Programmiertechnik 1

Teil 6: Ein-/Ausgabe

Streams, Dateizugriff, Objekt-Serialisierung

Prof. Dr. H. Drachenfels
Hochschule Konstanz

Version 13.0
24.2.2022

Java Ein-/Ausgabe: Streams

Die Java Standard-Bibliothek definiert im Paket `java.io`
Streams als Abstraktionen für Eingabe-Quellen und Ausgabe-Ziele:

- Eingabe-Quellen sind z.B.:

  Standardeingabe *(Tastatur)*, Dateien *(Hintergrundspeicher)*,
  Arrays / Strings *(Hauptspeicher)*, ...

- Ausgabe-Ziele sind z.B.:

  Standardausgabe *(Bildschirm)*, Dateien *(Hintergrundspeicher)*,
  Arrays / Strings *(Hauptspeicher)*, ...

Es gibt zwei Arten von Streams:

- **Byte-Streams** zum Lesen und Schreiben von Bytes

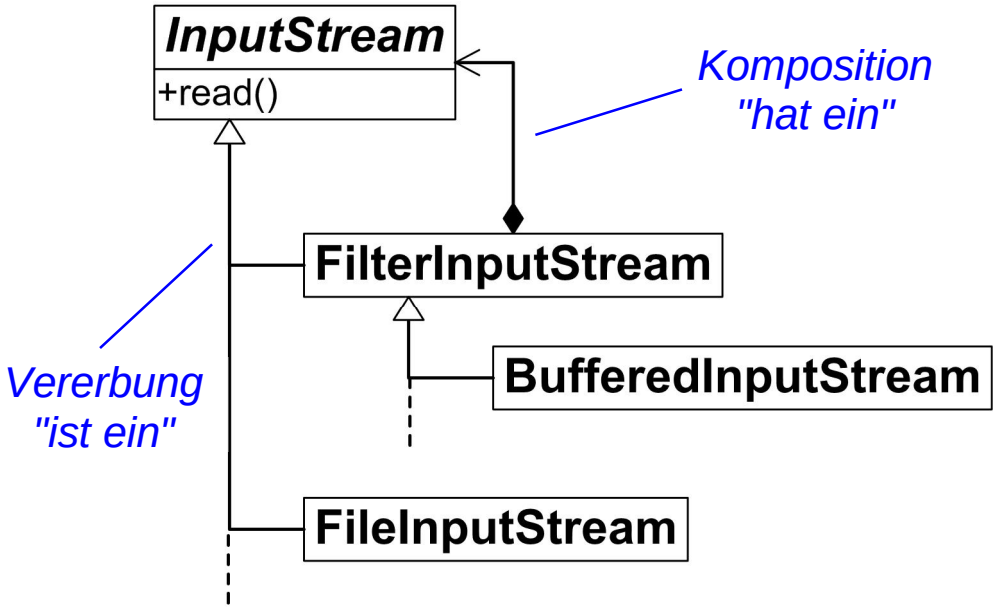
  für die Ein-/Ausgabe binärer Daten gedacht, deshalb für Text nur eingeschränkt nutzbar

- **Character-Streams** zum Lesen und Schreiben von Zeichen

  für die Ein-/Ausgabe von Text gedacht, verarbeiten UTF-16-Zeichen und unterstützen die Abbildung auf andere Zeichensätze

Java Byte-Streams: Klasse java.io.InputStream

Die Klasse **java.io.InputStream** ist Oberklasse aller Eingabe-Byte-Streams:



- zentrale Instanzmethode:

```
public abstract
int read() throws IOException
```

liefert das nächste zu lesende Byte als Zahl zwischen 0 und 255 oder bei Eingabeende -1

- System.in ist eine polymorphe Klassenvariable vom Typ InputStream:

```
public static final InputStream in =
    new BufferedInputStream(new FileInputStream(FileDescriptor.in));
```

Für das Lesen von Zeichen muss System.in mit einem java.util.Scanner- oder einem Character-Stream-Objekt kombiniert werden, das Bytes auf UTF16-Codes abbildet.

