Kapitel 16

Ein- und Ausgabe (IO)

Fachgebiet Knowledge Engineering
Prof. Dr. Johannes Fürnkranz

TECHNISCHE UNIVERSITÄT DARMSTADT

Ein- und Ausgabe in Java

- Das Package `java.io` enthält eine Sammlung von Klassen, die die Kommunikation mit dem Computer steuern
  - Einlesen und Ausgeben von Dateien
  - Ausgabe auf dem Bildschirm
  - Einlesen von der Tastatur
  - etc.

- IO steht für Input / Output
  - also für Eingabe und Ausgabe

- IO Exception
  - Beinahe alle IO-Methoden können eine Exception werfen
    - z.B. wenn die Verbindung zum Ein- oder Ausgabegerät abreißt
  - Die meisten Exceptions sind vom Typ `java.io.IOException`

Datenströme

- Ein- und Ausgabe ist in Java über sogenannte Datenströme (data streams) organisiert
- **Input Stream:**
  - Ein Daten-Strom, der von einer *Daten-Quelle* zum Computer führt
    - Tastatur
    - File System
    - etc.
- **Output Stream:**
  - Ein Daten-Strom, der vom Computer zu einer *Daten-Senke* führt
    - Bildschirm
    - Drucker
    - File System
    - etc.

