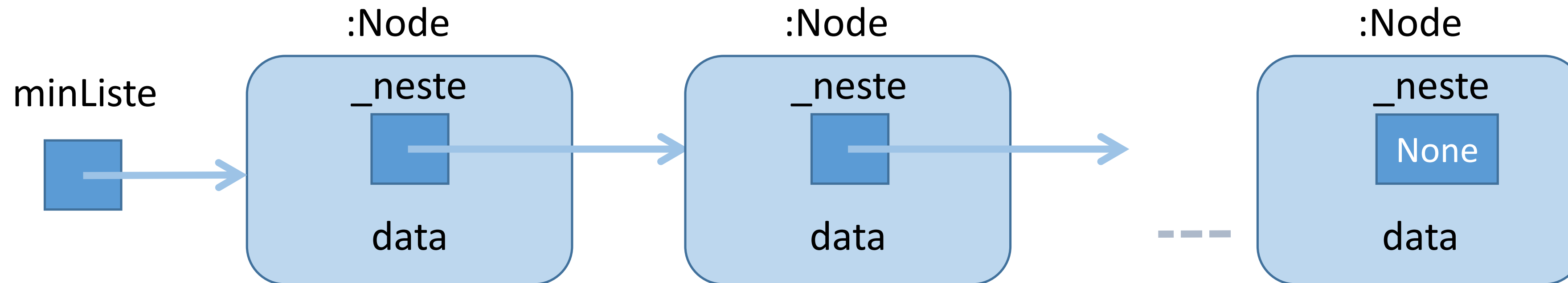
- Kan vi lage en beholder som lagrer objekter på en mer dynamisk måte – der vi alltid kan ta inn *ett til* uten å "bygge om" datastrukturen vår?
- Det vi skal lagre (objektene) ligger utenfor beholder-klassen, det vi trenger er en datastruktur der det alltid er *en ledig referanse* til det nye elementet

$\Rightarrow$ for hvert element, oppretter vi et hjelpe-objekt (en node)

$\Rightarrow$ som skal referere til det nye elementet –

$\Rightarrow$ OG kan referere til et nytt hjelpeobjekt

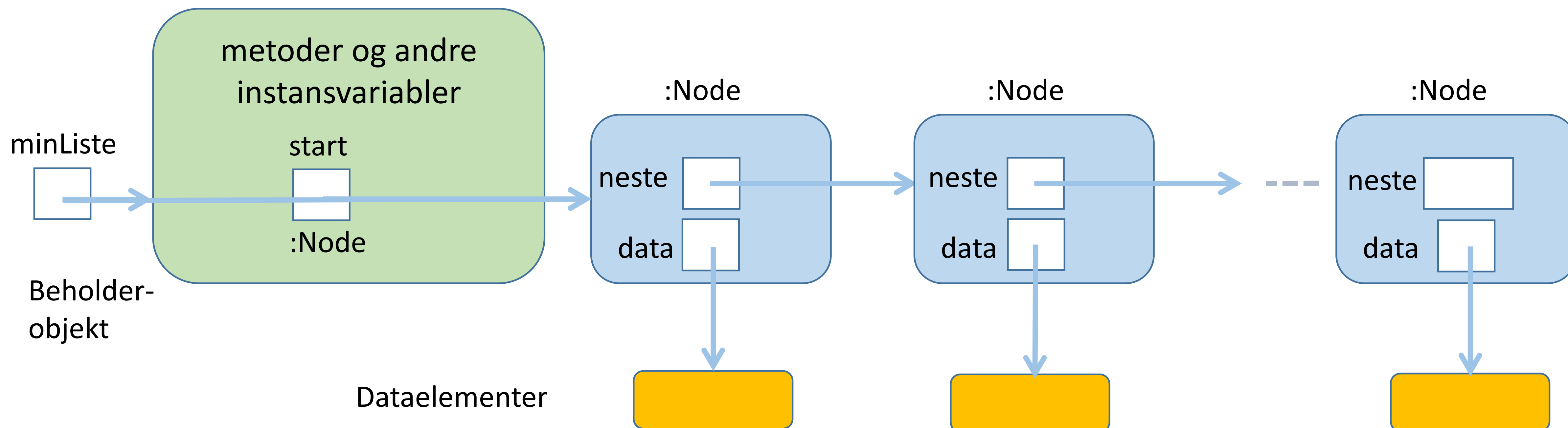
Lenkeliste (NB: figur fra IN1000, Python)



