

Kapitel 11

Fehler und Ausnahmen

Ziele

- Fehlerquellen in Programmen und bei der Programmausführung verstehen
- Das Java-Konzept der Ausnahmen als Objekte kennenlernen
- Ausnahmen auslösen können
- Ausnahmen behandeln können

Fehlerhafte Programme

Ein Programm kann aus vielen Gründen unerwünschtes Verhalten zeigen.

- **Logische Fehler beim Entwurf**, d.h. bei der Modellierung des Problems: Entwurf entspricht nicht den Anforderungen.
- **Fehler bei der Umsetzung des Entwurfs in ein Programm.**
 - Programm entspricht nicht dem Entwurf (logischer Programmierfehler),
 - Algorithmen falsch implementiert (logischer Programmierfehler),
 - Programm bricht ab wegen vermeidbarem Laufzeitfehler; z.B. Division durch 0, falscher Arrayzugriff, ...
- **Ungenügender Umgang mit außergewöhnlichen Situationen, die nicht vermieden werden können.**
 - Fehlerhafte Benutzereingaben, z.B. Datum 31.11.2010
 - Fehlerhafter Dateizugriff, Abbruch der Netzwerkverbindung, ...

Robuste Programme

- Wir beschäftigen uns hier nicht damit, wie man logische Fehler in einem Programm finden kann.
- Wir konzentrieren uns hier auf das Erkennen, Vermeiden und Behandeln von Ausnahmesituationen, die zu Laufzeitfehlern führen können.
- Unser Ziel ist es robuste Programme zu schreiben.

Definition:

Ein Programm heißt ***robust***, falls es auch beim Auftreten von Fehlern sinnvoll reagiert.

Ausnahmesituationen erkennen (1)

Beispiel: Berechnung der Fakultät.

```
class MyClass {  
  
    public static int fact(int n) {  
        if (n == 0) return 1;  
        else return n * fact(n-1);  
    }  
}
```

```
class Test {  
    public static void main(String args[]) {  
        int m = ...;  
        int k = MyClass.fact(m);  
        System.out.println("Fakultät von " + m  
+ " ist " + k);  
    }  
}
```

- Es kann zu Nichtterminierung kommen.
- Diese Ausnahmesituation wird in der Methode `fact` **nicht** erkannt.

Ausnahmesituationen erkennen (2)

Beispiel: Berechnung der Fakultät.

```
class MyClass {  
  
    public static int fact_1(int n) {  
        if (n < 0) return -1;  
        else if (n == 0) return 1;  
        else return n * fact(n-1);  
    }  
}
```

```
class Test {  
    public static void main(String args[]) {  
        int m = ...;  
        int k = MyClass.fact_1(m);  
        System.out.println("Fakultät von " + m  
+ " ist " + k);  
    }  
}
```

Ausnahmesituationen ($n < 0$) werden in der Methode `fact_1` zwar erkannt, aber nicht adäquat an den Aufrufer gemeldet.

Ausnahme auslösen

```
class MyClass {  
  
    public static int fact_2(int n) {  
        if (n < 0) throw new  
        IllegalArgumentException("Eingabe  
        darf nicht kleiner als 0 sein.");  
        if (n == 0) return 1;  
        else return n * fact(n-1);  
    }  
}
```

```
class Test {  
    public static void main(String args[]) {  
        int m = ...;  
        int k = MyClass.fact_2(m);  
        System.out.println("Fakultät von " + m  
        + " ist " + k);  
    }  
}
```

- Eine Ausnahmesituation wird in der Methode `fact_2` erkannt und es wird eine Ausnahme ausgelöst („geworfen“).
- Die Ausnahme enthält eine individuelle Information, die die Fehlersituation beschreibt.
- Wird eine Ausnahme ausgelöst, dann werden die Methode und das Programm abgebrochen und die Fehlermeldung wird auf der Konsole gemeldet.
- Alternativ kann die Ausnahme auch individuell im main-Programm **behandelt** werden (vgl. später).