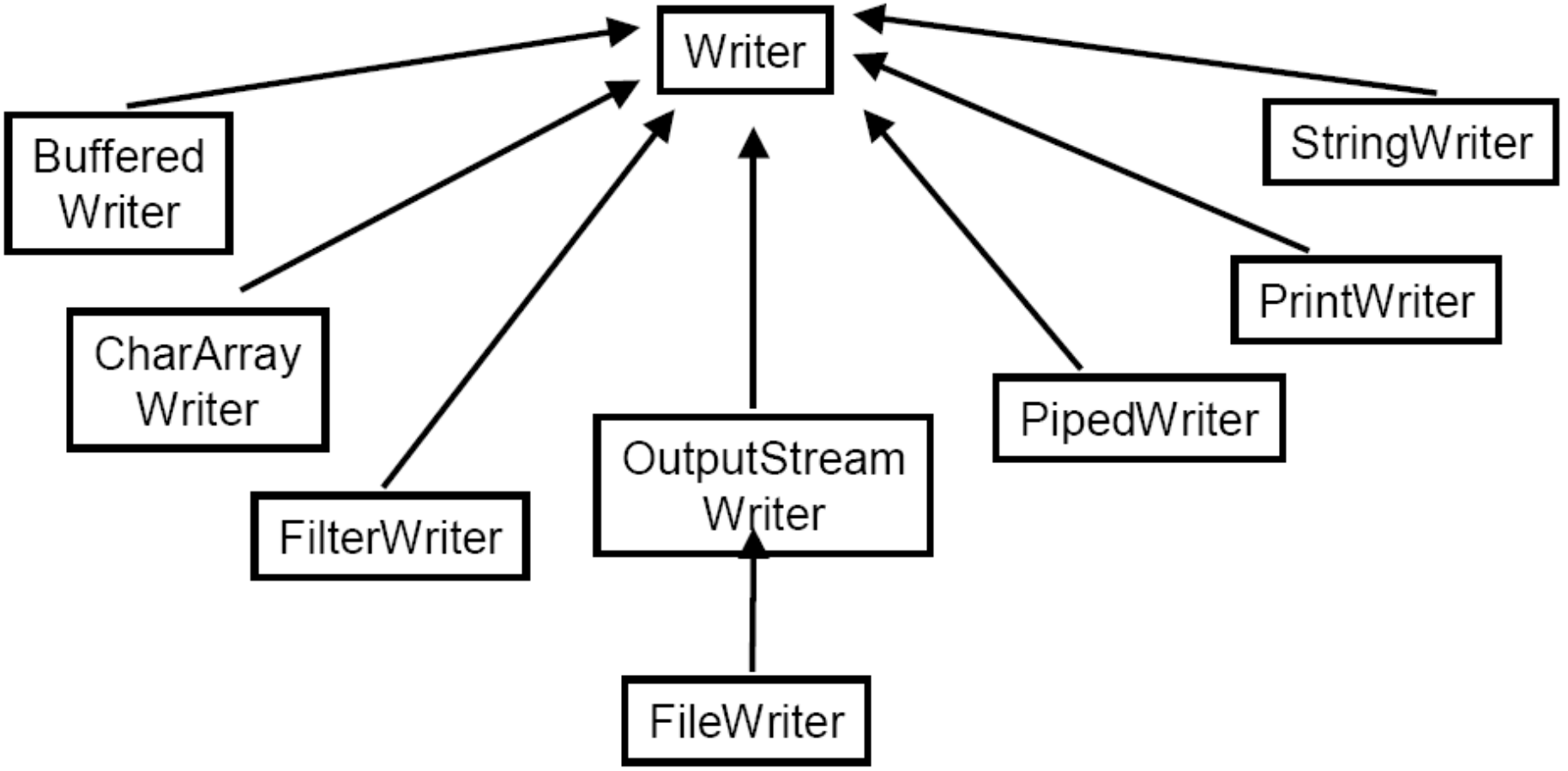
Datenströme

- Datenströme können beliebig miteinander kombiniert werden
  - Aneinanderhängen von Streams
    - also die Ausgabe eines Streams ist die Eingabe eines anderen Streams
  - Schachteln von Streams
    - am Eingabeteil wird ein Vorverarbeitungsschritt vorgeschalten
    - am Ausgabeteil wird eine Nachverarbeitung durchgeführt
    - das erlaubt das Konstruieren von abstrakteren Streams auf der Basis von einfachen Streams
- Zwei grundlegende Typen von Streams:
  - Byte-Streams
    - Übertragen wird nur ein einzelnes Byte (8 bit)
  - Character-Streams
    - Übertragen wird ein ganzes Zeichen (in Java 16 bit, Unicode)
  - Wir betrachten nur Character-Streams
    - Byte Streams funktionieren analog

Klasse `java.io.Writer`

- Abstrakte Basisklasse für alle Character Output-Streams
- **Methoden:**
  - Konstruktor (für abstrakte Klasse nicht vorhanden)
    - stellt die Verbindung zur Datensenke her
    - muß in abgeleiteten Klassen konkret definiert werden
  - `public void close()`
    - Schließen der Verbindung
  - `public void write(int b) throws IOException`
    - Schreibt ein Character
    - das Argument ist integer, aber nur die ersten 16 Bits werden geschrieben (Konvertierung von `char` auf `int` ist automatisch)
  - `public void write(String s) throws IOException`
    - Schreiben eines Strings
  - `public void write(String s, int start, int n) throws IOException`
    - Schreibt `n` Charaters eines Strings, beginnend bei `start`
  - Es gibt auch Konstruktoren für `char[]` statt `String`

Überblick über Writer-Klassen



Buffering

- In vielen Fällen wird nach einem `write` nicht sofort geschrieben
- sondern es wird gewartet, bis sich eine gewisse Menge von Daten angesammelt haben
  - in einem sogenannten Puffer (engl. Buffer)
- die werden dann in regelmäßigen Abständen automatisch geschrieben

- Mit Hilfe der flush-Methode kann man das Schreiben erzwingen
  - `public void flush()`
    - Schreiben aller noch ausständigen Daten
    - also alles was sich durch Aufrufe von `write` angesammelt hat, aber noch nicht geschrieben worden ist.

