Felhantering

Felhantering

jonkv@ida

Ofta antar vi att allt ska fungera…

Alla **filer** vi behöver finns går att öppna
Tillräckligt mycket **minne** finns
Servrar som vi kontaktar svarar
…

…men ibland går ju något fel!

Filer saknas
Minnet tar slut
Servrar är inte tillgängliga
…

Upptäck
att ett fel har uppstått

Hantera
felet på något sätt

Laga felet själv

Signalera
till någon annan

Att upptäcka och signalera fel

Exempel

- Exempelproblem: Konvertera *sträng* till *heltal*
  - Sträng: ”4711” (4 tecken)
    - Första siffran är ’4’ ➔ 4 = 4
    - Andra siffran är ’7’ ➔ 4*10 + 7 = 47
    - Tredje siffran är ’1’ ➔ 47*10 + 1 = 471
    - Fjärde siffran är ’1’ ➔ 471*10 + 1 = 4711
    - ➔ 4711, ett *heltal*
  - Hur går vi från tecken ’4’ till heltal 4?
    - Java använder **Unicode**
    - ’4’ har numeriskt värde 52
    - ’0’ har numeriskt värde 48
    - ’4’ – ’0’ =
      52 – 48 =
      4

4 steg

Dec	Hex	Oct	HTML	Chr
32	20	040		Space
33	21	041	!	!
34	22	042	"	"
35	23	043	#	#
36	24	044	$	$
37	25	045	%	%
38	26	046	&	&
39	27	047	'	'
40	28	050	(	(
41	29	051	)	)
42	2A	052	*	*
43	2B	053	+	+
44	2C	054	,	,
45	2D	055	-	-
46	2E	056	.	.
47	2F	057	/	/
48	30	060	0	0
49	31	061	1	1
50	32	062	2	2
51	33	063	3	3
52	34	064	4	4
53	35	065	5	5
54	36	066	6	6
55	37	067	7	7
56	38	070	8	8
57	39	071	9	9

Exempel

- **Kodexempel**

```
public class NumberParser {
  public static int parsePositiveInteger(String str) {
    int result = 0;

    // För varje tecken
    for (int pos = 0; pos < str.length(); pos++) {
      char character = str.charAt(pos);

      // Exempel: '4' – '0' == 52 – 48 == 4
      int digit = character - '0';

      // Flytta det gamla 1 steg åt vänster; infoga nya siffran
      result = result * 10 + digit;
    }
    return result;
  }
}
```

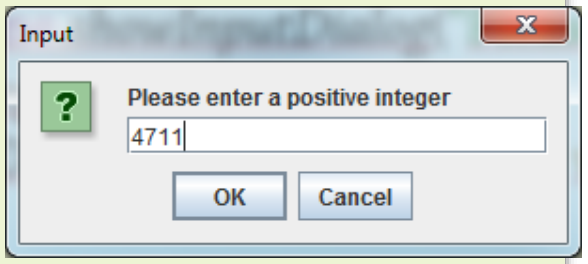
Exempel

jonkv@ida

- **Utökning**: Läs in ett positivt heltal från användaren
  - **JOptionPane** ger alltid strängar, tecken för tecken

```
public class NumberParser {
  public static void main(String[] args) {
    String answer = JOptionPane.showInputDialog("Please enter a positive integer");
    int value = parsePositiveInteger(answer);
    JOptionPane.showMessageDialog(null, "You said: " + value);
  }

  private static int parsePositiveInteger(String str) {
    int result = 0;
    for (int pos = 0; pos < str.length(); pos++) {
      int digit = str.charAt(pos) - '0';
      result = result * 10 + digit;
    }
    return result;
  }
}
```



Var alltid misstänksam mot användarens indata!

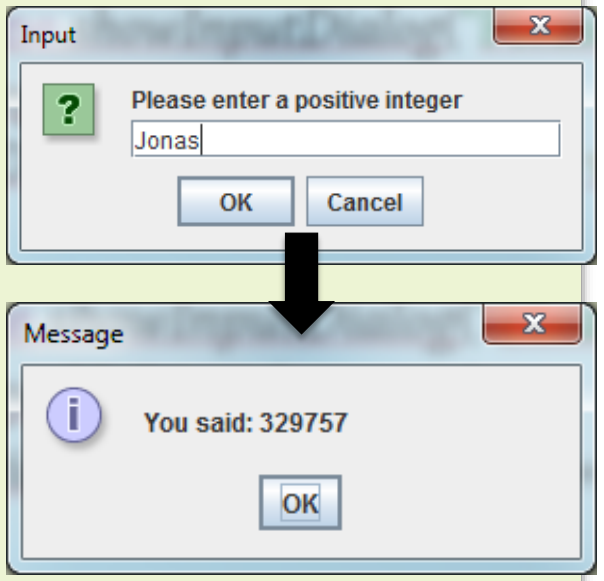
Upptäcka fel: Själv

jonkv@ida

- Ibland kan användaren göra fel i *inmatningen*

```
public class NumberParser {
   public static void main(String[] args) {
      String answer = JOptionPane.showInputDialog("Please enter a positive integer");
      int value = parsePositiveInteger(answer);
      JOptionPane.showMessageDialog(null, "You said: " + value);
   }

   private static int parsePositiveInteger(String str) {
      int result = 0;
      for (int pos = 0; pos < str.length(); pos++) {
         int digit = str.charAt(pos) - '0';
         result = result * 10 + digit;
      }
      return result;
   }
}
```



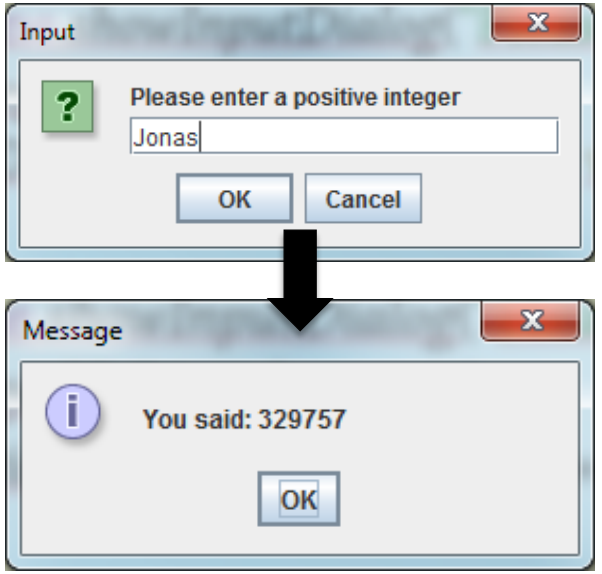
Upptäcka fel: Själv (2)

jonkv@ida

- ”Jonas”
  - **’J’ – ’0’ = 74 – 48 = 26**
  - **’o’ – ’0’ = 111 – 48 = 63**
  - **➔ 26*10 + 63 = 323**
  - **…**

73 49	111 I	I
74 4A	112 J	J
75 4B	113 K	K

110 6E	156 n	n
111 6F	157 o	o
112 70	160 p	p



Upptäcka fel: Själv (3)

jonkv@ida

- Ingen kan ”upptäcka det åt oss” – det är *vi* som måste hitta felet

```
private static int parsePositiveInteger(String str) {
    int result = 0;

    for (int pos = 0; pos < str.length(); pos++) {
        int digit = str.charAt(pos) - '0';

        if (digit < 0 || digit > 9) {
            // Fel hittat: Felaktig input!
            // Vad ska vi göra?
        }

        result = result * 10 + digit;
    }
    return result;
}
```

Fel hittat: Felaktig input!
Vad ska vi göra?

