Fehlertolerante Programmierung

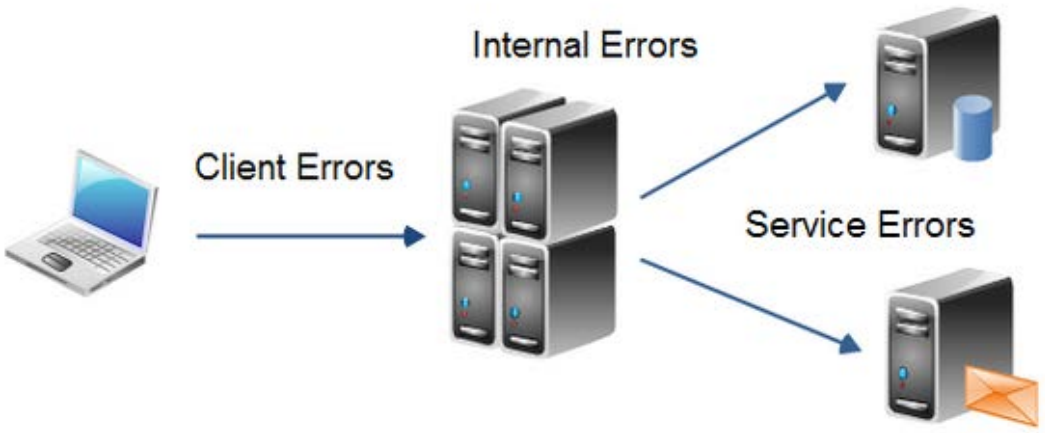
- Software Redundanz
- Selbstüberwachende Systeme
- Ausnahmebehandlung

Ausnahmebehandlung

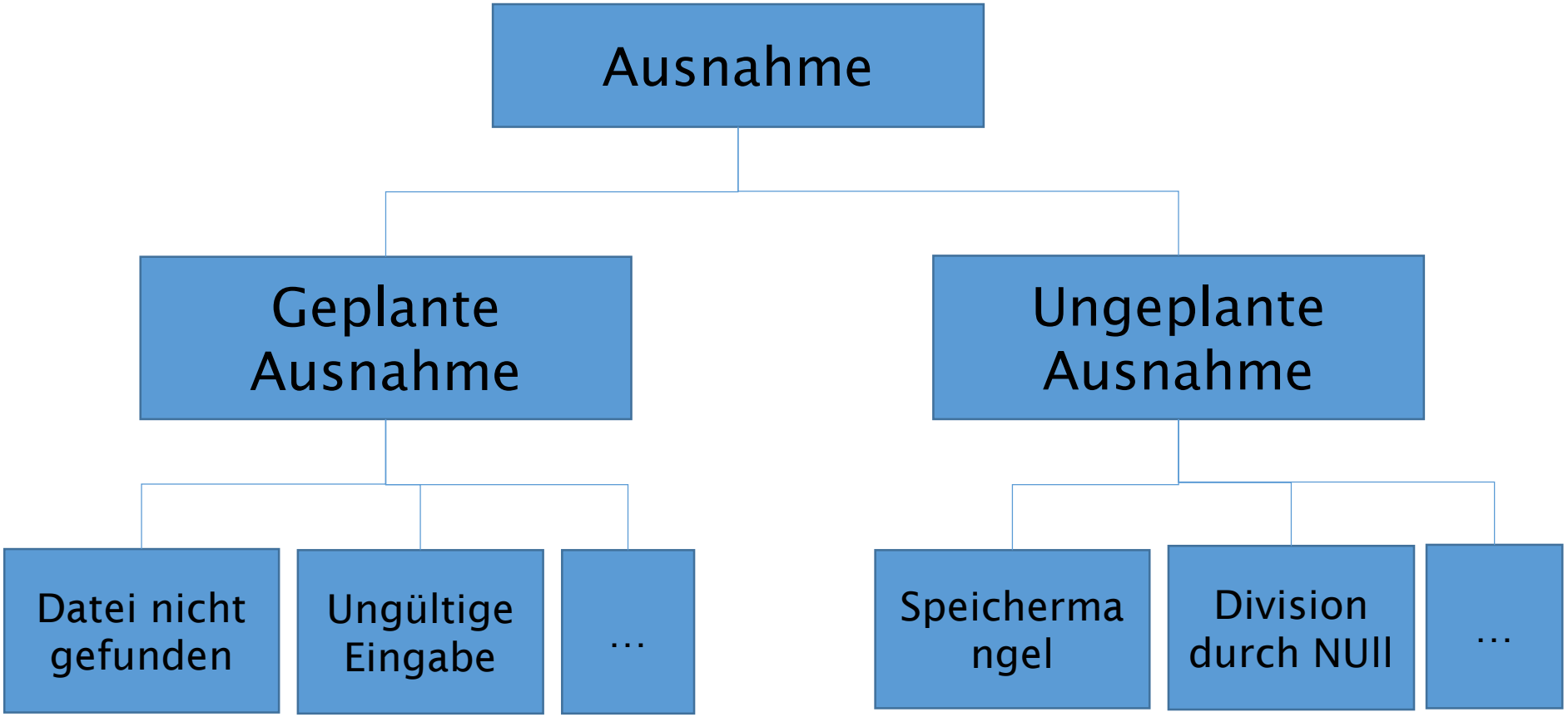
- Einleitung
- Strukturierte Ausnahmebehandlung
- Java Checked Exceptions
- Exception Handling Strategie

Einteilung von Exceptions

- Benutzer Fehler – Client Errors
- Programmierfehler – Internal errors
- Fehler bei Zugriffen auf Ressourcen – Service Errors



Ausnahmen


Ausnahme
Geplante Ausnahme
Ungeplante Ausnahme
Datei nicht gefunden
Ungültige Eingabe
…
Speicherma ngel
Division durch NUll
…

Unterschiedliche Philosophien

- Delegation der Ausnahmebehandlung ans Betriebssystem.
- Behandlung der Ausnahmen in dem Konzept der Programmiersprache verankert.

