Kapittel 10:
Bruk av dynamiske datastrukturer

Redigert av:

Khalid Azim Mughal (`khalid@ii.uib.no`)

Kilde:

Java som første programmeringsspråk (3. utgave)

Khalid Azim Mughal, Torill Hamre, Rolf W. Rasmussen
Cappelen Akademisk Forlag, 2006.
ISBN: 82-02-24554-0
`http://www.ii.uib.no/~khalid/jfps3u/`
(NB! Boken dekker opptil Java 6, men notatene er oppdatert til Java 7.)

Emneoversikt

Dynamiske datastrukturer

- En *samling* er en datastruktur for oppbevaring av data, f.eks. tabeller definerer samlinger som har fast lengde.
- Dynamiske datastrukturer kan vokse og krympe ettersom data blir satt inn i og hentet fra strukturen.
  - *Kontrakten* angir hvilke *operasjoner* som kan utføres på strukturen.
  - Klienter trenger ikke å vite hvordan den er implementert.
- To vanligste operasjoner:
  - *Innsetting*: sette inn data i strukturen.
  - *Oppslag*: hente ut data fra strukturen.
- Valg av datastruktur er i stor grad betinget av hvor kostbart det er å utføre innsetting og oppslag.

Abstrakte datatyper: ADT = datastruktur + kontrakt

- Resultat av *data abstraksjon* er ADT'er, dvs. utforming av en *ny* type med tilhørende *data representasjon* og *operasjoner*.
- I Java er ADT'er klasser.

Dynamiske strenger: `StringBuilder`-klassen

- Innholdet av et `String`-objekt kan *ikke* endres, dvs. *tilstanden kan bare leses*.
- Java har en predefinert klasse `StringBuilder` for å håndtere *sekvenser av tegn som kan endres, og der antall tegn kan dynamisk vokse og krympe*.
- Et objekt av klassen `StringBuilder` holder rede på
  - *størrelse* (hvor mange tegn den inneholder til enhver tid), og
  - *kapasitet* (hvor mange tegn som kan innsettes i den før den blir full)
    - Dersom det ikke er plass til flere tegn, utvider den kapasiteten automatisk.
- Velg klassen `StringBuilder` fremfor klassen `String` dersom tegnsekvens endres hyppig.
- Java har støtte for *deklarasjon*, *opprettelse* og *bruk* av dynamiske strenger.

Deklarasjon:

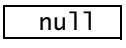
```
StringBuilder variabelNavn;
```

- deklarasjonen oppretter en *referanse* for et `StringBuilder`-objekt.

```
StringBuilder buffer1;
```

fører til opprettelse av en referanse for et `StringBuilder`-objekt:

Navn: `buffer1`
Type: `ref(StringBuilder)`



Dynamiske strenger: Opprettelse

- `StringBuilder`-objektet kan opprettes ved å anvende `new`-operatoren på en `StringBuilder`-*konstruktør*.
- Vi kan kombinere deklarasjon med opprettelse:

```
StringBuilder strengbygger = new StringBuilder(argument-liste);

// Oppretter et StringBuilder-objekt som har ingen tegn og lengde 0,
// men kapasitet på 16:
StringBuilder navnBuffer  = new StringBuilder();

// Oppretter et StringBuilder-objekt som har ingen tegn og lengde 0,
// men kapasitet på 10:
StringBuilder adrBuffer   = new StringBuilder(10);

// Oppretter et StringBuilder-objekt fra en strenglitteral,
// med kapasitet på strenglengde + 16, dvs 20 tegn i dette tilfellet:
StringBuilder fargeBuffer = new StringBuilder("rødt");

// Oppretter et StringBuilder-objekt fra et String-objekt.
StringBuilder strBuffer = new StringBuilder(str);
```


Operasjoner på strengbuffere

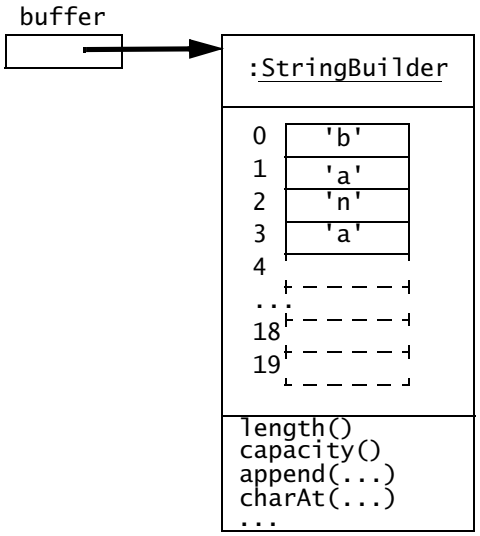
```
StringBuilder kursBuffer = new StringBuilder("databehandling");
```

Selektorer for `StringBuilder`-klassen:

- Hvert `StringBuilder`-objekt har en instansmetode, `length()`, som returnerer antall tegn i strengbufferen (*størrelse*).
  - Metodekall `kursBuffer.length()` returnerer antall tegn i `StringBuilder`-objektet `kursBuffer`, dvs. 14.
- Hvert `StringBuilder`-objekt har en instansmetode, `capacity()`, som returnerer antall tegn som kan settes inn i strengbufferen før den utvides for å lagre flere tegn (*kapasitet*).
  - Metodekall `kursBuffer.capacity()` returnerer antall tegn som kan lagres totalt i `StringBuilder`-objekt `kursBuffer`, dvs. 30.
- Metoden `charAt(int i)` returnerer tegn gitt ved indeks `i` i strengen.
  - Metodekall `kursBuffer.charAt(4)` returnerer tegn `'b'` i `StringBuilder`-objekt `kursBuffer`.
  - Startindeks er 0.
  - Ulovlig indeksverdi resulterer i `StringIndexOutOfBoundsException`.