- Poenget med denne strukturen er at for hvert nye objekt vi lager – så lager vi samtidig en referansevariabel som kan referere til et nytt objekt
- dvs hvert objekt må kunne referere til et annet objekt
- dermed får vi en lenket liste av objekter – og trenger bare ha én referanse, til det første objektet

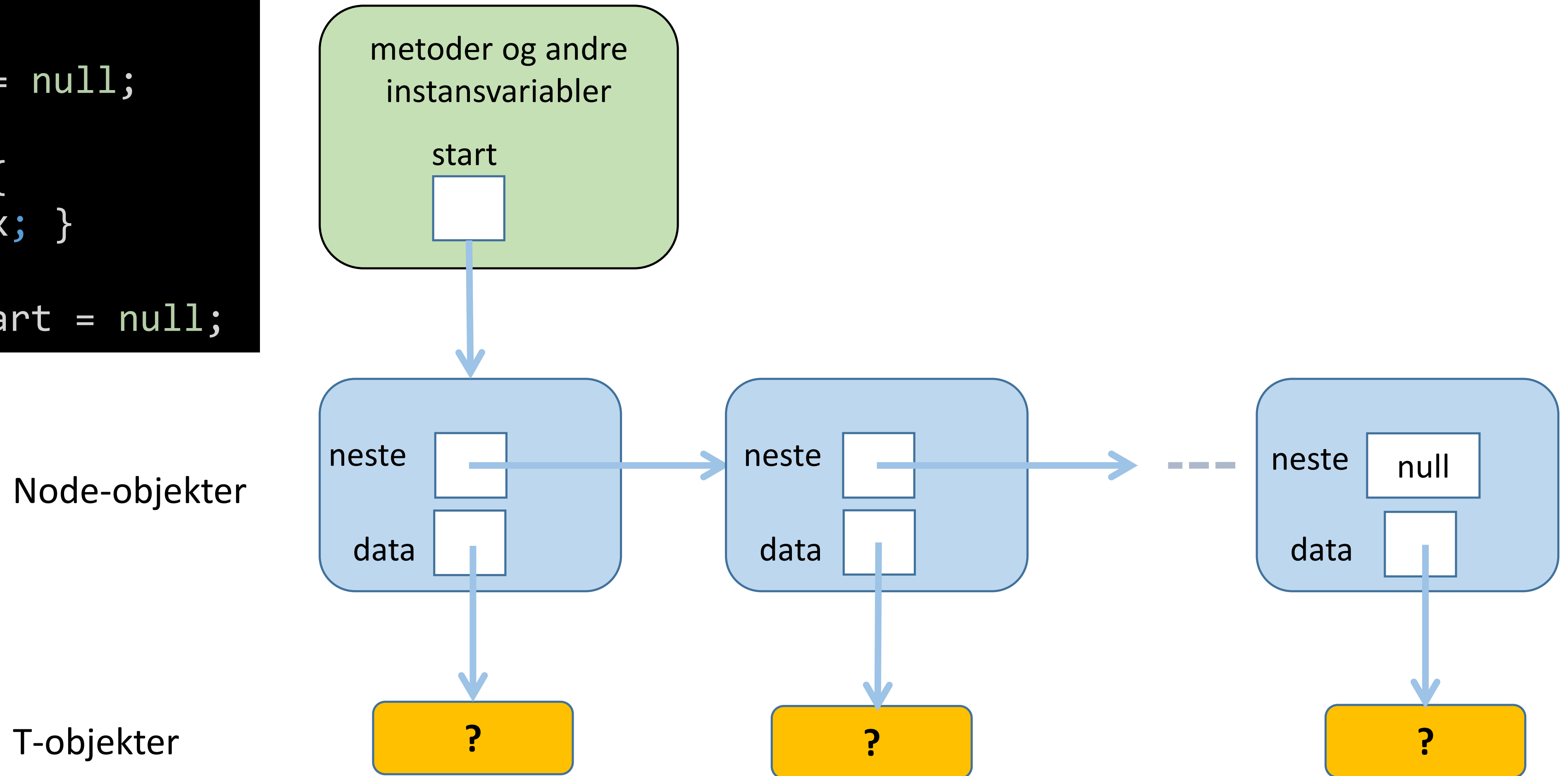
Beholder basert på lenkeliste-struktur

- Vi lager en beholder-klasse som "pakker inn" datastrukturen (nodene med neste-referanser) og metodene i grensesnittet
- Den som bruker beholderen kan bruke metodene i grensesnittet til å legge inn og ta ut data uten å kjenne til strukturen og implementasjon av metodene



Datastruktur *inne i* en Lenkeliste (erstatter arrayen vi brukte i Arrayliste)

```
class Node {
    Node neste = null;
    T data;
    Node (T x) {
        data = x; }
}
private Node start = null;
```



Klassen Lenkeliste

- Vi implementerer samme interface **Liste** som **Arrayliste** implementerte

- Vi har bestemt datastruktur: En sammenlenket kjede av **Node**-objekter, og en referanse **start** til første Node-objekt

- Hvordan legge dette inn i klassen **Lenkeliste**?