Ausnahmebehandlung

- In C: Ausnahmebehandlung mit geschachtelten If Strukturen und return codes
- In Java: Ausnahmebehandlung mit Exceptions

Auswirkungen fehlerhaften Exceptionshandlings

- GUI: Sanduhr verschwindet nicht.
- Dateien werden nicht geschlossen.
- Datenbankverbindungen bleiben offen.

Auswirkungen oftmals nicht sofort, sondern erst nach einer gewissen Laufzeit.

Beispiel

Beschreibung der Funktion readFile():

1. Datei wird geöffnet
2. Dateigröße wird ermittelt.
3. Speicherplatz belegt.
4. Dateiinhalt einlesen
5. Datei schließen

Bei jedem Schritt können Fehler passieren.

Realisierung in C und in Java?

Geschachtelte If-Strukturen

```
int readFile(String name) {
  int error_code;
      <Öffne Datei>
      if (<Datei erfolgreich geöffnet>) {
          <Ermittle Dateigröße>
          if (<Dateigröße erfolgreich ermittelt>) {
              <Belege Speicher>
              if (<Speicher erfolgreich belegt>) {
                  <Lese Dateiinhalt ein>
                  if (<Dateiinhalt erfolgreich gelesen>) {
                      error_code = 0;
                  } else
                      error_code = 1;
              } else
                  error_code = 2
          } else
              error_code = 3
          <Schließe Datei>
          if (<Datei nicht schließbar>)
              error_code = 4
      } else
          error_code = 5
    return error_code;
}
```

Exception Handling in Java

```
void readFile(String name) {
  try {
      <Öffne Datei>
      <Ermittle Dateigröße>
      <Belege Speicher>
      <Lese Dateiinhalt ein>
      <Schließe Datei>
      }
  catch (DateiÖffnenFehler ...) { <Fehlerreaktion> }
  catch (DateiGrößenFehler ...) { <Fehlerreaktion> }
  catch (SpeicherBelegenFehler ...) { <Fehlerreaktion> }
  catch (DateiLesenFehler ...) { <Fehlerreaktion> }
  catch (DateiSchliessenFehler ...) { <Fehlerreaktion> }
}
```

Ausnahmebehandlung

- Einleitung
- Strukturierte Ausnahmebehandlung
- Java Checked Exceptions
- Exception Handling Strategie

Strukturierte Ausnahmebehandlung

Idee: Code zur Ausnahmebehandlung wird vom Anwendungscode getrennt.

1. **Loggen** der Ausnahme nahe der Stelle, wo sie passiert ist.
2. Ggfs. an den Aufrufer **weiterreichen**.
3. **Behandlung** der Ausnahme an der Stelle, wo die Konsequenzen erkannt werden können und eine angemessene Reaktion erfolgen kann.
4. Angemessene **Reaktion**:
   - Benutzer wird zu erneuter Eingabe aufgefordert.
   - Datei wird geschlossen.
   - Programm wird beendet.
   - Rollback von Aktionen
   - ...

Vorteile der SEH

- Trennung Anwendungscode von Ausnahmebehandlungen
- Exceptions können nicht ignoriert werden. (Rückgabewerte schon)
- Fehler können einfach die Aufrufhierarchie hochpropagiert werden.
- Fehler können sauber gruppiert und differenziert werden.

Programmiersprachen mit Ausnahmebehandlung: Bsp: Java, C#, Ruby, Eiffel, Ada …

Ausnahmebehandlung

- Einleitung
- Strukturierte Ausnahmebehandlung
- Java Checked Exceptions
- Exception Handling Strategie

Weiterentwicklung: Java checked Exceptions

Java checked Exception: Compiler prüft, ob alle Stellen, wo diese Exception auftreten kann, durch Code zum Abfangen abgedeckt sind.

Idee: Der Entwickler wird gezwungen, alle Ausnahmen, auf die man angemessen reagieren kann, auch wirklich zu behandeln.

Außerdem in Java: **Unchecked Exceptions**: Können auch behandelt werden, müssen es aber nicht.

Errors: Unchecked Exceptions, die auf ein wirklich ernsthaftes Problem hinweisen und nicht gefangen werden sollten.