Ignorera? Nej…

Laga felet själva? *Går inte!*

Signalera
till anroparen!

Hur signalerar man fel?

jonkv@ida

- Ett sätt att signalera: **Speciella returvärden**

```
private static int parsePositiveInteger(String str) {
    int result = 0;

    for (int pos = 0; pos < str.length(); pos++) {
        int digit = str.charAt(pos) - '0';

        if (digit < 0 || digit > 9) {
            return -1;
        }

        result = result * 10 + digit;
    }
    return result;
}
```

Metoden läser positiva heltal
➔ -1 kan aldrig returneras "normalt"
➔ Kan användas som speciell "signal"

Returvärden används t.ex. i C

fopen():	NULL ➔ fel
fread():	0 ➔ fel
bind():	0 ➔ OK, -1 ➔ fel
fgetc():	EOF ➔ filslut *eller* fel
	(testa med ferror() / feof())

Kontrollera returvärde

jonkv@ida

- Nu måste **anroparen** upptäcka att **något gick fel**
  - Det **signaleras** – men man måste **titta** på signalen

```
public static void main(String[] args) {
   String answer = JOptionPane.showInputDialog("Please enter a positive integer");
   int value = parsePositiveInteger(answer);
   JOptionPane.showMessageDialog(null, "You said: " + value);
}
```

```
public static void main(String[] args) {
    int value = -1;
    while (value < 0) {
       String answer = JOptionPane.showInputDialog("Please enter a positive integer");
       value = parsePositiveInteger(answer);
    }
    JOptionPane.showMessageDialog(null, "You said: " + value);
}
```

Kontrollera returvärde (2)

jonkv@ida

- Signalering med returvärden kan ge problem…

1) Tänk om vi glömmer testa!

```
public static void main(String[] args) {
  String answer = JOptionPane.showInputDialog("How many people?");
  int num = parsePositiveInteger(answer);
  String[] names = new String[num];
}
```

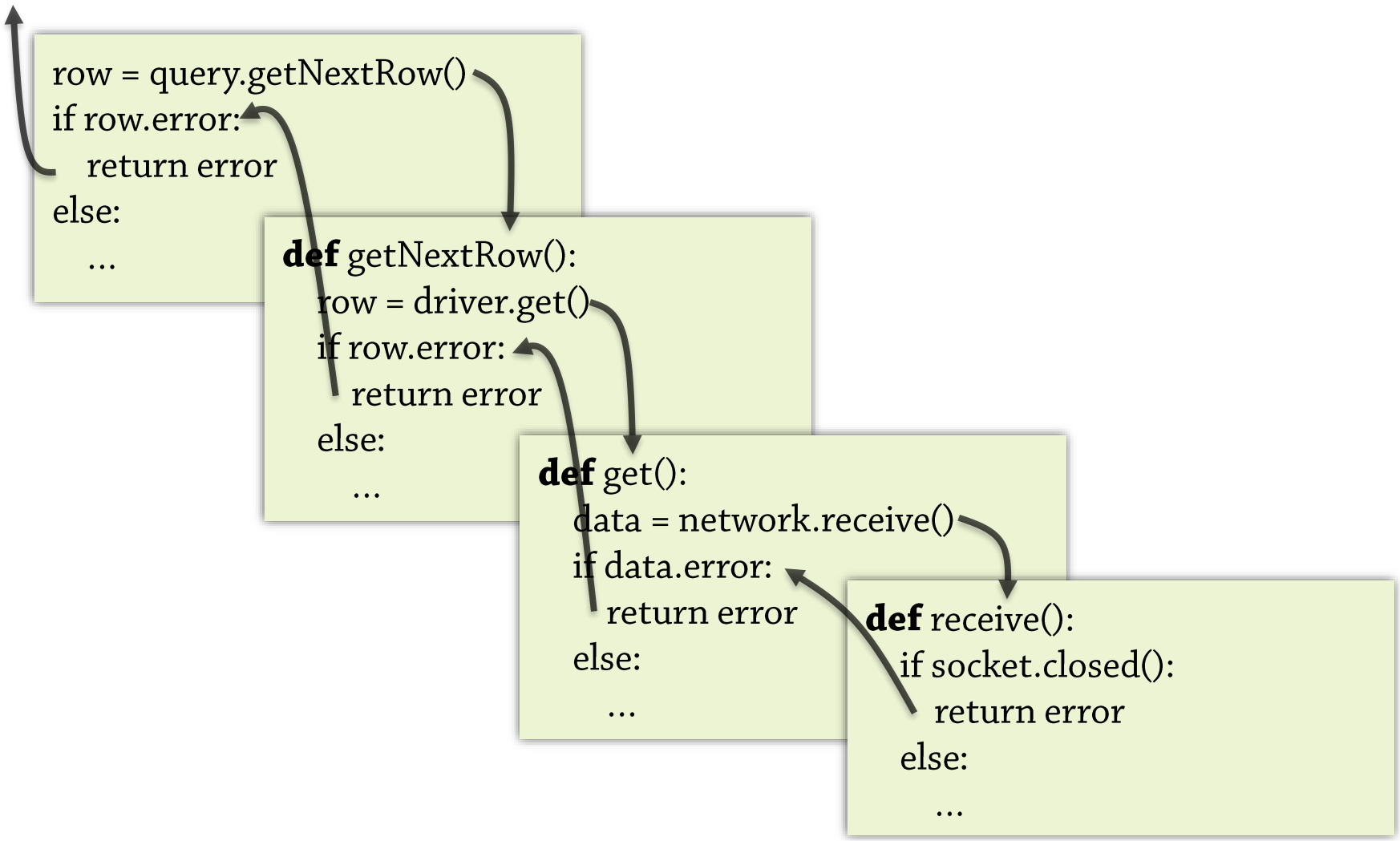
Krasch: Array med negativ storlek

2) I parse**Any**Integer() (även negativa) finns inget "ledigt" returvärde som kan betyda "fel"…

