# Dagens föreläsning: Felhantering, säkerhet och best practices

{

Vi ska:

- Prata om best practices i Java som är bra att tänka på inför projektet
- Kika på hur man skriver bättre och säkrare kod
- Diskutera undantagsfel och hur de bör fångas
- Kolla på vad som händer med stacken när undantag kastas, och hur vi bör kommunicera dem till andra utvecklare
- Lära oss hur man skriver sina egna exceptionklasser och varför det kan vara värdefullt

}

**Mail:**
carl-johan.johansson@im.uu.se

# Snabb repetition: stack och heap

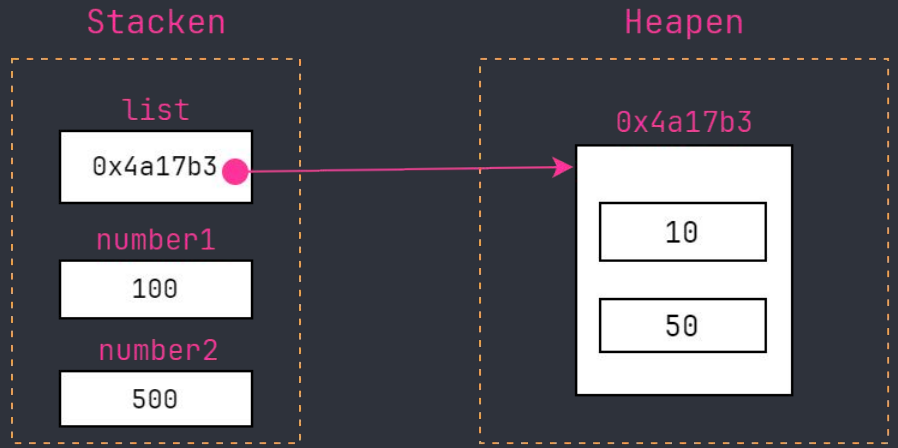
- I Java är alla objektvariabler egentligen **referenser** som pekar mot data som finns på **heapen**
- När vi t.ex. skapar en **ArrayList** så lagras den på heapen, medan **referensen** till den hålls på stacken
- Varje gång vi använder **new** heap-allokerar vi i Java. Primitiva typer såsom **integers** sparas däremot på stacken

**Programkod:**

```
ArrayList<Integer> list = new ArrayList<>();

list.add(10);
list.add(50);

int number1 = 100;
int number2 = 500;
```



# Initialisera alltid variabler via konstruktorn

- Eftersom **null är defaulttillstånd** för alla objekt som deklarerats men ännu inte initialiserats är det viktigt att vi **inte lämnar några referenser "hängande"**

- Ett konstruerat objekt **bör alltid** vara i ett giltigt tillstånd (**state**). Om det t.ex. kan producera NullPointerExceptions när vi anropar metoder på objektet är det i ett ogiltigt tillstånd.

- **Vi har en konstruktor** för att hjälpa oss med detta. Namnet refererar till att den **alltid anropas vid konstruktion** av en instans: definierar vi ingen själv kommer en osynlig konstruktor som inte gör någonting att köras automatiskt i bakgrunden

# Problem: Tvåstegsinitialisering

```
public class User
{
   private String name;

   public void setName(String name)
   {
      this.name = name;
   }

   public void printName()
   {
      System.out.println("User: " + name.toUpperCase());
   }
}
```

– Vi försöker skapa ett objekt och använda det någonstans:

```
User user = new User();
user.printName();            //NullPointerException eftersom vi inte
                               tilldelat användaren något namn ännu!
```

# Lösning: använd konstruktorn

```
public class User
{
   private String name;

   public void User(String name)      //Konstruktor
   {
      this.name = name;
   }

   public void printName()
   {
      System.out.println("User: " + name.toUpperCase());
   }
}
```

– Vi initialiserar namnet direkt när vi skapar objektet i stället:

```
User user = new User(“Dale Cooper”);
user.printName();                        //Ok!
```

# Märk alla instansvariabler private

- **private** ser till att **ingen utomstående kan ändra** dina variabler: de kan inte skriva över strängar, ta bort objekt ur samlingar och listor, och-så-vidare

- De kan **inte ens se** vilka variabler objektet innehåller. Det här uppfyller **principen om inkapsling** som är grundläggande för objektorientering

```
class Person
{
    private String name = "Greta Garbo";
}
```