Java – Effektives Exception Handling

Gutes Exceptions Handling ➔

- Einfachere Entwicklung
- Einfachere Wartung
- Weniger bugs
- Einfachere Anwendung

Schlechtes Exceptions Handling ➔

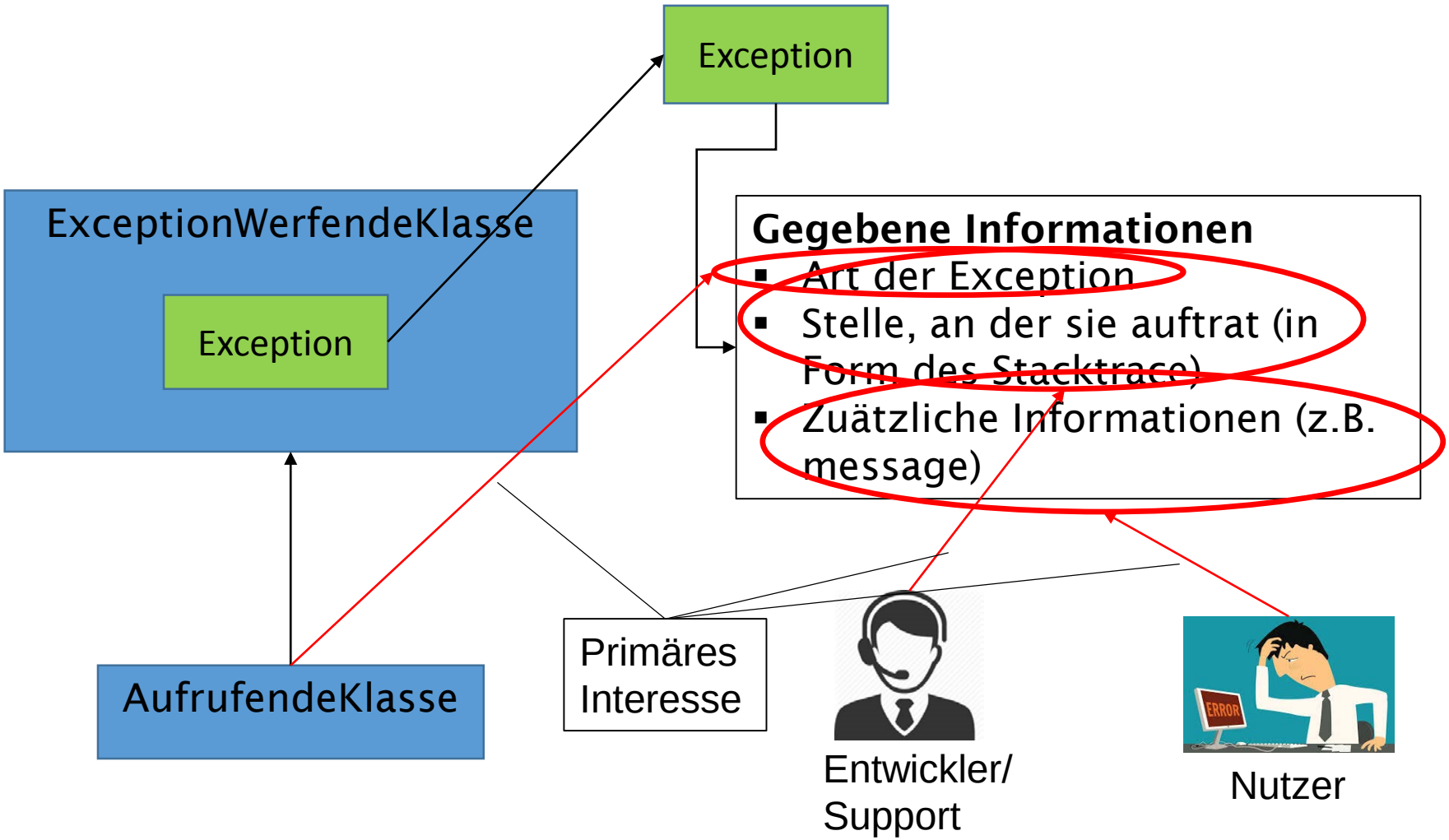
- Verwirrung der Benutzer
- Schwere Wartung

➔ Exceptions Handling und error recovery muss im Design Prozess berücksichtigt werden.

Perspektiven des Exceptions Handlings

- Die Klasse, die die Exception wirft.
- Die Klasse, die die Exception fängt.
- Der Benutzer, der mit dem Resultat umgehen muss.
- Entwickler/Support

Perspektiven des Exception Handlings



Design: Throws

Die geworfenen Exception Types einer Klasse gehören zum Design.

- **Ausgangspunkt**: Der Aufrufer, nicht der aufgerufene.
  - Welche Typen kann der Aufrufer behandeln, welche reicht er vermutlich weiter (an Aufrufer oder Benutzer)?
  - Normalerweise **NICHT:** Deklaration aller möglichen Exceptions im throws.
    Gründe:
    - Bewahrung der Designhoheit
    - Offenlegung von Implementierungsapekten im Interface

- **Stabile throws clauses**
  - Kleine Anzahl von Exceptions auf höheren Abstraktionsleveln führt zu stabileren Methodensignaturen (Aufrufer werden es danken).

Beispiel

Bsp: Klasse ResourceLoader lädt Resourcen aus File, DB, remote Server – je nach Initialisierung.

➔Wie sieht die Methodensignatur aus?

➔Welche Exceptions werden deklariert?

Negativ Beispiel für throws

Bsp: Klasse ResourceLoader lädt Resourcen aus File, DB, remote Server – je nach Initialisierung.