Beispiel-Programm InputStream

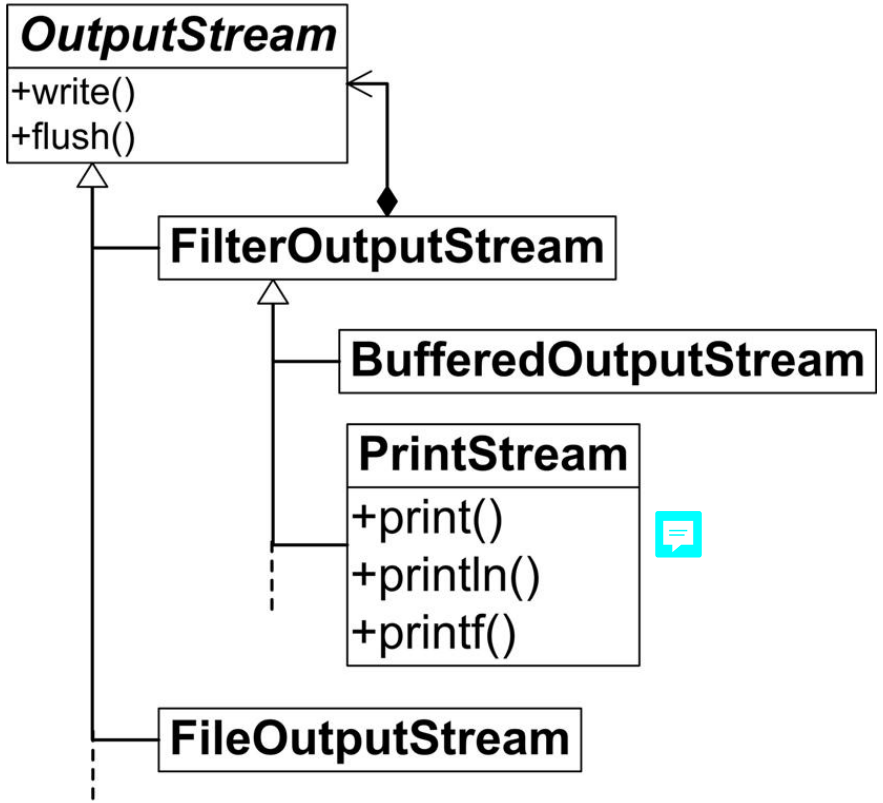
```
import java.io.*;

public final class CountBytes {
    private CountBytes() { }
    public static void main(String[] args) throws IOException {
        InputStream in;
        if (args.length == 0) {
            in = System.in;
        } else {
            in = new FileInputStream(args[0]);
        }
        int total = 0;
        while (in.read() != -1) {
            ++total;
        }
        System.out.printf("%d Bytes%n", total);
    }
}
```

Gibt die Anzahl der gelesenen Bytes aus

Deklaration erforderlich, weil IOException eine geprüfte Ausnahme ist

Java Byte-Streams: Klasse java.io.OutputStream

Die Klasse **java.io.OutputStream** ist Oberklasse aller Ausgabe-Byte-Streams:



- Instanzmethoden:

```
public abstract
void write(int b) throws IOException
```

schreibt das niederwertigste Byte der übergebenen Zahl und ignoriert die übrigen 3 Bytes

```
public
void flush() throws IOException
```

