

Programmieren mit Spring
Begleitbuch zum Seminar bei Provinzial
vom 8. -11.10.2018
Rainer Sawitzki

| | | |
|----------|--|-------------|
| 1 | Rekapitulation der JPA Grundlagen..... | 1-7 |
| 1.1 | O/R-Mapping | 1-7 |
| 1.1.1 | Die Kluft zwischen OO und relationalen Datenbanken | 1-7 |
| 1.1.2 | Aufgaben eines Objekt-relationalen Mappers | 1-7 |
| 1.1.3 | EJB 3 | 1-16 |
| 1.2 | Übersicht | 1-17 |
| 1.3 | Entities..... | 1-20 |
| 1.3.1 | FlatBook..... | 1-20 |
| 1.3.2 | ExtendedFlatBook..... | 1-23 |
| 1.3.3 | GeneratedKeyFlatBook..... | 1-25 |
| 1.3.4 | CompositeKeyFlatBook | 1-26 |
| 1.3.5 | EmbeddedKeyFlatBook | 1-31 |
| 1.3.6 | Vererbung | 1-35 |
| 1.3.7 | Mehrere Tabellen pro Entity | 1-42 |
| 1.3.8 | Relationen..... | 1-43 |
| 1.4 | Die EJB Query Language | 1-57 |
| 1.4.1 | Datenbestand | 1-57 |
| 1.4.2 | Programm | 1-61 |
| 1.4.3 | Suche alle Verleger..... | 1-61 |
| 1.4.4 | Suche einen bestimmten Verleger | 1-62 |
| 1.4.5 | Parametrisierte Suche nach einem Verleger | 1-62 |
| 1.4.6 | Bedingungen unter Verwendung der Relationen | 1-63 |
| 1.4.7 | Verknüpfte Bedingungen | 1-63 |
| 1.4.8 | Joins | 1-64 |
| 1.4.9 | Subqueries..... | 1-64 |
| 2 | Spring – Eine Übersicht..... | 2-66 |
| 2.1 | Was ist das Spring-Framework?..... | 2-66 |
| 2.2 | Der POJO-Container | 2-70 |
| 2.3 | Value Properties | 2-75 |
| 2.3.1 | Die Bean-Definition | 2-75 |
| 2.3.2 | Default-Typen von Properties und deren Konfiguration ... | 2-75 |
| 2.3.3 | Nullwerte von Properties..... | 2-77 |
| 2.3.4 | init- und destroy-Methoden | 2-78 |
| 2.3.5 | Setzen von Properties im Konstruktor..... | 2-79 |
| 2.3.6 | Registrierung spezieller Properties-Editoren..... | 2-80 |
| 2.3.7 | Verwendung von externen Properties-Dateien | 2-82 |
| 2.4 | Referenzen auf andere Beans..... | 2-84 |
| 2.4.1 | Identifikation über die ID | 2-84 |
| 2.4.2 | Definition einer Inner Bean | 2-85 |

| | | |
|----------|---|---|
| 2.5 | Abstrakte Beans und Vererbung an Kinder | 2-86 |
| 2.6 | Zugriff auf Ressourcen | 2-87 |
| 2.6.1 | Die <code>Resource</code> -Schnittstelle | 2-87 |
| 2.6.2 | Internationalisierung mit der <code>MessageSource</code> -Schnittstelle | 2-89 |
| 2.7 | Factory Beans | 2-90 |
| 2.8 | Konfiguration mit Annotations | 2-97 |
| 3 | Datenzugriffe mit Spring | 3-103 |
| 3.1 | Inversion of Control mit Method Template | 3-103 |
| 3.2 | Direkter JDBC-Zugriff | 3-103 |
| 3.3 | Transaktions-Management | 3-107 |
| 3.3.1 | Übersicht | 3-107 |
| 3.3.2 | <code>TransactionCallback</code> | 3-108 |
| 3.3.3 | <code>TransactionProxyFactoryBean</code> | 3-109 |
| 3.3.4 | tx-Namensraum | 3-110 |
| 3.3.5 | Annotations-basierte Transaktionssteuerung | 3-110 |
| 3.4 | Hibernate-Unterstützung | 3-114 |
| 4 | Das Spring Web Framework | 4-115 |
| 4.1 | Das Dispatcher-Servlet | 4-116 |
| 4.2 | Spezielle Beans für Web Anwendungen | 4-118 |
| 4.3 | Controller | 4-121 |
| 4.3.1 | Ein einfacher Controller | 4-121 |
| 4.3.2 | Weitere Controller-Implementierungen | 4-124 |
| 4.4 | Handler | 4-130 |
| 4.5 | Views | 4-132 |
| 4.6 | Web-Anwendungen und Form Controller | 4-133 |
| 4.6.1 | Form Controller | 4-133 |
| 4.6.2 | Formulare | 4-133 |
| 5 | Spring Web Flow | Fehler! Textmarke nicht definiert. |
| 5.1 | Graphen-orientierte Programmierung | Fehler! Textmarke nicht definiert. |
| 5.1.1 | Übersicht | Fehler! Textmarke nicht definiert. |
| 5.1.2 | Eigenschaften der Graphen-orientierte Programmierung | Fehler! Textmarke nicht definiert. |
| 5.1.3 | Prinzipielle Realisierung einer Graphen-orientierten Sprache | Fehler! Textmarke nicht definiert. |
| 5.2 | Business Prozesse und Web Flows | Fehler! Textmarke nicht definiert. |
| 5.3 | Übersicht | Fehler! Textmarke nicht definiert. |

- 5.4 Konfiguration **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.4.1 Die Flow Registry **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.4.2 Der Flow-Executor **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
- 5.5 Elementare Flow-Definition..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.5.1 Das Flow-Schema..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.5.2 Der View State **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.5.3 Transitionen **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.5.4 End State **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.5.5 Flow-Parameter und Ergebnisse **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.5.6 Variablen..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.5.7 Sub Flows **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.5.8 Vererbung **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
- 5.6 Die Unified Expression Language **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.6.1 Objektzugriff..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.6.2 Typen von Expressions... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.6.3 Spezielle Variablen **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.6.4 Such-Algorithmus für Objekte **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
- 5.7 Actions..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.7.1 Events..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.7.2 Evaluate..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.7.3 action-state und decision-state **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
- 5.8 Views..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.8.1 view-state..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.8.2 Globale Transaktionen.... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.8.3 View Template **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.8.4 Partielles Rendern **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.8.5 Binding..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.8.6 View History **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
- 5.9 Testen von Flows **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
- 5.10 Erste Beispiele..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.10.1 Simple Flow **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.10.2 Flow Variablen **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
- 5.11 Ausnahme-Verarbeitung..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
- 5.12 Dienste **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.12.1 Flow Managed Persistence..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.12.2 Security..... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

- 5.13 Integration mit JavaServer Faces **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.13.1 Flow-Konfiguration **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.13.2 Änderungen in der web.xml **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.13.3 Spring-Beans-Konfiguration **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.13.4 Ein Beispiel-Flow **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.13.5 Die Seiten **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
- 5.14 Schema-Dateien **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.14.1 Flow-Definition **Fehler! Textmarke nicht definiert.**
 - 5.14.2 Die Flow-Konfiguration.... **Fehler! Textmarke nicht definiert.**

1 Rekapitulation der JPA Grundlagen

1.1 O/R-Mapping

1.1.1 Die Kluft zwischen OO und relationalen Datenbanken

Die objektorientierte und die relationale Welt passen aus vielerlei Gründen nicht so recht zusammen:

- Die Objekte der Objektorientierung leben im Hauptspeicher und sind somit "flüchtig". Die "Objekte" von Datenbanken sind persistent.
- Die Objektorientierung kennt "intelligente" Objekte – Objekte, die ihren Zustand kapseln. Die Klassen dieser Objekte enthalten Methoden, mittels derer der Zustand der Objekte abfragbar und manipulierbar ist. Relationale Datenbanken dagegen enthalten nur "dumme" Daten.
- Relationale Datenbanken kennen andere Typen als objektorientierte Sprachen. Die Datenbank kennt z.B. die Typen `CHAR` und `VARCHAR`; Java dagegen kennt den Typ `String`.
- Objektorientierte Sprachen sind imperative Sprachen; die typische Datenbanksprache SQL aber ist deklarativ.
- In der objektorientierten Welt sind Objekte miteinander über Referenzen (also Pointer) verbunden. In relationalen Datenbanken werden die "Objekte" über Fremdschlüssel-Beziehungen miteinander verbunden. Die Objektorientierung kennt aber keine Fremdschlüssel (und auch keine Primärschlüssel).
- Die Objektorientierung fokussiert individuelle Objekte; zwischen diesen Objekten kann navigiert werden. (Natürlich lassen sich solche individuellen Objekte auch in Collections zusammenfassen.) Die typische Zugriffsweise von Datenbanken ist dagegen der `SELECT` in Verbindung mit dem `JOIN` – eine Zugriffsweise, die grundsätzlich Mengen von Zeilen liefert. Im Gegensatz zur Objektorientierung operiert die Datenbank also mengenorientiert.
- Die Objektorientierung kennt das Vererbungskonzept. Relationale Datenbanken dagegen kennen mit wenigen Ausnahmen keine Vererbung.
- Relationale Datenbanken beruhen wesentlich auf dem Konzept der referenziellen Integrität; in der Objektorientierung ist dieses Konzept von Natur aus unbekannt.