- Vi deklarerer en *indre klasse* **Node** inne i klassen **Lenkeliste**

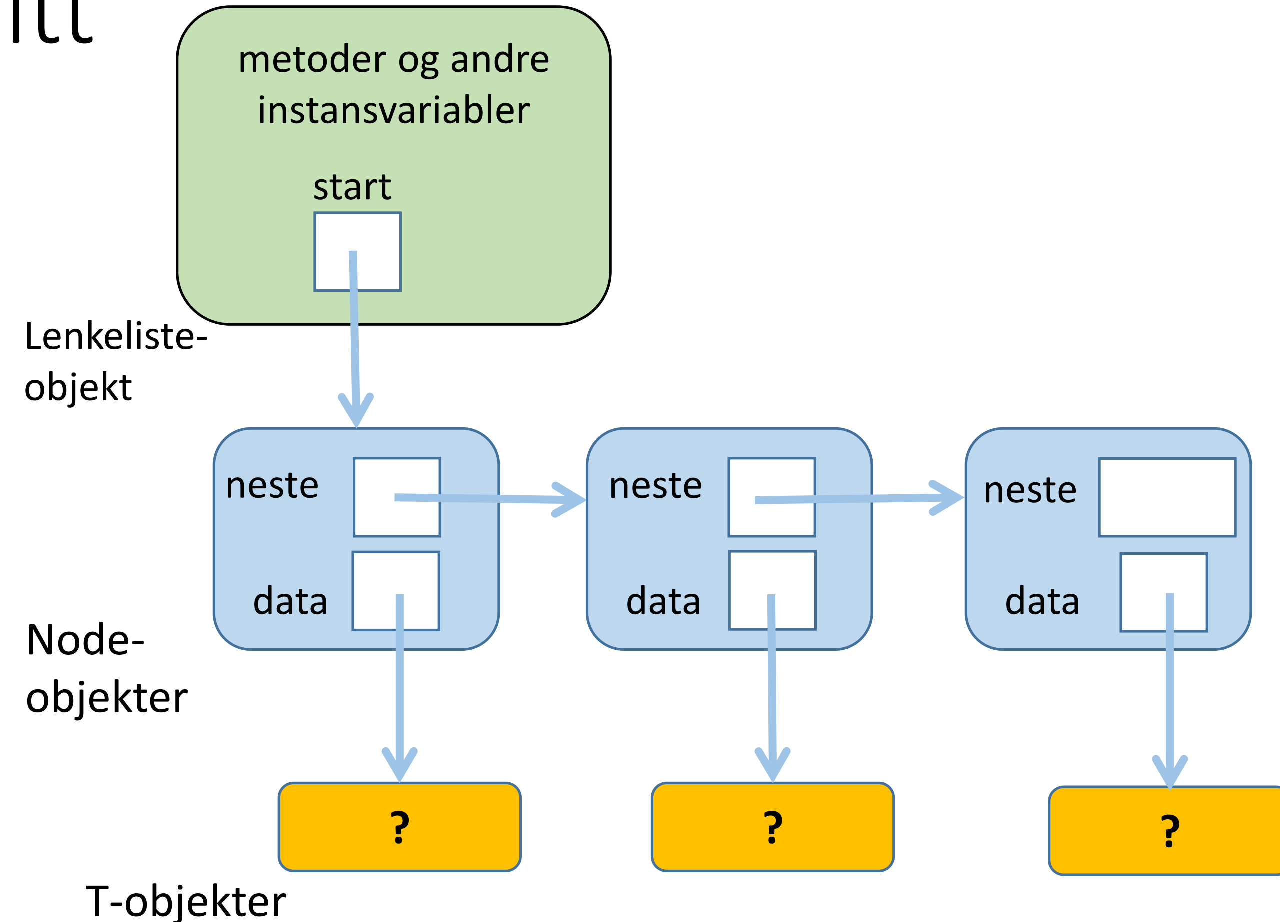
Indre klasser

- Klasser kan deklareres inne i andre klasser: Indre eller nøstede klasser.
- Tydeliggjør at den kun brukes internt, og hindrer aksess fra utsiden (om vi deklarerer den private).
- Den indre klassen får en egen .class-fil ved kompilering (**Lenkeliste$Node.class**)

(det finnes også *statiske indre klasser* – det bruker vi <u>ikke</u> i IN1010)

