- `class` A `extends` B `implements` B1, B2,...,Bk `{...}` gibt an, dass die Klasse A als Oberklasse B hat und zusätzlich die Interfaces B1, B2,...,Bk unterstützt, d.h. passende Objekt-Methoden zur Verfügung stellt.
- Java gestattet maximal eine Oberklasse, aber beliebig viele implementierte Interfaces.
- Die Konstanten des Interface können in implementierenden Klassen direkt benutzt werden.
- Interfaces können als Typen für formale Parameter, Variablen oder Rückgabewerte benutzt werden.
- Darin abgelegte Objekte sind dann stets aus einer implementierenden Klasse.
- Expliziter Cast in eine solche Klasse ist möglich (und leider auch oft nötig :-(

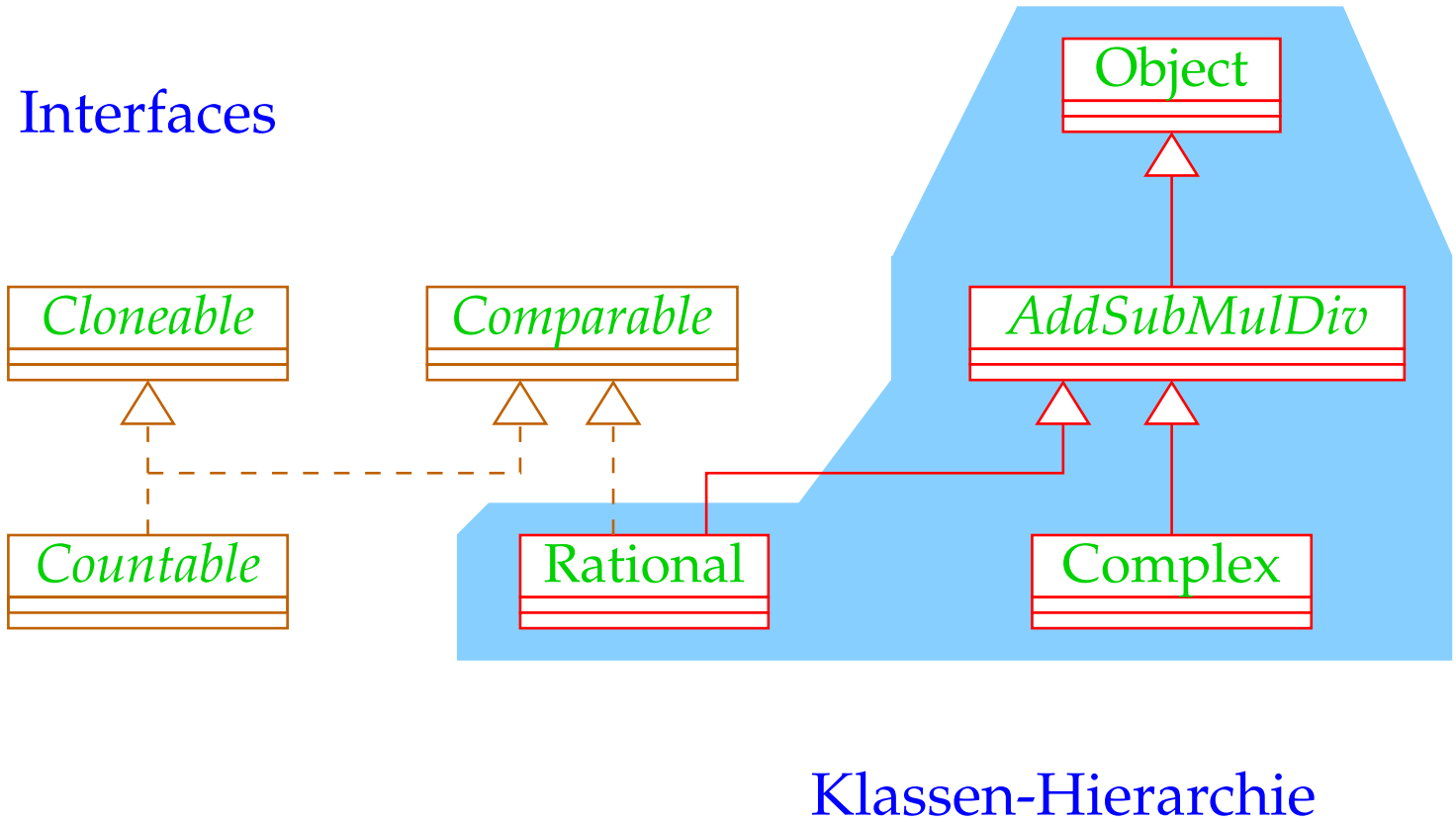
- Interfaces können andere Interfaces erweitern oder gar mehrere andere Interfaces zusammenfassen.
- Erweiternde Interfaces können Konstanten auch umdefinieren...
- (kommen Konstanten gleichen Namens in verschiedenen implementierten Interfaces vor, gibt's einen Laufzeit-Fehler...)