Methodensignatur

```
public Resource getResource() throws SQLException, IOException, RemoteException
```

1. **Frage:** Ist die Detail-Information der Exceptions für den Aufrufer relevant?
   ==> Normalerweise nicht. Relevant ist die Information, dass die Ressource nicht verfügbar ist.
2. Es wird Detail Information der Implementierung offenbart (DB Zugriff, File Zugriff, Remote Zugriff)

➔ Besser: Siehe nächste Folie

Bessere Signatur

```
public Resource getResource() throws ResourceLoadException{

    try{
        //access resource
    }
    catch(SQLException sqle){
        throw new ResourceLoadException();
    }
    catch(RemoteException re){
        throw new ResourceLoadException();
    }
    catch(IOException ioe){
        throw new ResourceLoadException();
    }
```

Problem: Es geht Information verloren, die interessant ist für Entwickler/Support.

Java Multicatch Feature

```
public Resource getResource() throws ResourceLoadException{

    try{
        //access resource
    }
    catch(SQLException | RemoteException | IOException exc){
        throw new ResourceLoadException();
    }
```

Code ist jetzt aufgeräumter.

Exceptions, die nicht (weiter) geworfen werden sollen

Bsp:

```
public class ResourceLoader {
  public getResource(String name) throws ResourceLoadException {
  try {
    // try to load the resource from the database
    ...
  }
  catch (SQLException e) {
    throw new ResourceLoadException(e.toString());
  }
}
```

Aufrufer bekommt die Information, an der er interessiert ist.

Information, welche Exception die Ursache war. (StackTrace geht verloren)

Exception chaining

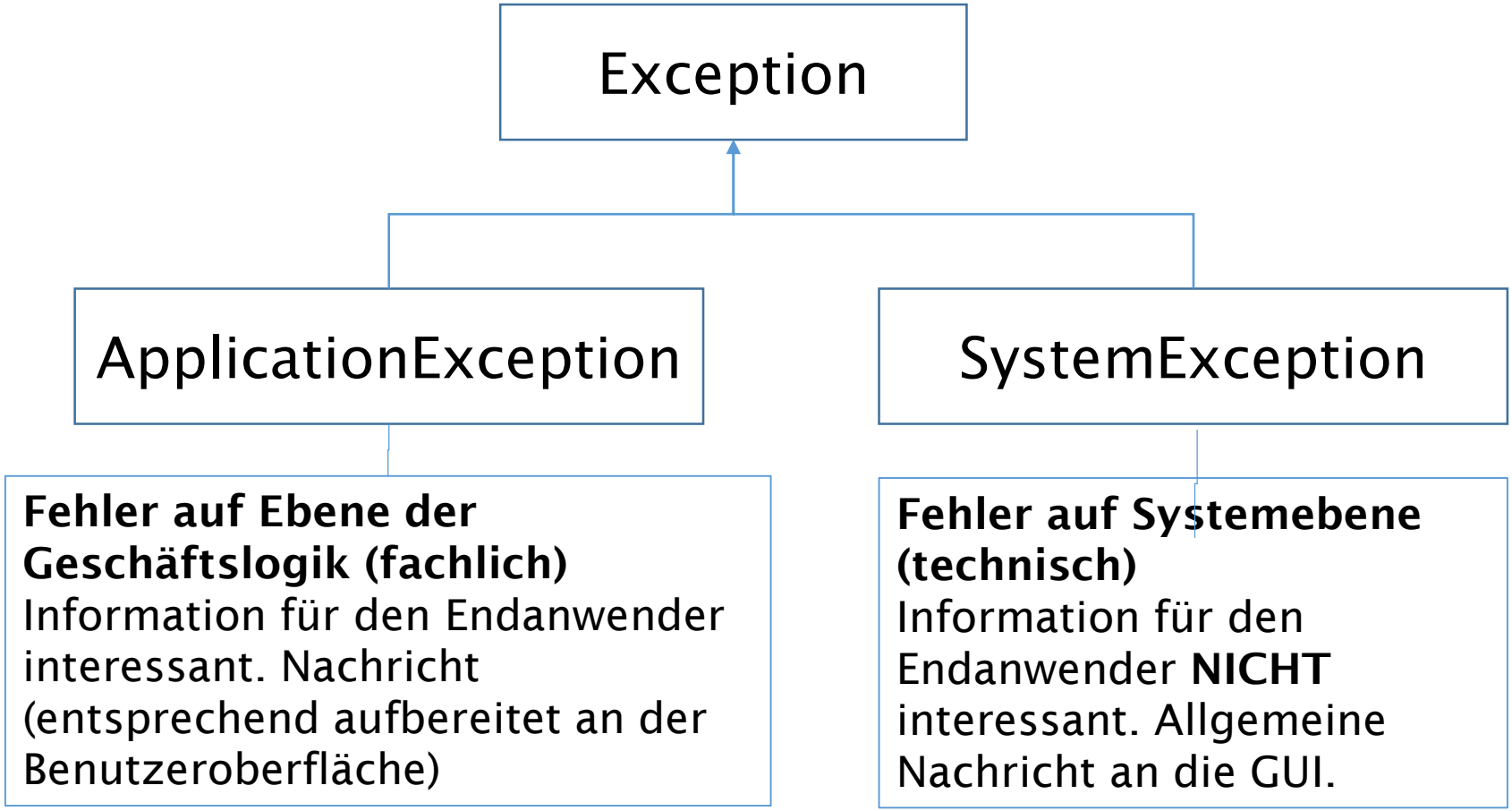
Vorheriges Beispiel führt dazu, dass wesentliche Information der ursprünglichen Exception verloren geht. Dem wirkt das Exception chaining entgegen.