Klassen Lenkeliste: Datastruktur og grensesnitt

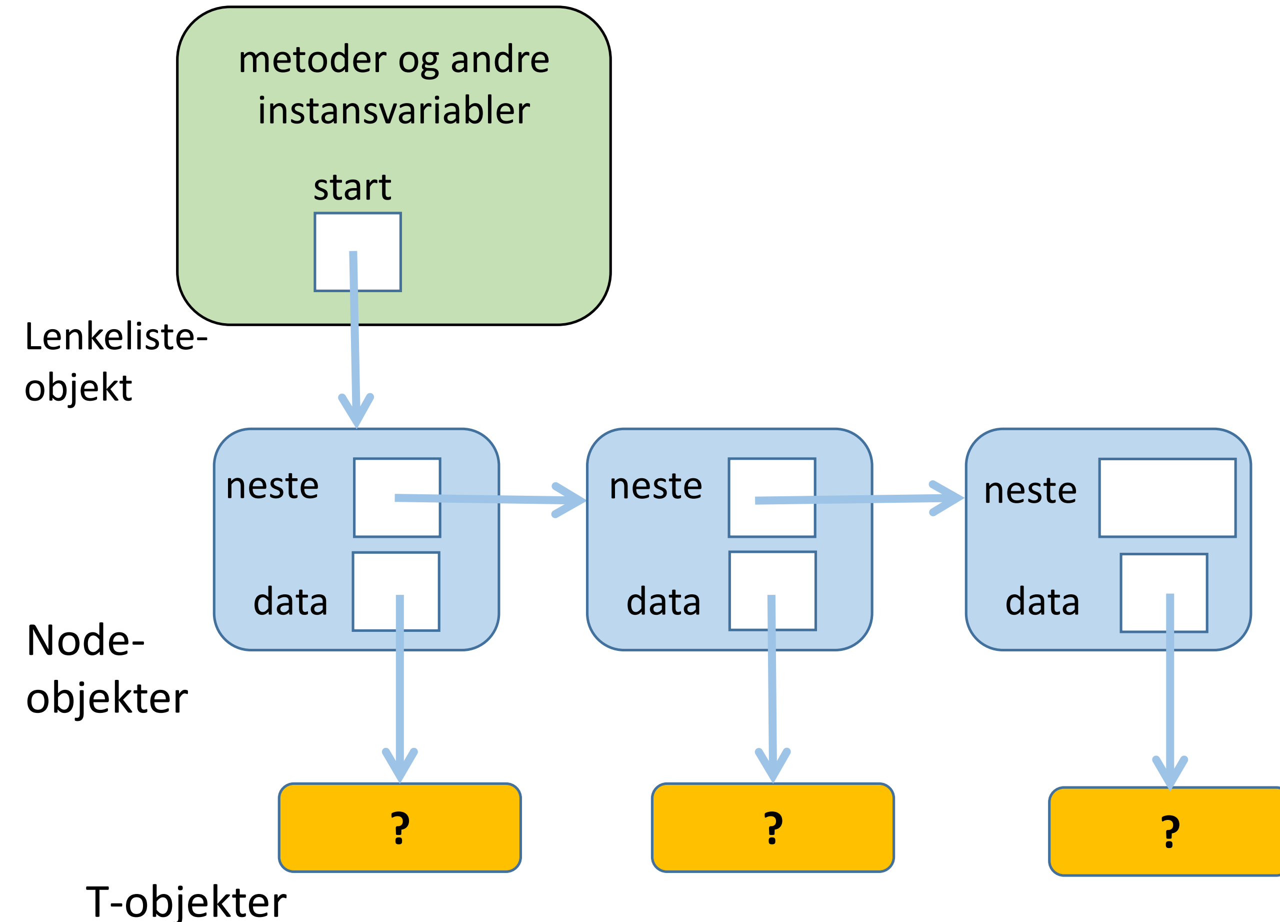
```
class Lenkeliste<T> implements Liste<T> {
    class Node {
        Node neste = null;
        T data;
        Node (T x) {
            data = x; }
    }
    private Node start = null;

      // Resten av grensesnittet
```