Klasse `java.io.FileWriter`

- Konkrete Klasse zur Ausgabe auf eine Datei
- Konstruktoren:
  - `public FileWriter(String name) throws IOException`
    - Öffnet das File mit dem Namen `name` zum Schreiben
    - Falls das Öffnen des Files schiefgeht, wirft die Methode eine `IOException`
  - `public FileWriter(String n, boolean app) throws IOException`
    - öffnet das File mit Namen `n` zum Schreiben.
    - Falls die bool-sche Variable app auf true gesetzt ist, wird an das File angehängt
      - d.h. der ursprüngliche Inhalt des Files geht nicht verloren
    - Falls etwas schiefgeht → `IOException`
  - Es gibt auch Konstruktoren, die statt des Strings, der den File-Namen enthält, ein Objekt vom Typ `File` erwarten.

Beispiel

```
import java.io.*;

public class WriteToFile
{
    public static void main(String[] args)
    {
      FileWriter out;

      try {
        out = new FileWriter("hallo.txt");
        out.write("Hallo JAVA\r\n");
        out.close();
      }
      catch (Exception e) {
        System.err.println(e.toString());
        System.exit(1);
      }
    }
}
```

Hier wird ein Output Stream auf das File "hallo.txt" geöffnet.

Ein Stream-Objekt mit Namen `out` wird deklariert

Ein String wird auf `out` geschrieben

Dann wird `out` geschlossen

Falls es eine Exception gab, wird die auf den Output-Stream `err`, der für Fehlermeldungen reserviert ist, geschrieben.

Und das Programm mit dem Rückgabewert 1 beendet.

Aus http://www.javabuch.de

Ausgabe auf Strings

- Ein String kann ebenso als Ausgabe-Einheit betrachtet werden wie ein File
  - im Prinzip ist ja ein File nichts anderes als ein langer String
- Dafür gibt es die Klasse `StringWriter`
  - schreibt nicht auf ein File, sondern auf ein `StringBuffer`-Objekt
- Methoden:
  - implementiert alle Methoden von Writer, zusätzlich noch:
  - `toString()`
    - gibt den momentanen Inhalt des `StringBuffer`s als String zurück
  - `getBuffer()`
    - retourniert das `StringBuffer`-Objekt
- Analog dazu gibt es die Klasse `CharArrayWriter`
  - der auf einen Array von characters schreibt.

Schachteln von Streams

- Manche Methoden verwenden einen bereits definierten Stream
  - führen aber am Anfang oder am Ende noch verschiedene Operationen durch

  → der Konstruktor dieser Streams muß einen anderen bereits definierten Stream erhalten.

Beispiele:

- `FilterWriter`
  - Abstrakte Basisklasse für die Konstruktion von Ausgabefiltern
- `PrintWriter`
  - Ausgabe aller Basistypen im Textformat
- `BufferedWriter`
  - Writer zur Ausgabepufferung
  - neue Methode `newline()` für einen Zeilenumbruch

Klasse `java.io.PrintWriter`

- Dient zur Ausgabe von Texten
- Neue Methoden sind
  - `print`
    - Es gibt eine `print`-Methode für jeden Standard-Typ
    - z.B. `print(int i)`, `println(boolean b)`, etc.
  - `println`
    - analog definiert, aber macht ein newline nach jeder Ausgabe
- `System.out` ist eine Klassen-Konstante vom Typ `PrintStream`
  - `PrintStream` funktioniert genauso wie `PrintWriter`
  - nur für Byte-Streams statt Character-Streams

Beispiel

```
public static void main(String[] args)
{
  PrintWriter pw;
  double sum = 0.0;
  int nenner;

  try {
    FileWriter     fw = new FileWriter("zwei.txt");
    BufferedWriter bw = new BufferedWriter(fw);
    pw = new PrintWriter(bw);

    for (nenner = 1; nenner <= 1024; nenner++ ) {
      sum += 1.0 / nenner;
      pw.print("Summand: 1/");
      pw.print(nenner);
      pw.print("   Summe: ");
      pw.println(sum);
    }
    pw.close();
  }
  catch (IOException e) {
    System.out.println("Fehler beim Erstellen der Datei");
} }
```

Ein Stream-Objekt mit Namen `fw` wird deklariert, das auf eine File “zwei.txt” schreiben soll