I main():

```
Person person = new Person();
person.name = "Betty Davies";   // Omöjlig ändring
```

# Märk variabler med final om möjligt

- **final** är ett nyckelord i Java som innebär att en variabel **inte kan förändras** när den väl har tilldelats ett värde (motsv. till **const** i andra språk som C, C++ och Javascript)

- Använd alltid när ni vet att någonting inte bör skrivas över: det kommunicerar tydlighet till andra utvecklare och hindrar busig kod från att kompileras

```
final String[] busterKeatonMovies = {"Sherlock Jr", "The General", "Steamboat
                                     Bill Jr", "The Cameraman"};


busterKeatonMovies[1] = "Hamburger: The Motion Picture";    //Kompileringsfel!
```

# Föredra foreach-loopar över for-loopar

- Foreach-loopen, ibland kallad för både **“förenklad for-loop”** och **“avancerad for-loop”** eftersom man ogillar tydlighet i Java, **bör alltid användas** om man itererar över samlingar utan att ändra deras innehåll

**Vanliga for-loopar är dåliga eftersom de:**

- **Producerar undantagsfel** av typen **IndexOutOfBounds-Exception** om vi gör ett misstag när vi ställer upp loopvillkoret
- **Är ineffektiva** när vi itererar över samlingar
- **Inte kan iterera över** många av de vanligt förekommande datastrukturerna som t.ex kartor och set, som saknar direkt indexering, utan att först skapa mellanliggande listor

# Problem: IndexOutOfBounds

**Dåligt exempel: Vi hamnar utanför samlingen vi försöker iterera över**

```
String[] names = {"James Kirk", "Jean-Luc Picard", "Benjamin Sisko",
                  "Kathryn Janeway"};

for (int i = 0; i <= names.length; i++)    //Fel jämförelseoperator
{
   System.out.println(names[i]);
}
```

- Lätt att skriva loopvillkoret fel och hamna out of bounds
- Behöver hålla reda på hur vi ska få längden. Java är inte konsekvent i sin namnsättning: arrayer har `length`, listor har `size()`, strängar har `length()`, streams har `count()` ...
- Gör det svårt att generalisera kod med generics

# Lösning: foreach-loop

**Bra lösning: Vi kan aldrig hamna out of bounds med en foreach-loop!**

```
for (String name : names)
{
   System.out.println(name);
}
```

- Loopen går bara så länge det finns värden att loopa genom
- Ökad läsbarhet: koden är kort och ren!
- Vi behöver inte skriva loopvillkor manuellt
- Vi kan skicka både en array och en lista till en metod och loopa genom den med samma logik

# Problem: ingen indexering

**Dåligt exempel: Den här koden kompilerar inte**

```
Map<String, Integer> scores = Map.of("Buster Keaton", 90, "Fatty Arbuckle", 85,
                                     "Harold Lloyd", 88);

for (int i = 0; i < scores.size(); i++)
{
   System.out.println(scores[i]); // Kompileringsfel
}
```

- Kartor har **inte indexbaserad åtkomst** för värden, till skillnad från en array eller en lista, eftersom det är en **helt annan sorts datastruktur** som i stället har nyckelbaserad åtkomst (key-based lookup)

- Det här innebär att vi **inte kan iterera över** dem på vanligt vis med en for-loop

# Ineffektiv lösning: använd en lista

**Dålig lösning: använd en mellanliggande lista**

```
Map<String, Integer> scores = Map.of("Buster Keaton", 90, "Fatty Arbuckle", 85,
                                     "Harold Lloyd", 88);

List<String> keys = new ArrayList<>(scores.keySet());

for (int i = 0; i < keys.size(); i++)
{
   System.out.println(keys.get(i) + " scored " + scores.get(keys.get(i)));
}
```

– Skapar en kopia av alla nycklar i en lista först. Dålig lösning om det rör sig om stora samlingar: **tar O(n) i tid** och kräver **mycket extra minnesresurser** (dålig platskomplexitet)

– **Behöver två get()-anrop:** ett för nycklarna och ett för värdena

# Bra lösning: förenklad for-loop

**Best Practice: använd en förenklad for-loop som kan iterera över ett Entry-set direkt!**

```
for (Map.Entry<String, Integer> entry : scores.entrySet())
{
   System.out.println(entry.getKey() + " scored " + entry.getValue());
}
```