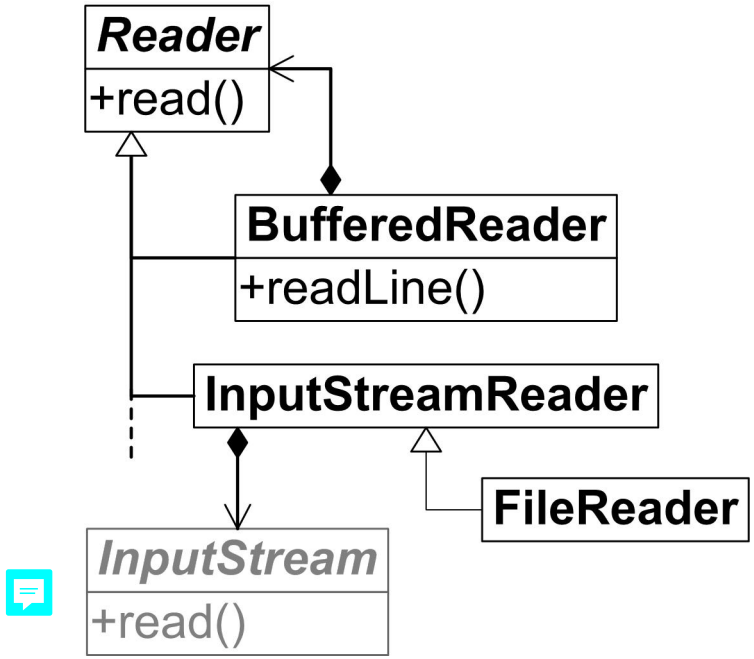
gibt eventuell gepufferte Bytes aus

```
...
```

`System.out` / `System.err` sind polymorphe Klassenvariablen vom Typ PrintStream

Java Character-Streams: Klasse java.io.Reader

Die Klasse **java.io.Reader** ist Oberklasse aller Eingabe-Character-Streams:



- zentrale Instanzmethode:

```
public abstract
int read(char[] buf, int offset, int count)
throws IOException
```

liefert die nächsten maximal count Zeichen im Feld buf unter Index offset folgende und gibt die Anzahl gelesener Zeichen zurück oder bei Eingabeende -1

Kombination aus Byte- und Character-Stream für das Lesen von Textzeilen:

```
BufferedReader in = new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
String s = in.readLine(); // liefert null bei Eingabeende
...
```

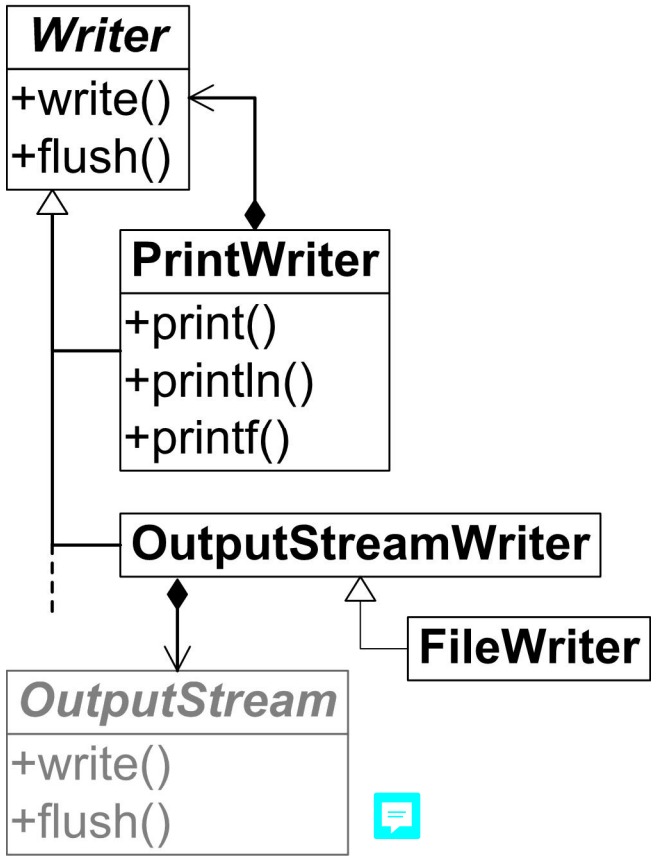
Beispiel-Programm Reader

Gibt die Anzahl der gelesenen Zeilen aus

```
import java.io.*;

public final class CountLines {
    private CountLines() { }

    public static void main(String[] args) throws IOException {
        BufferedReader in;
        if (args.length == 0) {
            in = new BufferedReader(new InputStreamReader(System.in));
        } else {
            in = new BufferedReader(new FileReader(args[0]));
        }
        int total = 0;
        while (in.readLine() != null) {
            ++total;
        }
        System.out.printf("%d Lines%n", total);
    }
}
```