➔Exception chaining: Die ursprüngliche Exception wird in der neu geworfenen Exception als Ursache gespeichert.

Methoden und Konstruktoren dazu:

- Throwable getCause()
- Throwable initCause(Throwable)
- Throwable(String, Throwable)
- Throwable(Throwable)

Unterscheidung von Exceptions in der Anwendung



Exceptions für den Benutzer

- Der Benutzer ist normalerweise nicht an technischen Informationen interessiert.
- ➔Ihm wird eine sprechende Meldung angezeigt, aus der er schließen kann, wie er weiter vorgehen soll.
- ➔ ggfs. lokalisiert
- ➔ggfs Fehlercode für Kommunikation mit dem Support.

Exceptions – Best Practices

- Verwenden Sie spezifische Exceptions – keine toplevel Exceptions fangen.
- Fangen Sie die Exception erst dann, wenn Sie sie auch ordentlich behandeln können.
- Schließen Sie alle Ressourcen im finally Block (oder automatisch mit Java ARM)
- Loggen Sie alle Exceptions. Aber nur einmal!
- Verwenden Sie Multicatch um Ihren Code übersichtlicher zu machen.
- Dokumentieren Sie alle Exceptions (javadoc @throws)
- Verwenden Sie keine Exceptions für den Kontrollfluss.
- Keine Exceptions ignorieren.

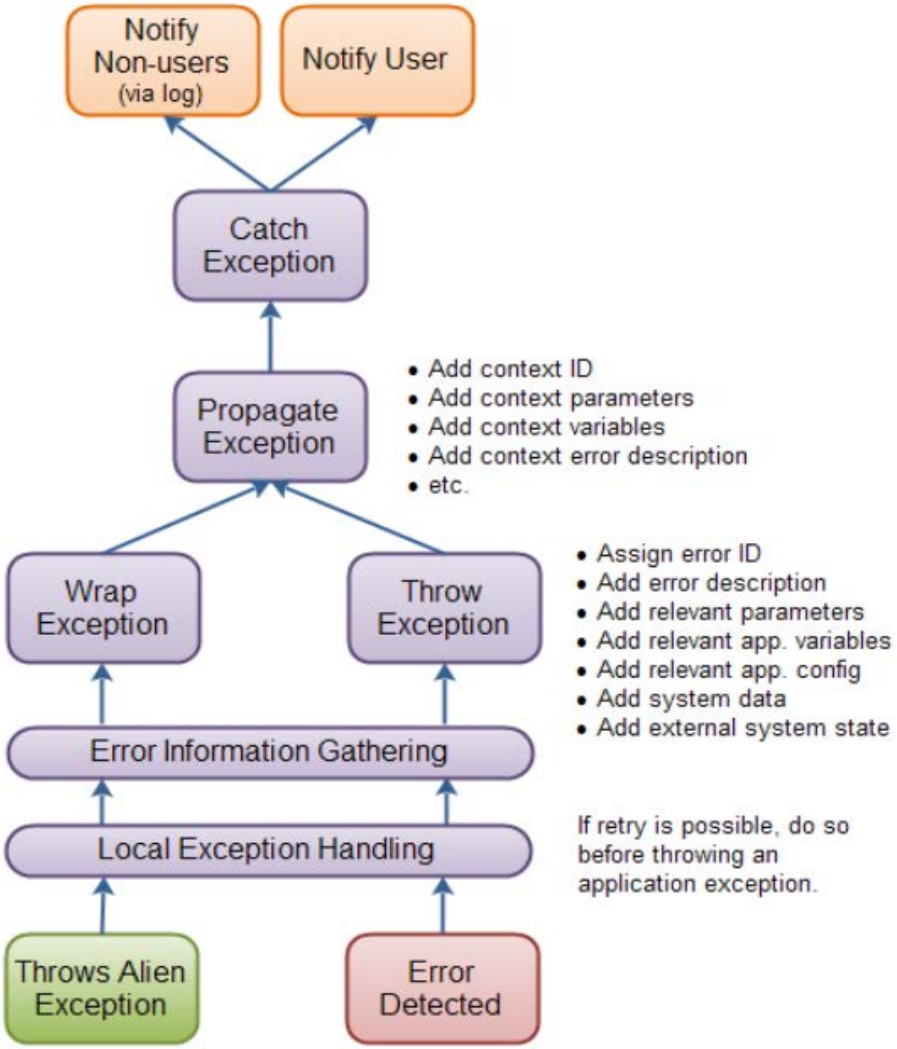
Ausnahmebehandlung

- Einleitung
- Strukturierte Ausnahmebehandlung
- Java Checked Exceptions
- Exception Handling Strategie

Exception Handling Strategie

- Überblick
- Anforderungen
- Error Location und Error Context
- Fehlertypen und Reaktionen
- Strategie Elemente
- Mögliches Template

Exception Handling Strategie - Überblick



Quelle: http://tutorials.jenkov.com/exception-handling-strategies/overview.html

Exception Handling Strategie

- Überblick
- Anforderungen
- Error Location und Error Context
- Fehlertypen und Reaktionen
- Strategie Elemente
- Mögliches Template

Anforderungen ans Exception Handling

Primär:

- Überleben der Applikation
- Information der relevanten Stellen
- Fehlerdiagnose und Reproduktion

Sekundär:

- Abstraktion
- Les- und Wartbarer Code

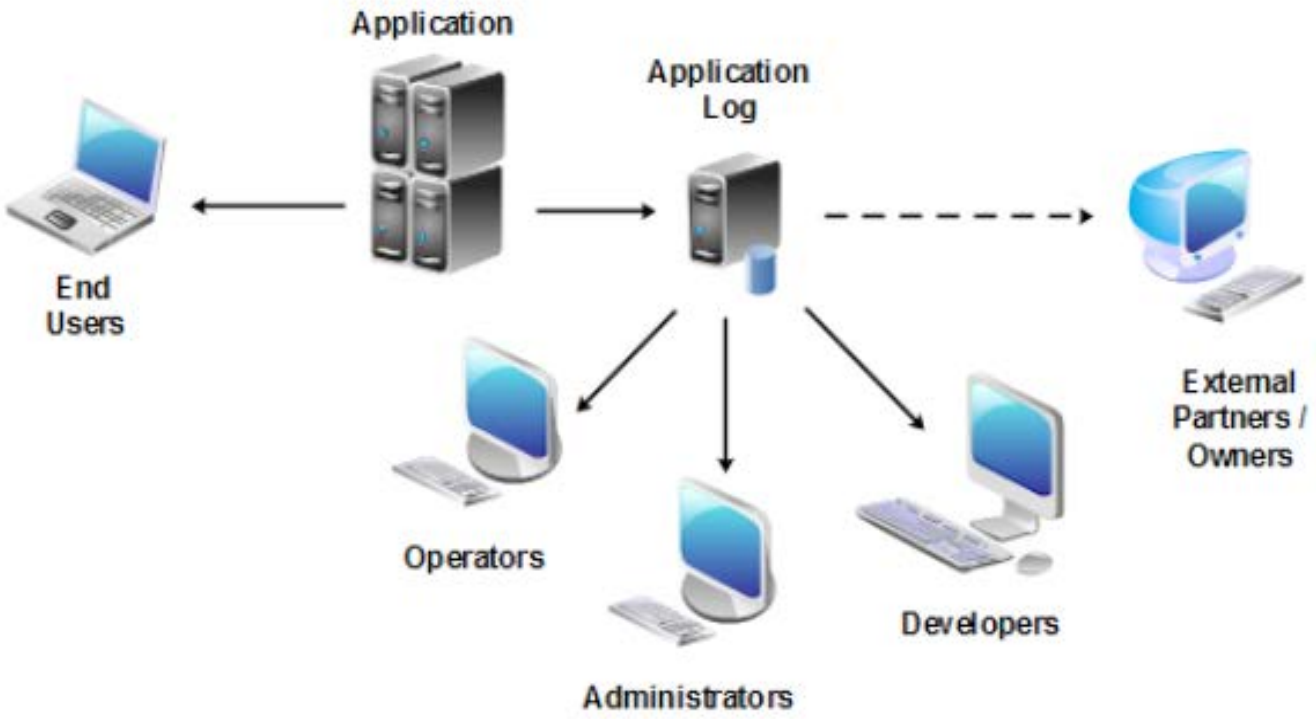
Überleben der Applikation

1. **Fehler fangen und behandeln**

- Im Idealfall: Applikation läuft weiter als wäre der Fehler nicht passiert
- Sonst. Sauberes Beenden der Applikation

2. **Ressourcen sauber schließen**

Information der relevanten Stellen



Wer? Typisch:

- Endnutzer
- Betreiber
- Administrator
- Etnwickler
- Application owner

Diagnose und Reproduktion

Diagnose: Relevante Informationen:

- Wo genau im Code ist die Exception aufgetreten?
- Kontext, in dem der entsprechende Code aufgerufen wurde
- Fehlerbeschreibung incl Variablen Werte, Zustände etc.

Reproduktion:

- Welcher Weg hat zu dem Fehler geführt?

➔ Welche events werden geloggt?

Abstraktion

➔Verbergen von Informationen, die die höheren Schichten nicht zu interessieren hat.

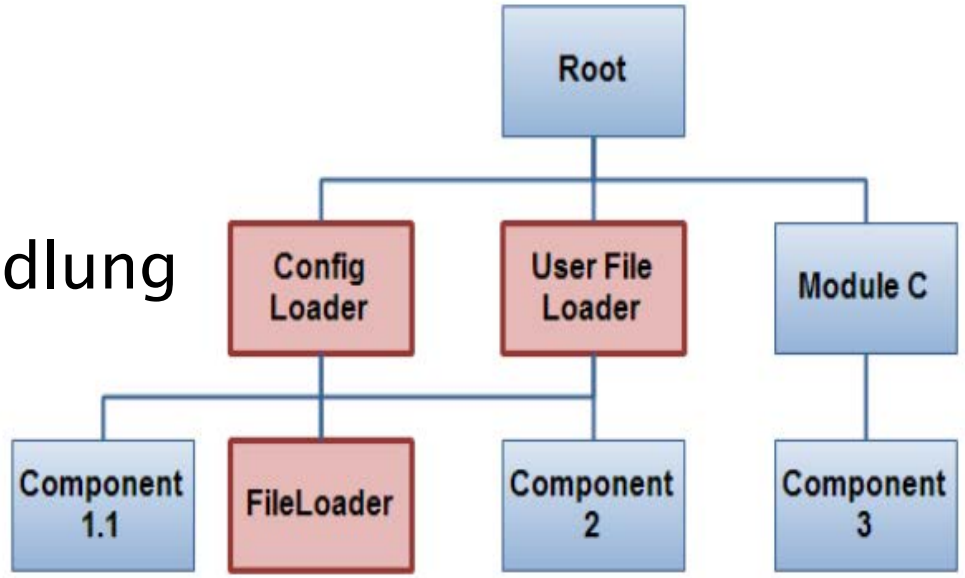
Bsp siehe das ResourceLoaderBeispiel von oben