- Effektiv lösning: Behöver inte anropa get() för både nycklar och värden eftersom de redan finns i entrySet()
- Clean och kort kod!
- Minneseffektiv: ingen extra lista
- Eliminerar O(n) för att kopiera över alla nycklar

# När vi inte ska använda foreach

- När vi **behöver modifiera ett värde för en primitiv typ** medan vi itererar genom en samling. **num** är bara en lokal kopia av ett värde i numbers och går inte att skriva över:

```
for (int num : numbers)
{
   num = num * 2;          // Förändrar inte värdet i numbers eftersom num
}                          // bara är en lokal variabel
```

- Objekt går att förändra, men inte att byta ut:

```
for (Person person : persons)
{
   person = new Person(“Bobby”);        //Skapar ett nytt objekt men
}                                      //lagrar det inte i persons
```

# När vi inte ska använda foreach

- När vi **behöver ta bort något** från en samling medan vi itererar genom den. Foreach kan inte ta bort element på ett säkert vis och kommer att kasta ett **ConcurrentModification-Exception:**

```
for (String name : names)
{
   if (name.equals(“James Kirk”))
   {
      names.remove(name);     //Kastar undantagsfel
   }
}
```

# Använd Javas inbyggda API

- Vi har gått genom hur man skapar strukturer såsom stackar, köer, binära träd, osv för att få en bättre förståelse för hur de fungerar

- I verkligheten **bygger man dock sällan** sina egna ADT:s, på samma vis som man sällan skriver sina egna sorterings- eller krypteringsalgoritmer: man **använder beprövade bibliotek** i stället eftersom de är bättre optimerade än något vi kan göra för hand

- **Gör livet lättare genom att använda de inbyggda alternativ som finns**

- Java har ett **standardbibliotek** fullt av algoritmer och datastrukturer redan. Googla/fråga en LLM om råd ifall ni letar efter något specifikt som inte finns där (t.ex. grafer)

- Ofta vill man att de ska vara **“trådsäkra” (thread-safe)** så att de fungerar i flertrådade program

# java.util har all sortering ni behöver

- **Arrays.sort()** använder **MergeSort** för att sortera objekt, men implementationen är egentligen en optimerad algoritm som heter TimSort

- TimSort är en hybrid av MergeSort och InsertionSort. Om en samling är liten eller delvis sorterad kommer den köra InsertionSort; om den är stor och/eller mestadels osorterad kommer MergeSort köras

- **QuickSort** används av Arrays.sort() för att **sortera primitiva datatyper** (int, double, osv). Java har en optimerad algoritm kallad för Double-Pivot QuickSort som används

- **Collections.sort()** använder TimSort för att sortera listor: kraftfull, effektiv och stabil sortering

  - Om man vill sortera listor som innehåller objekt av egenskapade klasser behöver de klasserna implementera Comparable<T> eller Comparator<T> först

# java.util har all sortering ni behöver

- **Arrays.sort()** använder **MergeSort** för att sortera objekt, men implementationen är egentligen en optimerad algoritm som heter TimSort

- TimSort är en hybrid av MergeSort och InsertionSort. Om en samling är liten eller delvis sorterad kommer den köra InsertionSort; om den är stor och/eller mestadels osorterad kommer MergeSort köras

- **QuickSort** används av Arrays.sort() för att **sortera primitiva datatyper** (int, double, osv). Java har en optimerad algoritm kallad för Double-Pivot QuickSort som används

- **Collections.sort()** använder TimSort för att sortera listor: kraftfull, effektiv och stabil sortering

  - Om man vill sortera listor som innehåller objekt av egenskapade klasser behöver de klasserna implementera Comparable<T> eller Comparator<T> först

# Försök skriva så läsbar kod som möjligt

- Bra skriven kod är lätt att läsa och följa
- Den använder etablerade lösningar för generella (dvs vanliga) problem

**Saker som ofta är en code smell:**

- Lång och krånglig kod som gör samma sak som kort och ren kod, fast sämre
- Långa if/else if/else-satser
- Långa metoder som försöker göra mer än en sak samtidigt: om man behöver skriva en förklarande kommentar mitt i en metod är det ofta ett tecken på att den bör delas upp