Invarianter for Lenkeliste

Gjelder alltid mellom metodekall

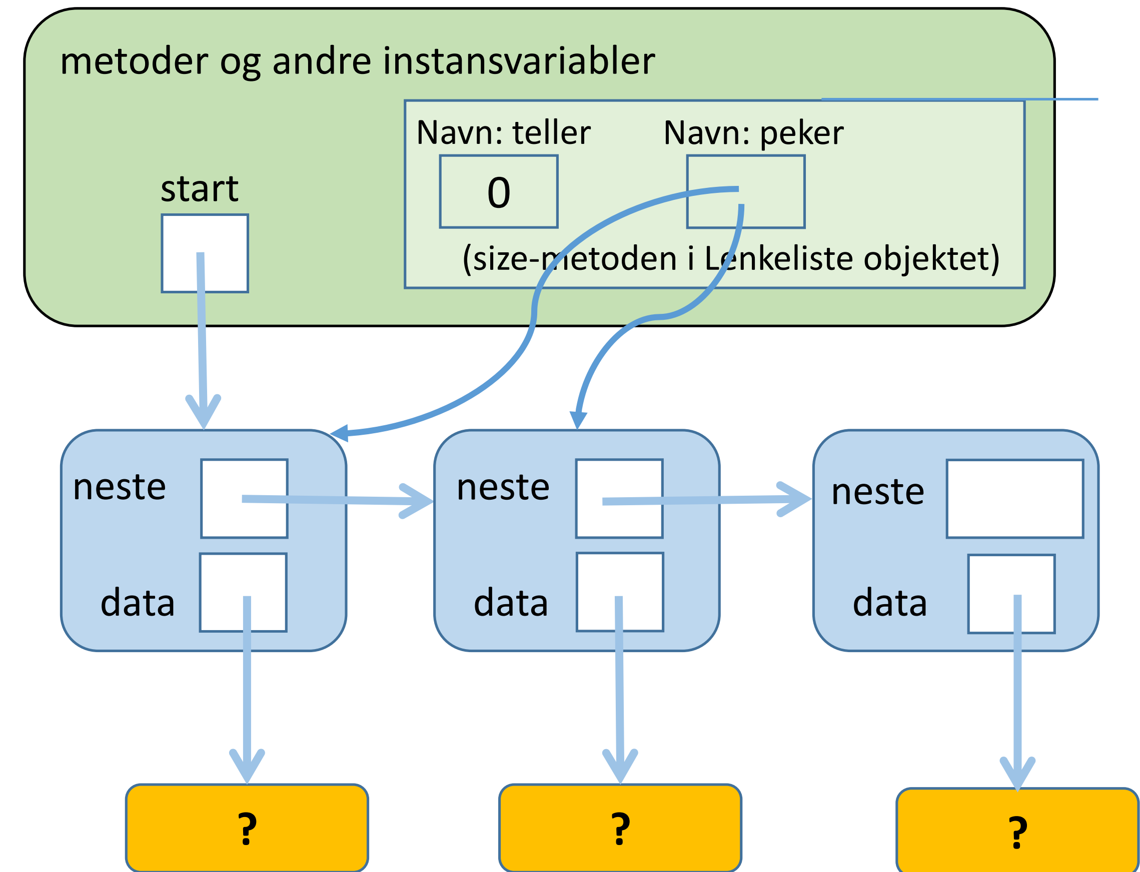
- **start** refererer alltid til Node-objektet med forste dataelement
- hvis start er **null** er listen tom
- i Node-objektet som refererer til siste dataelement er alltid **neste == null**



Hvordan finne størrelsen?

- Går gjennom liste og teller noder!

```
public int size() {
    int teller = 0;
    Node peker = start;
    while (peker != null) {
        teller++;
        peker = peker.neste;
    }
    return teller;
}
```



Forslag til et bedre alternativ?
Hvorfor bedre?