Vermeiden von Ausnahmen

```
class MyClass {  
  
    public static int fact_2(int n) {  
        if (n < 0) throw new  
IllegalArgumentException("Eingabe  
darf nicht kleiner als 0 sein.");  
        if (n == 0) return 1;  
        else return n * fact(n-1);  
    }  
}
```

```
class Test {  
    public static void main(String args[]) {  
        int m = ...;  
        if (m >= 0) {  
            int k = MyClass.fact_2(m);  
            System.out.println("Fakultät von " +  
m + " ist " + k);  
        }  
    }  
}
```

- Die Ausnahmesituation wird hier vermieden, indem die `main`-Methode vor dem Aufruf der Methode `fact_2` testet, ob das Argument größer gleich 0 ist.
- Es kann (diesbezüglich) keine Ausnahme mehr ausgelöst werden.
- Die Methode `fact_2` beinhaltet jedoch weiterhin eine Ausnahmeerkennung mit Ausnahmeauslösung, da sie nicht sicher ist, ob sie korrekt aufgerufen wird („defensive“ Programmierung).

Fehler- und Ausnahmenklassen in Java

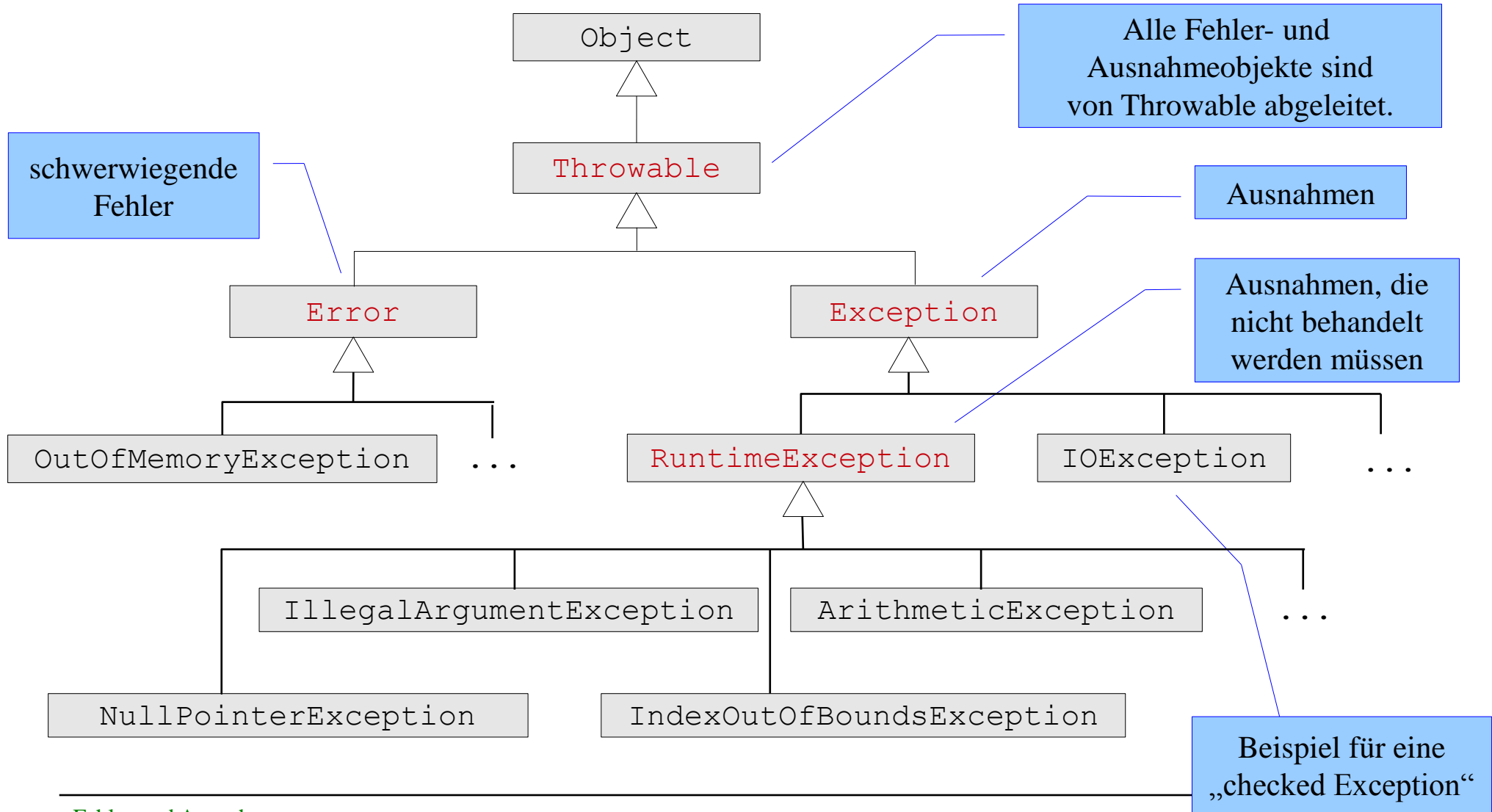
In Java unterscheidet man zwischen Fehlern und Ausnahmen, die beide durch **Objekte** repräsentiert werden.