# Problem: hitta maxvärde i en samling

**Dålig lösning: använd en hemmasnickrad metod**

```
public int findMax(List<Integer> list)
{
   int max = Integer.MIN_VALUE;

   for (int num : list)
   {
      if (num > max)
      {
         max = num;
      }
   }

   return max;
}
```

- Misslyckas om listan innehåller negativa tal
- Indikerar inte att den kastar undantag om listan är tom
- Fungerar inte med alla typer av samlingar

# Bättre lösning: Collections.max()

```java
int max = Collections.max(list);
```

- Säker felhantering: metoden berättar att den kan kasta
- Optimerad för olika typer av samlingar (List, Set, Map)
- Supportar comparators för objekt
- Finns även en min-funktion: `int min = Collections.min(list);`

- Lätt att utöka med customiserad logik:

```java
String longest = Collections.max(words, Comparator.comparing(String::length));
```

# Ternaryoperatorn, aka Elvisoperatorn ?:

- En ternaryoperator är egentligen bara syntaktiskt socker som ersätter en if-else-sats med en enda rad instruktioner
- “Ternary” på engelska betyder tredelat; att något **består av tre delar**
- **Är (Uttryck) sant ? Gör då det här : Annars gör detta**

**Exempel:**

```
public boolean trueOrFalse(int n)
{
  return n <= 0 ? false : true;
}
```

# Ternary i stället för korta if/else

**Detta:**

```
String status;
if (score >= 50)
{
   status = "Pass";
}
else
{
   status = "Fail";
}
```

**...kan ersättas med en enda rad:**

```
String status = score >= 50 ? "Pass" : "Fail";
```

– Kan ofta göra kod mer läsbar om man har en mängd if–else-satser

# Undantag (Exceptions)

- **Undantag** är någonting **oförutsett som sker** i ett program och avbryter det normala programflödet: ett **felobjekt kastas** (“throws”) av programmet (Java Runtime Environment) och **måste “fångas” av koden** om man inte vill att de ska propagera genom programmet och krascha det

- Kan ha många orsaker: **nullpointers, otillgängliga filer,** någon dåre har försökt **dela ett tal med noll**, osv

- Vi tänker ofta på dem som någonting som är dåligt, men **undantag i sig är en fundamentalt bra sak** med programmering som hjälper oss att upptäcka och hantera fel på ett lite mer produktivt vis än att programmet bara kraschar

- Därför är det också **viktigt att veta hur de fungerar** och när och var man ska hantera dem

# Två sorters undantag: checked och unchecked

- **Märkta undantag (checked exceptions)** är sådana som kompilatorn tvingas oss att hantera innan programmet får kompileras
  - **Antingen** behöver vi **fånga dem direkt** i metoden som genererar dem, **eller** också behöver vi **markera att metoden kan kasta undantag**: det blir då anroparens ansvar att fånga och hantera dem
- **Omärkta undantag (unchecked exceptions)** är svårare att ha att göra med eftersom vi ofta inte vet om att de finns: Java **kräver inte** att vi hanterar dem eller meddelar att de kan kastas
- Om vi vet att en metod kan generera såna här undantag är det dock **god praxis att kommunicera detta** på något vis!

# Vanlig lösning: Hantera checked exception med try-with-resources

```
public class FileHandler
{
    public void readFile()
    {
        try (BufferedReader reader = new BufferedReader(new FileReader(filePath)))
        {
             String line;
             while ((line = reader.readLine()) ≠ null)
             {
               System.out.println(line);
             }
         }
        catch (IOException e)
        {
             System.out.println("Error reading file: " + e.getMessage());
         }
    }
}
```

– Ok kod! Vi ser till att fånga ett potentiellt undantag direkt.
  Nackdelen är att anroparen inte får bestämma hur det ska hanteras

# Bättre lösning: låt anroparen avgöra

```
public class FileHandler
{
   /**
    * Reads all lines from a text file
    * @throws IOException Thrown if file can't be accessed
    */
   public void readFile() throws IOException      //Markera att metoden kan kasta
   {
      BufferedReader reader = new BufferedReader(new FileReader(filePath)));
      while ((line = reader.readLine()) ≠ null)
      {
         System.out.println(line);
      }
   }
}
```

– I stället för att logga ett fel till konsolen meddelar vi att metoden kan kasta, och **anroparen får bestämma själv** hur undantaget ska hanteras: det kanske bör loggas till databas, eller så kanske man vill att det lindar upp stacken och kraschar applikationen