StringBuilder-objekt

```
StringBuilder buffer = new StringBuilder("bana");
```



`StringBuilder`-objektet har 4 tegn innsatt, og plass til 16 til - og kan vokse dersom det er nødvendig.

Operasjoner på strengbyggere (forts.)

Modifikatorer for `StringBuilder`-klassen:

- Tegn kan innsettes *hvor som helst* i strengbyggeren.
  - Innsetting kan føre til at andre tegn flyttes for å gjøre plass til det nye tegnet.
  - Størrelsen justeres automatisk ved innsetting.
- Den overlastede metoden `append()` kan brukes til å tilføye primitive verdier, `String`-objekter, tabeller av tegn og tekstrepresentasjon av andre objekter på *slutten* av strengbyggeren.

```
StringBuilder buffer = new StringBuilder("bana");
buffer.append("na");  // tilføyer en streng på slutten av strengbyggeren: "banana"
buffer.append(42);    // tilføyer et tall på slutten av strengbyggeren: "banana42"

StringBuilder strBuffer = new StringBuilder().append(4).append("U").append("Only");
String str = 4 + "U" + "Only"; // bruker en StringBuilder implisitt
```

- Den overlastede metoden `insert()` kan brukes til å innsette primitive verdier, `String`-objekter, tabeller av tegn og andre objekter ved en gitt *indeks* i strengbyggeren.

```
buffer.insert(6, "Rama"); // "bananaRama42"
buffer.insert(11, 'U');   // "bananaRama4U2"
buffer.setCharAt(6, 'm'); // "bananamama4U2"
```

- `StringBuilderKlient.java` viser flere operasjoner på strengbygge re.

Operasjoner på strengbyggere (forts.)

- Klassen `StringBuilder` overkjører *ikke* `equals()`-metoden fra `Object`-klassen.
- Strengbyggere må oversettes til strenger for å sammenligne dem:

```
boolean status = buffer1.toString().equals(buffer2.tostring());
```


Generiske typer

- ADT'er der vi kan bytte ut *referansetyper,* kalles for *generiske typer.*
- Første utkast av par med verdier:

```
class ParObj {
  private Object første;
  private Object andre;
  ParObj () { }
  ParObj (Object første, Object andre) {
    this.første = første;
    this.andre = andre;
  }
  public Object hentFørste() { return første; }
  public Object hentAndre() { return andre; }
  public void settFørste(Object nyFørste) { første = nyFørste; }
  public void settAndre(Object nyAndre) { andre = nyAndre; }
  }
}
```

- Klient av klassen `ParObj`:

```
class ParObjKlient {
  public static void main(String[] args) {
    ParObj førstePar = new ParObj("Adam", "Eva"); // Kan innsette hva vi vil.
    ParObj etPar = new ParObj("17.mai", 1905);
    Object obj = førstePar.hentFørste();
    if (obj instanceof String) {              // Er objektet av riktig type?
      String str = (String) obj;              // Typekonvertering til subklasse.
      System.out.println(str.toLowerCase());  // Spesifikk metode i subklassen.
   }
  }
}
```

- Klient må holde rede hva som settes inn i et `ParObj`.
- Krever sjekking og typekonvertering ved oppslag.

Generiske klasser

- En generisk klasse som kan brukes til å lage par av objekter der begge objektene har samme type:

```
class Par<T> {                                                    // (1)
  private T første;
  private T andre;
  Par () { }
  Par (T første, T andre) {
    this.første = første;
    this.andre = andre;
  }
  public T hentFørste() { return første; }
  public T hentAndre() { return andre; }
  public void settFørste(T nyFørste) { første = nyFørste; }
  public void settAndre(T nyAndre) { andre = nyAndre; }

  @Override
  public String toString() {
    return "(" + første.toString() + "," + andre.toString() + ")";   // (2)
  }
}
```

- En generisk klasse spesifiser en eller flere *formelle typeparametere*, f.eks. `<T>`.
  - I den generiske klassen `Par<T>` har vi brukt `T` alle steder hvor vi brukte typen `Object` i definisjon av klassen `ParObj`.
  - Typeparameteren er brukt som en vanlig referansetype i klassekroppen: som felttype, som returtype og som parametertype i metodene.
  - Hvilken referansetype typeparameteren `T` egentlig står for er ikke kjent i den generiske klassen `Par<T>`.
- Konstruktører tar ikke formelle typeparametere.