1.1.2 Aufgaben eines Objekt-relationalen Mappers

Aus diesen Unterschieden zwischen der objektorientierten und der Datenbank-Welt leiten sich die Hauptaufgaben eines objekt-relationalen Mappers ab.

Im Folgenden wird vorausgesetzt, dass ein O/R-Mapper JDBC benutzt, um auf die Datenbanken zuzugreifen.

1.1.2.1 Abbildung von Tabellenzeilen auf Objekte und umgekehrt

Ein O/R-Mapper muss eine Zeile einer relationalen Tabelle auf ein Objekt abbilden können – und zwar in beide Richtungen: er muss die Spaltenwerte einer Tabellenzeile lesen und dieses dann den Attributen des Objekts zuweisen können; und er muss umgekehrt die Attributwerte eines Objekts auslesen können und diese den Spalten einer Tabellezeile zuweisen können.

Diese Abbildung muss "generisch" erfolgen. Auf der JDBC-Seite werden dabei die Methoden `ResultSet.getObject` und `PreparedStatement.setObject` genutzt. Mittels der `ResultSet`-Methode `getObject` kann ein beliebiger Spaltenwert aus einer Ergebnistabelle gelesen werden; `getObject` erzeugt ein zu dem Spaltentyp passendes Objekt (z.B. einen `String`, ein `Integer`- oder ein `Double`-Objekt etc.) und liefert dieses Objekt in der allgemeinen Form eines `Objects` zurück. Umgekehrt verlangt die `setObject`-Methode der Klasse `PreparedStatement` eine allgemeine `Object`-Referenz als Parameter.

```
public interface ResultSet {  
    ...  
    public Object getObject (int columnIndex)  
    public Object getObject (String columnName)  
}
```

```
public interface PreparedStatement {  
    ...  
    public void setObject (int columnIndex, Object value)  
    public void setObject (String columnName, Object value)  
}
```

Auf der Seite der Java-Objekte werden meistens Beans (bzw. POJOs: Plain Old Java Objects) vorausgesetzt. Eine Bean ist ein Objekt einer Klasse, die erstens das Interface `Serializable` implementiert, die zweitens einen parameterlosen Konstruktor besitzt und die drittens über setter- und getter-Methoden verfügt, welche den Zugriff auf die Attribute eines Objekts dieser Klasse gestatten.

Aufgrund der Existenz eines parameterlosen Konstruktors können Objekte dann mittels `Class.newInstance` "generisch" erzeugt werden:

```
public class Class {  
    ...  
    public Object newInstance ()  
}
```

Ein `Book`-Objekt könnte etwa wie folgt erzeugt werden:

```
String clsName = "Book";  
Class cls = Class.forName (clsName);  
Object obj = cls.newInstance ();
```

(Um ein Objekt einer Klasse zu erzeugen, muss also nur der Name der Klasse in Form eines `Strings` (!) bekannt sein.)

Und aufgrund der Existenz von getter- und setter-Methoden können dann die Attribute eines Objekts per Reflection gelesen bzw. gesetzt werden. Hier ein kleines Beispiel (wobei von der Fehlerbehandlung abgesehen wird):

```
Class cls = Class.forName ("Book");  
Object obj = cls.newInstance ();  
....  
Method m = cls.getMethod ("getTitle", new Class [] { });  
Object value = m.invoke (obj, new Object [] { });
```

Hier wird die Methode `setTitle` auf das zuvor erzeugte `Book`-Objekt aufgerufen. (Man beachte auch hier, dass nur der Name der Methode in Form eines `Strings` bekannt sein muss, um die Methode dann per `Method.invoke` aufrufen lassen zu können.)

Und so würde der Titel des Buches neu gesetzt werden können:

```
Method m = cls.getMethod ("setTitle", new Class [] { String.class });  
m.invoke (obj, new Object [] { "Design Patterns" });
```

Seien in der Klasse `Book` also z.B. folgende Methoden gegeben:

```
public class Book ... {  
    ...  
    void setIsbn (String isbn)  
    String getIsbn ()  
  
    void setTitle (String title)  
    String getTitle ()  
  
    void setPrice (double price)  
    double getPrice ()  
}
```

Dann bezeichnet man die jeweilige setter/getter-Kombination auch als Property. Die Klasse `Book` enthält also die Properties `"isbn"`, `"title"` und `"price"`. Der Begriff Property darf dabei nicht verwechselt werden mit dem Begriff Attribut bzw. Instanzvariable. Die Attribute, auf denen die obigen drei Methoden operieren, könnten `theke`, `antitheke` und `syntheke` heißen!

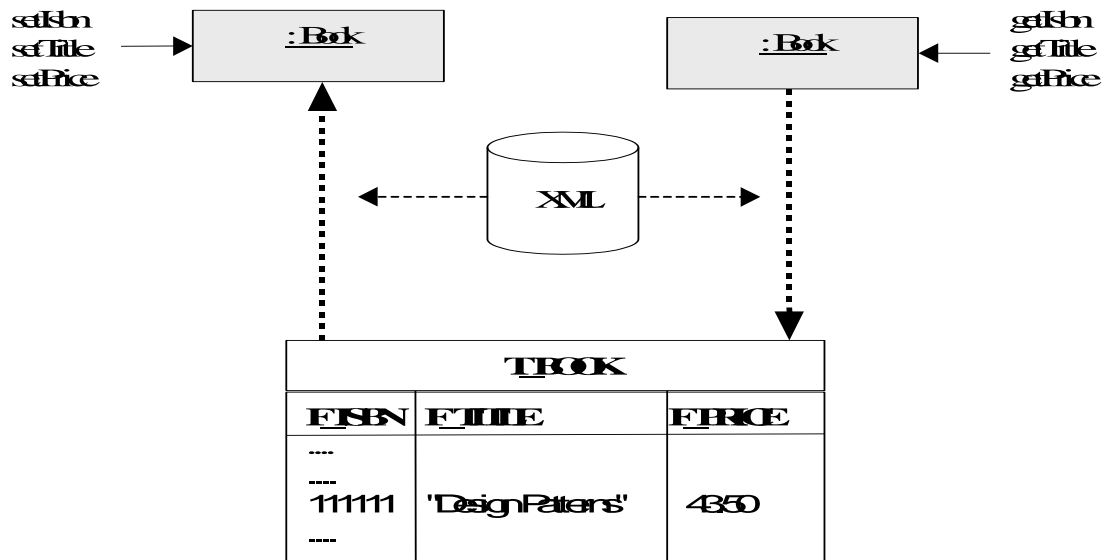
Mittels Reflection können also die Properties von Objekten gelesen und gesetzt werden.

Und schließlich muss bei der Abbildung von Tabellenzeilen auf Objekte geklärt werden, welche Tabellenspalte auf welche Property abgebildet werden soll. Im einfachsten Falle könnten die Namen der Tabellenspalten identisch sein mit den Namen der Properties der Objektklasse. Ansonsten muss diese Abbildung in irgendeiner Form beschrieben sein – z.B. in einer XML-Datei. Diese könnte etwa wie folgt aussehen:

```
<mapping class="Book" table="T_BOOK">  
  <property name="isbn" column="F_ISBN" />  
  <property name="name" column="F_NAME" />  
  <property name="price" column="F_PRICE" />  
  ...  
</mapping>
```

Eine Alternative ist es, das Mapping über Annotations durchzuführen.

Das folgende Schaubild soll das erforderliche Mapping verdeutlichen:



1.1.2.2 Abbildung von Primär-/Fremdschlüssel-Beziehungen auf Referenzen

Die in der Datenbank enthaltenen Primär-/Fremdschlüsselbeziehungen müssen auf referenzielle Beziehungen der Objekte abgebildet werden.

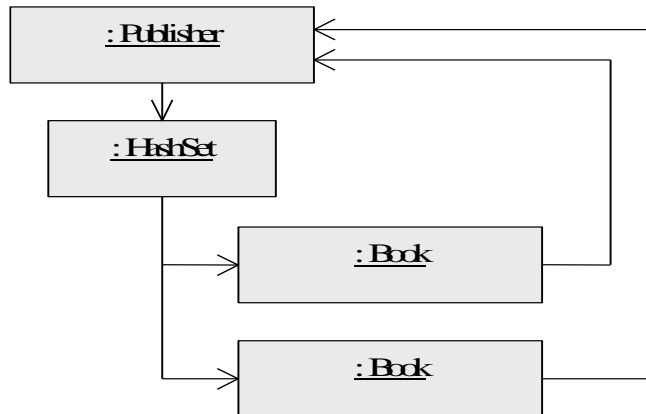
Sei z.B. neben der Tabelle `T_BOOK` noch die Tabelle `T_PUBLISHER` gegeben. Die `T_PUBLISHER`-Tabelle habe den Primärschlüssel `F_ID`. Dann würde die `T_BOOK`-Tabelle eine Fremdschlüssel-Spalte `F_PUBLISHER_ID` enthalten.