- Fehler sind Instanzen der Klasse `Error`
- Ausnahmen sind Instanzen der Klasse `Exception`

Fehler deuten auf schwerwiegende Probleme der Umgebung hin und können nicht sinnvoll behandelt werden, z.B. `OutOfMemoryException`.

Ausgelöste Ausnahmen können vom Programmierer im Programm individuell behandelt werden.

Vererbungshierarchie der Fehlerklassen



Die Klasse `Error` und ihre direkten Subklassen

`java.lang`

Class `Error`

[java.lang.Object](#)

└ [java.lang.Throwable](#)

└ `java.lang.Error`

All Implemented Interfaces:

[Serializable](#)

Direct Known Subclasses:

[AnnotationFormatError](#), [AssertionError](#), [AWTError](#), [CoderMalfunctionError](#), [FactoryConfigurationError](#), [FactoryConfigurationError](#), [IOError](#), [LinkageError](#), [ServiceConfigurationError](#), [ThreadDeath](#), [TransformerFactoryConfigurationError](#), [VirtualMachineError](#)

```
public class Error
extends Throwable
```

An `Error` is a subclass of `Throwable` that indicates serious problems that a reasonable application should not try to catch. Most such errors are abnormal conditions. The `ThreadDeath` error, though a "normal" condition, is also a subclass of `Error` because most applications should not try to catch it.

A method is not required to declare in its `throws` clause any subclasses of `Error` that might be thrown during the execution of the method but not caught, since these errors are abnormal conditions that should never occur.

...

Die Klasse `Exception` und ihre direkten Subklassen

`java.lang`

Class `Exception`

`java.lang.Object`

└ `java.lang.Throwable`

└ `java.lang.Exception`

All Implemented Interfaces:

[`Serializable`](#)

Direct Known Subclasses:

[`ACLNotFoundException`](#), [`ActivationException`](#), [`AlreadyBoundException`](#), [`ApplicationException`](#), [`AWTException`](#), [`BackingStoreException`](#), [`BadAttributeValueExpException`](#), [`BadBinaryOpValueExpException`](#), [`BadLocationException`](#), [`BadStringOperationException`](#), [`BrokenBarrierException`](#), [`CertificateException`](#), [`ClassNotFoundException`](#), [`CloneNotSupportedException`](#), [`DataFormatException`](#), [`DatatypeConfigurationException`](#), [`DestroyFailedException`](#), [`ExecutionException`](#), [`ExpandVetoException`](#), [`FontFormatException`](#), [`GeneralSecurityException`](#), [`GSSEException`](#), [`IllegalAccessException`](#), [`IllegalClassFormatException`](#), [`InstantiationException`](#), [`InterruptedException`](#), [`IntrospectionException`](#), [`InvalidApplicationException`](#), [`InvalidMidiDataException`](#), [`InvalidPreferencesFormatException`](#), [`InvalidTargetObjectTypeException`](#), [`InvocationTargetException`](#), [`IOException`](#), [`JAXBException`](#), [`JMException`](#), [`KeySelectorException`](#), [`LastOwnerException`](#), [`LineUnavailableException`](#), [`MarshalException`](#), [`MidiUnavailableException`](#), [`MimeTypeParseException`](#), [`MimeTypeParseException`](#), [`NamingException`](#), [`NoninvertibleTransformException`](#), [`NoSuchFieldException`](#), [`NoSuchMethodException`](#), [`NotBoundException`](#), [`NotOwnerException`](#), [`ParseException`](#), [`ParserConfigurationException`](#), [`PrinterException`](#), [`PrintException`](#), [`PrivilegedActionException`](#), [`PropertyVetoException`](#), [`RefreshFailedException`](#), [`RemarshalException`](#), [`RuntimeException`](#), [`SAXException`](#), [`ScriptException`](#), [`ServerNotActiveException`](#), [`SOAPException`](#), [`SQLException`](#), [`TimeoutException`](#), [`TooManyListenersException`](#), [`TransformerException`](#), [`TransformException`](#), [`UnmodifiableClassException`](#), [`UnsupportedAudioFormatException`](#), [`UnsupportedCallbackException`](#), [`UnsupportedFlavorException`](#), [`UnsupportedLookAndFeelException`](#), [`URIRuntimeException`](#), [`URISyntaxException`](#), [`UserException`](#), [`XAException`](#), [`XMLParseException`](#), [`XMLSignatureException`](#), [`XMLStreamException`](#), [`XPathException`](#)