Beispiel (Forts.):

```
public Interface Countable extends Comparable, Cloneable {
   Countable next();
   Countable prev();
   int number();
   }
```

- Das Interface `Countable` umfasst die (beide vordefinierten :-) Interfaces `Comparable` und `Cloneable`.
- Das vordefinierte Interface `Cloneable` verlangt eine Objekt-Methode `public Object clone()` die eine Kopie des Objekts anlegt.
- Eine Klasse, die `Countable` implementiert, muss über die Objekt-Methoden `compareTo()`, `clone()`, `next()`, `prev()` und `number()` verfügen.

Übersicht:


Interfaces
Object
Cloneable
Comparable
AddSubMulDiv
Countable
Rational
Complex
Klassen-Hierarchie

15 Ein- und Ausgabe

- Ein- und Ausgabe ist nicht Bestandteil von Java.
- Stattdessen werden (äußerst umfangreiche :-| Bibliotheken von nützlichen Funktionen zur Verfügung gestellt.

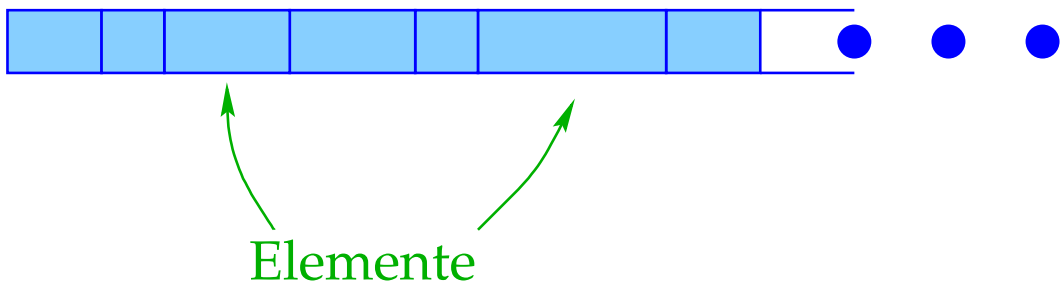
15 Ein- und Ausgabe

- Ein- und Ausgabe ist nicht Bestandteil von Java.
- Stattdessen werden (äußerst umfangreiche :-| Bibliotheken von nützlichen Funktionen zur Verfügung gestellt.

Vorteil:

- Weitere Funktionalität, neue IO-Medien können bereit gestellt werden, ohne gleich die Sprache ändern zu müssen.
- Programme, die nur einen winzigen Ausschnitt der Möglichkeiten nutzen, sollen nicht mit einem komplexen Laufzeit-System belastet werden.

Vorstellung:



- Sowohl Ein- wie Ausgabe vom Terminal oder aus einer Datei wird als Strom aufgefasst.
- Ein Strom (Stream) ist eine (potentiell unendliche) Folge von Elementen.
- Ein Strom wird gelesen, indem links Elemente entfernt werden.
- Ein Strom wird geschrieben, indem rechts Elemente angefügt werden.

Unterstützte Element-Typen:

- Bytes;
- Unicode-Zeichen.