Hier einige beispielhafte Einträge dieser Tabellen:

| TPUBLISHER | |
|------------|------------------|
| FID | FNAME |
| | |
| 5 | "Addison Wesley" |
| | |

| TBOOK | | | |
|-------|-------------------|--------|--------------|
| FISBN | FTITLE | FPRICE | FPUBLISHERID |
| | | | |
| 11111 | "Design Patterns" | 450 | 5 |
| 22222 | "Oscar" | 400 | 5 |
| | | | |

Wird nun auf den Publisher mit der `F_ID` 5 zugegriffen, so sollten drei Objekte erzeugt werden: ein `Publisher`- und zwei `Book`-Objekte. Diese müssten dann etwa wie folgt miteinander verknüpft sein:



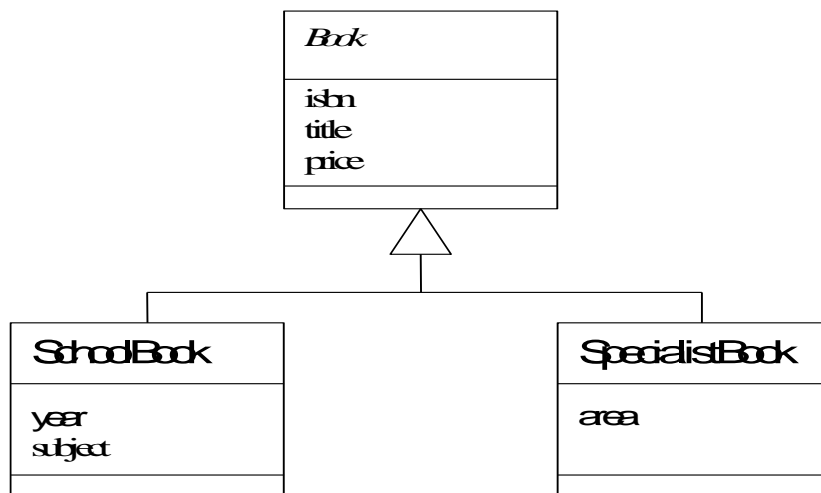
Ein `Publisher` wird ein Collection-Objekt (z.B. ein `HashSet`) besitzen, in welchem die Referenzen auf die `Books` dieses Publishers gespeichert werden; und jedes `Book`-Objekt wird eine Referenz auf den `Publisher` besitzen, der dieses `Book` verlegt.

Der OR-Mapper sollte diese Objekte automatisch miteinander verbinden (aus Sicht der Java-Anwendung sollte die Transformation zwischen Primär-/Fremdschlüssel-Beziehungen und den referenziellen Beziehungen der Objekte also vollständig transparent sein.)

1.1.2.3 Abbildung von Vererbungsbeziehungen

Ein OR-Mapper muss Vererbungsbeziehungen transparent auf Tabellen abbilden können.

Sei z.B. folgende Klassenhierarchie gegeben:



Dann könnten Schulbücher und Fachbücher z.B. auf drei Tabellen abgebildet werden: eine Tabelle enthält die Basisdaten aller Bücher (einschließlich des Primary keys `F_ISBN`); für jede abgeleitete Klasse existiert eine weitere Tabelle, in welcher jeweils die isbn-Nummern und die Spezialdaten der Bücher gespeichert werden.

Seien z.B. zwei Fachbücher und ein Schulbuch gegeben. Diese könnten in den Tabellen wie folgt gespeichert sein:

| T_BOOK | | | |
|---------------|----------------|-----------------|----------------|
| F_ISBN | F_TITLE | F_AUTHOR | F_PRICE |
| 11111 | 'OO-Design' | 'Lengauer' | 450 |
| 22222 | 'OO-Design' | 'Lengauer' | 450 |
| 33333 | 'Schul' | 'Lengauer' | 500 |

| T_SPECIALIST_BOOK | |
|--------------------------|------------------|
| F_ISBN | F_AREA |
| 11111 | "OO-Design" |
| 22222 | "OO-Programming" |

| T_SCHOOL_BOOK | | |
|----------------------|---------------|------------------|
| F_ISBN | F_YEAR | F_SUBJECT |
| 333333 | 10 | "English" |

Um auf Grundlage dieser Tabellenstruktur ein `SpecialistBook` (oder ein `SchoolBook`) zu erzeugen, müssen dann die Daten aus zwei Tabellen eingelesen werden: aus der Basistabelle `T_BOOK` und der Tabelle `T_SPECIALISTBOOK` (bzw. `T_SCHOOLBOOK`).

Die oben gezeigte Abbildung ist nur eine von mehreren Möglichkeiten. Gleichgültig aber, welche konkrete Abbildung verwendet wird, für die Java-Anwendung sollte die Abbildung transparent sein. Die konkrete Form der Abbildung sollte auch geändert werden können, ohne dass die Java-Anwendung von einer solchen Änderung tangiert wird.

Die konkrete Abbildung dann wieder z.B. in einer XML-Datei oder Annotations beschrieben werden.

1.1.2.4 Generierung von SQL-Statements

Wenn dem OR-Mapping die Abbildung zwischen dem Objektmodell und dem Datenbank-Schema über XML-Dateien bekannt gemacht wird, dann ist es natürlich auch möglich, die für das `INSERT`, das `UPDATE` und das `DELETE` erforderlichen SQL-Statements automatisch zur Laufzeit zu generieren.

Ist z.B. das bereits oben erwähnte Mapping vorgegeben:

```
<mapping class="Book" table="T_BOOK">
  <property name="isbn" column="F_ISBN" />
  <property name="name" column="F_NAME" />
  <property name="price" column="F_PRICE" />
</mapping>
```

Dann kann aufgrund dieses Mapping z.B. folgender `INSERT` automatisch generiert werden:

```
INSERT INTO T_BOOK (F_ISBN, F_NAME, F_PRICE) VALUES (?, ?, ?)
```

Zum Zwecke der Generierung des `DELETE`-Statements müsste aus dem obigen Mapping allerdings auch noch hervorgehen, dass `F_ISBN` der Primary key ist. Dann könnte folgendes `DELETE`-Statement generiert werden:

```
DELETE FROM T_BOOK WHERE F_ISBN = ?
```

1.1.2.5 Objektorientierte Abfragesprache

Für Abfragen sollte ein OR-Mapper eine eigene, objektorientierte Sprache anbieten.

In der Java-Anwendung sollten die Tabellennamen und die Spaltennamen nicht bekannt sein. Die Java-Anwendung kennt nur die Properties der entsprechenden Klasse. Also sollten auch Abfragen derart formuliert werden können, dass nur die Kenntnis der Namen der Java-Klassen und die Namen der Properties dieser Klassen bekannt sein müssen.

Statt also etwa folgenden SQL-`SELECT` formulieren zu müssen:

```
SELECT F_ISBN, F_TITLE, F_PRICE FROM T_BOOK WHERE F_ISBN = ?
```

sollte einfach formuliert werden können:

```
from Book where isbn = ?
```

Wobei `Book` der Name der Klasse und `isbn` eine der `Book`-Properties ist. Man beachte, dass die Aufzählung der Spalten unnötig ist – denn es soll ja ein `Book`-Objekt erzeugt werden und komplett mit den Daten der entsprechenden Tabellenzeile initialisiert werden. Also muss die Projektion naturgemäß alle Spalten umfassen.

Für die Formulierung von Joins darf dann natürlich auch nicht mehr der Name der Fremdschlüssel-Spalte verwendet werden. Statt also zu formulieren:

```
SELECT B.ISBN, B.PRICE P.ID P.NAME  
FROM BOOK B, PUBLISHER P  
WHERE B.PUBLISHER_ID = P.PUBLISHER_ID
```

sollte etwa die folgende Zeile notiert werden können:

```
"from Book b, Publisher p where b.publisher = p";
```

(Wobei vorausgesetzt wird, dass die Klasse `Book` die Methoden `getPublisher` und `setPublisher` besitzt – also die Property "publisher".)

Die objektorientierte Abfragesprache muss dann natürlich vom OR-Mapper in ein geeignetes SQL-Statement transformiert werden. Hierbei sollte beachtet werden, dass es natürlich "das" SQL überhaupt nicht gibt – vielmehr existieren unterschiedliche SQL-Dialekte. Und diese Dialekte sollten bei der Transformation berücksichtigt werden – um möglichst performante SQL-Statements zu generieren.

1.1.2.6 Identität von Objekten

Wird mittels eines OR-Mappers eine Tabellenzeile gelesen und in ein Objekt transformiert, so sollte dieses Objekt das einzige Objekt sein, welches die entsprechende Zeile im Hauptspeicher repräsentiert. Eine nochmalige Aufforderung, die entsprechende Zeile zu lesen, sollte also das selbe Objekt zurückliefern wie die erste Aufforderung. Hierzu muss ein OR-Mapper die von ihm erzeugten und bereitgestellten Objekte geeignet cachen. Die Frage lautet dann natürlich, wie lange ein solcher Cache "gültig" bleibt.

1.1.2.7 Natives SQL

Für bestimmte Zwecke mag es sinnvoll oder gar notwendig sein, Abfragen oder DML-Befehle direkt in SQL zu formulieren. Der OR-Mapper sollte solche "workarounds" zulassen. Der OR-Mapper sollte sich also nicht einbilden, **alles** besser zu können... Insbesondere sollte natürlich der Aufruf von Stored Procedures möglich sein.