Kontrollera returvärde (3)

jonkv@ida

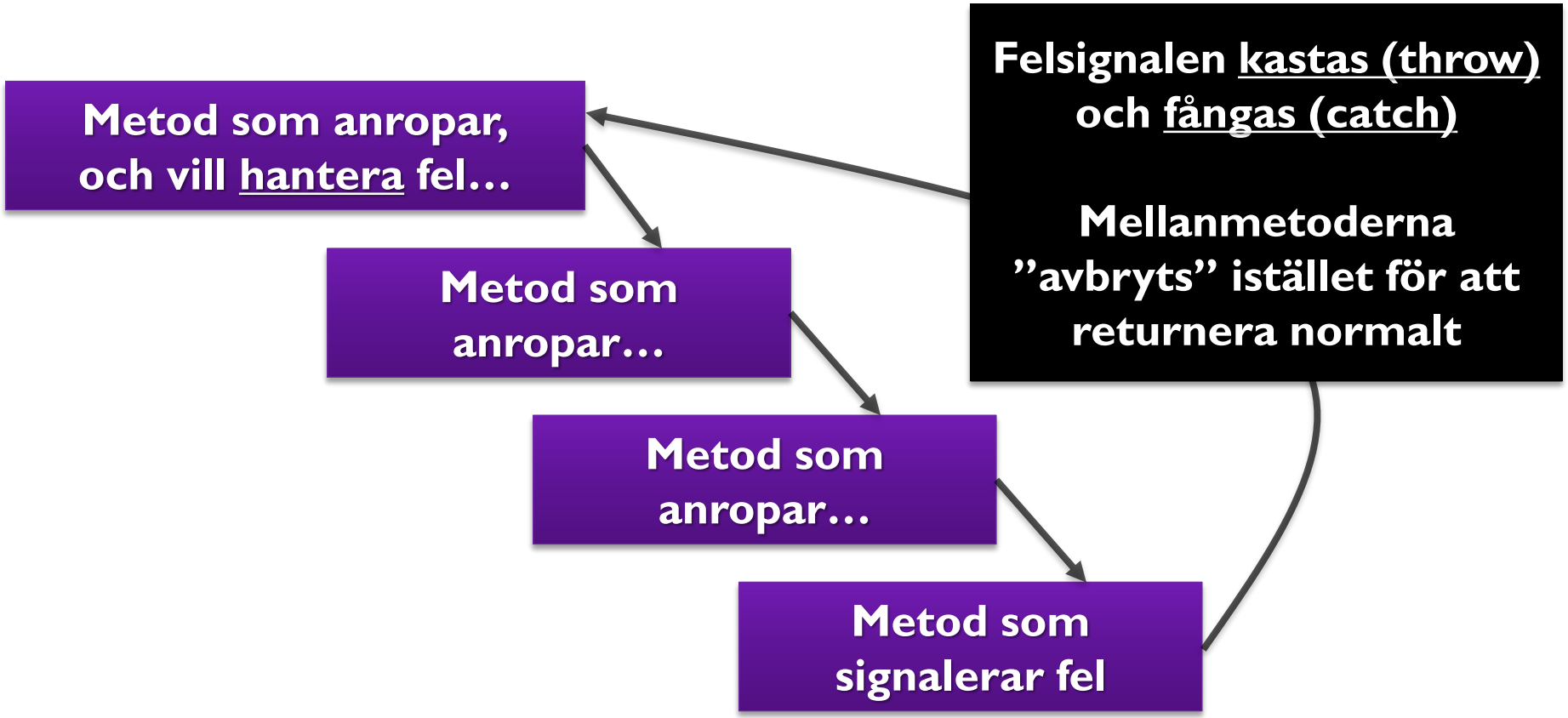
3) Jobbigt om det finns mellannivåer



Exceptions / undantag: Grunderna

Undantag 1: Intuitioner

- Ett alternativ:
  1. Inför *speciella kontrollstrukturer* för att signalera fel
  2. Inför *speciella kontrollstrukturer* för att visa var felen kan *hanteras*
  3. Låt felen *automatiskt skickas vidare* ända till hanteraren



Undantag 2: Signalera fel

- Fel kallas **undantag** (exceptions)

```
private static int parsePositiveInteger(String str) throws NumberFormatException {
    int result = 0;

    for (int pos = 0; pos < str.length(); pos++) {
        int digit = str.charAt(pos) - '0';

        if (digit < 0 || digit > 9) {
            throw new NumberFormatException();
        }

        result = result * 10 + digit;
    }
    return result;
}
```

Fel hanteras separat ➔
Reservera inte returvärden,
deklarera feltyper istället

Fel ➔ **kasta** ett undantag
(*avbryter* exekveringen,
inget värde returneras)

Undantag 3: Att läsa kod – signalering

jonkv@ida

```
if (digit < 0 || digit > 9) {
  return -1;
}
```

Speciell syntax ➔
lättare att se **var** fel signaleras

```
private static int parsePositiveInteger(String str) throws NumberFormatException {
    int result = 0;

    for (int pos = 0; pos < str.length(); pos++) {
        int digit = str.charAt(pos) - '0';

        if (digit < 0 || digit > 9) {
            throw new NumberFormatException();
        }

        result = result * 10 + digit;
    }
    return result;
}
```

Undantag 4: Att läsa kod – felhantering

jonkv@ida

```
String answer = JOptionPane.showInputDialog("Please enter a positive integer");
int value = parsePositiveInteger(answer);
if (value >= 0) {
   String[] names = new String[num];
   // … mer kod som körs om allt är OK …
} else {
   // Fel format
}
```

Gammal felhanterare: Vanlig villkorssats mitt i en funktion

```
String answer = JOptionPane.showInputDialog("Please enter a positive integer");
int value = 0;
try {
   value = parsePositiveInteger(answer);
   String[] names = new String[num];
   // … mer kod som körs om allt är OK …
} catch (NumberFormatException e) {
   // Fel format
}
```

Exceptions: Egen kontrollstruktur, **try** / **catch** Felhanteringskod separeras från övrig kod

Undantag 5: Skicka vidare, automatiskt

jonkv@ida

```
public static void main(String[] args) {
    try {
        int value = getNumberFromUser();
        JOptionPane.showMessageDialog(null, "You said: " + value);
    } catch (NumberFormatException e) {
        // ...
} }
```

Kan automatiseras för att vi vet vad som är en felsignal

Fångas och hanteras här

```
private static int getNumberFromUser() throws NumberFormatException {
    String answer = JOptionPane.showInputDialog("Please enter a positive integer");
    return parsePositiveInteger(answer);
}
```

Fångas inte här ➔ skickas vidare

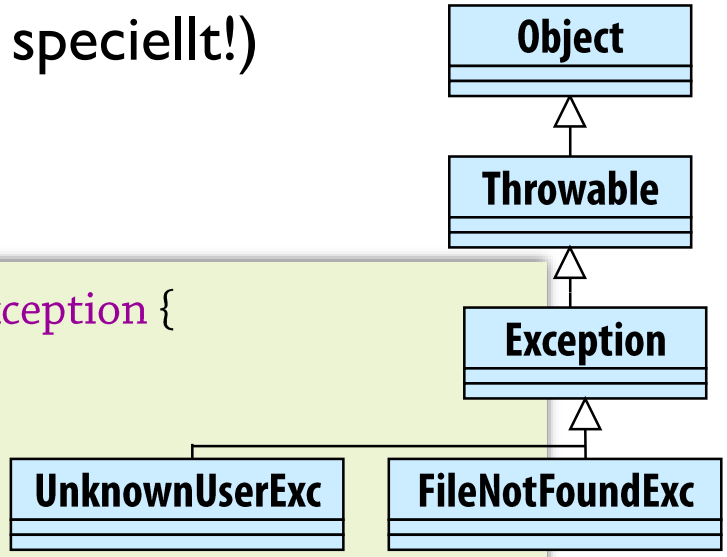
```
private static int parsePositiveInteger(String str) throws NumberFormatException {
    int result = 0;
    for (int pos = 0; pos < str.length(); pos++) {
        int digit = str.charAt(pos) - '0';
        if (digit < 0 || digit > 9) throw new NumberFormatException();
        result = result * 10 + digit;
    }
    return result;
}
```