Achtung:

- Alle Bytes enthalten 8 Bit :-)
- Intern stellt Java 16 Bit pro Unicode-Zeichen bereitgestellt ...
- standardmäßig benutzt Java (zum Lesen und Schreiben) den Zeichensatz Latin-1 bzw. ISO8859_1.
- Diese externen Zeichensätze benötigen (welch ein Zufall :-) ein Byte pro Zeichen.

Orientierung:

- Will man mehr oder andere Zeichen (z.B. chinesische), kann man den gesamten Unicode-Zeichensatz benutzen.
- Wieviele Bytes dann extern für einzelne Unicode-Zeichen benötigt werden, hängt von der benutzten Codierung ab ...
- Java unterstützt (in den Klassen `InputStreamReader`, `OutputStreamReader`) die UTF-8-Codierung.
- In dieser Codierung benötigen Unicode-Zeichen 1 bis 3 Bytes.

Problem 1: Wie repräsentiert man Daten, z.B. Zahlen?

- binär codiert, d.h. wie in der Intern-Darstellung

  $\Longrightarrow$ vier Byte pro `int`;

- textuell, d.h. wie in Java-Programmen als Ziffernfolge im Zehner-System (mithilfe von Latin-1-Zeichen für die Ziffern)

  $\Longrightarrow$ bis zu elf Bytes pro `int`.

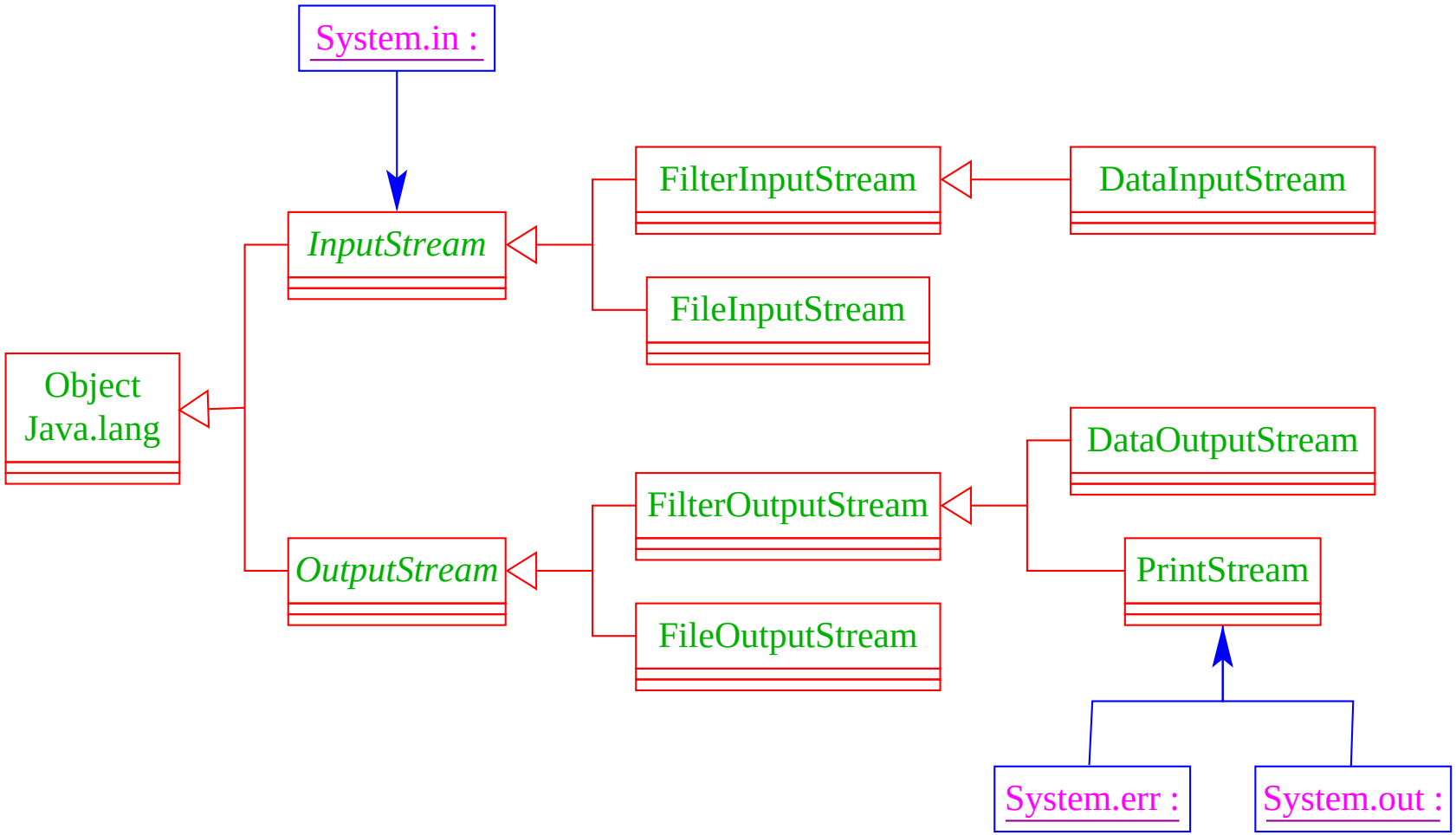
	Vorteil	Nachteil
binär	platzsparend	nicht menschenlesbar
textuell	menschenlesbar	platz-aufwendig