Auf `fw` soll nicht direkt, sondern über einen Puffer `bw` geschrieben werden

Auf `bw` wird auch noch nicht direkt geschrieben, sondern ein `PrintWriter` definiert

Aus http://www.javabuch.de

Beispiel

```
public static void main(String[] args)
{
  PrintWriter pw;
  double sum = 0.0;
  int nenner;

  try {
    pw = new PrintWriter(
                 new BufferedWriter(
                       new FileWriter("zwei.txt") ) );

    for (nenner = 1; nenner <= 1024; nenner++ ) {
      sum += 1.0 / nenner;
      pw.print("Summand: 1/");
      pw.print(nenner);
      pw.print("   Summe: ");
      pw.println(sum);
    }
    pw.close();
  }
  catch (IOException e) {
    System.out.println("Fehler beim Erstellen der Datei");
} }
```

Man kann diese verschachtelten Datenströme natürlich auch durch verschachtelte Aufrufe der Konstrukturen erzeugen

Berechnet wird die Summe aller Zahlen $1/n$ für n=1 bis 1024.

Dann wird `pw` geschlossen (und schließt die darunter-liegenden Streams)

Aus http://www.javabuch.de

Klasse `java.io.FilterWriter`

- Abstrakte Klasse zur Definition eines Output-Filters
  - modifiziert die Ausgabe
  - bevor sie an den zugrundeliegenden Output-Stream weitergebeben wird
- Konstruktor benötigt daher wiederum einen existierenden Output-Filter
  - Ein Konstruktor, der den existierenden Output-Filter übernimmt und intern als Datenkomponente abspeichert ist vordefiniert
  - kann also von Unterklassen mittels `super` aufgerufen werden.
- Es gibt keine vorgeschriebenen zusätzlichen Methoden

Beispiel: Filter für Großschreibung

```
public class UpCaseWriter extends FilterWriter {

  public UpCaseWriter(Writer out) {
    super(out);
  }

  public void write(int c) throws IOException {
    super.write(Character.toUpperCase((char)c));
  }

  public void write(char[] cbuf, int off, int len)
              throws IOException {
    for (int i = 0; i < len; ++i) {
      write(cbuf[off + i]);
    }
  }

  public void write(String str, int off, int len)
              throws IOException {
    write(str.toCharArray(), off, len);
  }
}
```

Der Konstruktor hat einen Stream als Argument, aufgerufen wird der Konstruktor der Überklasse.

`write(int)` konvertiert jedes Zeichen auf Großbuchstaben und ruft dann `super.write` zur Ausgabe auf.

`write(char[],int,int)` ruft write für jedes gewünschte Zeichen des character Arrays auf

`write(String,int,int)` konvertiert auf `char[]`

Beispiel: Filter für Großschreibung

```
public class UpCaseWriter extends FilterWriter {
  public UpCaseWriter(Writer out) {
    super(out);
  }

  public void write(int c) throws IOException {
    super.write(Character.toUpperCase((char)c));
  }

  public void write(char[] cbuf, int off, int len)
                throws IOException {
    for (int i = 0; i < len; ++i) {
      write(cbuf[off + i]);
    }
  }

  public void write(String str, int off, int len)
                throws IOException {
    write(str.toCharArray(), off, len);
  }
}
```

Die Methoden `write(char[])` und `write(String)` müssen nicht definiert werden, da sie in der übergeordneten Klasse über einen Aufruf von `write(char[],int,int)` bzw. `write(String,int,int)` implementiert sind. Polymorphie sorgt dann für das richtige Resultat

Der Konstruktor hat einen Stream als Argument, aufgerufen wird der Konstruktor der Überklasse.

`write(int)` konvertiert jedes Zeichen auf Großbuchstaben und ruft dann `super.write` zur Ausgabe auf.