1.1.2.8 J SE und J EE

Ein O/R-Mapper sollte sowohl in einer einfachen J SE-Anwendung als auch in einer J EE-Anwendung genutzt werden können. Diese Anforderung steht z.B. in direktem Widerspruch zu den sog. CMP-Entity-Beans (Container Managed Persistence) von EJB. Solche "Beans" lassen sich nur einem EJB-Container nutzen – sind also in einer einfachen J SE-Anwendung völlig unbrauchbar. M.a.W.: ein O/R-Mapper sollte (in seinem Kern) keinerlei Annahmen über die Umgebung machen, in welcher er verwendet wird.

1.1.2.9 Keine "Verdopplung" von Datenbank-Constraints

Die Datenbank garantiert die Einhaltung bestimmter Constraints – insbesondere des `FOREIGN KEY`-Constraints (also referenzielle Integrität). Solche Constraints, die bereits die Datenbank selbst garantiert, brauchen natürlich vom OR-Mapper nicht noch zusätzlich garantiert werden. Der OR-Mapper muss also die Datenbank nicht "neu erfinden".

1.1.3 EJB 3

Mit dem neuen Java Persistence API (JPA) wurde für die EJB 3 eine komplette Überarbeitung der EntityBean-Spezifikation übermittelt. Eigentlich gibt es seit EJB 3 keinen eigenen Bean-Typen mehr, der speziell einem persistenten Datenzustand entspricht. Stattdessen wurde in der Java Enterprise Edition ein Standard für O/R-Mapping definiert, der sich in vielerlei Hinsicht an populären Werkzeugen wie Hibernate, iBatis oder Top-Link orientiert. Diese Ähnlichkeit führte dazu, dass beispielsweise der JBoss-Applikationsserver die geforderte Implementierung des JPA durch ein geringfügig modifiziertes Hibernate umgesetzt hat.

JPA setzt fast vollständig auf den Annotations-basierten Ansatz.

1.2 Übersicht

Die Java Enterprise Edition 5 hat mit der Integration des Java Persistence API das Komponentenmodell der EntityBeans komplett überarbeitet. Das Programmiermodell weist nur noch marginale Ähnlichkeiten zum bisherigen auf. Stattdessen wird eine Kombination aus Annotations in Verbindung mit POJOs und einem Entity-Manager eingeführt. Diese Art des O/R-Mappings ist aus anderen Frameworks wie Oracle TopLink und Hibernate bestens bekannt.

Der `javax.persistence.EntityManager` stellt die folgenden Funktionalitäten zur Verfügung:

- `persist(Object p)` speichert eine Entität
- Suchen von Entitäten mit `find(Class entityClass, Object primaryKey)`
- Erzeugen von Query-Objekten
- Cache-API und Synchronisation mit der Datenbank (`refresh`, `merge`, `flush`)
- Zugriff auf die aktuell laufende Transaktion

Ein Applikationsserver muss eine Implementierung des EntityManagers zur Verfügung stellen. Dies folgt über die Dependency Injection eines `PersistanceContext`. Solch ein Kontext definiert im Wesentlichen, welche Implementierung verwendet werden soll und wie diese konfiguriert ist.

Eine `Query` ist ein komfortables API um Datenbank-Abfragen zu definieren.

Der weitaus größte Teil des neuen APIs besteht jedoch aus Annotations, die dem POJO, das als Entity aufgefasst werden soll, hinzugefügt werden:

- `AttributeOverride`
- `AttributeOverrides`
- `Basic`
- `Column`
- `ColumnResult`
- `DiscriminatorColumn`
- `Embeddable`
- `EmbeddableSuperclass`
- `Embedded`
- `EmbeddedId`
- `Entity`

- EntityListener
- EntityResult
- Enumerated
- FieldResult
- FlushMode
- GeneratedValue
- Id
- IdClass
- Inheritance
- JoinColumn
- JoinColumns
- JoinTable
- Lob
- ManyToMany
- ManyToOne
- MapKey
- NamedNativeQueries
- NamedNativeQuery
- NamedQueries
- NamedQuery
- OneToMany
- OneToOne
- OrderBy
- PersistenceContext
- PersistenceContexts
- PersistenceUnit
- PersistenceUnits
- PostLoad
- PostPersist
- PostRemove
- PostUpdate

- PrePersist
- PreRemove
- PreUpdate
- PrimaryKeyJoinColumn
- PrimaryKeyJoinColumns
- QueryHint
- SecondaryTable
- SecondaryTables
- SequenceGenerator
- SqlResultSetMapping
- Table
- TableGenerator
- Temporal
- Transient
- UniqueConstraint
- Version

Die wichtigsten Annotations werden im folgenden Unterkapitel beschrieben.

1.3 Entities

Nachdem für die Beispiele der `PersistenceContext` von einem Applikationsserver zur Verfügung gestellt wird, werden für die folgenden Beispiele jeweils eine `SessionBean` benutzt, in denen die jeweiligen Entities angesprochen werden. Die angegebenen JUnit-Tests rufen jeweils korrespondierende Methoden innerhalb der `SessionBean` auf, in denen die eigentliche Test-Logik ausgeführt wird.

1.3.1 FlatBook

Zur Definition einer simplen Entity werden nur zwei Annotations benötigt:

- `@Entity` deklariert die Klasse als Entity-Klasse
- `@Id` definiert die Spalte, die als Primärschlüssel benutzt werden wird

```
@Entity
public class FlatBook implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private String isbn;

    private String title;

    private int pages;

    private double price;

    private String description;

    public String getDescription() {
        return description;
    }

    public void setDescription(String description) {
        this.description = description;
    }

    @Id
    public String getIsbn() {
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(String isbn) {
        this.isbn = isbn;
    }

    public int getPages() {
        return pages;
    }

    public void setPages(int pages) {
        this.pages = pages;
    }
}
```

```
public double getPrice() {
    return price;
}

public void setPrice(double price) {
    this.price = price;
}

public String getTitle() {
    return title;
}

public void setTitle(String title) {
    this.title = title;
}
}
```

Der Quellcode der SessionBean lautet:

```
@Stateless
@Remote
public class PersistenceTestBean implements
RemotePersistenceTest {

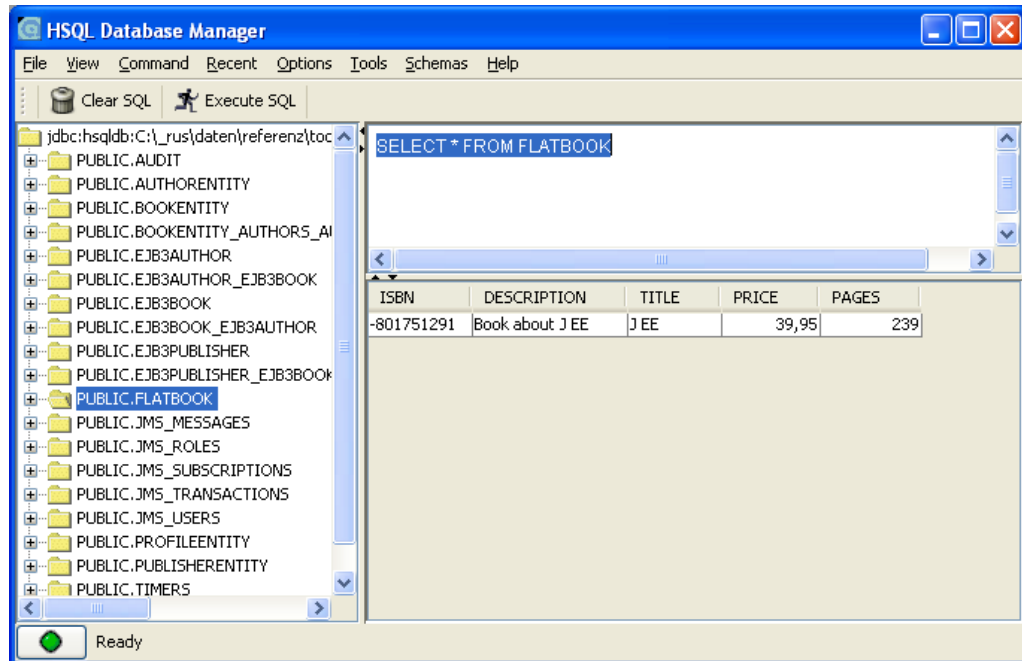
    @PersistenceContext
    private EntityManager entityManager;

    private Random random;

    {
        random = new Random();
    }

    public void testFlatEntity() {
        FlatBook flatBook = new FlatBook();
        flatBook.setIsbn(Integer.toString(random.nextInt()));
        flatBook.setTitle("J EE");
        flatBook.setDescription("Book about J EE");
        flatBook.setPages(239);
        flatBook.setPrice(39.95);
        entityManager.persist(flatBook);
    }
}
```

Nach Ausführen dieser Methode wird der Datensatz in die im `PersistenceContext` definierten Datenbank abgelegt. Beim JBoss ist dies die Hypersonic-Datenbank, die mit einer einfachen Administrationsoberfläche ausgeliefert wird:



Die erzeugte Tabelle hat folgende Definition:

```
create table FlatBook (isbn varchar(255) not null, description
varchar(255), title varchar(255), price double not null, pages
integer not null, primary key (isbn))
```

Die Struktur der Tabelle wurde offensichtlich aus dem Namen der Entity-Klasse gebildet. Alle Attribute werden als persistent angenommen und die zugehörigen SQL-Typen aus dem Java-Typ abgeleitet.