Wie schreibt bzw. wie liest man die beiden unterschiedlichen Darstellungen?

Dazu stellt Java im Paket `java.io` eine Vielzahl von Klassen zur Verfügung ...

15.1 Byteweise Ein- und Ausgabe

Zuerst eine (unvollständige :-) Übersicht ...


System.in :
FilterInputStream
DataInputStream
InputStream
FileInputStream
Object
Java.lang
DataOutputStream
FilterOutputStream
PrintStream
OutputStream
FileOutputStream
System.err :
System.out :

- Die grundlegende Klasse für `byte`-Eingabe heißt `InputStream`.
- Diese Klasse ist abstrakt.
- Trotzdem ist `System.in` ein Objekt dieser Klasse :-)

Nützliche Operationen:

- `public int available()` :
  gibt die Anzahl der vorhandenen Bytes an;
- `public int read() throws IOException` :
  liest ein Byte vom Input als `int`-Wert; ist das Ende des Stroms erreicht, wird -1 geliefert;
- `void close() throws IOException` : schließt den Eingabe-Strom.

Achtung:

- `System.in.available()` liefert stets `0`.
- Außer `System.in` gibt es keine Objekte der Klasse `InputStream`
- ... außer natürlich Objekte von Unterklassen.

Konstruktoren von Unterklassen:

- `public FileInputStream(String path) throws IOException`
  öffnet die Datei `path`;
- `public DataInputStream(InputStream in)`
  liefert für einen InputStream `in` einen `DataInputStream`.

Beispiel:

```
import java.io.*;
public class FileCopy {
public static void main(String[] args) throws IOException {
   FileInputStream file = new FileInputStream(args[0]);
   int t;
   while(-1 != (t = file.read()))
      System.out.print((char)t);
   System.out.print("\n");
   } // end of main
} // end of FileCopy
```

- Das Programm interpretiert das erste Argument in der Kommando-Zeile als Zugriffspfad auf eine Datei.
- Sukzessive werden Bytes gelesen und als `char`-Werte interpretiert wieder ausgegeben.
- Das Programm terminiert, sobald das Ende der Datei erreicht ist.

Achtung:

- `char`-Werte sind intern 16 Bit lang ...
- Ein Latin-1-Text wird aus dem Input-File auf die Ausgabe geschrieben, weil ein Byte/Latin-1-Zeichen `xxxx xxxx`
  - intern als `0000 0000 xxxx xxxx` abgespeichert und dann
  - extern als `xxxx xxxx` ausgegeben wird :-)

Erweiterung der Funktionalität:

- In der Klasse `DataInputStream` gibt es spezielle Lese-Methoden für jeden Basis-Typ.

