

# Softwareentwicklung II (IB)

## Packages

Prof. Dr. Oliver Braun

Fakultät für Informatik und Mathematik  
Hochschule München

Letzte Änderung: 28.01.2020 17:34

### Inhaltsverzeichnis

<b>Arbeitsweise</b>	<b>2</b>
Motivation . . . . .	2
Idee . . . . .	2
Package-Hierarchie . . . . .	3
Packagepfad . . . . .	3
Dynamisches Laden von Bytecode . . . . .	3
Abbildung ins Filesystem . . . . .	4
Einschränkungen für Packagenamen . . . . .	4
CLASSPATH . . . . .	4
Organisationsschema . . . . .	5
Organisation des Laufzeitbibliothek . . . . .	5
<b>Umgang mit Packages</b>	<b>6</b>
Qualifizierte Namen . . . . .	6
Qualifizierte Namen vs. Elementzugriff . . . . .	6
<code>import</code> -Klausel . . . . .	6
Jokerimport . . . . .	7
Klausel vs. Anweisung . . . . .	7
<code>package</code> -Klausel . . . . .	8
Default-Package . . . . .	8
Namenskollisionen . . . . .	8
Eigenes und fremdes Package . . . . .	8
Verschiedene fremde Packages . . . . .	9

Mehrdeutiger Einzelimport . . . . .	9
Statischer Import . . . . .	10
Statischer Jokerimport . . . . .	10
Statischer <code>import</code> von Enums . . . . .	10
Einzel- vs. Jokerimport . . . . .	11
<b>Zugriffsschutz</b>	<b>11</b>
package und <code>public</code> . . . . .	11
Regeln . . . . .	11
<b>Archivdateien</b>	<b>12</b>
Jar-Files . . . . .	12
jar-Tool . . . . .	12
Metainformation . . . . .	13
Beispiel <code>Main-Class</code> . . . . .	13
Eintrittsklasse . . . . .	13

## Arbeitsweise

### Motivation

- Pro übersetzter Bytecode-Datei (Extension `.class`): Bytecode einer Klasse
- Großes Programm: Viele Bytecode-Dateien
- Organisatorische Probleme:
  - Orientierung im Code
  - Bezüge zwischen Klassen
  - Namenskonflikte zwischen gleich benannten Klassen
  - Abgrenzung von Programmteilen
- Vergleichbar mit Dateien auf einer Festplatte

### Idee

- **Package** = Sammlung zusammengehörender Klassen
- Packages benannt mit Identifiern
- Konvention: Englische Namen in kleinen Buchstaben und Ziffern, zum Beispiel `project51`
- Einschränkungen:
  - keine Großbuchstaben

- keine Interpunktionszeichen
- keine anderen Sonderzeichen
- Klassennamen in unterschiedlichen Packages unabhängig, keine Kollision

## Package-Hierarchie

- Packages bilden Hierarchie (Baumstruktur):
  - In einem Package untergeordnete Packages: **Sub-Packages**
  - Jedes Packages in höchstens einem übergeordneten Package
- Vergleichbar mit Directories in einem Filesystem

## Packagepfad

- **Packagepfad**: Liste geschachtelter Packagenamen, getrennt mit Punkten
- Beispiele für Packagepfade:

```
project51
project51.frontend
project51.frontend.web
project51.frontend.text
project51.datastore
```
- Innerhalb eines Packages eindeutige Namen für alle „Bewohner“:
  - Subpackages
  - Klassen (konkret, abstrakt)
  - Enums (als spezielle Klassen)
  - Interfaces
- Beispiel: Im Package `project51` darf es keine Klasse namens `frontend` geben, weil schon ein Subpackage dieses Namens existiert
- Packagehierarchie nur äußerlich: Logisch alle Packages gleichrangig flach nebeneinander

## Dynamisches Laden von Bytecode

- JVM lädt Klassen erst bei Bedarf (on the fly), nicht beim Programmstart
- Vorteile:
  - Schneller Start
  - Nicht benutzte Klassen werden nicht geladen

- Bedingung: Bytecode effizient lokalisierbar
- Maßnahme: Package Pfad einer Klasse gibt Lage des Bytecodes im Filesystem vor

## Abbildung ins Filesystem

- Direkte Zuordnung Package Pfad  $\Rightarrow$  Directory Pfad im Filesystem (nur eine Möglichkeit unter mehreren)
- Beispiel: Klasse `Rational` im Package `project51.datastore` wird gesucht im