1.3.2 ExtendedFlatBook

Mit den Annotations `@Table`, `@Basic`, `@Transient` und `@Column` werden zusätzlich Metadaten eingeführt:

```
@Entity
@Table(name = "EXTENDED_FLAT_BOOK", uniqueConstraints =
@UniqueConstraint(columnNames = { "COL_TITLE" }))
public class ExtendedFlatBook implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private String isbn;

    private String title;

    private int pages;

    private double price;

    private String description;

    private boolean available;

    @Transient
    public boolean isAvailable() {
        return available;
    }

    public void setAvailable(boolean available) {
        this.available = available;
    }

    @Basic(optional=false)
    public String getDescription() {
        return description;
    }

    public void setDescription(String description) {
        this.description = description;
    }

    @Id
    public String getIsbn() {
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(String isbn) {
        this.isbn = isbn;
    }

    public int getPages() {
        return pages;
    }

    public void setPages(int pages) {
        this.pages = pages;
    }

    public double getPrice() {
```

```

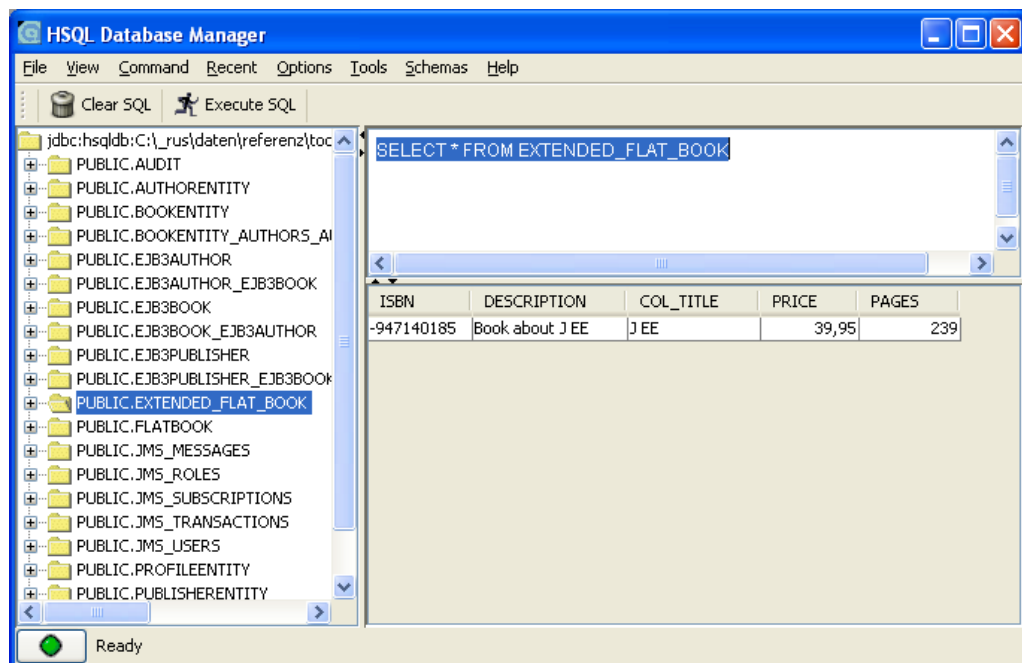
        return price;
    }

    public void setPrice(double price) {
        this.price = price;
    }

    @Column(length=100, name="COL_TITLE")
    public String getTitle() {
        return title;
    }

    public void setTitle(String title) {
        this.title = title;
    }
}

```



Die Tabellendefinition lautet nun:

```

create table EXTENDED FLAT BOOK (isbn varchar(255) not null,
description varchar(255) not null, COL_TITLE varchar(100),
price double not null, pages integer not null, primary key
(isbn), unique (COL_TITLE))

```

- Der Name der Tabelle sowie der Unique-Constraint wird aus @Table übernommen
- Name Länge der description-Spalte werden aus @Column gelesen
- Das @Transient-Attribut available ist nicht innerhalb der Tabelle abgelegt

1.3.3 GeneratedKeyFlatBook

Der Primärschlüssel des Buches kann auch automatisch erzeugt werden. Dazu dient die Annotation `@GeneratedValue`:

```
@Entity
public class GeneratedKeyFlatBook implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private Long isbn;

    private String title;

    private int pages;

    private double price;

    private String description;

    public String getDescription() {
        return description;
    }

    public void setDescription(String description) {
        this.description = description;
    }

    @Id
    @GeneratedValue(strategy=GenerationType.SEQUENCE)
    public Long getIsbn() {
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(Long isbn) {
        this.isbn = isbn;
    }

    public int getPages() {
        return pages;
    }

    public void setPages(int pages) {
        this.pages = pages;
    }

    public double getPrice() {
        return price;
    }

    public void setPrice(double price) {
        this.price = price;
    }

    public String getTitle() {
        return title;
    }

    public void setTitle(String title) {
        this.title = title;
    }
}
```

Der Typ der `isbn` wird für die gewählte Strategie der Schlüsselerzeugung (fortlaufende Sequenz) auf `Long` geändert.

Die Tabellendefinition lautet nun:

```
create table GeneratedKeyFlatBook (isbn bigint not null,
description varchar(255), title varchar(255), price double not
null, pages integer not null, primary key (isbn))
```

Der Primärschlüssel wird dabei aus einer separat angelegten Sequenz-Tabelle entnommen.

Wird die Strategie auf `GenerationType.AUTO` geändert, so lautet die Tabellendefinition:

```
create table GeneratedKeyFlatBook (isbn bigint generated by
default as identity (start with 1), description varchar(255),
title varchar(255), price double not null, pages integer not
null, primary key (isbn))
```

1.3.4 CompositeKeyFlatBook

Wird ein zusammengesetzter Schlüssel benötigt, so wird dafür eine eigene Klasse geschrieben, die alle Attribute des Composite Keys besitzt sowie die Semantik eines Value Objects (`equals`, `hashCode`...) besitzt:

```
final public class Isbn implements java.io.Serializable {

    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private String languageCode;

    private String publisherNumber;

    private String bookNumber;

    private String checkNumber;

    public Isbn() {
        super();
    }

    public Isbn(String language, String publisherNumber, String
bookNumber,
        String check) {
        this.languageCode = language;
        this.publisherNumber = publisherNumber;
        this.bookNumber = bookNumber;
        this.checkNumber = check;
        if (this.getStringValue().length() != 13)
            throw new IllegalArgumentException();
    }
}
```

```
public Isbn(String isbn) {
    String[] tokens = isbn.split("-");
    this.languageCode = tokens[0];
    this.publisherNumber = tokens[1];
    this.bookNumber = tokens[2];
    this.checkNumber = tokens[3];
    if (this.getStringValue().length() != 13)
        throw new IllegalArgumentException();
}

public String getLanguageCode() {
    return this.languageCode;
}

public String getPublisherNumber() {
    return this.publisherNumber;
}

public String getBookNumber() {
    return this.bookNumber;
}

public String getCheckNumber() {
    return this.checkNumber;
}

@Transient
public String getStringValue() {
    return this.languageCode + "-" + this.publisherNumber + "-"
        + this.bookNumber + "-" + this.checkNumber;
}

@Override
public boolean equals(Object other) {
    if (!(other instanceof Isbn))
        return false;
    Isbn isbn = (Isbn) other;
    return this.languageCode.equals(isbn.languageCode)
        && this.publisherNumber.equals(isbn.publisherNumber)
        && this.bookNumber.equals(isbn.bookNumber)
        && this.checkNumber.equals(isbn.checkNumber);
}

@Override
public int hashCode() {
```

```
        return this.languageCode.hashCode() +
this.publisherNumber.hashCode()
            + this.bookNumber.hashCode() +
this.checkNumber.hashCode();
    }

    @Override
    public String toString() {
        return this.getClass().getName() + " [" +
this.getStringValue() + "];"
    }

    public void setBookNumber(String bookNumber) {
        this.bookNumber = bookNumber;
    }

    public void setCheckNumber(String check) {
        this.checkNumber = check;
    }

    public void setLanguageCode(String language) {
        this.languageCode = language;
    }

    public void setPublisherNumber(String publisherNumber) {
        this.publisherNumber = publisherNumber;
    }
}
```

Zu beachten hier ist die Verwendung der `@Transient`-Annotation: Diese ist hier notwendig da sonst in der Entity-Klasse nach einem Attribut "stringValue" als Bestandteil des Schlüssels gesucht werden würde.