Die Klasse `RuntimeException` und ihre direkten Subklassen

`java.lang`

Class `RuntimeException`

[java.lang.Object](#)

└ [java.lang.Throwable](#)

└ [java.lang.Exception](#)

└ `java.lang.RuntimeException`

All Implemented Interfaces:

[Serializable](#)

Direct Known Subclasses:

[AnnotationTypeMismatchException](#), [ArithmeticException](#), [ArrayStoreException](#), [BufferOverflowException](#), [BufferUnderflowException](#), [CannotRedoException](#), [CannotUndoException](#), [ClassCastException](#), [CMMException](#), [ConcurrentModificationException](#), [DataBindingException](#), [DOMException](#), [EmptyStackException](#), [EnumConstantNotPresentException](#), [EventException](#), [IllegalArgumentException](#), [IllegalMonitorStateException](#), [IllegalPathStateException](#), [IllegalStateException](#), [ImagingOpException](#), [IncompleteAnnotationException](#), [IndexOutOfBoundsException](#), [JMRuntimeException](#), [LSEException](#), [MalformedParameterizedTypeException](#), [MirroredTypeException](#), [MirroredTypesException](#), [MissingResourceException](#), [NegativeArraySizeException](#), [NoSuchElementException](#), [NoSuchMechanismException](#), [NullPointerException](#), [ProfileDataException](#), [ProviderException](#), [RasterFormatException](#), [RejectedExecutionException](#), [SecurityException](#), [SystemException](#), [TypeConstraintException](#), [TypeNotPresentException](#), [UndeclaredThrowableException](#), [UnknownAnnotationValueException](#), [UnknownElementException](#), [UnknownTypeException](#), [UnmodifiableSetException](#), [UnsupportedOperationException](#), [WebServiceException](#)

Die Klasse `Throwable`

- Ausnahme- und Fehler-Objekte enthalten Informationen über Ursprung und Ursache des Fehlers.
- Die Klasse `Throwable`, von der alle Fehler- und Ausnahmeklassen abgeleitet sind, verwaltet solche Informationen und stellt zur Verfügung:
 - eine **Nachricht** zur Beschreibung des aufgetretenen Fehlers,
 - einen **Schnappschuss** des Aufrufstacks zum Zeitpunkt der Erzeugung des Objekts.
- Nützliche Methoden der Klasse `Throwable`:
 - `String getMessage()` : gibt die Fehlermeldung zurück
 - `void printStackTrace()` : gibt den Aufrufstack des Fehlers aus

Auslösung einer RuntimeException und Ausgabe des Aufrufstacks

```
public class Div0 {  
    /** Die Methode m loest wegen der Division durch 0  
     * eine ArithmeticException aus: */  
    public static void m() {  
        int d = 0;  
        int a = 42 / d;  
        System.out.println("d= " + d);  
        System.out.println("a= " + a);  
    }  
    public static void main(String args[]) {  
        this.m();  
    }  
}
```

Java-Ausgabe mit Aufrufstack:

```
Exception in thread "main" java.lang.ArithmeticException: / by zero  
at Div0.m(Div0.java:6)  
at Div0.main(Div0.java:11)
```

Der Aufrufstack enthält die Folge der Methodenaufrufe, die zum Fehler geführt haben.

Kontrolliertes Auslösen von Ausnahmen

- Mittels der **throw**-Anweisung kann man eine Ausnahme auslösen.

- **Syntax:**

```
throw exp;
```

- Der Ausdruck `exp` muss eine Instanz einer von `Throwable` abgeleiteten Klasse (d.h. eine Ausnahme oder ein Fehlerobjekt) bezeichnen.

- **Beispiel:**

```
throw new IllegalArgumentException("...");
```

- Die Ausführung einer **throw**-Anweisung stoppt den Kontrollfluss der Methode und löst die von `exp` definierte Ausnahme aus. Die nachfolgenden Anweisungen im Rumpf der Methode werden nicht mehr ausgeführt (wie bei `return`).
- Es kommt zu einem Abbruch des Programms, wenn die Ausnahme nicht in einer übergeordneten Methode abgefangen und behandelt wird.