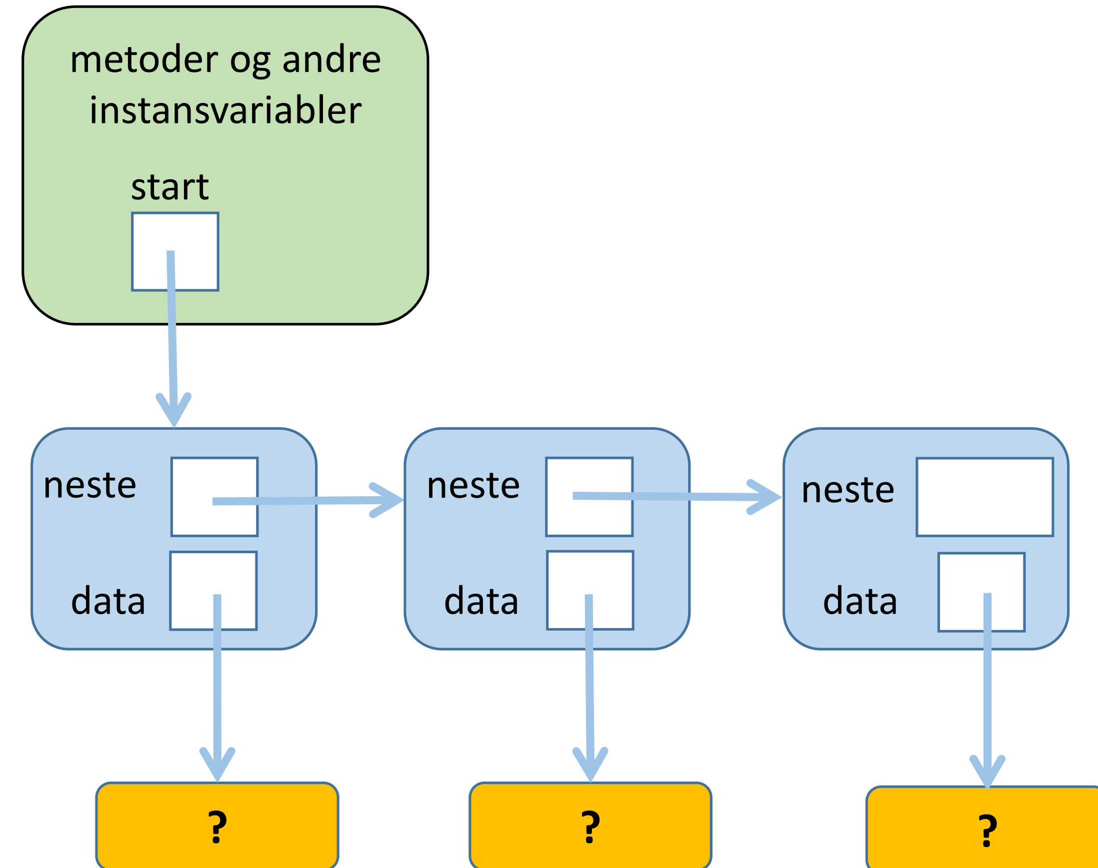
Hvordan hente et element?

```
public T get(int pos) {
```

- Går gjennom liste, teller oss frem til rett plass

```
        Node peker = start;