`write(char[],int,int)` ruft write für jedes gewünschte Zeichen des character Arrays auf

`write(String,int,int)` konvertiert auf `char[]`

Beispiel für Verwendung

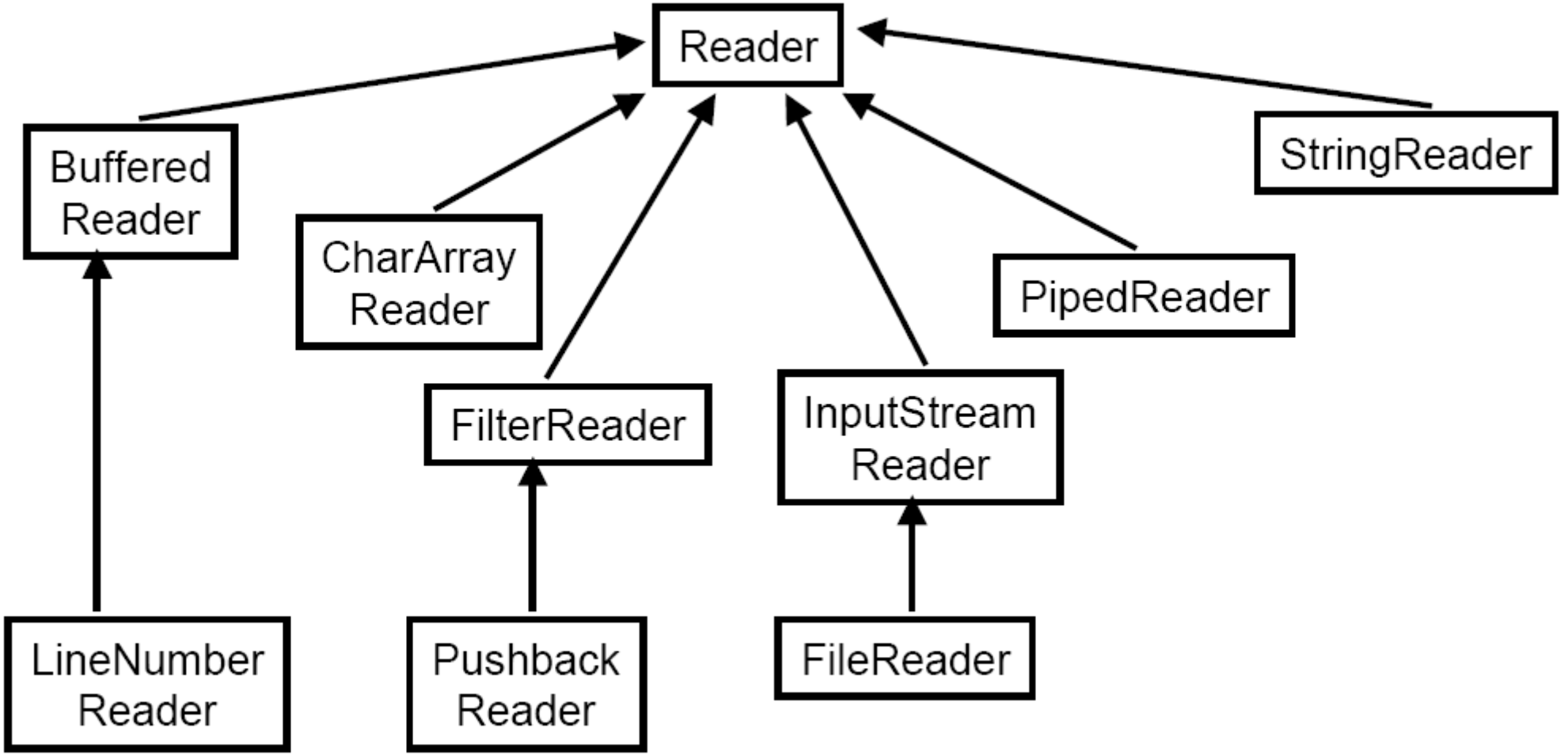
```
public static void main(String[] args)
{
   PrintWriter f;

   try {
      f = new PrintWriter(
          new UpCaseWriter(
          new FileWriter("upcase.txt")));
      //Aufruf von außen
      f.println("Diese Zeile wird schön groß geschrieben");
   }
   catch (IOException e) {
      System.out.println(
                "Fehler beim Erstellen der Datei");
   }
}
```

Der neue `FilterWriter` `UpCaseWriter` kann natürlich in einen `PrintWriter` gesteckt werden. Das bewirkt, daß alle `print`-Statements groß ausgegeben werden!