Fångas inte här:
Ligger inte inom try/catch
➔ Går automatiskt till anroparen

Undantag 6: Objekt

jonkv@ida

- I Java är undantag **objekt** (som hanteras speciellt!)
  - Typ: Subklass till Throwable




```
public class FileNotFoundException extends Exception {
   public FileNotFoundException(String msg) {
      super(msg);
   }
}
```

```
if (...) throw new FileNotFoundException(filename);
// Skapa ett exception-objekt, och kasta det sedan (signalera fel)
```

```
public class UnknownUserException extends Exception {
   private String name;                          // Name of unknown user
   private String database;                      // Database used for lookup
   public UnknownUserException(String name, String database) { ... }
}
```

Har fält, konstruktorer
Kan lagra felinformation

Undantag och kontrakt

Kontrakt 1: throws

jonkv@ida

- Metoder **deklarerar** vilka undantag som kan kastas

```
public class FileInputStream extends InputStream
{
   public FileInputStream(String name) throws FileNotFoundException {
      …;
   }
}
```

Ingår i kontraktet!

"Jag lovar att inte signalera några andra fel än FileNotFoundException"

Behöver inte titta i kod eller dokumentation för att se vilka fel som kan uppstå, hur de signaleras

fopen():	NULL ➔ fel
fread():	0 ➔ fel
bind():	0 ➔ OK, -1 ➔ fel
fgetc():	EOF ➔ filslut *eller* fel

Kontrakt 2: Underklasser

jonkv@ida

- Vi vet: Subklasser måste **lova minst lika mycket**!

```
public class StreamReader
{
   public int readInt() throws IOException {
      …;
   }
}
```

```
public class MyReader extends StreamReader
{
   @Override
   public int readInt() throws IOException, OverflowException {
      …;
   }
}
```

Kompilatorn klagar: StreamReader lovade ju att bara IOException kan kastas!

Kontrakt 3: Efterlevnad

jonkv@ida

- Kompilatorn kontrollerar att kontraktet efterlevs

Måste fånga med try-catch:

```
public String readFile(String name) {
   try {
      InputStream in = new FileInputStream(name);  // Kan kasta FNFE
      // ...
   } catch (FileNotFoundException ex) {
      ...
   }
}
```

Eller tala om att fel kan skickas vidare:

```
public String readFile(String name) throws FileNotFoundException {
   InputStream in = new FileInputStream(name);
   // ...
}
```

Med speciella "felvärden"
kunde vi glömma att testa returvärdet…

Kontrakt 4: Undantag (!)

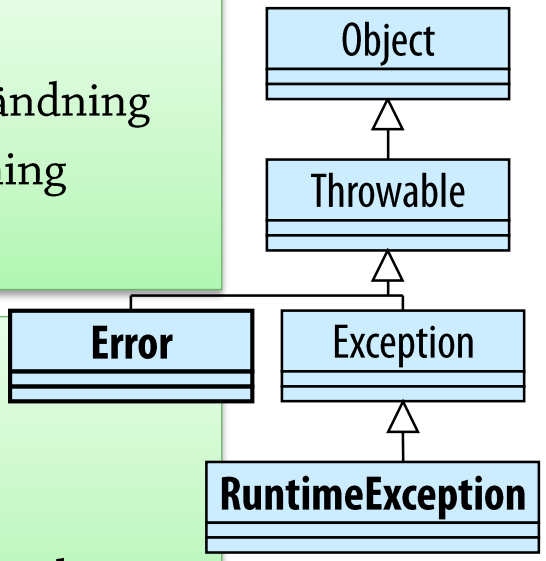
jonkv@ida

RuntimeException kan inträffa nästan var som helst

- **ArrayIndexOutOfBoundsException** – varje arrayanvändning
- **NullPointerException** – varje pekaranvändning
- **ClassCastException** – varje cast

Error:Vissa allvarliga fel

- **OutOfMemoryError** – varje **new**
- **StackOverflowError** – varje metodanrop
- **ClassFormatError** – varje klass som används



- Ska fortfarande **representeras som undantag**, inte "krascha"
  - Lättare att felsöka
- Ska normalt **inte fångas**
  - Interna datastrukturer kan ha "förstörts",
    just eftersom man inte kan gardera sig mot det som kan inträffa var som helst
- Behöver inte deklareras – ingår ej i kontrakt

Hantera undantag:
När och hur?

Hantera 1: Fixa felet

jonkv@ida

Ibland kan man **uppfylla kontraktet** trots felet

```
/** Visualizes in 3D or 2D depending on
    current graphics capabilities */

void visualize() {
   try {
      visualize3D();
   } catch (No3DGraphicsException e) {
      visualize2D();
   }
}
```

```
/** Signal task completion visually,
    and possibly audibly */

void signalCompletion() {
   statusBar.setText("Done!");
   try {
      beep();
   } catch (NoSoundException e) {
      // Not possible, but we have still
      // satisfied our contract...
   }
}
```

På lägre nivå uppstod ett fel
På högre nivå var detta *inte viktigt*, målet nåddes ändå

Måste inte informera någon – men ibland **vill** man ändå logga felet

Hantera 2: Skicka vidare

jonkv@ida

Kan man **inte** uppfylla kontraktet **måste** anroparen informeras!

```
public class DocumentIO {
   /** Saves the file to disk */
   void saveToFile(Document doc) throws IOException {
      // Försök spara filen.
      FileOutputStream fs = new FileOutputStream();
      ...
      ...
   }
}
```

Informera genom att inte fånga fel:
IOException från FileOutputStream
skickas automatiskt vidare

Hantera 3: Fånga och kasta om

jonkv@ida

Man kan alltid **tillfälligt** fånga upp felet

```
public class DocumentIO {
   public void saveToFile(Document doc) throws IOException {
      try {
         // save the file ...
      }
      catch (IOException e) {
         // Some cleanup: Delete temp file...
         throw e;
      }
   }
}
```

Fånga upp felet,
"städa",
kasta vidare *samma* objekt

Hantera 4: Gemensamt eller separat?

jonkv@ida

Gemensamt try/catch-block

```
void single() {
  final InputStream is1, is2;

  try {
    is1 = new FileInputStream("Hello");
    is2 = new FileInputStream("Goodbye");
  } catch (FileNotFoundException e) {
    // Executed if either file is missing
  }
}
```

Separata try/catch-block

```
void multiple() {
  final InputStream is1, is2;

  try {
    is1 = new FileInputStream("Hello");
  } catch (FileNotFoundException e) {
    // Executed if Hello is missing
  }
  try {
    is2 = new FileInputStream("Goodbye");
  } catch (FileNotFoundException e) {
    // Executed if Goodbye is missing
  }
}
```

Mindre kod, lättare att läsa

Vet på vilken rad felet uppstod

Anpassa till situationen!