Parametriserte typer

- En generisk klasse brukes ved å angi *aktuelle typeparametere* som erstatter de *formelle typeparameterne* i klassedefinisjonen under kompilering.
- F.eks. vil `Par<String>` introdusere en *ny referansetype under kompilering*, dvs. par som bare tillater `String`-objekter, der den formelle typeparameteren `T` er erstattet av den aktuelle typeparameteren `String`.
- Kompilatoren kontrollerer at parametriserte typer blir korrekt brukt i kildekoden, slik at det ikke oppstår kjørefeil.
- Aktuelle typeparametere angis etter klassenavnet, på samme måte som formelle typeparametere i en generisk klassedefinisjon.
- Primitive datatyper kan ikke angis som aktuelle typeparametere.
- Forholdet mellom generiske typer (`Par<T>`) og parametriserte typer (`Par<String>`) kan sammenlignes med forholdet mellom deklarasjon og kall av en metode.

```
public class ParametriserteTyper {

  public static void main(String[] args) {
    Par<String> strPar = new Par<String>("Adam", "Eva");  // (1)
//  Par<String> feilPar = new Par<String>("17.mai", 1905);// (2) Kompilerings-
                                                          //     feil!
    Par<Integer> intPar = new Par<Integer>(2005, 2010); // (3)
//  strPar = intPar;                                    // (4) Kompileringsfeil!
    Par<String> tempPar = strPar;                       // (5) OK

    strPar.settFørste("Ole");     // (6) OK. Kun String godtatt.
//  intPar.settAndre("Maria");    // (7) Kompileringsfeil! Kun Integer godtatt.
    String navn = strPar.hentAndre().toLowerCase();  // (8) "eva"
    System.out.println(navn);
  }
}
```

- Klient trenger ikke holde rede hva som settes inn i et `Par`.
- Ikke nødvendig med sjekking og typekonvertering ved oppslag.

Generiske kontrakter

- Eksempel:

```
interface ParForhold<T> {
  T hentFørste();
  T hentAndre();
  void settFørste(T nyFørste);
  void settAndre(T nyAndre);
}
```

- En generisk kontrakt kan implementeres av en generisk (eller en ikke-generisk) klasse:

```
class Par<T> implements ParForhold<T> {
  // samme som før
}
```

- Vi kan deklarere referanser av parameteriserte kontrakter.

```
ParForhold<String> etStrPar = new Par<String>("Eva", "Adam");   // (9)
```

  – `Par<String>` er en subtype av `ParForhold<String>`.

- Fra Java-standardbiblioteket:

```
public interface Comparable<T> {
  int compareTo(T obj);
}
```

- En klasse som vil angi en naturlig ordning for sine objekter, kan implementere `Comparable<T>`- kontrakten:

```
class Dings implements Comparable<Dings> {
  public int compareTo(Dings dings2) { /* Implementering */ }
  // ...
}
```

- Merk at vi har parametrisert `Comparable<T>` med `Dings`, siden det er dingser metoden `compareTo()` skal sammenligne i klassen `Dings`.

Generiske typer under kompilering

- Den generiske klassen `Par<T>` blir oversatt og blir representert ved klassen `Par`, dvs én class-fil (`Par.class`) med Java-bytekode.
- Parametriserte typer brukes av kompilatoren for å kontrollere at objekter som opprettes blir brukt riktig i programmet.
- Kjøremiljøet er derimot uvitende om bruk av generiske typer, dvs. den forholder seg kun til klassen `Par`.
- Siden kun én klasse representerer alle parametriseringer av en generisk klasse, og bare én forekomst av et statisk medlem kan eksistere i en klasse, kan ikke statiske metoder referere til formelle typeparametere.
- Kompilatoren gir advarsel (eng. *unchecked warning*) i tilfeller der bruk av en generisk type uten typeparametere kan skape problemer under utføring.

Diamant-notasjon (<>) i deklarasjonsetning

- Tidligere har vi deklarert en variabel og opprettet et objekt av en parametrisert type slik:

```
Par<String> strPar = new Par<String>("Adam", "Eva");  // (1)
```

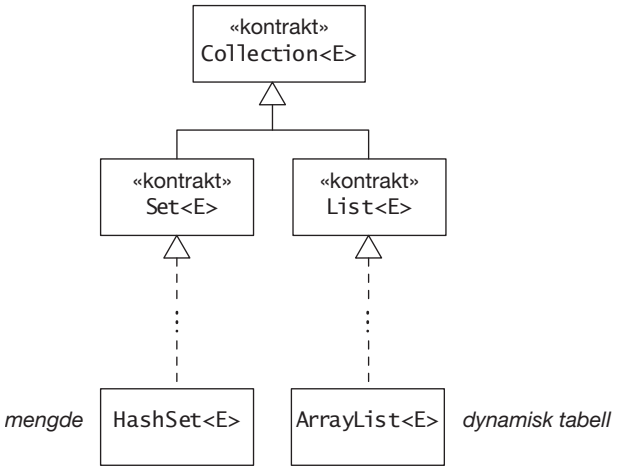
- I denne konteksten, kan vi bruke diamant-notasjon:

```
Par<String> strPar = new Par<>("Adam", "Eva");        // Bruk av <>.
```

  – Vi kan utelate parameter typene i konstruktørkallet i en deklarasjonsetning.
- Kompilatoren klarer å tolke at objektet som opprettes skal ha type `Par<String>`, og det er kompatibel med typen til variabelen på den venstre siden.