Exception Handling Strategie

- Überblick
- Anforderungen
- Error Location und Error Context
- Fehlertypen und Reaktionen
- Strategie Elemente
- Mögliches Template

Error Location und Error Context

- Error Location:
  - Wo genau ist der Fehler aufgetreten?
- Error Context:
  - Ausführungspfad zur Errorlocation
  - Hat Auswirkung auf die Fehlerbehandlung



Exception Handling Strategie

- Überblick
- Anforderungen
- Error Location und Error Context
- Fehlertypen und Reaktionen
- Strategie Elemente
- Mögliches Template

Fehlerarten und Reaktionen

Client Error

Service Error

Internal Error

Typische Reaktion:

- Abbruch der aufgerufenen Aktion
- Schließen der geöffneten Ressourcen (connections, files, streams etc.)
- Freigeben der allokierten Ressourcen (memory buffers etc.).
- Nutzer benachrichtigen.
- Loggen des Fehlers

Fehlerarten und Reaktionen

Client Error

Service Error

Internal Error

Typische Reaktion:

- Abbruch der aufgerufenen Aktion oder neuer Versuch nach kurzer Zeit
- Schließen der geöffneten Ressourcen (connections, files, streams etc.)
- Freigeben der allokierten Ressourcen (memory buffers etc.).
- Nutzer benachrichtigen.
- Loggen des Fehlers
- Benachrichtigung des Betriebs, damit geeignete Maßnahmen ergriffen werden können.

Fehlerarten und Reaktionen

Client Error

Service Error

Internal Error

Typische Reaktion:

- Abbruch der aufgerufenen Aktion oder neuer Versuch nach kurzer Zeit
- Schließen der geöffneten Ressourcen (connections, files, streams etc.)
- Freigeben der allokierten Ressourcen (memory buffers etc.).
- Nutzer benachrichtigen.
- Loggen des Fehlers
- Benachrichtigung des Betriebs, damit geeignete Maßnahmen ergriffen werden können.
- Benachrichtigung der Entwickler zur Behebung.

Exception Handling Strategie

- Überblick
- Anforderungen
- Error Location und Error Context
- Fehlertypen und Reaktionen
- Strategie Elemente
- Mögliches Template

Strategie Elemente des Exc. Handlings

Eine Exception Handling Strategie umfasst typisch Design Überlegungen zu folgenden Elementen:

- Fehler entdecken
- Informationen zum Fehler sammeln
- Exception werfen
- Propagieren der Exception, ggfs Kontextinformation hinzufügen
- Fangen und Reaktion:
  - Wenn möglich neuer Versuch.
  - Relevante Parteien informieren.

Fehler entdecken - Bsp

```
public void doSomething(int value, Employee targetEmployee){

  if(value < 20){
     throw new IllegalArgumentException("Value too low");
  }

  if(targetEmployee == null){
     throw new IllegalArgumentException("Target employee was null");
  }

  ... do actual work.
}
```

Fehler entdecken

NB: Die throw Clauses gehören zum „Fehler werfen“

Informationen zum Fehler sammeln

Relevante Information: **Ursache** und **Location**

	Information	**Interested Party**
Cause	Technische Fehlerbeschreibung	Entwickler, Operator / Administrator
Cause	End User Fehlerbeschreibung	End User
Cause	Relevante input / Parameter / Variable Daten	End User, Entwickler, Operator / Administrator
Cause	Relevante System Daten in Konfigurationen, Datenbanken etc.	End User, Entwickler, Operator / Administrator
Cause	Relevante externe Bedingungen (ist System xy erreichbar?)	End User, Entwickler, Operator / Administrator
Location	Stack Trace	Entwickler
Location	Unique Error ID	Entwickler, Operator / Administrator

Werfen und Propagieren von Exceptions

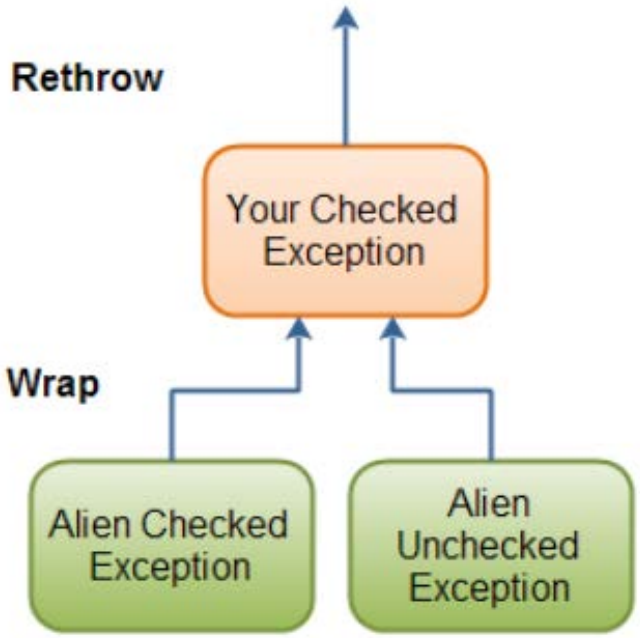
Werfen:

Klären: Welche Exceptions werfe ich und welche Information gebe ich der Exception mit?