Java Character-Streams: Klasse java.io.Writer

Die Klasse **java.io.Writer** ist Oberklasse aller Ausgabe-Character-Streams:



- zentrale Instanzmethoden:

```
public abstract
void write(char[] buf, int offset, int count)
throws IOException
```

schreibt count Zeichen aus buf beginnend beim Index offset

```
public abstract
void flush() throws IOException
```

gibt eventuell gepufferte Zeichen aus

```
...
```

Java Character-Streams: Paket java.nio.charset

Das Paket **java.nio.charset** enthält Klassen für den Umgang mit Character-Sets zur Abbildung von Unicode-Zeichen auf Byte-Folgen und umgekehrt.

- die Klassen des Pakets werden normalerweise nicht explizit verwendet, sondern implizit über OutputStreamWriter bzw. InputStreamReader, z.B.:

```
new OutputStreamWriter(System.out, "UTF-8");
new InputStreamReader(System.in, "UTF-8"));
```

beim Konstruktoraufruf kann ein Character-Set-Name übergeben werden (hier: "UTF-8")

beim Konstruktoraufruf ohne Character-Set-Name verwenden die Stream-Klassen eine plattformspezifische Standardeinstellung: Charset.defaultCharset().name()

- von jeder Java-Implementierung unterstützte Character-Sets:

US-ASCII
ISO-8859-1
UTF-8
UTF-16, UTF-16LE, UTF-16BE

Abfrage aller unterstützten Character-Sets:
Charset.availabelCharsets().keySet()

Beispiel-Programm Charset

```
import java.io.*;
import java.nio.charset.Charset;

public final class FileEncoding {
    private FileEncoding() { }
    public static void main(String[] args) throws IOException {
        String charsetName = Charset.defaultCharset().name();
        if (args.length > 0) {
            charsetName = args[0];
        }
        String umlaute = "\u00E4\u00F6\u00FC\u00DF"; // ä ö ü ß
        String euro = "\u20AC"; // €
        String symbole = "\u00BD\u00B2\u221A\u2211"; // ½ ² √ ∑
        String fileName = "charset-" + charsetName + ".txt";
        PrintWriter pw = new PrintWriter(fileName, charsetName);
        pw.println(umlaute + euro + symbole);
        pw.close();
    }
}
```

Konstruktor erzeugt intern ein OutputStreamWriter-Objekt

Java Ein-/Ausgabe: Dateien (1)

Dateien sind benannte Bereiche in externem Speicher *(Festplatte, USB-Stick, ...)*.

- Gewöhnliche Dateien haben einen beliebigen anwendungsspezifischen Inhalt, auf den über Byte-, Character-, Data- oder Object-Streams zugegriffen wird
- Verzeichnisse *(Ordner, Directories, Folder)*
  sind spezielle Dateien, die die Namen anderer Dateien enthalten
- seit Java 7 gibt es das Paket `java.nio.file` mit gegenüber älteren Versionen verbesserten Schnittstellen und Klassen für den Umgang mit Dateien:

  Utility-Klasse **`java.nio.file.Paths`** und Schnittstelle **`java.nio.file.Path`**

  > für den Umgang mit Dateinamen

  Utility-Klasse **`java.nio.file.Files`**

  > für das Anlegen, Löschen, Kopieren und Umbenennen von Dateien

  > für den Umgang mit Dateieigenschaften (z.B. Existenz, Art der Datei, Zugriffsrechte, ...)

  diverse weitere Klassen und Schnittstellen ...