        for (int i=0; i<pos; i++) {
            peker = peker.neste;
        }
```

NB: Hva skal vi returnere?



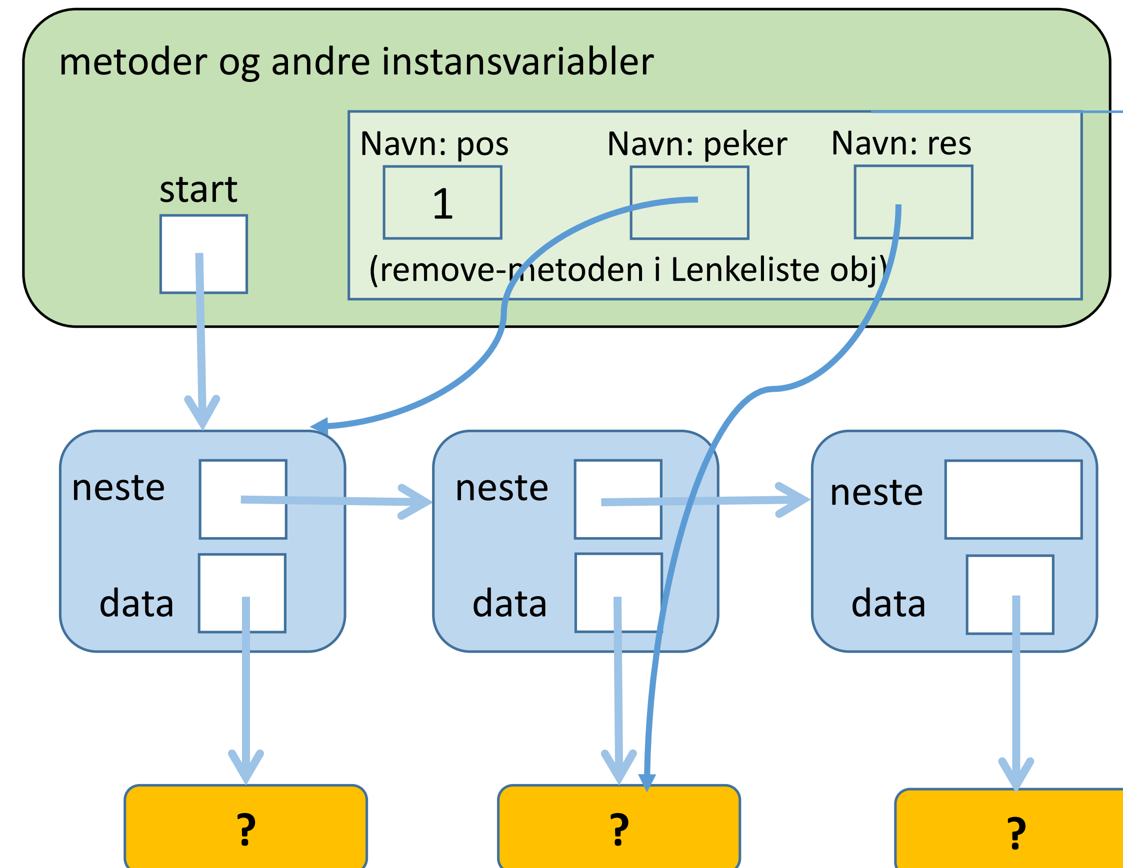
Hvordan fjerne et element fra listen?

```
T remove(int pos);
```