– Vi gör också en markering i JavaDoc med **@throws-taggen**

# Använd @throws i JavaDoc för att markera att en metod kan kasta

- Om någonting kan kasta **ett ohanterat undantagsfel** bör det dokumenteras
- **Anroparen** av en metod **har sällan insyn i hur koden ser ut** och kan därför inte avgöra om den riskerar att kasta eller ej
- Om en metod eller algoritm kan generera undantagsfel är det därför **bättre att vara tydlig** med detta och sen låta anroparna hantera undantagen som de själva vill

# Stack unwinding

- När ett undantag kastas **kommer det att propagera tillbaka genom callstacken** och poppa stack frame efter stack frame tills det stöter på ett catch-block som är menat att hantera det

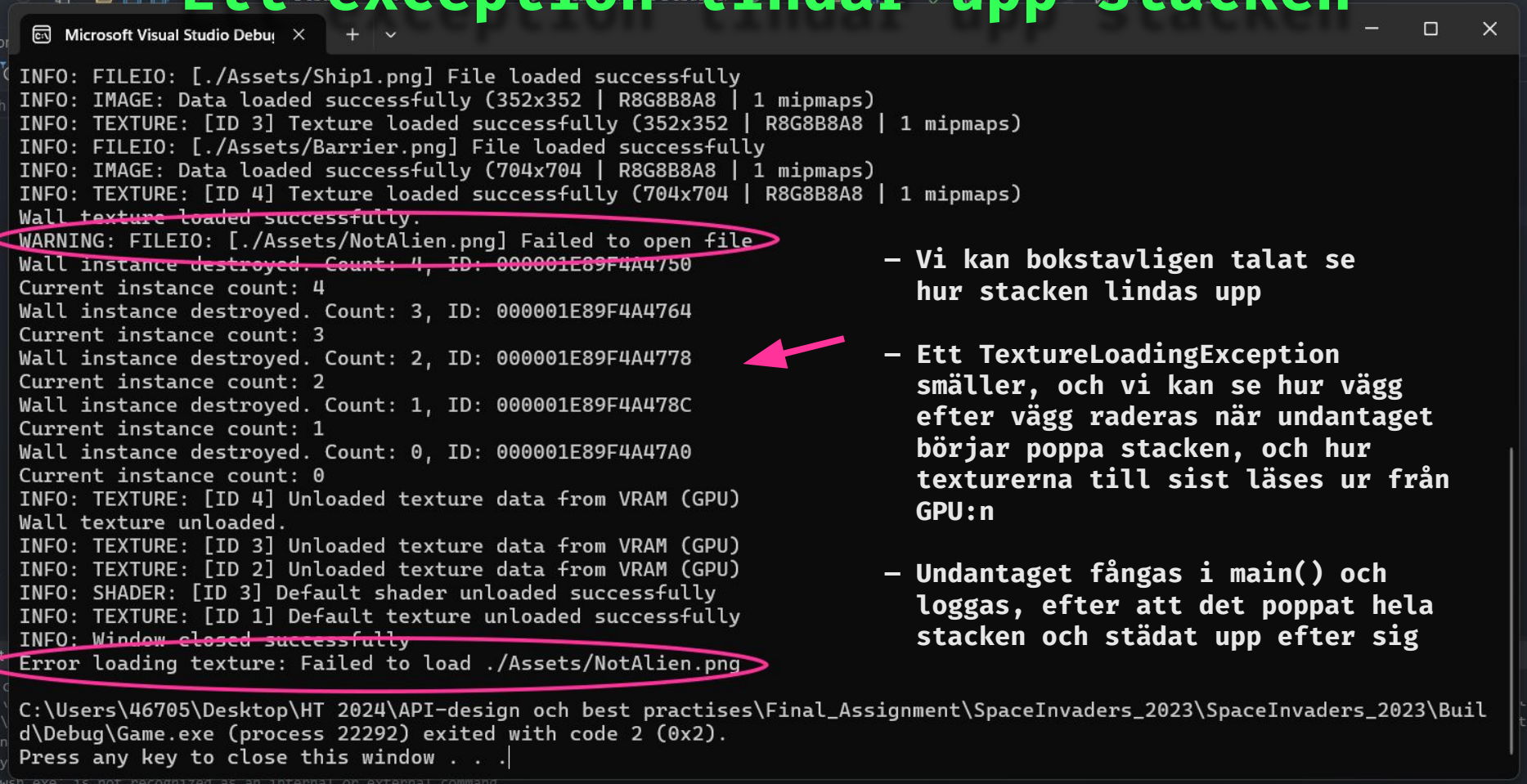
- Det här kallas för **“stack unwinding”** på engelska: undantaget “lindar upp” eller “spolar tillbaka” stacken genom att poppa lagren