Hantera 5: Vad ska jag fånga?

jonkv@ida

"Catch" fångar fel av en typ ***och dess subtyper***

```
public class ExecuteExternal {
   public static void execute(final String[] args) {
      try {
         final Process p = Runtime.getRuntime().exec(args);
         p.waitFor();
      } catch (Exception e) {
         // Executed if anything
         // goes wrong
      }
   }
}
```

Fångar alla feltyper på en plats:
Ser inte *vilka* fel som kan uppstå
Hur vet man om varje feltyp hanteras rätt?

"Exception" är *definitivt* för brett:
Fångar även RuntimeExceptions (null-pekare, …)

Ange specifika fel som ska hanteras

```
try {
   …
} catch (IOException e) {
   …
} catch (InterruptedException e) {
   …
}
```

```
try {
   …
} catch (IOException | InterruptedException e) {
   …
}
```

Om man vill hantera flera feltyper på samma sätt

Felfel 1: Fånga och ignorera ➔ följdfel

jonkv@ida

```
public class WordProcessor {
   private Document doc = null;

   public WordProcessor(String filename) {
     loadFile(filename);
     System.out.println("Size is " + doc.getLength());
   }

   private void loadFile(String filename) {
     try {
        FileInputStream is = new FileInputStream(filename);
        // ...
        doc = parseDocumentFrom(is);
     } catch (FileNotFoundException e) {
        e.printStackTrace(); // Felmeddelande
     }
   }
}
```

Tror allt gick bra,
men doc är fortfarande null
➔ **NullPointerException**

Ofta inträffar kraschen
långt senare
➔ svårt att hitta ursprungsfelet

Vanligt **felhanteringsfel**:
Skriver ut felmeddelande, informerar *inte* anroparen

Felfel 1b: Fånga och ignorera ➔ följdfel

jonkv@ida

```
public class WordProcessor {
   private Document doc = null;

   public WordProcessor(String filename) {
      try {
         loadFile(filename);
      } catch (FileNotFoundException e) {
         System.out.println("File not found");
      }
     System.out.println("Size is " + doc.getLength());
   }

   private void loadFile(String filename) throws FileNotFoundException {
      FileInputStream is = new FileInputStream(filename);
      // ...
      doc = parseDocumentFrom(is);
   }
}
```

…men anroparen själv fångar felet,
ignorerar det,
fortsätter,
och kraschar senare!

Här är loadFile() korrekt…

Undvik felhanteringsfel!

jonkv@ida

- För att undvika problem, tänk alltid:
  - Vad händer *efter* jag fångar upp felet?
  - Uppfyller jag mina löften?
  - Får någon *reda* på om jag inte uppfyller mina löften?

  - *Hur fortsätter exekveringen av programmet?*

Att informera om fel

Vem informerar användaren?

jonkv@ida

- Vi delar upp klasser i två kategorier

De flesta klasser och metoder används bara av *andra klasser*	Vissa klasser och metoder tillhör användargränssnittet
Misslyckanden ska signaleras till anroparen **Kan också loggas till loggfil**	**Får prata med användaren** **Textutmatning,** **GUI**

Informera 2: Inte lågnivåklasser

jonkv@ida

Om **användaren** måste informeras:

```
public class DocumentIO {
   public void saveToFile(Document doc) throws IOException {
      try {
         // save the file ...
      }
      catch (IOException e) {
         // Some cleanup: Delete temp file...
         System.out.println("Couldn't save!");
         throw e;
      }
   }
}
```

Inte av en "lågnivåklass"!

Inte ens om klassen också informerar anroparen, som här

Denna klass är ett verktyg, inte del av användargränssnittet (som kanske föredrar *dialogruta*)!

Informera 3: I rätt klass

jonkv@ida

Klasser i **användargränssnittet**
kan **<u>själva</u>** informera användaren

```
public class WordProcessorUI {

   /** Try to save the file.  If impossible,
       inform the user through a dialog. */
   void saveOrInform() {
      try {
         this.docIO.saveToFile(this.doc);
      } catch (IOException e) {
         JOptionPane.showMessageDialog(...);
      }
   }
}
```

Kontraktet anpassas: saveOrInform säger inte ”sparar definitivt filen”.

Felfel 2: Fånga och gissa

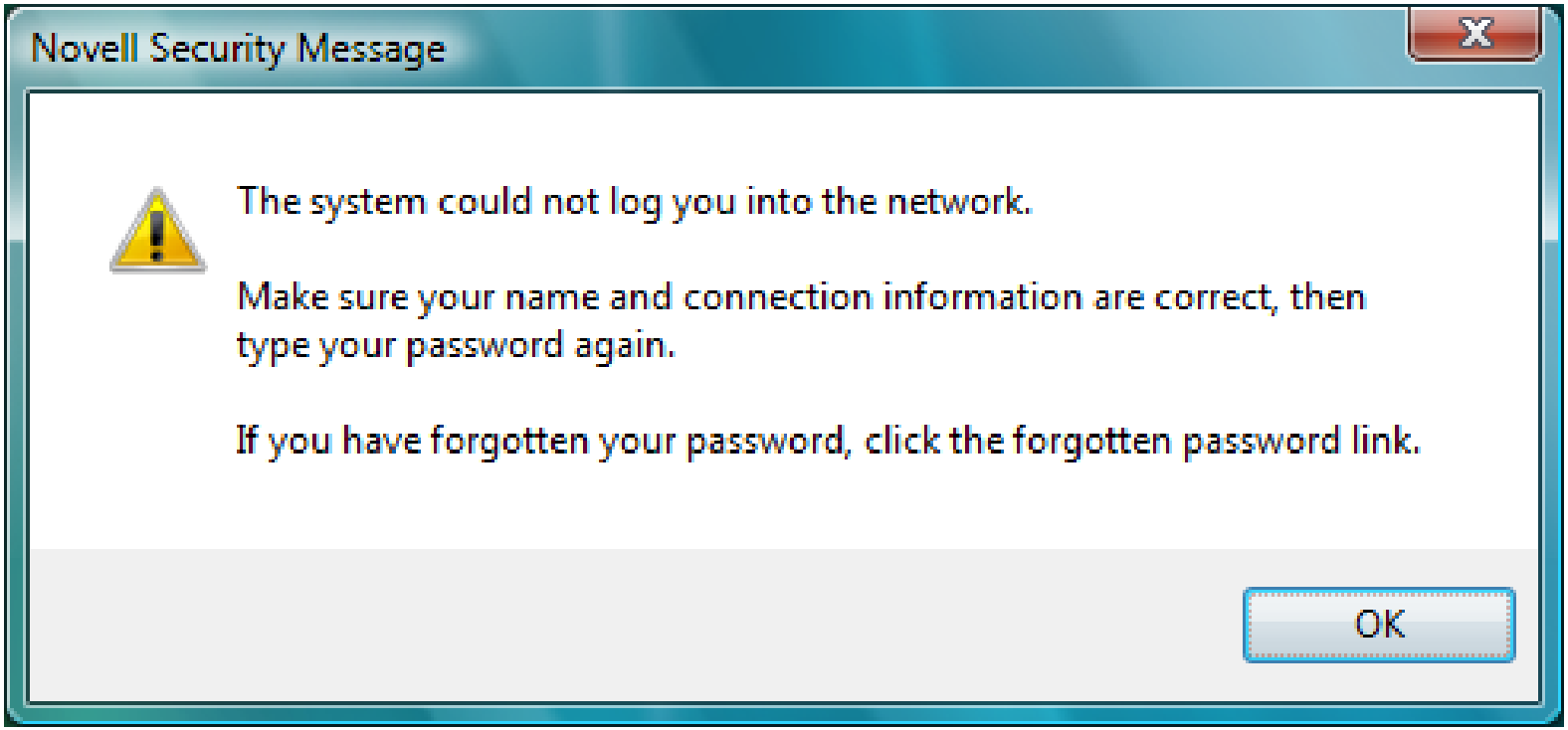

```
try {
   connectToDatabase();
} catch (DatabaseException e) {
   System.out.println("Wrong password!");
   System.exit(1);
}
```