Samlinger

- En *samling* er en datastruktur som kan holde rede på referanser til andre objekter.
  – For eksempel, en tabell med referanser til objekter er en samling.
- Java API definerer flere andre typer samlinger i `java.util`-pakken.
- Sentralt i `java.util`-pakken er noen få viktige *generiske kontrakter* som samlingene implementerer.



Kontrakten Collection<E>

- *Basisoperasjoner* er de vanligste som utføres på samlinger: innsetting, sletting og kontroll av medlemskap.

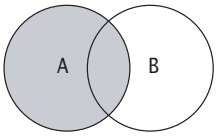
Utvalgte basisoperasjoner fra kontrakten `Collection<E>`	
`int size()`	Returnerer antall elementer i samlingen.
`boolean isEmpty()`	Finner ut om samlingen er tom.
`boolean contains(Object element)`	Finner ut om `element` er med i samlingen.
`boolean add(E element)`	*Innsetting*: prøver å tilføye `element` til samlingen og returnerer sann dersom dette lykkes.
`boolean remove(Object element)`	*Sletting*: prøver å slette `element` fra samlingen og returnerer sann dersom dette lykkes.
`Iterator<E> iterator()`	Returnerer en iterator som kan brukes til å gjennomløpe samlingen.

- *Bulkoperasjoner* utføres på hele samlinger.

Utvalgte bulkoperasjoner fra kontrakten `Collection<E>`	
`boolean containsAll(Collection<?> s)`	*Delmengde*: returnerer sann dersom alle elementer i samling `s` er i denne samlingen.
`boolean addAll(Collection<? extends E> s)`	*Union*: tilføyer alle elementer fra samlingen `s` til denne samlingen og returnerer sann dersom denne samlingen ble endret.
`boolean retainAll(Collection<?> s)`	*Snitt*: beholder i denne samlingen kun de elementene som også er i samlingen `s`, og returnerer sann dersom denne samlingen ble endret.
`boolean removeAll(Collection<?> s)`	*Differanse*: sletter alle elementer i denne samlingen som også er i samlingen `s`, og returnerer sann dersom denne samlingen ble endret.
`void clear()`	Sletter alle elementer fra denne samlingen.

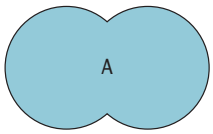
  – Merk at metodene `addAll()`, `retainAll()` og `removeAll()` er destruktive, dvs at de kan endre den aktuelle samlingen.

Mengdelæren




```
A = [kiss, Sivle, madonna, aha, abba]
B = [TLC, wham, madonna, abba]
```

(a)



`A.addAll(B)`

Etter utføring:

```
A = [kiss, TLC, Sivle, wham,
     aha, madonna, abba]
```

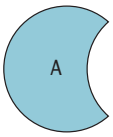
(b) Union

`A.retainAll(B)`

Etter utføring:

```
A = [madonna, abba]
```

(c) Snitt



`A.removeAll(B)`

Etter utføring:

```
A = [kiss, Sivle, aha]
```

(d) Differanse

Gjennomløpe en samling

- Alle samlinger implementerer:

```
interface Iterable<E> {
  Iterator<E> iterator();
}
```

- En `for(:)`-løkke kan brukes til å traversere en samling:

```
// Opprett en dynamisk tabell.
Collection<String> samling = new ArrayList<>();

 // Legg til elementer.
samling.add("9");
samling.add("1");
samling.add("1");

Iterator<String> iter = samling.iterator(); // Hent iterator.
while (iter.hasNext()) {                    // Flere elementer i samlingen?
  System.out.print(iter.next());            // Hent inneværende element.
}

// Traverser samlingen med for(:)-løkke.
for (String element: samling) {
    System.out.print(element);            // Håndter inneværende element.
}
```

- En *iterator* er et objekt som gjør det mulig å behandle alle objekter i samlingen i tur og orden på en systematisk måte (Tabell 9.5).

Operasjoner i kontrakten `Iterator`	
`boolean hasNext()`	Returnerer sann dersom den underliggende samlingen har elementer igjen å behandle.
`E next()`	Returnerer neste element i den underliggende samlingen og inkrementerer iteratoren. Dersom det ikke er flere elementer å returnere, vil kallet til denne metoden resultere i et unntak av typen `NoSuchElementException`.
`void remove()`	Fjerner det inneværende elementet fra den underliggende samlingen.

- Legg merke til at disse metodene kalles på *iteratoren*, ikke på samlingen:

```
// Opprett en dynamisk tabell.
Collection<String> samling = new ArrayList<>();
samling.add("9");                    // Legg til elementer.
samling.add("1");
samling.add("1");

Iterator<String> iter = samling.iterator();   // Hent iterator.
while (iter.hasNext()) {                      // Flere elementer i samlingen?
    System.out.print(iter.next());            // Hent inneværende element.
}
```

- Metoden `hasNext()` og metoden `next()` brukes *i takt*, ellers kan det oppstå feil under kjøring dersom metoden `next()` kalles og det er ikke flere elementer igjen.
- Standard strengrepresentasjon for en samling er:

  $[element_0, element_1, ..., element_{n-1}]$

  – Metoden `toString()` vil returnere denne strengrepresentasjon.