Geprüfte Ausnahmen (Checked Exceptions)

- Geprüfte Ausnahmen sind in Java alle Instanzen der Klasse `Exception`, die **nicht** Objekte der Klasse `RuntimeException` sind.
- Gibt es in einem Methodenrumpf eine **throw**-Anweisung mit einer geprüften Ausnahme, dann **muss** das im Methodenkopf mit **throws** explizit deklariert werden.
- Geprüfte Ausnahmen **müssen** vom Aufrufer der Methode entweder behandelt werden oder wieder im Methodenkopf deklariert werden.
- Beispiele:

```
import java.io.IOException;
...
public void m() throws IOException {
    if (...) {
        throw new IOException();
    }
}
public void n() throws IOException {
    this.m();
}
```

Man muss deklarieren, dass in dieser Methode die Ausnahme `IOException` auftreten kann.

Da die `IOException`, die beim Aufruf von `m()` auftreten kann, hier nicht behandelt wird, muss die Methode selbst wieder eine `throws`-Klausel deklarieren

Ungeprüfte Ausnahmen (Unchecked Exceptions)

- Ungeprüfte Ausnahmen sind genau die Instanzen von `RuntimeException`.
- Beispiele: `ArithmeticException`, `NullPointerException`, ...
- Ungeprüfte Ausnahmen müssen nicht im Methodenkopf explizit deklariert werden (sie können es aber).
- Ungeprüfte Ausnahmen müssen nicht behandelt werden (sie können es aber).

Benutzerdefinierte Ausnahmeklassen

Mittels Vererbung kann man eigene Ausnahmeklassen definieren.

Beispiel:

- Klassen `BankKonto` und `SparKonto`. Es soll nicht möglich sein, ein `SparKonto` zu überziehen.
- Wir definieren dazu eine (checked) Exception, die beim Versuch das `SparKonto` zu überziehen, geworfen werden soll:

```
public class KontoUngedecktException extends Exception {
    private double abhebung;

    public KontoUngedecktException(String msg, double abhebung) {
        super(msg); // Konstruktor von Exception nimmt Nachricht
        this.abhebung = abhebung;
    }

    public double getAbhebung() {
        return abhebung;
    }
}
```

Auslösen einer benutzerdefinierten Ausnahme

```
public class BankKonto {  
    ...  
    public void abheben(double x) throws KontoUngedecktException {  
        kontoStand = kontoStand - x;  
    }  
}
```

```
public class SparKonto extends BankKonto {  
    ...  
    public void abheben(double x) throws KontoUngedecktException {  
        if (getKontoStand() < x) {  
            throw new KontoUngedecktException("Sparkonten dürfen nicht überzogen werden.", x);  
        }  
        super.abheben(x);  
    }  
}
```

Behandlung von Ausnahmen

Ausnahmebehandlung geschieht in Java mit Hilfe der **try**-Anweisung. Damit können Ausnahmen **abgefangen** werden.

```
try {  
    // Block fuer „normalen“ Code  
} catch (Exception1 e) {  
    // Ausnahmebehandlung fuer Ausnahmen vom Typ Exception1  
} catch (Exception2 e) {  
    // Ausnahmebehandlung fuer Ausnahmen vom Typ Exception2  
}
```

- Zunächst wird der **try**-Block normal ausgeführt.
- Tritt im **try**-Block *keine* Ausnahmesituation auf, so werden die beiden Blöcke zur Ausnahmebehandlung ignoriert.
- Tritt im **try**-Block eine Ausnahmesituation auf, so wird die Berechnung dieses Blocks abgebrochen.
 - Ist die Ausnahme vom Typ `Exception1` oder `Exception2`, so wird der Block nach dem jeweiligen **catch** ausgeführt.
 - Ansonsten ist die Ausnahme unbehandelt.

Behandlung von Ausnahmen: Beispiel Konto

```
public static void main(String[] args) {  
  
    SparKonto konto = new SparKonto(5, 1); // 5 Euro, 1% Zinsen  
  
    String einleseBetrag = JOptionPane.showInputDialog("Betrag zum Abheben?");  
    double betrag = Double.parseDouble(einleseBetrag);  
  
    try {  
        konto.abheben(betrag);  
    } catch (KontoUngedecktException e) {  
        System.out.println(e.getMessage());  
        System.out.println("Der Abhebungsbetrag " + e.getAbhebung() + " war zu hoch. ");  
    }  
}
```

Behandlung von Ausnahmen: finally

Manchmal möchte man nach der Ausführung eines **try**-Blocks bestimmte Anweisungen ausführen, egal ob eine Ausnahme aufgetreten ist.