Glöm att starta databasen ➔
också DatabaseException ➔
spendera tre timmar på att hitta rätt lösenord

Informera 4: På hög nivå

jonkv@ida

- Ett ”välpolerat” program visar (helst) inte ”råa” felmeddelanden
  - Anpassar dem till användaren



Informera 5: På låg nivå

- Som utvecklare behöver vi **mer detaljer**!
  - **Finns** i undantaget vi fångar – men skriv **inte** bara ut det!
    - **System.out.println(e)**;
    - Säger inget om var felet inträffade
  - Skriv *åtminstone* ut en *stack trace*
    - **e.printStackTrace()**;
    - Exception in thread "main" java.lang.NullPointerException
      at com.example.myproject.Book.getTitle(Book.java:16)
      at com.example.myproject.Author.getBookTitles(Author.java:25)
      at com.example.myproject.Bootstrap.main(Bootstrap.java:14)
  - Om felet absolut inte kan inträffa (“when pigs fly”):
    - Det kan det nog ändå
    - Skriv *åtminstone* ut en *stack trace*

the impossible happens.®

  - Eller **logga** felet till fil!

Undantag i undantagsfall

Helt fel: Använda undantag i normalfall

jonkv@ida

```
public class Calculator {
   public static int sum(int[] array) {
      int sum = 0;
      int pos = 0;
      try {
         while (true) {
            sum = sum + array[pos];
            pos++;
         }
      } catch (ArrayIndexOutOfBoundsException e) {
         // OK, we're at the end of the array
      }
      return sum;
   }
}
```

Undantag ska användas i **undantagsfall**

Här blir det en exception vid *varje* anrop!

Kasta undantag:
Vilken typ?

Typer 1: Inbyggda undantagstyper

jonkv@ida

- Undantagsklasser ska vara **så specifika som möjligt**, för att:
  - Se exakt **vilka problem** som kan inträffa
  - Fånga **specifika fel**, utan att fånga andra
  - Ge **förståeliga felmeddelanden**

- Använd **inbyggda feltyper** där de **passar**!
  - Exempel: IndexOutOfBoundsException

```
public class ArrayList {
   private int size;
   …
   private Object get(int index) {
      if (index < 0 || index > size) {
         throw new IndexOutOfBoundsException
            ("Index " + index + " not in bounds [0," + (size-1 + "]");
      }
      …
} }
```

Passar perfekt!

Typer 2: Skapa dina egna

jonkv@ida

- Om det inte finns några passande typer?
  - Gör inte så här:
    - **throw new** IOException("Database error")
    - **throw new** IOException("User not found")
    - **throw new** IOException("User already exists")

Kan inte särskiljas av programmet!

Anroparen kan inte skilja ”user already exists” från ”database error”, osv.

- Skapa en **egen undantagstyp!**

```
public class NoSuchUserException extends Exception {
    public NoSuchUserException(String message) {
        // Pass the error message to the superclass constructor
        // (will be shown in the stack trace)
        super(message);
    }
}
```

Assertions:
Att påstå, försäkra, bedyra att något är sant

Hitta möjliga fel

jonkv@ida

- Hur upptäcker vi **alla fel som kan uppstå**?

Murphys lag

Framställs ofta som "Om något kan gå fel kommer det att göra det"

Gäller även här:
Egentligen sa han att
"Om det finns två eller fler sätt att göra något, och ett av dessa sätt leder till en katastrof, kommer någon att göra det på det sättet" –
förespråkade *defensiv design*

Edward Aloysius Murphy, Jr.

Ingenjör i amerikanska flygvapnet

Var misstänksam

jonkv@ida

Ett steg på vägen:

Var alltid **misstänksam**

Testa att **antaganden** verkligen stämmer

Assertions 1


```
// A queue where elements are extracted according to their natural order
// Example: In a PriorityQueue of strings, the "smallest" string // is always returned by get()
public class PriorityQueue {
   private Comparable[] elements;
   private int size;

   public void add(Comparable element) {
      size++;
      if (size == elements.length) {
         final Comparable[] newelements =
            (Comparable[]) new Comparable[elements.length * 3 / 2];
         System.arraycopy(elements, 0, newelements, 0, elements.length);
         this.elements = newelements;
      }
      elements[size] = element;
   }

   private void siftup(int index) {
     while (index != 1 && elements[index >> 1].compareTo(elements[index]) > 0) {
         final Comparable data = elements[index >> 1];
         elements[index >> 1] = elements[index];
         elements[index] = data;
         index >>= 1;
      }
   }
}
```

Komplicerad kod för att stoppa in element…

Det ska vara korrekt!

Men om det *finns* ett fel, kan det bli väldigt svårt att upptäcka (inträffar sällan)

Assertions 2: Var misstänksam

jonkv@ida

```
class PriorityQueue {
   private Comparable[] elements;
   private int size;

   public void add(Comparable element) {
      // Very complex code: Insert element,
      // rebalance structure for fast access!
      … … …
      // Did this work correctly?  Let's check!
      if (!isSorted(elements))
         throw new BugException("Internal error: Queue not sorted");
   }
   private boolean isSorted(Comparable[] array) {
      // This test is simple -- hard to get it wrong!
      for (int i = 0; i+1 < array.length; i++) {
         if (array[i].compareTo(array[i+1]) > 0) return false;
      }
      return true;
   }
}
```

Vi är defensiva och misstänksamma: Stoppar in ett test

Tar för mycket tid i slutgiltiga versionen!
Vill ha en debugflagga för att slå av och på tester…

Sidospår: Debugflaggor

jonkv@ida

- För att få in värdet på en flagga:
  - **Kommandoradsparametrar**: Hantera själv

```
java mypackage.MyProgram –verify thefile.doc
```

```
public class MyProgram {
   public static void main(String[] args) {
      // Kolla i args
   }
}
```