Dynamiske tabeller: ArrayList<E>

Subkontrakten List

- En samling som tillater duplikater, og hvor elementene er *ordnet*, kalles en *liste*.
- Kontrakten `List` utvider kontrakten `Collection` til å gjelde for lister.
- Elementene har en *posisjon* (angitt ved en *indeks*) i listen.

Utvalgte listeoperasjoner i kontrakten `List`	
`E get(int indeks)`	Returnerer element gitt ved `indeks`.
`E set(int indeks, E element)`	Erstatter elementet gitt ved `indeks` med `element`. Returnerer elementet som ble erstattet.
`void add(int indeks, E element)`	Innsetter `element` i angitt `indeks`. Elementene forskyves dersom det er nødvendig.
`E remove(int indeks)`	Sletter og returnerer element i angitt `indeks`. Elementene forskyves dersom det er nødvendig.
`int indexOf(Object obj)`	Returner indeks til første forekomst av `obj` dersom objektet finnes, ellers `-1`.

Dynamiske tabeller (DynamiskTabKlient.java)

- Programmet leser argumenter fra kommandolinjen inn i en dynamisk tabell (`ordListe`), og *sladder ut* spesifikke ord fra denne listen.
- Vi bruker en `import`-setning i begynnelsen av kildekodefilen, slik at vi slipper å bruke hele pakkestien for å referere til klasser fra `java.util`-pakken.
- Ord som skal sladdes, er gitt i en egen dynamisk tabell (`sladdeteOrd`).
- Ved (1) opprettes en tom dynamisk tabell for strenger:
  ```
  List<String> ordListe = new ArrayList<>();
  ```
- Ved (2) konstrueres det en dynamisk tabell (`sladdeteOrd`) med ord som skal sladdes.
  ```
  List<String> sladdeteOrd = new ArrayList<>();
  ```
- Ved (3) bruker vi en for(:)-løkke på ordlisten for å kontrollere hvert ord i den.
  ```
  for (String ord : ordListe) {
      if (sladdeteOrd.indexOf(ord) != -1) {
          int indeksIOrdlisten = ordListe.indexOf(ord);
          ordListe.set(indeksIOrdlisten, SENSUR);
      }
  }
  ```

Mengder: HashSet<E>

Subkontrakten Set<E>

- Kontrakten `Set` modellerer det matematiske mengdebegrepet som tillater operasjoner som *union*, *snitt* og *differanse* fra mengdelæren.
- En mengde tillater *ikke* duplikate verdier.
- Kontrakten `Set` introduserer ikke nye metoder utover dem som allerede finnes i kontrakten `Collection`, men spesialiserer disse for mengder.

Eksempel: Mengder (MengdeKlient.java)

- Eksempel: To mengder med artistnavn.
- En tom mengde for konsert `A` oppretter vi ved å instansiere klassen `HashSet`:

```
Set<String> konsertA = new HashSet<>();
```

- Vi tilføyer de forskjellige artistene ved å bruke `add()`-metoden:

```
konsertA.add("aha");
```

  – Dersom `add()`-metoden førte til at et element ble tilføyet mengden, returneres sannhetsverdien `true`.
  – Sannhetsverdien `false` vil indikere at elementet allerede finnes i mengden.
- Koden nedenfor viser hvordan vi kan lage en kopi av en mengde ved å kalle riktig konstruktør i klassen `HashSet<E>`:

```
Set<String> alleArtister = new HashSet<>(konsertA);
```

Eksempel: Lage en dynamisk tabell uten duplikater (Duplikater.java)

- Koden nedenfor vil lage en mengde (`ordMengde`) av `String`-objekter fra en dynamisk tabell (`ordListe`) av `String`-objekter og dermed fjerne duplikater:

```
import java.util.*;

public class Duplikater {
    public static void main(String args[]) {
      ArrayList<String> ordListe = new ArrayList<>(); // Opprinnelig liste
      ordListe.add("to"); ordListe.add("null");
      ordListe.add("null"); ordListe.add("fem");
      System.out.println("Opprinnelig ordliste: " + ordListe);

      Set<String> ordMengde = new HashSet<>(ordListe);// Ny mengde
      ordListe = new ArrayList<>(ordMengde); // Listen uten duplikater.
      System.out.println("Opprinnelig ordliste, ingen duplikater: " + ordListe);
    }
}
```

Utdata fra programmet:

```
Opprinnelig ordliste: [to, null, null, fem]
Opprinnelig ordliste, ingen duplikater: [to, null, fem]
```