Die zugehörige Entity definiert die Primary-Key-Klasse durch @IdClass:

```
@IdClass(Isbn.class)
@Entity
public class CompositeKeyFlatBook implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private Isbn isbn;

    private String title;

    private String language;

    private String publisherNumber;

    private String bookNumber;

    private String check;

    @Transient
    public Isbn getIsbn() {
        if (isbn == null) {
            isbn = new Isbn(getLanguageCode(), getPublisherNumber(),
                getBookNumber(), getCheckNumber());
        }
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(Isbn isbn) {
        this.isbn = isbn;
        setPublisherNumber(isbn.getPublisherNumber());
        setBookNumber(isbn.getBookNumber());
        setCheckNumber(isbn.getCheckNumber());
        setLanguageCode(isbn.getLanguageCode());
    }

    @Id
    public String getBookNumber() {
        return bookNumber;
    }

    public void setBookNumber(String bookNumber) {
        this.bookNumber = bookNumber;
    }

    @Id
    public String getCheckNumber() {
```

```
        return check;
    }

    public void setCheckNumber(String check) {
        this.check = check;
    }

    @Id
    public String getLanguageCode() {
        return language;
    }

    public void setLanguageCode(String language) {
        this.language = language;
    }

    @Id
    public String getPublisherNumber() {
        return publisherNumber;
    }

    public void setPublisherNumber(String publisherNumber) {
        this.publisherNumber = publisherNumber;
    }

    public String getTitle() {
        return title;
    }

    public void setTitle(String title) {
        this.title = title;
    }
}
```

Auch hier wird `@Transient` verwendet, um die nur aus der Objektorientierten Modellierung sinnvollen Methode `getIsbn()` nicht als persistente Property zu interpretieren und in der Datenbank abzulegen.

Die zugehörige Datenbanktabelle wird durch das folgende Statement definiert:

```
create table CompositeKeyFlatBook (publisherNumber varchar(255)
not null, bookNumber varchar(255) not null, languageCode
varchar(255) not null, checkNumber varchar(255) not null, title
varchar(255), primary key (publisherNumber, bookNumber,
languageCode, checkNumber))
```

1.3.5 EmbeddedKeyFlatBook

Der Primärschlüssel kann aber auch als Beispiel für einen "Embedded" Typ verwendet werden. Dabei werden Attribute einer Entity im Objektmodell zu einer eigenen Klasse zusammengefasst, die keine eigene Entity ist, deshalb so im Datenmodell nicht auftritt. Embedded Typen sind somit klar von Relationen zu trennen.

Dazu dienen die Annotations `@Embeddable`, `@Embedded` und `@EmbeddedId`.

`@Embeddable` sind in diesem Beispiel die `Isbn` und eine Buch-Beschreibung:

```
@Embeddable
final public class IsbnPk implements java.io.Serializable {

    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private String languageCode;

    private String publisherNumber;

    private String bookNumber;

    private String checkNumber;

    public IsbnPk() {
        super();
    }

    public IsbnPk(String language, String publisherNumber, String
bookNumber,
        String check) {
        this.languageCode = language;
        this.publisherNumber = publisherNumber;
        this.bookNumber = bookNumber;
        this.checkNumber = check;
        if (this.getStringValue().length() != 13)
            throw new IllegalArgumentException();
    }

    public IsbnPk(String isbn) {
        String[] tokens = isbn.split("-");
        this.languageCode = tokens[0];
        this.publisherNumber = tokens[1];
        this.bookNumber = tokens[2];
        this.checkNumber = tokens[3];
        if (this.getStringValue().length() != 13)
            throw new IllegalArgumentException();
    }

    public String getLanguageCode() {
        return this.languageCode;
    }

    public String getPublisherNumber() {
        return this.publisherNumber;
    }
}
```

```
}

public String getBookNumber() {
    return this.bookNumber;
}

public String getCheckNumber() {
    return this.checkNumber;
}

@Transient
public String getStringValue() {
    return this.languageCode + "-" + this.publisherNumber + "-"
        + this.bookNumber + "-" + this.checkNumber;
}

@Override
public boolean equals(Object other) {
    if (!(other instanceof IsbnPk))
        return false;
    IsbnPk isbn = (IsbnPk) other;
    return this.languageCode.equals(isbn.languageCode)
        && this.publisherNumber.equals(isbn.publisherNumber)
        && this.bookNumber.equals(isbn.bookNumber)
        && this.checkNumber.equals(isbn.checkNumber);
}

@Override
public int hashCode() {
    return this.languageCode.hashCode() +
this.publisherNumber.hashCode()
        + this.bookNumber.hashCode() +
this.checkNumber.hashCode();
}

@Override
public String toString() {
    return this.getClass().getName() + " [" +
this.getStringValue() + "];"
}

public void setBookNumber(String bookNumber) {
    this.bookNumber = bookNumber;
}

public void setCheckNumber(String check) {
    this.checkNumber = check;
}

public void setLanguageCode(String language) {
    this.languageCode = language;
}

public void setPublisherNumber(String publisherNumber) {
    this.publisherNumber = publisherNumber;
}
}

@Embeddable
public class BookInfo implements Serializable {
```



```
private static final long serialVersionUID = 1L;

private String description;

private int pages;

public String getDescription() {
    return description;
}

public void setDescription(String description) {
    this.description = description;
}

public int getPages() {
    return pages;
}

public void setPages(int pages) {
    this.pages = pages;
}

@Override
public boolean equals(Object other) {
    if (!(other instanceof BookInfo))
        return false;
    BookInfo bookInfo = (BookInfo) other;
    return this.description.equals(bookInfo.description)
        && (this.pages == bookInfo.pages);
}

@Override
public int hashCode() {
    return this.description.hashCode() + pages;
}
}
```

Die Entity-Klasse verwendet diese Klassen als Primärschlüssel (`@EmbeddedId`) bzw. als normales Attribut (`@EmbeddedId`):

```
@Entity
public class EmbeddedKeyFlatBook implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private ISBNPk isbn;

    private String title;

    private BookInfo bookInfo;

    @EmbeddedId
    public ISBNPk getIsbn() {
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(ISBNPk isbn) {
        this.isbn = isbn;
    }

    public String getTitle() {
        return title;
    }

    public void setTitle(String title) {
        this.title = title;
    }

    @Embedded
    public BookInfo getBookInfo() {
        return bookInfo;
    }

    public void setBookInfo(BookInfo bookInfo) {
        this.bookInfo = bookInfo;
    }
}
```

Die Tabellenstruktur enthält alle Attribute der eingebetteten Typen in einzelnen Spalten:

```
create table EmbeddedKeyFlatBook (publisherNumber varchar(255)
not null, bookNumber varchar(255) not null, languageCode
varchar(255) not null, checkNumber varchar(255) not null, title
varchar(255), description varchar(255), pages integer not null,
primary key (publisherNumber, bookNumber, languageCode,
checkNumber))
```

1.3.6 Vererbung

Entities können im Objektmodell in einer polymorphen Vererbungshierarchie stehen. Im Datenmodell kann dieses durch verschiedene Strategien nachgebildet werden:

- Eine Typspalte innerhalb einer Tabelle, die alle Attribute aller Subklassen gemeinsam enthält
- Pro Typ wird eine eigene Tabelle verwendet
- Basisklassen und Subklassen werden durch eine Relation miteinander verknüpft

1.3.6.1 Single Table Inheritance

Book, SchoolBook und SpecialistBook stehen in einer einfachen Vererbungshierarchie, die durch eine einzige Tabelle abgebildet werden soll:

Book ist eine abstrakte Klasse, die den Primärschlüssel und die Basis-Attribute eins Buches definiert:

```
@Entity
@Table(name="SingleTableInheritanceBook")
public abstract class Book implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private String isbn;

    private String title;

    @Id
    public String getIsbn() {
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(String isbn) {
        this.isbn = isbn;
    }

    public String getTitle() {
        return title;
    }

    public void setTitle(String title) {
        this.title = title;
    }
}
```

Um eine abgeleitete Klasse, z.B. `SchoolBook` definieren zu können, werden die folgenden Annotations benutzt:

- `@Inheritance` definiert die Strategie der Umsetzung in das Datenmodell durch die Enumeration `javax.persistence.InheritanceStrategy`. Für das hier gewählte Beispiel wird `SINGLE_TABLE` gewählt:
- Die zur Typ-Unterscheidung benutzte Spalte wird mit `@DiscriminatorColumn` definiert. Hier erfolgt die Angabe des Spaltennamens sowie des zu verwendende Typs
- Die Typinformation erfolgt durch die Angabe eines Wertes der Spalte. Dieser wird mit dem `@DiscriminatorValue` angegeben

```
@Entity
@Inheritance(strategy=InheritanceType.SINGLE_TABLE)
@DiscriminatorColumn(name="book_type",
discriminatorType=DiscriminatorType.STRING)
@DiscriminatorValue("School")
public class SchoolBook extends Book{

    private static final long serialVersionUID = 1L;
    private byte year;
    private String subject;
    public String getSubject() {
        return subject;
    }
    public void setSubject(String subject) {
        this.subject = subject;
    }
    public byte getYear() {
        return year;
    }
    public void setYear(byte year) {
        this.year = year;
    }
}
```

Die weitere Subklasse `SpecialistBook` wird analog definiert. Allerdings wird hier nun natürlich ein anderes `@DiscriminatorValue` benutzt:

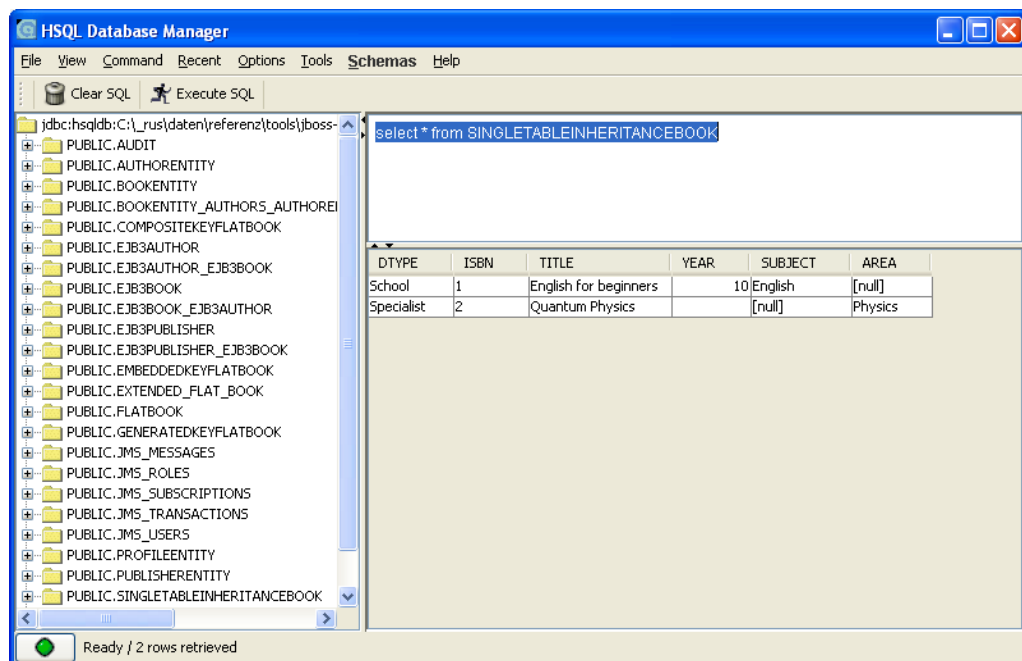
```
@Entity
@Inheritance(strategy=InheritanceType.SINGLE_TABLE)
@DiscriminatorColumn(name="book_typ",
discriminatorType=DiscriminatorType.STRING)
@DiscriminatorValue("Specialist")
public class SpecialistBook extends Book{

    private static final long serialVersionUID = 1L;
    private String area;
    public String getArea() {
        return area;
    }
    public void setArea(String subject) {
        this.area = subject;
    }
}
```

Die zugehörige Tabellendefinition erfordert für die Attribute der Subklassen Spaltendefinitionen mit möglichen `null`-Werten:

```
create table SingleTableInheritanceBook (DTYPE varchar(31) not
null, isbn varchar(255) not null, title varchar(255), year
tinyint, subject varchar(255), area varchar(255), primary key
(isbn))
```

Die exemplarisch angelegten Datensätze für ein `SchoolBook` und ein `SpecialistBook` füllen die Tabelle mit den jeweils vorhandenen Attributen:



1.3.6.2 Table per Class

Mit dieser Strategie wird pro nicht-abstrakte Klasse der Vererbungshierarchie eine eigene Tabelle angelegt:

```
@Entity(name="TablePerClassBook")
@Inheritance(strategy = InheritanceType.TABLE_PER_CLASS)
public abstract class Book implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private String isbn;

    private String title;

    @Id
    public String getIsbn() {
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(String isbn) {
        this.isbn = isbn;
    }

    public String getTitle() {
        return title;
    }

    public void setTitle(String title) {
        this.title = title;
    }
}
```

```
@Entity(name="TablePerClassSchoolBook")
@Table(name="TablePerClassSchoolBook")
public class SchoolBook extends Book {

    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private byte year;

    private String subject;

    public String getSubject() {
        return subject;
    }

    public void setSubject(String subject) {
        this.subject = subject;
    }

    public byte getYear() {
        return year;
    }

    public void setYear(byte year) {
        this.year = year;
    }
}
```

```
@Entity(name="TablePerClassSpecialistBook")
@Table(name="TablePerClassSpecialistBook")
public class SpecialistBook extends Book{

    private static final long serialVersionUID = 1L;
    private String area;
    public String getArea() {
        return area;
    }
    public void setArea(String subject) {
        this.area = subject;
    }
}
```

Die beiden Tabellen enthalten jeweils alle Attribute:

```
create table TablePerClassSchoolBook (isbn varchar(255) not
null, title varchar(255), year tinyint not null, subject
varchar(255), primary key (isbn))
create table TablePerClassSpecialistBook (isbn varchar(255) not
null, title varchar(255), area varchar(255), primary key
(isbn))
```

1.3.6.3 Vererbung durch Relationen

Hier wird die Vererbung durch relational verknüpfte Tabellen aufgebaut.

```
@Entity(name="JoinTableBook")
@Inheritance(strategy = InheritanceType.JOINED)
public abstract class Book implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private String isbn;

    private String title;

    @Id
    public String getIsbn() {
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(String isbn) {
        this.isbn = isbn;
    }

    public String getTitle() {
        return title;
    }

    public void setTitle(String title) {
        this.title = title;
    }
}
```

```
@Entity(name="JoinTableSchoolBook")
@Table(name="JoinTableSchoolBook")
public class SchoolBook extends Book {

    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private byte year;

    private String subject;

    public String getSubject() {
        return subject;
    }

    public void setSubject(String subject) {
        this.subject = subject;
    }

    public byte getYear() {
        return year;
    }

    public void setYear(byte year) {
        this.year = year;
    }
}
```

```
@Entity(name="JoinTableSpecialistBook")
@Table(name="JoinTableSpecialistBook")
public class SpecialistBook extends Book{

    private static final long serialVersionUID = 1L;
    private String area;
    public String getArea() {
        return area;
    }
    public void setArea(String subject) {
        this.area = subject;
    }
}
```

Jetzt wird auch für die abstrakte Basisklasse eine Tabelle angelegt. Dadurch werden redundante Spaltendefinitionen vermieden:

```
create table JoinTableBook (isbn varchar(255) not null, title
varchar(255), primary key (isbn))
```

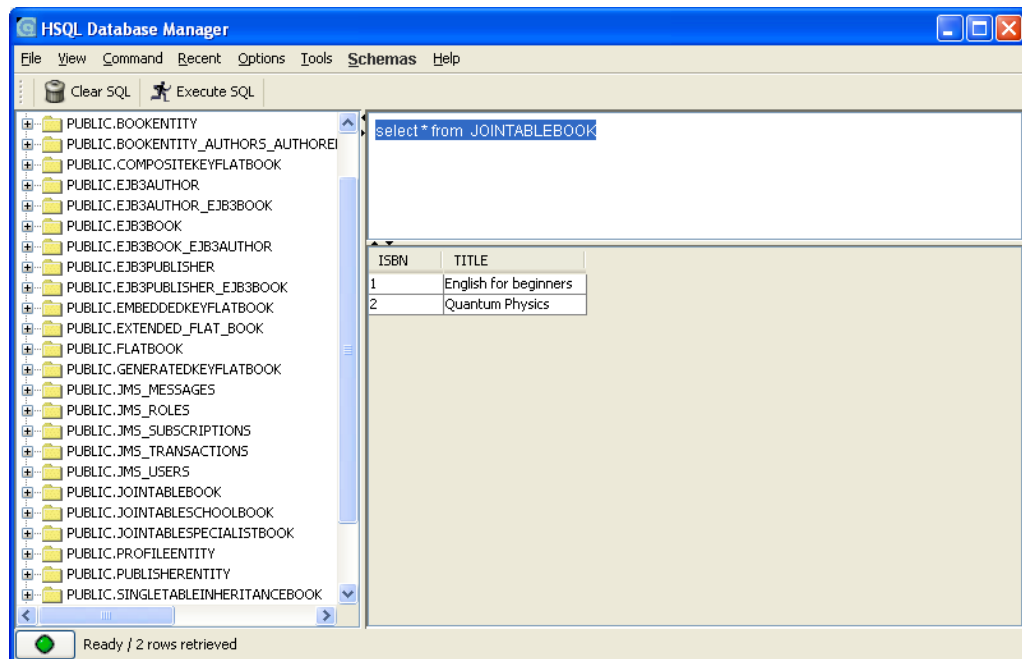
```
create table JoinTableSchoolBook (isbn varchar(255) not null,
year tinyint not null, subject varchar(255), primary key
(isbn))
```

```
create table JoinTableSpecialistBook (isbn varchar(255) not
null, area varchar(255), primary key (isbn))
```