  Unter anderem gibt es:

  - `public byte readByte() throws IOException;`
  - `public char readChar() throws IOException;`
  - `public int readInt() throws IOException;`
  - `public double readDouble() throws IOException.`

Beispiel:

```
import java.io.*;
public class FileCopy {
public static void main(String[] args) throws IOException {
   FileInputStream file = new FileInputStream(args[0]);
   DataInputStream data = new DataInputStream(file);
   int n = file.available(); char x;
   for(int i=0; i<n/2; ++i) {
      x = data.readChar();
      System.out.print(x);
      }
   System.out.print("\n");
   } // end of main
} // end of erroneous FileCopy
```

... führt i.a. zur Ausgabe: ????????

Der Grund:

- `readChar()` liest nicht ein Latin-1-Zeichen (i.e. 1 Byte), sondern die 16-Bit-Repräsentation eines Unicode-Zeichens ein.
- Das Unicode-Zeichen, das zwei Latin-1-Zeichen hintereinander entspricht, ist (i.a.) auf unseren Bildschirmen nicht darstellbar. Deshalb die Fragezeichen ...

- Analoge Klassen stehen für die Ausgabe zur Verfügung.
- Die grundlegende Klasse für `byte`-Ausgabe heißt `OutputStream`.
- Auch `OutputStream` ist abstrakt :-)

Nützliche Operationen:

- `public void write(int b) throws IOException` : schreibt das unterste Byte von `b` in die Ausgabe;
- `void flush() throws IOException` : falls die Ausgabe gepuffert wurde, soll sie nun ausgegeben werden;
- `void close() throws IOException` : schließt den Ausgabe-Strom.

- Weil `OutputStream` abstrakt ist, gibt es keine Objekte der Klasse `OutputStream`, nur Objekte von Unterklassen.

Konstruktoren von Unterklassen:

- `public FileOutputStream(String path) throws IOException;`
- `public FileOutputStream(String path, boolean append) throws IOException;`
- `public DataOutputStream(OutputStream out);`
- `public PrintStream(OutputStream out)` — der Rückwärts-Kompatibilität wegen, d.h. um Ausgabe auf `System.out` und `System.err` zu machen ...

Beispiel:

```
import java.io.*;
public class File2FileCopy {
public static void main(String[] args) throws IOException {
   FileInputStream fileIn = new FileInputStream(args[0]);
   FileOutputStream fileOut = new FileOutputStream(args[1]);
   int n = fileIn.available();
   for(int i=0; i<n; ++i)
      fileOut.write(fileIn.read());
   fileIn.close(); fileOut.close();
   System.out.print("\t\tDone!!!\n");
   } // end of main
} // end of File2FileCopy
```

- Das Programm interpretiert die 1. und 2. Kommando-Zeilen-Argumente als Zugriffspfade auf eine Ein- bzw. Ausgabe-Datei.
- Die Anzahl der in der Eingabe enthaltenen Bytes wird bestimmt.
- Dann werden sukzessive die Bytes gelesen und in die Ausgabe-Datei geschrieben.

Erweiterung der Funktionalität:

Die Klasse `DataOutputStream` bietet spezielle Schreib-Methoden für verschiedene Basis-Typen an.

Beispielsweise gibt es:

- `void writeByte(int x) throws IOException;`
- `void writeChar(int x) throws IOException;`
- `void writeInt(int x) throws IOException;`
- `void writeDouble(double x) throws IOException.`

Beachte:

- `writeChar()` schreibt genau die Repräsentation eines Zeichens, die von `readChar()` verstanden wird, d.h. 2 Byte.

Beispiel:

```
import java.io.*;
public class Numbers {
public static void main(String[] args) throws IOException {
   FileOutputStream file = new FileOutputStream(args[0]);
   DataOutputStream data = new DataOutputStream(file);
   int n = Integer.parseInt(args[1]);
   for(int i=0; i<n; ++i)
      data.writeInt(i);
   data.close();
   System.out.print("\t\tDone!\n");
   } // end of main
} // end of Numbers
```