Bra för ”vanliga” parametrar

  - **System properties**: Hanteras av Java, görs tillgängliga ”globalt”

```
java –Dverify=true mypackage.MyProgram thefile.doc
```

```
public class PriorityQueue {
   private final static boolean verify = System.getProperty(“verify”) != null;
}
```

Bra för utvecklarens kontroll på låg nivå

Assertions 3: Prestanda

jonkv@ida

```
class PriorityQueue {
   private Comparable[] elements;
   private int size;
   private final static boolean verify = System.getProperty("verify") != null;

   public void insert(Comparable element) {
      // Very complex code: Insert element,
      // rebalance structure for fast access!
      …
      // Did this work?  Let's check!
      if (verify && !isSorted(elements))
         throw new BugException("Internal error: Queue not sorted");
   }
   private boolean isSorted(Comparable[] array) {
      // Simple, hard to get it wrong!
      for (int i = 0; i+1 < array.length; i++) {
         if (array[i].compareTo(array[i+1]) > 0) return false;
      }
      return true;
   }
}
```

Statisk konstant ➔
sätts när klassen laddas
(Java har redan läst kommandoraden)

Java optimerar kod vid körning

PriorityQueue.verify == false?
➔ Optimeraren **tar bort** testet
– koden kör i full fart!

Jättebra, men…
Kan vi förenkla det?

Assertions 4: Inbyggt nyckelord

jonkv@ida

```
class PriorityQueue {
   private Comparable[] elements;
   private int size;


   public void insert(Comparable element) {
      // Very complex code: Insert element,
      // rebalance structure for fast access!
      …
      // Did this work?  Let's check!
      assert isSorted(elements) : "Internal error: Queue not sorted";
   }
   private boolean isSorted(Comparable[] array) {
      // Simple, hard to get it wrong!
      for (int i = 0; i+1 < array.length; i++) {
         if (array[i].compareTo(array[i+1]) > 0) return false;
      }
      return true;
   }
}
```

java –enableassertions …
(short: -ea)

Kan styras per paket, klass, …

Assertions

jonkv@ida

- Javas **assert**-sats:
  - Talar om vad du "vet" definitivt är sant
    - **assert** condition : errorMessage;
  - Ungefär lika med:
    - ```
      if (assertionsEnabled && !condition) {
          throw new AssertionError(errorMessage);
      }
      ```
      ```

Assertions vs. Undantag

- Använd assertions för att **fånga interna buggar**
  - …men undantag för att signalera fel från **anroparen**!

Bara falskt om klassen har ett fel ➔ Kan använda assertions

Kolla fel argument från extern anropare ➔ Undantag

```
class PriorityQueue {
   private Comparable[] elements;
   private int size;

   public void insert(Comparable element) {
      …
      assert isSorted(elements) : "Internal error: Queue not sorted";
   }
   /** @throws NoSuchElementException if the queue is empty */
   public Object pop() {
      if (size == 0) throw new NoSuchElementException();
      else return elements[size--];
   }
}
```

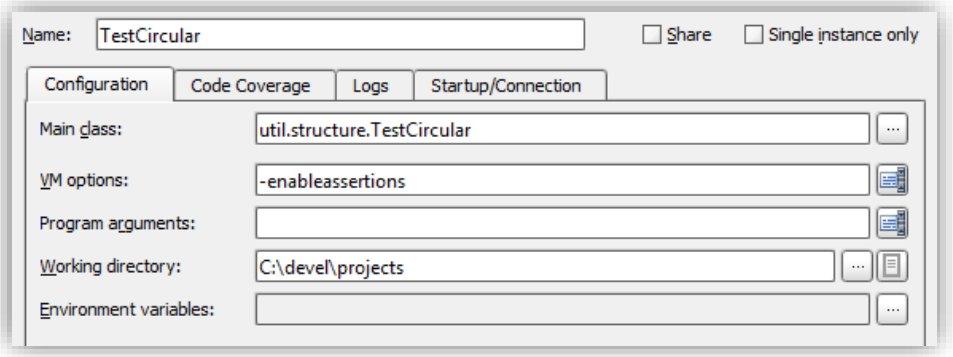
En assertion här skulle betyda "jag **vet** att ingen någonsin kör pop() när kön är tom" – men det beror på anroparen

- Kom ihåg: Påstå bara det som du "vet" är sant

Assertion-kontroll

jonkv@ida

- Assertions kontrolleras **bara** om parameter –ea anges!
  - Annars optimeras den bort vid körning
    - Behåll assertions i produktionskod, be **användarna** slå på dem om de har problem



  - ➔ Ännu viktigare att bara använda dem för att verifiera det man "vet"!

```
public void doSomethingDangerous() {
   assert hasPrivileges() : "Sorry, you can't do that!";
   // FEL: Utan –ea sker ingen kontroll... Använd if + undantag!
}
```

```
/** @param foo Must not be null */
public void addToImportantSystemTable(Object foo) {
   assert foo != null;
   table.add(foo); // FEL: Förstör interna strukturer om foo == null
}
```

Att logga fel (och annat)

Loggning 1

- Många program **loggar** vad som händer
  - Uppstart och parametrar – underlättar senare felsökning

```
2015-02-03 09:17:21,476 [     0]   INFO -       ---------------------------------------------------- IDE STARTED ------
----------------------------------------------
2015-02-03 09:17:21,520 [    44]   INFO -       IDE: IntelliJ IDEA (build #IU-139.463.4, 19 Nov 2014 00:00)
2015-02-03 09:17:21,520 [    44]   INFO -       OS: Windows 7 (6.1, x86)
2015-02-03 09:17:21,520 [    44]   INFO -       JRE: 1.8.0_25-b18 (Oracle Corporation)
2015-02-03 09:17:21,520 [    44]   INFO -       JVM: 25.25-b02 (Java HotSpot(TM) Server VM)
2015-02-03 09:17:21,528 [    52]   INFO -       JVM Args: -Xms128m -Xmx512m -XX:MaxPermSize=250m -
XX:ReservedCodeCacheSize=150m -ea -Dsun.io.useCanonCaches=false -Djava.net.preferIPv4Stack=true -
Djsse.enableSNIExtension=false -XX:+UseConcMarkSweepGC -XX:SoftRefLRUPolicyMSPerMB=50 -
XX:+HeapDumpOnOutOfMemoryError -Xbootclasspath/a:C:\Program Files (x86)\JetBrains\IntelliJ IDEA
14.0\lib\boot.jar -Didea.paths.selector=IntelliJIdea14
2015-02-03 09:17:21,899 [   423]   INFO -       JNA library loaded (32-bit) in 371 ms
2015-02-03 09:17:21,918 [   442]   INFO - penapi.util.io.win32.IdeaWin32 - Native filesystem for Windows
is operational
2015-02-03 09:17:21,934 [   458]   INFO -       Using "FocusKiller" library to prevent focus stealing.
```