---

Directory `project51`,  
dort im Subdirectory `datastore`,  
dort die Datei `Rational.class`

---

## Einschränkungen für Packagenamen

- Problem:
  - Packagenamen sind Java-Identifizierer
  - Directorynamen sind Namen des Betriebssystems
- Directorynamen unterliegen Einschränkungen des spezifischen File- und Betriebssystems
  - Groß-/Kleinschreibung (Unix signifikant, CD-ROMs keine Unterscheidung)
  - Unicode-Zeichen (Unix ok, Windows-VFAT verboten)
  - Spezielle Namen (Windows verbietet „CON“)
  - ...
- Besser defensive Benennung

## CLASSPATH

- Große Filesysteme: Startpunkt der Suche?
- Umgebungsvariable `CLASSPATH` legt Startdirectory fest, unter dem Bytecode-dateien gesucht werden
- Kompletter Pfadname für eine Bytecodedatei:

---

`CLASSPATH`  
+ Package Pfad  
+ Klassenname  
+ `.class`

---

- Beispiel unter den Annahme CLASSPATH=/home/developer: Pfadname der Klasse Rational im Package project51.datastore:

CLASSPATH	/home/developer
Packagepfad	project51.datastore
Klassenname	Rational

Insgesamt (Unix):

```
/home/developer/project51/datastore/Rational.class
CLASSPATH      +Packagepfad      +Klassenname.class
```

## Organisationsschema

- Ziel: reibungsloser Austausch von Bytecode, unabhängig von der Quelle
- Konvention: Packagepfad aus Internet-Domainnamen ableiten
- **Toplevel-Domain** liefert oberstes Package, Subdomains untergeordnete Packages
- Beispiel: Domainname dieser Fakultät

cs.hm.edu

Klassen aus dieser Domain unter dem Packagepfad

edu.hm.cs

- Weitere Packageorganisation Sache der einzelnen Institution

## Organisation des Laufzeitbibliothek

- Laufzeitbibliothek von Sun folgt weitgehend einem anderen Organisationsschema
  - java** „Standardklassen“ die jede Java-Implementierung liefern muß **java.lang**
  - Häufig gebrauchte Standardklassen, wie zum Beispiel **String**, **Math**, **Integer**
  - javax**
  - Kandidaten für künftige Standardklassen (Java extensions) **org.w3c**, **org.xml**, ...
  - Weitere Packages der Laufzeitbibliothek folgen dem Organisationsschema nach Domainnamen
- **java.lang** hat Sonderstatus: automatisch verfügbar, alle anderen Packages erst nach explizitem Import
- Eigene Packages besser nicht in **java** oder **javax** einordnen

# Umgang mit Packages

## Qualifizierte Namen

- **Qualifizierter Name** = Packagepfad + Package-Element
- Beispiel: Qualifizierter Name der Klasse `Random` im Package

```
java.util java.util.Random
```

- Qualifizierte Namen im gesamten Quelltext als Identifier zulässig

```
java.util.Random random;           // Typangabe
random = new java.util.Random();    // Konstruktoraufruf
System.out.println(random.nextInt());
```

## Qualifizierte Namen vs. Elementzugriff

- Syntax qualifizierter Namen ähnelt Elementzugriff
- Beispiel:

```
a.b.c
```

könnte bedeuten:

- Klasse `c` im Package `a.b`
- Objektvariable `c` in Objektvariable `b` von Objekt `a`
- Klassenvariable `c` der Klasse `b` im Package `a`

- Compiler erkennt zutreffende Bedeutung
- Beispiel: Qualifizierter Name

```
java.lang.Math.PI
```

wird zerlegt in

- Package `java.lang`
- Klasse `Math`
- Klassenvariable `PI`

## import-Klausel

- Klassen sind mit qualifizierten Namen über Package Grenzen hinweg ansprechbar
- Aber: Schreibaufwändig, mühsam, fehlerträchtig
- Einfacher mit **import-Klausel** `import packagepath.name;`

- name im Rest des Quelltextes ohne Package Pfad nutzbar

```
import java.util.Random;
...
Random random;
random = new Random();
System.out.println(random.nextInt());
```

## Jokerimport

- Import aller Klassen eines Packages mit **Jokerzeichen** `* import packagepath.*;`
- Beispiel:

```
import java.util.*;
...
Random random;
random = new Random();
System.out.println(random.nextInt());
```