Java Ein-/Ausgabe: Dateien (2)

Dateien sollten geschlossen werden, sobald kein Zugriff mehr gebraucht wird

> geschriebene Daten können sonst in Hauptspeicherpuffern "hängen bleiben"

> offene Dateien belegen beschränkte Ressourcen im Betriebssystem

- die Methode zum Schließen von Datei-Streams ist in den Schnittstellen **java.io.Closeable** und **java.lang.AutoCloseable** definiert *(letztere ab Java 7)*:

```
void close() throws IOException
```

alle Stream-Klassen implementieren die Schnittstellen

- im Zusammenhang mit auftretenden Ausnahmen war der korrekte Umgang mit close()-Aufrufen in Java traditionell etwas schwierig, ist aber mit der Syntax **try-with-resources** *(ab Java 7)* deutlich einfacher geworden:

```
try (
    RessourcenKlasse r = new RessourcenKlasse( ... );
) {
    ... // Ressourcenzugriff
} // automatischer Aufruf r.close() auch bei Ausnahmen
```

RessourcenKlasse muss AutoCloseable implementieren

mehrere Ressourcen sind möglich

Beispiel-Programm Dateien

Kopiert eine Datei (sehr vereinfacht ohne Fehlerbehandlung)

```
import java.io.*;
import java.nio.file.*;

public final class CopyFile {
    private CopyFile() { }

    public static void main(String[] args) throws IOException {
        try (
            InputStream in = Files.newInputStream(Paths.get(args[0]));
            OutputStream out = Files.newOutputStream(Paths.get(args[1]));
        ) {
            int b;
            while ((b = in.read()) != -1) {
                out.write(b);
            }
        }
    }
}
```

automatische Aufrufe out.close() und in.close()

Einfacher ist das Kopieren mit Files.copy:
Files.copy(Paths.get(args[0]), Paths.get(args[1]));

Beispiel-Programm Verzeichnisse

Listet Verzeichnisse und ihre Unterverzeichnisse auf

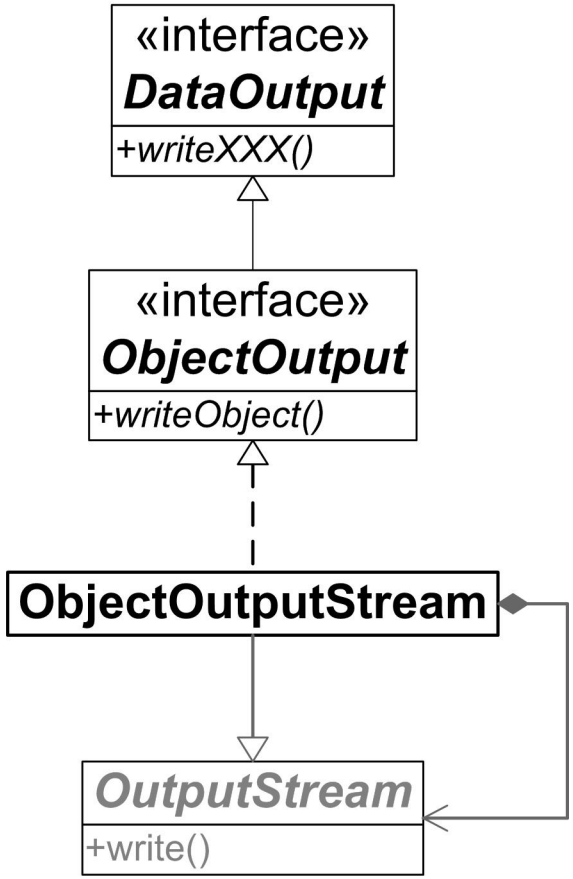
```
import java.io.IOException;
import java.nio.file.*;

public final class ListFiles {
    private ListFiles() { }
    public static void main(String[] args) throws IOException {
        for (String s : args) {
            Path p = Paths.get(s);
            if (Files.exists(p)) { list(p); }
        }
    }
    private static void list(Path p) throws IOException {
        System.out.println(p);
        if (Files.isDirectory(p)) {
            try ( DirectoryStream<Path> d = Files.newDirectoryStream(p); ) {
                for (Path entry : d) { list(entry); }
            }
        }
    }
}
```

rekursiverer Aufruf ListFiles.list(Path)

automatischer Aufruf d.close()