- Beispiel: Schließen einer im **try**-Block geöffneten Datei.
- Das kann man mit einem **finally**-Block erreichen, der in jedem Fall nach dem **try**-Block und der Ausnahmebehandlung ausgeführt wird.

```
try {  
    // Block fuer „normalen“ Code  
} catch (Exception1 e) {  
    // Ausnahmebehandlung fuer Ausnahmen vom Typ Exception1  
} catch (Exception2 e) {  
    // Ausnahmebehandlung fuer Ausnahmen vom Typ Exception2  
} finally {  
    // Code, der in jedem Fall nach normalem Ende und nach  
    // Ausnahmebehandlung ausgefuehrt werden soll.  
}
```

Beispiel für `finally`

Ablauf in einem Geldautomaten:

```
public static void main(String[] args) {  
  
    SparKonto konto = new SparKonto(5, 1); // 5 Euro, 1% Zinsen  
  
    String einleseBetrag = JOptionPane.showInputDialog("Betrag zum Abheben?");  
    double betrag = Double.parseDouble(einleseBetrag);  
  
    try {  
        konto.abheben(betrag);  
    } catch (KontoUngedecktException e) {  
        System.out.println(e.getMessage());  
        System.out.println("Der Abhebungsbetrag " + e.getAbhebung() + " war zu hoch. ");  
    } finally {  
        System.out.println("Bitte entnehmen Sie ihre Karte.");  
    }  
}
```


Ausnahmebehandlung bei fehlerhafter GUI-Eingabe (1)

```
public class ExceptionTestFrame extends JFrame implements
ActionListener {

    private JButton testButton;
    private JTextArea ausgabeBereich;

    public ExceptionTestFrame() {
        ...
        this.testButton.addActionListener(this);
    }

    public void actionPerformed(ActionEvent e) {
        Object source = e.getSource();
        if (source == this.testButton) {
            this.test();
        }
    }
}
```

Ausnahmebehandlung bei fehlerhafter GUI-Eingabe (2)

```
private void test() {
    int wert = 0;
    boolean inputOk = false;
    while (!inputOk) {
        String einleseWert = JOptionPane.showInputDialog("Wert?");
        try {
            wert = Integer.parseInt(einleseWert);
            inputOk = true;
        } catch (NumberFormatException e) {
            this.ausgabeBereich.setText("Falsche Eingabe: Kein Integer!");
        }
    } //Ende while
    this.ausgabeBereich.setText("Eingabe war " + wert);
} //Ende Methode test
} //Ende Klasse ExceptionTestFrame
```

Beispiel: Lesen von der Standardeingabe (Konsole)

Eine robuste Methode zum Einlesen einer Zeile von der Konsole:

```
public static String readString() {
```

```
    BufferedReader in = new BufferedReader(  
        new InputStreamReader(System.in));
```

```
    while (true) {
```

```
        try {
```

```
            return in.readLine();
```

```
        } catch (IOException e) {
```

```
            System.out.println("Fehler beim Einlesen: " + e.getMessage());
```

```
            System.out.println("Versuchen Sie es nochmal!");
```

```
        }
```

```
    }
```

```
}
```

Klasse mit Operationen zur
Verarbeitung von Textströmen

Liest nächste Zeile
aus Eingabestrom

Konvertiert
byte-Strom in
char-Strom

Datenstrom
von Bytes von
der Konsole

Bei einem IO-Fehler in `in.readLine()` kommt die **return**-Anweisung nicht zur Ausführung. Es wird stattdessen dieser Block zur Fehlerbehandlung ausgeführt und dann wird mit der **while**-Schleife weitergemacht (d.h. die Eingabe wiederholt).

Zusammenfassung

- Ausnahmen werden in Java durch Objekte dargestellt.
- Methoden können Ausnahmen auslösen implizit durch einen Laufzeitfehler oder explizit mit **throw** und damit „abrupt“ terminieren.
- Ausnahmen können mit **catch** behandelt werden, so dass sie nicht zu einem Abbruch des Programms führen.
- Wir unterscheiden geprüfte und ungeprüfte Ausnahmen.
- Geprüfte Ausnahmen müssen abgefangen werden oder im Kopf der Methode wiederum deklariert werden.
- In jedem Fall ist es am Besten Ausnahmen zu vermeiden, wenn es in der Macht des Programmierers liegt.
- Defensive Programme sehen auch für vermeidbare Ausnahmesituationen das Werfen von Ausnahmen vor (was dann hoffentlich nie nötig ist).