Loggning 2

jonkv@ida

- Under programkörning – vad som sker, hur lång tid det tar, …

```
2015-02-03 09:17:37,687 [  16211]   INFO - unicator.p2p.UserMonitorThread - Force finding users
2015-02-03 09:17:37,687 [  16211]   INFO - unicator.p2p.UserMonitorThread - Start User Monitor Thread
2015-02-03 09:17:37,688 [  16212]   INFO - icator.p2p.MulticastPingThread - /192.168.56.1 IDEtalk Multicast Thread:
Start thread.
2015-02-03 09:17:37,689 [  16213]   INFO - icator.p2p.MulticastPingThread - /130.236.184.131 IDEtalk Multicast Thread:
Start thread.
2015-02-03 09:17:39,486 [  18010]   INFO - indexing.UnindexedFilesUpdater - Indexable files iterated in 1527 ms
2015-02-03 09:17:39,487 [  18011]   INFO - indexing.UnindexedFilesUpdater - Unindexed files update started: 428 files
to update
2015-02-03 09:17:39,743 [  18267]   INFO - bugs.resources.ResourcesLoader - Loading locale properties for 'en_US)
2015-02-03 09:17:40,215 [  18739]   INFO - rains.ide.PooledThreadExecutor - Not enough pooled threads; dumping
threads into a file
2015-02-03 09:17:42,296 [  20820]   INFO - indexing.UnindexedFilesUpdater - Unindexed files update done in 2809 ms
2015-02-03 09:17:42,429 [  20953]   INFO - unicator.p2p.UserMonitorThread - Force finding users
2015-02-03 09:17:42,739 [  21263]   INFO - CompilerWorkspaceConfiguration - Available processors: 8
2015-02-03 09:17:43,422 [  21946]   INFO - tor.impl.FileEditorManagerImpl - Project opening took 9363 ms
2015-02-03 09:17:44,163 [  22687]   INFO - or.jabber.impl.JabberTransport - Jabber connected
2015-02-03 09:17:53,060 [  31584]   INFO - dvertisement.PluginsAdvertiser - Read timed out
```

Loggning 3

- **Fel** som inträffar

```
2015-02-03 09:19:35,574 [ 134098]   INFO - ins.idea.svn.SvnChangeProvider - svn: E155007:
'C:\devel\svnwc2\teach\java\source\app\clock\ClockComponent.java' is not a working copy
org.jetbrains.idea.svn.commandLine.SvnBindException: svn: E155007:
'C:\devel\svnwc2\teach\java\source\app\clock\ClockComponent.java' is not a working copy
        at org.jetbrains.idea.svn.status.SvnKitStatusClient.doStatus(SvnKitStatusClient.java:82)
        at org.jetbrains.idea.svn.SvnChangeProvider.processCopiedFile(SvnChangeProvider.java:256)
        at org.jetbrains.idea.svn.SvnChangeProvider.processCopiedAndDeleted(SvnChangeProvider.java:169)
        at org.jetbrains.idea.svn.SvnChangeProvider.getChanges(SvnChangeProvider.java:100)
        at com.intellij.openapi.vcs.changes.ChangeListManagerImpl.a(ChangeListManagerImpl.java:738)
        at com.intellij.openapi.vcs.changes.ChangeListManagerImpl.a(ChangeListManagerImpl.java:655)
        at com.intellij.openapi.vcs.changes.ChangeListManagerImpl.d(ChangeListManagerImpl.java:530)
        at com.intellij.openapi.vcs.changes.ChangeListManagerImpl.access$1200(ChangeListManagerImpl.java:75)
        at com.intellij.openapi.vcs.changes.ChangeListManagerImpl$ActualUpdater.run(ChangeListManagerImpl.java:438)
        at com.intellij.openapi.vcs.changes.UpdateRequestsQueue$MyRunnable.run(UpdateRequestsQueue.java:260)
        at java.util.concurrent.Executors$RunnableAdapter.call(Executors.java:511)
        at java.util.concurrent.FutureTask.run(FutureTask.java:266)
        at java.util.concurrent.ScheduledThreadPoolExecutor$ScheduledFutureTask.access$201(ScheduledThreadPoolExecutor.java:180)
        at java.util.concurrent.ScheduledThreadPoolExecutor$ScheduledFutureTask.run(ScheduledThreadPoolExecutor.java:293)
        at java.util.concurrent.ThreadPoolExecutor.runWorker(ThreadPoolExecutor.java:1142)
        at java.util.concurrent.ThreadPoolExecutor$Worker.run(ThreadPoolExecutor.java:617)
        at java.lang.Thread.run(Thread.java:745)
Caused by: org.tmatesoft.svn.core.SVNException: svn: E155007:
'C:\devel\svnwc2\teach\java\source\app\clock\ClockComponent.java' is not a working copy
        at org.tmatesoft.svn.core.internal.wc.SVNErrorManager.error(SVNErrorManager.java:64)
        at org.tmatesoft.svn.core.internal.wc.SVNErrorManager.error(SVNErrorManager.java:51) … …
```

Loggning 4

- Java: Inbyggt i paketet java.util.logging

```
public class Visualizer {
   private final static Logger logger = Logger.getLogger(Visualizer.class.getName());

   public void visualize() {
      try {
         visualize3D();
      } catch (No3DGraphicsException e) {
         logger.log(Level.WARNING, "No 3D graphics, running 2D visualization instead", e);
         visualize2D();
      }
   }

   ...
}
```

Ger fullständigt namn för klassen Visualizer

Ger oss en loggskrivare för den här klassen (klassnamn kan visas i loggfilen)

Loggar ett meddelande på VARNING-nivå tillsammans med undantaget **e**

Nivåer: SEVERE, WARNING, INFO, CONFIG, FINE, FINER, FINEST

Särskilt viktigt för undantag som beror på buggar i programmet

Loggning 5

jonkv@ida

- Flera nivåer – så att man kan **filtrera**
  - Lämna alla logganrop i koden
  - Filtrera med logger.setLevel(Level.INFO);

Loggning 6

- Var hamnar loggmeddelanden?
  - Default: Skrivs ut på standard error
    - **feb 28, 2025 9:29:00 FM exceptions.Visualizer visualize**
      WARNING: No 3D graphics, running 2D visualization instead
      exceptions.No3DGraphicsException: Running in the console
      at exceptions.Visualizer.visualize3D(Visualizer.java:27)
      at exceptions.Visualizer.visualize(Visualizer.java:15)
      at exceptions.Visualizer.main(Visualizer.java:11)
  - Kan även loggas till fil
    - Kräver konfigurationsfil – exempel: *logconfig.properties* innehåller
      handlers = java.util.logging.FileHandler
      java.util.logging.FileHandler.level = WARNING
      java.util.logging.FileHandler.append = true
      java.util.logging.FileHandler.pattern = log.%u.%g.txt
    - **java -Djava.util.logging.config.file=logconfig.properties …**
  - http://docs.oracle.com/javase/8/docs/technotes/guides/logging/overview.html

Avslutande ord

jonkv@ida

As far as we know,
our computer has never had an undetected error.

— Conrad H. Weisert