- Ofta är det här **ett önskvärt beteende** från undantag: när de poppar stack frames på sin färd tillbaka genom stacken **frigörs minnesresurserna** på heapen och man undviker på så vis läckor

- **Stack unwinding** är viktig för att kunna “städa upp” i minnet när ett fel inträffar

# Exempel: Space Invaders

# Ett exception lindar upp stacken




- Vi kan bokstavligen talat se hur stacken lindas upp
- Ett TextureLoadingException smäller, och vi kan se hur vägg efter vägg raderas när undantaget börjar poppa stacken, och hur texturerna till sist läses ur från GPU:n
- Undantaget fångas i main() och loggas, efter att det poppat hela stacken och städat upp efter sig

# Dålig praxis: tomma eller generella catchblock

- Om ett undantag är viktigt nog att kasta så är det också viktigt nog att hantera på något vis: **stoppa aldrig in tomma catch-satser** som fångar ett generellt Exception bara för att “safeguarda” koden ifall något oförutsett skulle ske någonstans

- **Catch-block är menade att vara specifika:** vi vill ha information om vad det är som går fel så att vi kan debugga vår kod

- **Vi vill också vara tydliga** med vad vi **förväntar oss** för undantag: ett block som bara fångar ett “Exception e” kommer att **snappa upp alla undantag** som propagerar genom callstacken, inkluderat sådana som vi kanske vill hantera på något annat ställe

# Dålig praxis: tomma eller generella catchblock

**Dåligt exempel:**

```
System.out.println("Enter a number: ");
String userInput = scanner.nextLine();

try
{
  int number = Integer.parseInt(userInput);
  System.out.println("You entered: " + number);
}
catch (Exception e) { }
```

- Kommunicerar inte tydligt vad för problem som förväntas
- Loggar inget, så vi kommer aldrig få veta att något fel inträffat
- Catch-blocket fångar ett generellt “Exception” och kommer då att fånga **ALLA** sorters undantag: om något kastas tidigare i programmet och inte hanterats än kommer det att sväljas här

# Bra praxis: specifik felhantering

```
System.out.println("Enter a number: ");
String userInput = scanner.nextLine();

boolean done = false;
while(!done)
{
   try
   {
      int number = Integer.parseInt(userInput);
      System.out.println("You entered: " + number);
      done = true;
   }
   catch (NumberFormatException e)
   {
      System.out.println("Integer couldn't be parsed!");
   }
}
```

- Ett specifikt fel fångas
- Specifik felinformation loggas
- Vi wrappar även vår try-catch i en loop så att **number** aldrig kan lämnas i ett oinitialiserat tillstånd och skapa andra problem senare

# Logga eller kasta undantag, men kasta inte om dem

- Regel 1: Om man kastar ett undantag manuellt bör det också fångas någonstans
- Regel 2: Om man fångar ett undantag ska det hanteras och inte kastas om

- Här föreslår JetBrains det exakt motsatta, men det är ett dåligt råd!
- Ett undantag bör bara fångas en gång och loggas en gång eftersom Vi vill att det ska vara spårbart