- Teller oss frem til rett sted:

```
        Node peker = start;
        for (int i=0; i<pos-1; i++) {
            peker = peker.neste;
        }
        res = peker.neste.data;
        peker.neste = peker.neste.neste
;
```

Svar: Elementet *før* det som skal fjernes



- Hvilket element må vi stoppe på?
- Hvilken type er **res**?
- Hvilket spesialtilfelle må håndteres her?

Bruk av lenkelisten

Hvordan skiller et testprogram for lenkeliste-klassen seg fra testprogrammet vi skrev for arrayliste-klassen?

Svar: Vi trenger KUN endre hvilken klasse vi bruker når vi oppretter beholderen – dvs vi skriver

new Lenkeliste<>()

i stedet for
new Arrayliste<>()

```
class TestArrayliste {
    public static void main(String[] args) {
        Liste<String> lx = new Arrayliste<>();
        // ....Sett inn 13 elementer, andre tester....

        for (int i = 0; i <= 12; i++)
            lx.add("A"+i);

        // Sjekk størrelsen:
        System.out.println("Listen har " + lx.size() + " elementer");

        // Marker element nr 10:
        lx.set(10, lx.get(10)+"*");

        // Fjern det første elementet:
        String s = lx.remove(0);
        System.out.println("Fjernet " + s);

        // Skriv ut innholdet:
        for (int i = 0; i < lx.size(); i++)
            System.out.println("Element " + i + ": " + lx.get(i));

        // Lag en feil:
        try {
            lx.remove(999);
        } catch (UlovligListeindeks u) {
            System.out.println("Feil: "+u.getMessage());
        }

        System.out.println("Fortsetter etter catch-blokken");

    }
}
```

Oppsummering

- Beholder: Hva og hvordan
  - Liste-interface
  - Implementering av Liste med array
  - Implementering av Liste med lenkeliste (sentrale deler av koden)

- Nytt i Java
  - Klasseparametere og "generics"
  - Indre klasser

  Repetisjon/ eksempler:
  - Interface og arv, klassediagrammer
  - Egne Exceptions: Deklarasjon, opprettelse og behandling

Neste uke

- Andre måter å implementere lenkelister
- Varianter av liste-grensesnitt:
  - stabel (stack, Last In First Out – LIFO)
  - kø (First In First Out – FIFO)
  - prioritetskø

- Mer Java
  - Innpakking ("autoboxing/ unboxing")
  - Å sammenligne objekter (interface Comparable)
  - Å gå gjennom alle elementer i en samling (Iterator)