Klasse `java.io.Reader`

- Abstrakte Basisklasse für alle Character Input-Streams
- **Die wichtigsten Methoden:**
  - Konstruktor (für abstrakte Klasse nicht vorhanden)
    - stellt die Verbindung zur Datenquelle her
    - muß in abgeleiteten Klassen konkret definiert werden
  - `public void close()`
    - Schließen der Verbindung
  - `public int read() throws IOException`
    - Liest ein Character (0..65535) oder -1 für Ende des Datenstroms
  - `public int read(char[] c) throws IOException`
    - Liest einen Array von Characters in den Array `c`
    - retourniert die Anzahl der gelesenen Zeichen oder -1 falls während des Lesens der Datenstrom zu Ende war
  - `public int read(char[] c, int start, int n) throws IOException`
    - Liest `n` Charaters nach `c` beginnend bei `c[start]`

Überblick über Reader-Klassen



Beispiel

```
public class BeispielReader
{
  public static void main(String[] args) {
    Reader f;
    int c;
    String s;
    s =  "Das folgende Programm zeigt die Verwendung\r\n";
    s += "der Klasse StringReader am Beispiel eines\r\n";
    s += "Programms, das einen Reader konstruiert, der\r\n";
    s += "den Satz liest, der hier an dieser Stelle steht:\r\n";

    try {
      f = new StringReader(s);
      while ((c = f.read()) != -1) {
        System.out.print((char)c);
      }
      f.close();
    }
    catch (IOException e) {
      System.out.println("Fehler beim Lesen des Strings");
    }
  }
}
```

Für den String `s` wird ein `StringReader` Objekt erzeugt

Zeichen für Zeichen wird (als `int`) gelesen, bis das Ende erreicht ist (-1)

Schließen nicht vergessen!

Exceptions fangen nicht vergessen!

Reader-Klassen

- Input-Streams können genauso geschachtelt und aneinandergefügt werden wie Output-Streams
- die Funktionsweise von Klassen wie `BufferedReader`, `StringReader`, oder `FileReader` ist analog zu den entsprechenden `Writer` Klassen.
  - Das Beispiel auf der vorigen Folie würde genauso funktionieren, wenn der Satz in einem File stehen würde, und ein `FileReader`-Objekt verwendet würde
  - Dem Konstruktor wird dann der Name des Files statt des Strings `s` übergeben.

Interaktive Benutzer-Eingaben

- `System.in`
  - ist der Standard Input-Stream (ein Byte-Stream)
  - hat eine `read()` Methode, die ein Zeichen von der Tastatur lesen kann
  - üblicherweise möchte man jedoch Zeichenketten (Strings) lesen
- `InputStreamReader`
  - verwandelt den Byte-Stream in einen Character-Stream
- `BufferedReader`
  - hat eine zusätzliche Methode:

    ```
    public String readLine() throws IOException
    ```

    - liest einen ganze Zeile auf einmal ein
  - Unterklasse `LineNumberReader` zählt die Zeilen mit

Beispiel

```
import java.io.*;

public class testInputStream {

   public static void main (String[] args) {
      BufferedReader input =
         new BufferedReader(
             new InputStreamReader(System.in)  );

      double zahl = 0;
      try {
         // Zahl einlesen
         System.out.print("Zahl eingeben: ");
         zahl = Double.parseDouble(input.readLine());
      }
      catch (IOException e) {
         System.err.println("Fehler beim Einlesen der Zahl!");
      }

      double quadriert = zahl * zahl;
      System.out.println("Quadrat = " + quadriert);
    }
}
```