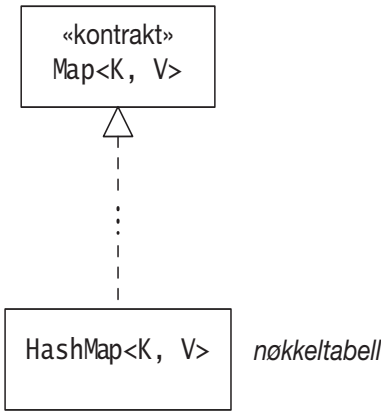

Nøkkeltabeller: `Map`

- En *nøkkeltabell* brukes til å lagre *bindinger*.
- En binding er et par av objekter, der det ene objektet (kalt *nøkkel*) er assosiert med det andre objektet (kalt *verdi*).
- Eksempel: En telefonliste er en nøkkeltabell, der hver binding assosierer et telefonnummer (nøkkel) med et navn (verdi).
- Det er en *mange-til-en*-relasjon mellom nøkler og verdier i en nøkkeltabell:
  - Forskjellige nøkler kan ha samme verdi, men forskjellige verdier kan ikke ha samme nøkkel.
  - dvs. nøkler er entydige i en nøkkeltabell.

Kontrakten `Map<K,V>`

- Funksjonaliteten til nøkkeltabeller er spesifisert i kontrakten `Map` i `java.util`-pakken.
- Klassen `HashMap` er en konkret implementering av kontrakten `Map`.
- Vi kan opprette en tom nøkkeltabell for bindinger `<String, Integer>` slik:

```
Map<String, Integer> ordTabell = new HashMap<>();
```



Basisoperasjoner i kontrakten `Map<K,V>`

Utvalgte basisoperasjoner fra kontrakten `Map<K,V>`

`int size()`	Returnerer antall bindinger i nøkkeltabellen.
`boolean isEmpty()`	Returnerer sann dersom nøkkeltabellen ikke har noen bindinger.
`V put(K nøkkel, V verdi)`	Binder `nøkkel` til `verdi` og lagrer bindingen. Dersom `nøkkel` hadde en tidligere binding, returneres verdien fra den tidligere bindingen.
`V get(Object nøkkel)`	Returnerer verdien fra bindingen som `nøkkel` har, dersom `nøkkel` var registrert fra før. Ellers returneres referanseverdien `null`.
`V remove(Object nøkkel)`	Prøver å slette bindingen til `nøkkel` og returnerer verdien i denne bindingen dersom `nøkkel` var registrert fra før.
`boolean containsKey(Object nøkkel)`	Returnerer sann dersom `nøkkel` har en binding.
`boolean containsValue(Object verdi)`	Returnerer sann dersom `verdi` er med i minst én binding.

Hashing

- Lagring og oppslag på bindinger i en nøkkeltabell krever at det er mulig å identifisere en nøkkel i en binding ved hjelp av et heltall, kalt *hashkode*.
- Java bruker metoden `hashCode()` til å beregne en hashkode for et objekt, som er definert i klassen `Object`.
- Hashkoden må oppfylle følgende betingelser:
  - Hashkoden skal alltid være den samme for et objekt, så lenge tilstanden til objektet ikke er endret.
  - To objekter som er identiske ifølge `equals()`-metoden må også ha samme hashkode.
- Klassen `String` og wrapper-klasser overkjører derfor både `hashCode()`- og `equals()`-metodene fra `Object`-klassen.

Hovedregel: Dersom en klasse overkjører `equals()`*, bør den også overkjører* `hashCode()`*.*

Overkjøring av hashCode()-metoden

- Klassen `Punkt3D_V1` overkjører hverken `equals()`-metoden eller `hashCode()`-metoden:

```
class Punkt3D_V1 {                                                    // (1)
  int x;
  int y;
  int z;

  Punkt3D_V1(int x, int y, int z) {
    this.x = x;
    this.y = y;
    this.z = z;
  }

  @Override
  public String toString() { return "["+x+","+y+","+z+"]"; }
}
```

- Klassen `Punkt3D` overkjører både `equals()`- og `hashCode()`-metoden:

```
class Punkt3D {                                                    // (2)
  int x;
  int y;
  int z;
  // ...
  @Override
  public boolean equals(Object obj) {                              // (3)
    if (this == obj) return true;
    if (!(obj instanceof Punkt3D)) return false;
    Punkt3D p2 = (Punkt3D) obj;
    return this.x == p2.x && this.y == p2.y && this.z == p2.z;
  }
  @Override
  public int hashCode() {                                          // (4)
    int hashkode = 11;
    hashkode = 31 * hashkode + x;
    hashkode = 31 * hashkode + y;
    hashkode = 31 * hashkode + z;
    return hashkode;
  }
}
```


- Klassen `Hashing2` viser hva som skjer når vi bruker punkt-objekter:

```
Når equals()- og hashCode()-metodene ikke er overkjørt:
Punkt3D_V1 p1[1,2,3]: 11394033
Punkt3D_V1 p2[1,2,3]: 4384790
p1.hashCode() == p2.hashCode(): false
p1.equals(p2): false
Nøkkeltabell med Punkt3D_V1: {[1,2,3]=2, [1,2,3]=5} <=== Nøkler er ikke entydige.
Verdi for [1,2,3]: null                             <=== Kan ikke finne nøkkelen.

Når equals()- og hashCode()-metodene er overkjørt:
Punkt3D pp1[1,2,3]: 328727
Punkt3D pp1[1,2,3]: 328727
pp1.hashCode() == pp2.hashCode(): true
pp1.equals(pp2): true
Nøkkeltabell med Punkt3D: {[1,2,3]=5}               <=== Nøkler er entydige.
Verdi for [1,2,3]: 5                                <=== Kan finne nøkkelen.
```