- Joker kann nur Klassen eines Packages ansprechen
- Nur einmal und nur als letztes Element in einer `import`-Klausel zulässig
- Unzulässig:

```
import *.util;
import java.*.*;
```
- Joker schließt keine Subpackages ein
- Jokerimport führt aber dazu, dass unklar ist, was tatsächlich benötigt ist
  - daher verbietet Checkstyle bei uns den Jokerimport

## Klausel vs. Anweisung

- Mehrere `import`-Klauseln zulässig, Reihenfolge ohne Bedeutung

```
import project51.datastore.Rational;
import project51.*;
import project51.frontend.web.*;
```

- `import`-Klauseln stehen am Programmmanfang, vor der Klassendefinition
- Bezeichnung **Klausel** (nicht „Anweisung“): werden nur vom Compiler ausgewertet, generieren keinen ausführbaren Code

## package-Klausel

- import-Klauseln regeln Zugriff auf andere Packages
- Gegenstück: **package-Klausel** definiert Packagezugehörigkeit einer Klassendefinition

- Syntax

```
package packagepath;
```

- Beispiel:

```
package project51.datastore;
```

```
class Rational {...}
```

- package-Klausel als Erstes im Quelltext (abgesehen von Kommentar), vor import-Klauseln und Definitionen
- package-Klausel und Pfad im Filesystem müssen übereinstimmen
- Aufruf von Compiler und JVM mit Packagepfad

```
$ javac project51/datastore/Rational.java
```

```
$ java project51/datastore/Main
```

## Default-Package

- Quelltext ohne package-Klausel: **Defaultpackage** (auch: „anonymes Package“)
- Pfad im Filesystem = CLASSPATH ohne Zusatz
- Kein Import des Defaultpackages in andere Packages möglich (kein Name!)
- bisher war alles was wir im Praktikum selbst gemacht haben, im Defaultpackage

## Namenskollisionen

- Gleiche Namen in verschiedenen Packages können kollidieren
- Explizit qualifizierte Namen eindeutig, problemlos

## Eigenes und fremdes Package

- Import mit Joker: Eigenes Package hat Vorrang



```
package a;
import b.*;           // Import mit Joker
class Main {
    new X();          // ok - a.X
}
```

- Expliziter Einzelimport hat Vorrang vor eigenem Package

```
package a;
import b.X;           // Expliziter Import
class Main {
    new X();          // ok - b.X
}
```

## Verschiedene fremde Packages

- Definitionen aus verschiedenen anderen Packages ohne Package-Prefix mehrdeutig  
c/Main.java:

```
package c;
import a.*;           // ok
import b.*;           // ok
class Main {
    new X();          // Fehler - mehrdeutige Verwendung:
                      // a.X oder b.X?
}
```

- Imports ok, Verwendung unzulässig

## Mehrdeutiger Einzelimport

- Einzelimport aus verschiedenen anderen Packages unzulässig

```
package c;

import a.X;
import b.X; // Fehler - mehrdeutiger Import: a.X und b.X

class Main {
    ...
}
```

- Imports unzulässig

## Statischer Import

- **Statische import-Klausel** macht statische Elemente (nur diese) einer Klasse zugänglich
- Schema: `import static packagepath.name.identifier;`
- `identifier`: Klassenvariable oder statische Methode der Klasse `name` im Package `packagepath`
- Beispiel: `sin(45)` ausgeben (vgl. frühere Fassung):

```
import static java.lang.Math.sin;
import static java.lang.Math.PI;
import static java.lang.System.out;

class Sin {
    public static void main(String[] args) {
        System.out.println(Math.sin(Math.PI/4));
        out.println(sin(PI/4));
    }
}
```

## Statischer Jokerimport

- Jokerzeichen `*` importiert alle statischen Elemente einer Klasse `import static packagepath.name.*;`
- Beispiel:

```
import static java.lang.Math.*;
import static java.lang.System.*;

class Sin {...}
```

- Einschränkung: Kein Import aus dem anonymen Default-Package, auch nicht statisch

## Statischer import von Enums

- Anwendung für statischen Jokerimport: Enums
- Beispiel (siehe oben):

```
package project51;
public enum Color {Red, Green, Blue, Yellow}
```

- Elementzugriff nach statischem Import

```
import static project51.Color.*;

class ColorMain {
    public static void main(String... args) {
        Color color = valueOf(args[0]);
        if(color == Blue) {
            System.out.printf("%s is one out of %d colors%n",
                color,
                values().length);
        }
    }
}
```