➔ Siehe Folien zu Abstraktion und zum Exception Chaining

Propagieren von Exceptions

Rethrow fremder Exceptions (bei Verwendung von Checked Exceptions in der eigenen Applikation)



Exceptions Fangen und behandeln

Bsp:

```
try{

    startTheWholeThing();

} catch(MyAppException e) {

    notifyUser(lookupErrorText(e));
    notifyNonUsers(e);

} catch(Throwable t) {

    notifyUser(lookupErrorText(e));
    notifyNonUsers(t);
}
```

Exception Handling Strategie

- Überblick
- Anforderungen
- Error Location und Error Context
- Fehlertypen und Reaktionen
- Strategie Elemente
- Mögliches Template

Lesbarer und Wartbarer Code

Eine saubere Strategie zum Exceptionhandlung sorgt dafür, dass sich nicht viele identische try-catch-finally Blöcke im Code befinden.

➔Ein Teil dieser Strategie:
Verwendung von Exception Templates, siehe z.B.

http://tutorials.jenkov.com/java-exception-handling/exception-handling-templates.html

Template für Exception Klasse

```
public class AppException extends Exception {

  protected List<ErrorInfo> errorInfoList = new ArrayList<ErrorInfo>();


  public AppException() {
  }

  public ErrorInfo addInfo(ErrorInfo info){
    this.errorInfoList.add(info);
    return info;
  }

  public ErrorInfo addInfo(){
    ErrorInfo info = new ErrorInfo();
    this.errorInfoList.add(info);
    return info;
  }

  public List<ErrorInfo> getErrorInfoList() {
    return errorInfoList;
  }
}
```

Template für ErrorInfo

```
public class ErrorInfo {

    protected Throwable cause                 = null;
    protected String    errorId               = null;
    protected String    contextId             = null;

    protected int       errorType             = -1;
    protected int       severity              = -1;

    protected String    userErrorDescription = null;
    protected String    errorDescription      = null;
    protected String    errorCorrection       = null;

    protected Map<String, Object> parameters =
            new HashMap<String, Object>();
}
```

Getter und Setter sind nicht dargestellt

ErrorInfo Template

Field	Description
cause	The error cause, if an alien exception is caught and wrapped.
errorId	A unique id that identifies this error. The errorId tells **what** went wrong, like FILE_LOAD_ERROR. The id only has to be unique within the same context, meaning the combination of contextId and errorId should be unique througout your application.
contextId	A unique id that identifies the context where the error occurred. The contextId tells **where** the error occurred (in what class, component, layer etc.). The contextId and errorId combination used at any specific exception handling point should be unique throughout the application.
errorType	The errorType field tells whether the error was caused by errornous input to the application, an external service that failed, or an internal error. The idea is to use this field to indicate to the exception catching code what to do with this error. Should only the user be notified, or should the application operators and developers be notified too?
severity	Contains the severity of the error. E.g. WARNING, ERROR, FATAL etc. It is up to you to define the severity levels for your application.
userErrorDescription	Contains the error description to show to the user. Note: In an internationalized application this field may just contain a key used to lookup an error message in a text bundle, so the user can get the error description in his or her own language. Also keep in mind that many errors will be reported to the user with the same standard text, like "An error occurred internally. It has been logged, and the application operators has been notified". Thus, you may want to use the same user error description or error key for many different errors.
errorDescription	Contains a description of the error with all the necessary details needed for the application operators, and possibly the application developers, to understand what error occurred.
errorCorrection	Contains a description of how the error can be corrected, if you know how. For instance, if loading a configuration file fails, this text may say that the operator should check that the configuration file that failed to load is located in the correct directory.
parameters	A Map of any additional parameters needed to construct a meaningful error description, either for the users or the application operators and developers. For instance, if a file fails to load, the file name could be kept in this map. Or, if an operation fails which require 3 parameters to succeed, the names and values of each parameter could be kept in this Map.

Verwendung der AppException - Bsp

```
public byte[] loadFile(String filePath) throws AppException {

  // Error Detection
  if(filePath == null){

    AppException exception = new AppException();

    ErrorInfo info = exception.addInfo();

    // Error Information Gathering
    info.setErrorId("FilePathNull");
    info.setContextId("FileLoader");

    info.setErrorType(ErrorInfo.ERROR_TYPE_CLIENT);
    info.setSeverity(ErrorInfo.SEVERITY_ERROR);

    info.setErrorDescription("The file path of file to load was null");
    info.setErrorCorrection("Make sure filePath parameter is not null.");

    // Throw exception
    throw exception;
  }

    ...
}
```

Exception Handling - Links

- http://tutorials.jenkov.com/exception-handling-strategies/index.html
- http://www.java-tutorial.org/exception-handling.html
- https://docs.oracle.com/javase/tutorial/essential/exceptions/index.html
- http://www.javaworld.com/article/2075476/core-java/exceptional-practices--part-1.html
- http://www.journaldev.com/1696/java-exception-handling-tutorial-with-examples-and-best-practices