Java Ein-/Ausgabe: Objekt-Serialisierung (1)

Die Klasse **java.io.ObjectOutputStream** serialisiert Java-Daten,
d.h. sie wandelt Java-Daten in Bytefolgen:



- zentrale Instanzmethoden:

```
public
void writeXXX(XXX v) throws IOException
```

schreibt einen Wert des Typs XXX als Bytefolge,
z.B. writeInt(int v)

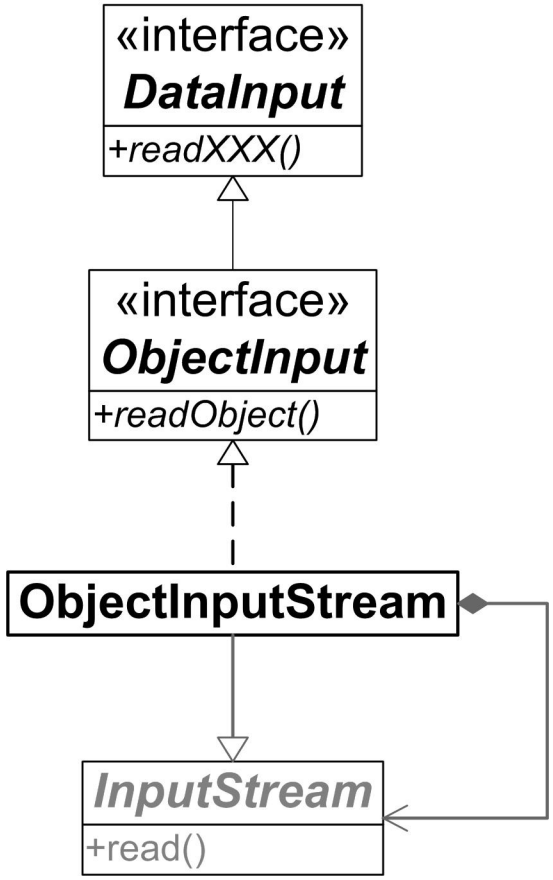
```
public
void writeObject(Object obj) throws IOException
```

schreibt ein Objekt mit seinen Instanzvariablen
als Bytefolge, inklusive der referenzierten Objekte

die Klassen der Objekte müssen dazu
mit dem Interface java.io.Serializable markiert sein

Java Ein-/Ausgabe: Objekt-Serialisierung (2)

Die Klasse **java.io.ObjectInputStream** deserialisiert Java-Daten,
d.h. rekonstruiert Java-Daten aus Bytefolgen:



- zentrale Instanzmethoden:

  `public` ***XXX*** read*XXX*`()` `throws` IOException

  rekonstruiert einen Wert des Typs XXX aus einer Bytefolge, z.B. `int` *readInt()*

  `public` `Object` readObject`()`
  `throws` ClassNotFoundException`,` IOException

  rekonstruiert ein Objekt mit seinen Instanzvariablen aus einer Bytefolge

Beispiel-Programm Objekt-Serialisierung

Serialisiert und deserialisiert ein Objekt

```
import java.io.*;
import java.nio.file.*;

public final class SerializeObject {
    private SerializeObject() { }

    private static final class Beispiel implements Serializable { }

    public static void main(String[] args) throws Exception {
        Path p = Paths.get("beispiel.ser");
        Beispiel b = new Beispiel();
        ObjectOutput out = new ObjectOutputStream(Files.newOutputStream(p));
        out.writeObject(b);
        out.close();
        ObjectInput in = new ObjectInputStream(Files.newInputStream(p));
        Beispiel bb = (Beispiel) in.readObject();
        in.close();
        System.out.printf("%s%n%s%n", b, bb);
    }
}
```

Java Ein-/Ausgabe: Index