Eksempel: Basisoperasjoner i kontrakten `Map<K,V>`

Ord (*nøkkel*)	Hyppighet (*verdi*)
da	3
var	2
det	2
og	1

- Metoden `put()` lager en binding og setter den inn i nøkkeltabellen:
```
ordTabell.put("da", 3); // <"da", new Integer(3)>
```
  – Metoden vil *overskrive* en tidligere binding til nøkkelen og returnere verdien fra den tidligere bindingen.
- Hente ut verdien til en nøkkel:
```
int hyppighet = ordTabell.get("da");   // 3
```
- Binding til en nøkkel kan slettes med `remove()`-metoden som returnerer verdien i bindingen.
- Om en verdi forekommer i én eller flere bindinger:
```
boolean nøkkelFinnes = ordTabell.containsKey("da");     // sann
boolean verdiFinnes  = ordTabell.containsValue(2001);   // usann
```


- Standard strengrepresentasjon av en nøkkeltabell:
```
{da=3, var=2, det=2, og=1}
```

Nøkkeltabellutsnitt

- Et *nøkkeltabellutsnitt* er en samling som er assosiert med en underliggende nøkkeltabell.
- Ved hjelp av et slikt utsnitt kan vi for eksempel iterere over den underliggende nøkkeltabellen.
- Endringene som gjøres via et utsnitt, blir reflektert i den underliggende nøkkeltabellen.

Utvalgte utsnittsoperasjoner fra kontrakten `Map`	
`public Set<K> keySet()`	(*Nøkkelutsnitt*) Returnerer `Set`-utsnitt av alle *nøkler* i nøkkeltabellen.
`public Collection<V> values()`	(*Verdiutsnitt*) Returnerer `Collection`-utsnitt av alle *verdier* i alle bindinger i nøkkeltabellen.

- *Nøkkelutsnitt*:

```
Set<String> ordMengde = ordTabell.keySet();   // [da, var, det, og]
```

  - Siden nøkler er entydige, er det hensiktsmessig å lage en mengde som ikke tillater duplikater.
  - En `for(:)`-løkke kan brukes til å iterere over nøkler i denne mengden på vanlig måte.
  - Metoden `get()` kan brukes på nøkkeltabellen for å hente ut den tilsvarende verdien til nøkkelen.
- *Verdiutsnitt*:

```
Collection<Integer> antallSamling = ordTabell.values();   // [3, 2, 2, 1]
```

  - Siden verdier ikke er entydige, er det hensiktsmessig å lage en samling som tillater duplikater.
  - En `for(:)`-løkke kan brukes til å iterere over verdier i denne samlingen på vanlig måte.

Bruk av nøkkeltabeller (NoekkelTabKlient.java)

- Lesing av ord og innsetting i nøkkeltabellen:

Gjenta mens flere argumenter i kommandolinjen:
  Gjør oppslag i nøkkeltabellen med inneværende argument.
  Hvis inneværende argument er ikke registrert:
    La hyppighet til inneværende argument være 1, dvs. 1. gang;
  ellers:
    Øk hyppighet til inneværende argument med 1.
  Sett inn inneværende argument med riktig hyppighet.

```
// (2) Les ord fra kommandolinjen.
for (String arg : args) {
    // Oppslag for å finne om et ord er registrert.
    Integer antallGanger = ordTabell.get(arg);
    if (antallGanger == null)
        antallGanger = 1;      // Ikke registrert før.Første gang.
    else                       // Registrert. Teller økes med 1.
        antallGanger++;
    ordTabell.put(arg, antallGanger);
}
```


- Beregn antall ord som ble lest (4).
  - Totalt antall ord innlest er lik summen av alle hyppigheter.
  - Vi lager et *verdiutsnitt*, som brukes til å iterere over denne samlingen for å summere hyppigheter.

```
Collection<Integer> antallSamling = ordTabell.values();
int totalAntallOrd = 0;
for (Integer antall : antallSamling) {
    totalAntallOrd += antall;
}
```

- Finn alle distinkte ord i nøkkeltabellen (5):
  - Alle distinkte ord utgjør alle nøkler som er registrert.
  - Lag et *nøkkelutsnitt* som er en mengde av alle ord (det vil si nøkler) fra nøkkeltabellen, og skriver den ut.

```
Set<String> ordMengde = ordTabell.keySet();
```

- Finn alle ord som er dupliserte (6):

  Lag en tom mengde for dupliserte ord.
  Lag et nøkkelutsnitt som er en mengde over alle nøkler.