## Einzel- vs. Jokerimport

- Jokerimport bequem, aber heikel
- Beispiel: Welche Namen werden hier importiert? `import java.util.*;`
- Besser Einzelimports, selbst wenn zahlreich
- Importlisten oft von Werkzeugen automatisch verwaltet

## Zugriffsschutz

### package und public

- Modifier `private`: Zugriff beschränkt auf die eigene Klasse (Datenkapselung)
- Ohne Modifier (package): Zugriff für alle Klassen im gleichen Package
- Modifier `public`: Zugriff aus beliebigen anderen Packages

### Regeln

- Möglichst restriktiver Zugriffsschutz verhindert unerwünschte Abhängigkeiten und Zugriffe
- Schrittweises Einstellen des Zugriffsschutzes:
  1. Alle Definitionen `private`
  2. `private` wegnehmen bei Elementen, die von anderen Klassen im gleichen Package gebraucht werden

3. `protected` anfügen bei Elementen, die in abgeleiteten Klassen genutzt werden dürfen
4. `public` anfügen bei Definitionen, die für beliebige „Kunden“ bereitgestellt werden

## Archivdateien

### Jar-Files

- Bytecode in einer gepackten Archivdatei = alternative Organisationsform für Packages
- Archivformat **Jar** (java archive), Dateien = „Jar-Files“, Extension `.jar`
- Technisch: Zip-Files mit Erweiterungen
- Vorteile gegenüber Directories:
  - Leicht zusammen zu halten
  - Kompression für effiziente Übertragung
  - Metainformation bzgl. Inhalt
- Nachteile:
  - Kein direkter Zugriff auf Bestandteile
  - Kompression und Expansion kostet Rechenzeit
- Packagehierarchie in Jar-Files unverändert
- JVM findet Bytecode in Jar-Files
- Jar-Files im `CLASSPATH`: Gleichrangige Eintrittspunkte für Packagepfade  
`CLASSPATH=/somewhere/project51.jar`
- Dateien aller Arten in Jar-Files erlaubt, JVM wertet nur Bytecode aus

### jar-Tool

- Kommandozeilenwerkzeug `jar` zur Bearbeitung von Jarfiles
- Aufgaben:
  - `jar -cf jarfile file file ...` Packt die angegebenen Dateien in ein neues Jarfile (`c` = create). • Jokerzeichen sind erlaubt, Directories werden rekursiv eingepackt. `jar -tf jarfile`  
Liste des Inhalts (`t` = table of content) `jar -xf jarfile`  
`jar -xf jarfile file file ...`  
Packt alle bzw. die angegebenen Dateien aus (`x` = extract). Directories werden rekonstruiert.

- Aufruf mit zusätzlichen Schalter `v` (= verbose): Protokollausgaben auf dem Bildschirm
- Aufruf ohne Parameter: kurze Bedienungsanleitung

## Metainformation

- **Metainformation** (= Verwaltungsdaten, Information über das Jarfile) in der Datei `META-INF/MANIFEST.MF`
- Textdatei mit Zeilen der Form `name:value`
- Wird automatisch angelegt mit Standard-Einträgen der Art  
`Manifest-Version: 1.0`  
`Created-By: 1.5.0_04 (Sun Microsystems Inc.)`
- Viele Einträge mit fester Bedeutung
- Zusätzliche Einträge erlaubt

## Beispiel Main-Class

- Eintrag `Main-Class` legt Klasse mit der `main`-Methode fest
- Beispiel: Programm `Hello`
- Vorbereitung: Temporäre Textdatei `meta.tmp` erstellen mit einer Zeile:  
`Main-Class: Hello`
- Jar-File mit zusätzlicher Metainformation erzeugen:  
`$ jar -cfm hello.jar meta.tmp Hello.class`
- Bestehendes Jar-File um Metainformation erweitern (`-u` = update):  
`$ jar -ufm hello.jar meta.tmp`
- Programm im Jar-File starten (wird nicht ausgepackt):  
`$ java -jar hello.jar`  
`Hello, World!`

## Eintrittsklasse

- Definition der `main`-Klasse in einem Jar-File oft gebraucht
- Kurzform mit Schalter `„-e“` (entry class):  
`$ jar -cef Hello hello.jar`

legt Eintrittspunkt `Hello.main` fest

- Aufruf des Jar-Files, wie vorher:

```
$ java -jar hello.jar  
Hello, World!
```

- Direkter Aufruf von Jarfiles mit geeignetem [geeignetem Betriebssystem](#):

```
$ hello.jar  
Hello, World!
```