**Logging the exception and rethrowing it**

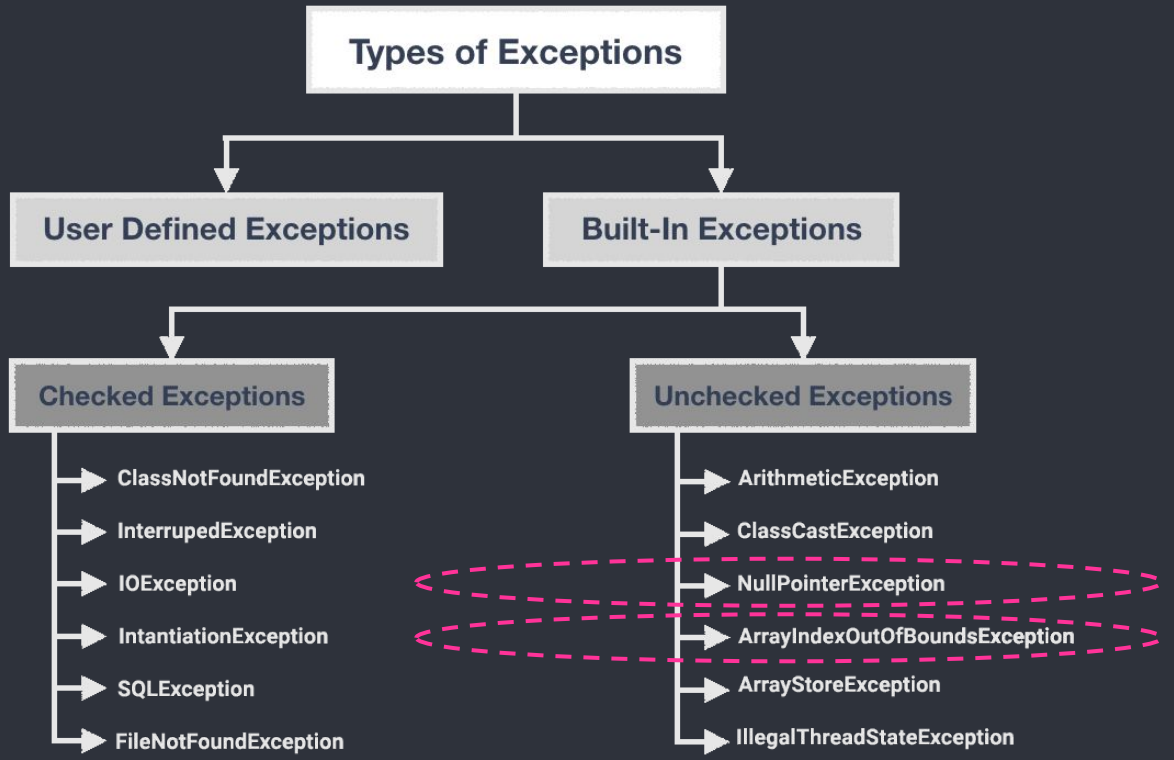
In an ideal w[illegible]ld, the catch block would identify IOException, then print an er[illegible]message to the console and re[illegible]ow the exception to handle it later.

This way, you get the full pictur[illegible]f what went wrong.

```
try {
    int division = 10 / 0;
} catch (ArithmeticExce[illegible]on ex) {
    System.out.pri[illegible]("An exception occurred: " + ex.getMessage());
    throw e[illegible]
}
```

# Omärkta (unchecked) undantag

- Av de omärkta undantag som finns är det främst två som vi brukar råka ut för
- Dessa uppstår under körtid och oftast på grund av programmeringsfel
- Ibland kan vi ta höjd för dem med try-catch-block och liknande, men vi introducerar då nya problem för anroparen



# Följ best practices för att undvika unchecked exceptions så gott det går

- Initialisera alltid variabler i konstruktorn
- Validera alltid input, både från användaren och när något skrivs till en list från en fil, databas, etc
- Se till att aldrig returnera null om möjligt:

```
public List<String> getNames()
{
   return names != null ? names : Collections.emptyList();
}
```

- Använd foreach-loopar i stället för for-loopar för att förebygga problem som uppstår när man itererar över samlingar
- Om man vet att en viss bit kod kan producera omärkta undantag är det helt ok att antingen förebygga detta med en try-catch eller att märka metoden så att andra anropare också blir medvetna om det

# Man kan skriva sina egna exceptionklasser

- Att **skriva egna undantag** kan underlätta felhantering och debugging och göra koden både **tydligare och mer robust**
- Java har redan en mängd undantag inbyggda, så egna undantag **bör bara skapas när de är meningsfulla** att använda
- Att kasta samma standardundantag överallt gör dock debugging svårare. Att generera ett **InvalidUserInputException** i stället för ett **IllegalArgumentException** kan göra koden **lättare att felsöka**
- Ett finansiellt system kanske vill kasta ett **InsufficientFundsException** i stället för ett generellt Exception om det inte går att dra ett värde från en summa, osv