  Gjenta mens flere elementer i mengden med alle nøkler:
  Gjør oppslag i nøkkeltabellen med inneværende nøkkel.
  Hvis hyppighet ikke er lik 1, dvs. duplisert ord:
  Innsett ord i mengde over dupliserte ord.

```
Collection<String> duplisertMengde = new HashSet<>();
for (String nøkkel : ordMengde) { // ordMengde er et nøkkelutsnitt.
    int antallGanger = ordTabell.get(nøkkel);
    if (antallGanger != 1)
        duplisertMengde.add(nøkkel);
}
```


Subtyping med jokertegn

```
static double leggSammen(Par<Number> par) {
  return par.hentFørste().doubleValue() + par.hentAndre().doubleValue();
}
...
double sum = leggSammen(new Par<Integer>(100, 200));  // (1) Kompileringsfeil!
```

- `Par<Integer>` ikke er en *subtype* til `Par<Number>`, jfr. tabelltypen `Number[]` er supertypen til tabelltypen `Integer[]`.
- Den parametriserte typen `Par<? extends T>`:

```
static double leggSammen(Par<? extends Number> par) {
  return par.hentDings1().doubleValue() + par.hentDings2().doubleValue();
}
```

  – Den parametriserte typen `Par<? extends Number>` står for alle par med elementtype som er enten `Number` eller *en subtype av* `Number`, mao. er `Par<? extends Number>` *supertypen til* `Par<Number>`, `Par<Double>` og `Par<Integer>`.

```
Par<Double> doublePar = new Par<>(100.50, 200.50);
double nySum = leggSammen(doublePar);       // (2) Ok
Par<Number> numPar = doublePar;             // (3) Kompileringsfeil!
Par<? extends Number> nyttPar = doublePar;  // (4) Ok
```

- Den parametriserte typen `Par<? super Integer>`:
  - Står for alle par med elementtype som er enten `Integer` eller *en supertype av* `Integer`, mao. er `Par<? super Number>` *supertypen til* `Par<Number>`, `Par<Comparable>` og `Par<Integer>`.

```
Par<Number> tallPar = new Par<>(100.0, 200);
Par<Integer> iPar = new Par<>(100, 200);
Par<? super Integer> supPar = tallPar;      // (5) Ok
supPar  = iPar;                             // (6) Ok
supPar  = doublePar;                        // (7) Kompileringsfeil!
```

- Den parametriserte typen `Par<?>`:
  - `Par<?>` representerer et hvilket som helst par.
  - `Par<?>` er supertypen for alle parametriserte typer til `Par<T>`, mao. er `Par<?>` *supertypen til* `Par<? extends Number>`, `Par<? super Integer>`, `Par<Number>` og `Par<Integer>`.

```
Par<?> parB = tallPar;                            // (8) Ok
parB = nyttPar;                                   // (9) Ok
parB = supPar;                                    // (10) Ok
parB = new Par<?>(100.0, 200);                    // (11) Kompileringsfeil!
parB = new Par<? extends Number>(100.0, 200);     // (12) Kompileringsfeil!
```


Generiske metoder

- En metode kan deklarere sine egne formelle typeparametere og benytte dem i metoden.

```
public static <T> List<T> tabellTilListe(T[] tabell) { // (1)
  List<T> liste = new ArrayList<>();// Opprett en tom liste.
  for (T data : tabell)             // Gjennomløp tabellen.
    liste.add(data);                // Sett et element fra tabellen inn i listen.
  return liste;                     // Returner listen.
}
```

- I en generisk metode er en formell typeparameter `T` bare tilgjengelig i selve metoden.
- Det er ikke et krav at en generisk metode må deklareres i en generisk klasse.
- Vi kan kalle en generisk metode på vanlig måte.
  - Kompilatoren avgjør den aktuelle typeparameteren fra metodekallet:

```
String[] strTab = {":-(", ";-)",":-)"};
List<String> strListe = tabellTilListe(strTab);      // (2) T er String.
Integer[] intTab = {2005, 9, 26};
List<Integer> intListe = tabellTilListe(intTab);     // (3) T er Integer.
```

Flere eksempel på generiske metoder

- Metoden `sorterVedInnsetting()` sorterer en liste ifølge det angitte `Comparator`-objektet (se filen `SamlingUtil.java`):

```
static <E> void sorterVedInnsetting(List<E> liste, Comparator<E> comp) { ... }
```

- Metoden binsøk() finner indeksen til en nøkkel i en tabell, dersom nøkkelen finnes i tabellen (se filen `TabellUtil.java`):

```
static <T extends Comparable<T>> int binsøk(T[] tab, T nøkkel) { ... }
```

- Filene `TabellUtil.java` og `SamlingUtil.java` inneholder andre nyttige metoder som er implementert som generiske metoder.

Utvalgte generiske sortering- og søkemetoder i Java API

java.util.Collections
`static <T> int binarySearch(List<? extends Comparable <? super T>> liste, T nøkkel)`
`static <T> int binarySearch(List<? extends T> liste, T nøkkel, Comparator<? super T> sammenligner)`
`static <T> void sort(List<T> liste)`
`static <T> void sort(List<T> liste, Comparator<? super T> sammenligner)`

java.util.Arrays
`static <T> int binarySearch(T[] tabell, T nøkkel, Comparator<? super T> sammenligner)`
`static <T> void sort(T[] tabell, Comparator<? super T> sammenligner)`
`static <T> List<T> asList(T... argumenter)`