# Exempel på custom exception

- Man skapar egna undantag genom att ärva från Javas Exception-Klass:

```
class InvalidAgeException extends Exception
{
   public InvalidAgeException(String message)
   {
      super(message);
   }
}
```

- “Extends” innebär att man ärver från en annan klass i Java

- “super” innebär att man skickar vidare anropet till basklassen, också kallad för superklassen

- Vårt custom exception fungerar med andra ord som en wrapper som delegerar vidare till Exception-klassen

# Exempel på hur vårt custom exception kan användas

```
public static void registerUser(int age) throws InvalidAgeException
{
    if (age < 18)
    {
        throw new InvalidAgeException("Age must be 18 or above to register.");
    }

    System.out.println("User registered successfully.");
}



public static void main(String[] args)
{
    try
    {
        registerUser(15);
    }
    catch (InvalidAgeException e)
    {
        System.out.println("Registration failed: " + e.getMessage());
    }
}
```

# Problem kan ofta omformuleras

– Vi gjorde en multiplyAll i Laboration 1:

I metoden multiplyAll ska alla värde multiplicera med alla andra värden i en lista. Om listan innehåller värdena { 0, 1, 2, 3 } så ska algoritmen multiplicera och summera enligt följande:

```
{ 0, 1, 2, 3 } -> 0 * 1 (0) +
{ 0, 1, 2, 3 } -> 0 * 2 (0) +
{ 0, 1, 2, 3 } -> 0 * 3 (0) +
{ 0, 1, 2, 3 } -> 1 * 2 (2) +
{ 0, 1, 2, 3 } -> 1 * 3 (3) +
{ 0, 1, 2, 3 } -> 2 * 3 (6)
```

Med listan { 0, 1, 2, 3 } kommer alltså summan bli 11.

– För varje gång en loop körs ska ett tal multipliceras med alla tal framför sig, men inte de bakom sig

# Problem kan ofta omformuleras

– Man gör normalt en lösning som såg ut så här i Labb 1:

```
public long multiplyAll(List<Integer> numberList)
{
   long sum = 0;

   for (int i = 0; i < numberList.size(); i ++)
   {
      for (int j = i + 1; j < numberList.size(); j ++)
      {
         sum += (long) numberList.get(i) * numberList.get(j);
      }
   }

   return sum;
}
```

– **Giltig lösning!** Ser ut som det enklaste och bästa sättet att lösa uppgiften så som den är formulerad

– Tidskomplexiteten är polynom, $O(n^2)$

# Bättre lösning: omformulera problemet!

– Man kan också omformulera problemet matematiskt:

$$\frac{(\text{summanavAllaTal} * \text{summanAvAllaTal}) - \text{talSomMultupliceratsMedSigSjälvt}}{2}$$

– (**summanavAllaTal * summanAvAllaTal**) ger oss alla multiplikationer som är möjliga - inklusive självmultiplikationer som vi vill undvika (såsom 1×1, 2×2, osv)

– **talSomMultupliceratsMedSigSjälvt** tar bort dessa självmultipliceringar

– Vi dividerar sedan med 2 för att ta **kompensera för de tillfällen där vi dubbelräknar** varje par (exempel: 1×2 och 2×1)

# Optimerad lösning: O(n)!!

```java
public long multiplyAll(List<Integer> numberList)
{
   long sumOfAllElements = 0;
   long sumOfAllSquares = 0;

   for (int num : numberList)
   {
      sumOfAllElements  += num;
      sumOfAllSquares += (long) num * (long) num;
   }

   return (sumOfAllElements * sumOfAllElements - sumOfAllSquares) / 2;
}
```

– Renare kod och bättre tidskomplexitet

– Lätt att koda, svårare att klura ut

# Sammanfattning av förmiddagen

**Konstruktorer**
- Är till för att initialisera variabler
- Gör att vi inte riskerar nullpointers
- Undviker tvåstegsinitialisering

**foreach-loopar**
- Bästa valet för att iterera över samlingar
- Säkra, effektiva, renare kod

**Javas inbyggda API**
- All sortering man behöver
- Inbyggda metoder är mer effektiva än hemmasnickrade lösningar

**Undantag och felhantering**
- Checked och unchecked exceptions
- Lindar upp stacken om de inte fångas
- Följ best practices för att undvika unchecked exceptions