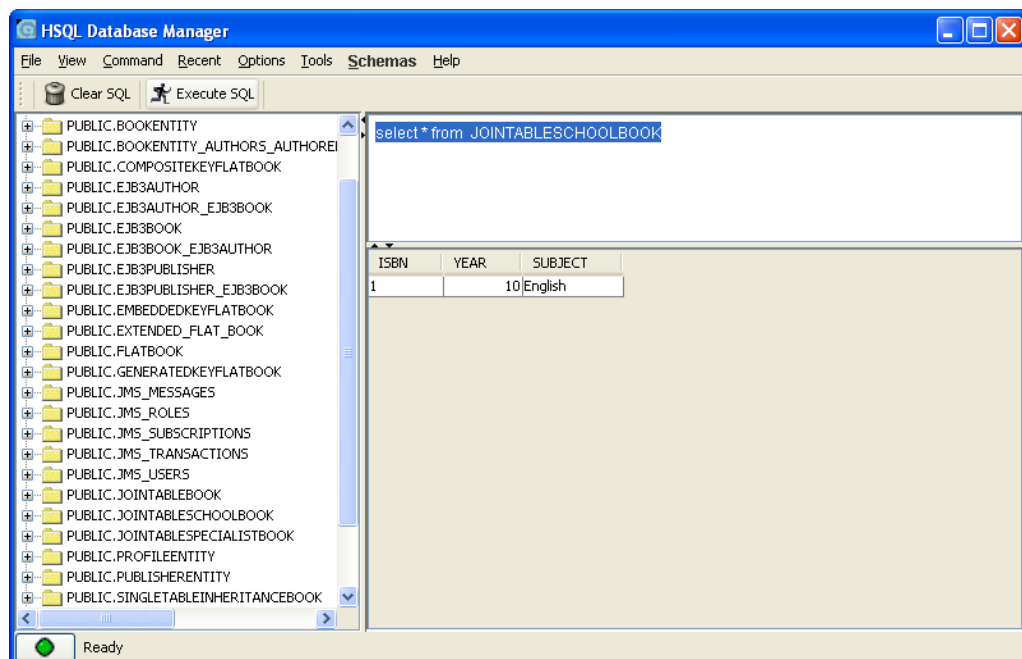
Dazu kommen noch die beiden Constraints, die die Relation aufbauen:


```
alter table JoinTableSchoolBook add constraint  
FK7E47C841D158C7C8 foreign key (isbn) references JoinTableBook  
alter table JoinTableSpecialistBook add constraint  
FKCFE6357ED158C7C8 foreign key (isbn) references JoinTableBook
```

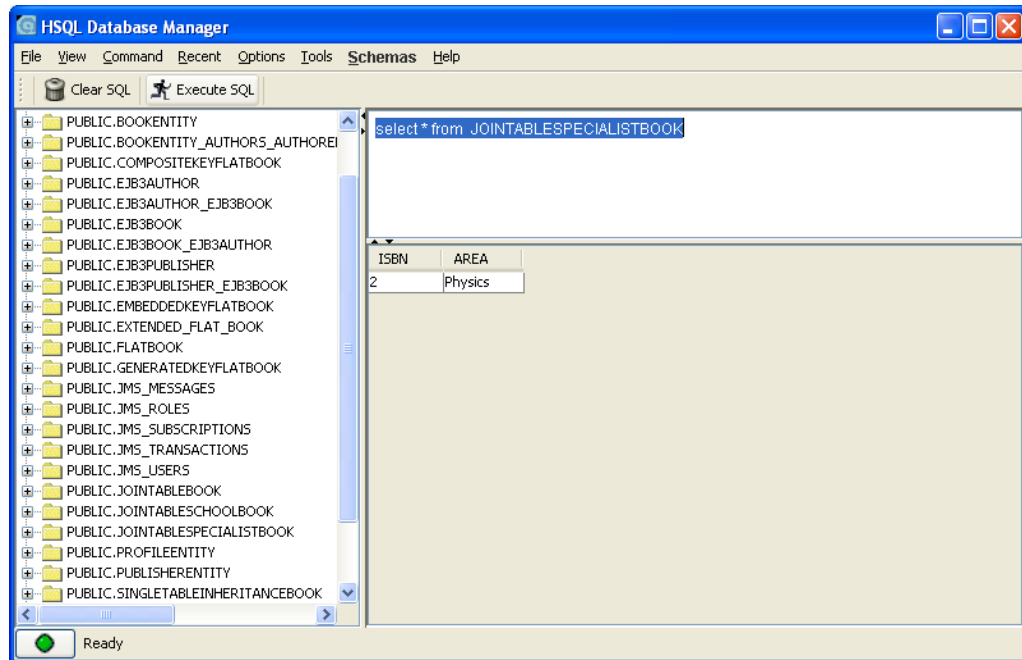
Die Einträge in der Haupttabelle lauten:



Die Schulbuch-Tabelle enthält den folgende Eintrag:



Das Fachbuch analog:



1.3.7 Mehrere Tabellen pro Entity

Eine Entity kann auch auf mehrere Tabellen umgesetzt werden. Dazu dient die Annotation `@SecondaryTable`. Im folgenden Beispiel hat jedes Buch eine Verfügbarkeit, die in einer anderen Tabelle (`BOOK_STOCK`) abgelegt ist:

```
@Entity
@SecondaryTable(name="BOOK_STOCK",
pkJoinColumns={@PrimaryKeyJoinColumn(name="isbn")})
public class MultiTableBook implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private String isbn;

    private String title;

    private boolean available;

    @Column(name="COL AVAILABLE", table="BOOK STOCK")
    public boolean isAvailable() {
        return available;
    }

    public void setAvailable(boolean available) {
        this.available = available;
    }

    @Id
    public String getIsbn() {
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(String isbn) {
        this.isbn = isbn;
    }
}
```

```
public String getTitle() {
    return title;
}

public void setTitle(String title) {
    this.title = title;
}
}
```

Die Einträge für ein `MultiTableBook` sind auf zwei Tabellen verteilt:

```
create table MultiTableBook (isbn varchar(255) not null, title
varchar(255), primary key (isbn))

create table BOOK_STOCK (COL_AVAILABLE bit, isbn varchar(255)
not null, primary key (isbn))
```

1.3.8 Relationen

1.3.8.1 One-to-One

Ein Mapping einer Entity auf mehrere Tabellen ist eine Vorstufe zu einer One-to-One-Relation. Allerdings werden für eine echte Relation zwei Entitäten benötigt. So hat im Folgenden jedes Buch eine Verkaufsstatistik:

```
@Entity(name="OneToOneRelationBook")
public class Book implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private String isbn;

    private String title;

    private BookStatistics bookStatistics;

    @Id
    public String getIsbn() {
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(String isbn) {
        this.isbn = isbn;
    }

    public String getTitle() {
        return title;
    }

    public void setTitle(String title) {
        this.title = title;
    }

    @OneToOne(optional=false, cascade={CascadeType.ALL})
    @JoinColumn()
```

```
        name="BOOK_STATISTICS_ID", unique=true, nullable=false,
        updatable=false)
    public BookStatistics getBookStatistics() {
        return bookStatistics;
    }

    public void setBookStatistics(BookStatistics bookStatistics)
    {
        this.bookStatistics = bookStatistics;
    }
}
```

```
@Entity(name="OneToOneBookStatistics")
public class BookStatistics implements Serializable{

    private Long id;

    private int sold;

    public int getSold() {
        return sold;
    }

    public void setSold(int sold) {
        this.sold = sold;
    }

    private Book book;

    @OneToOne(optional=false, mappedBy="bookStatistics")
    public Book getBook() {
        return book;
    }

    public void setBook(Book book) {
        this.book = book;
    }

    @Id
    @GeneratedValue(strategy=GenerationType.AUTO)

    public Long getId() {
        return id;
    }

    public void setId(Long id) {
        this.id = id;
    }
}
```

Die erzeugten Tabellen und Constraints lauten:

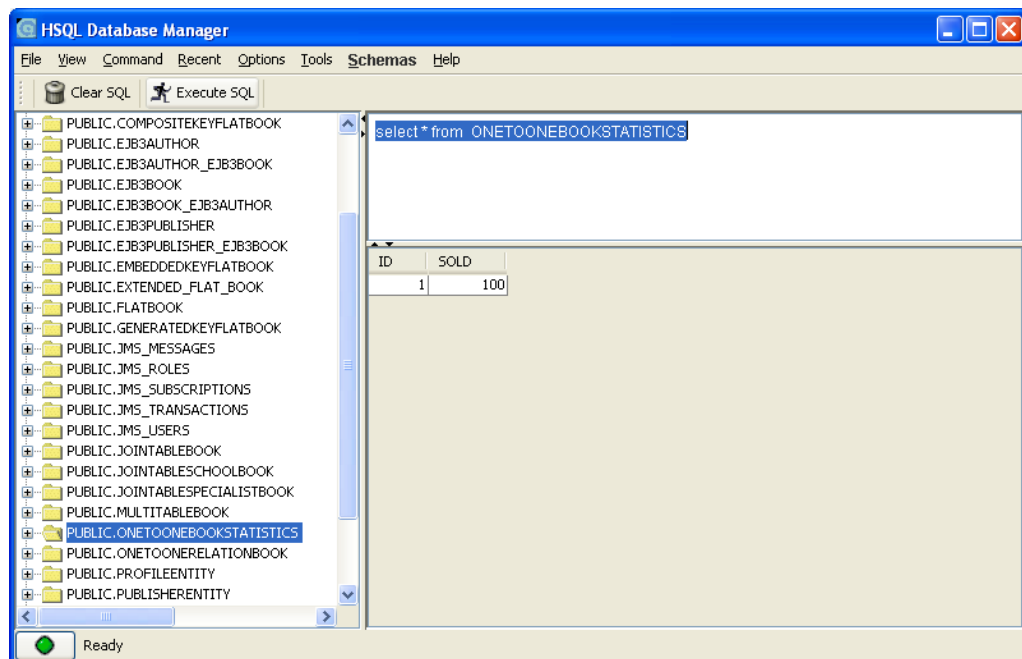
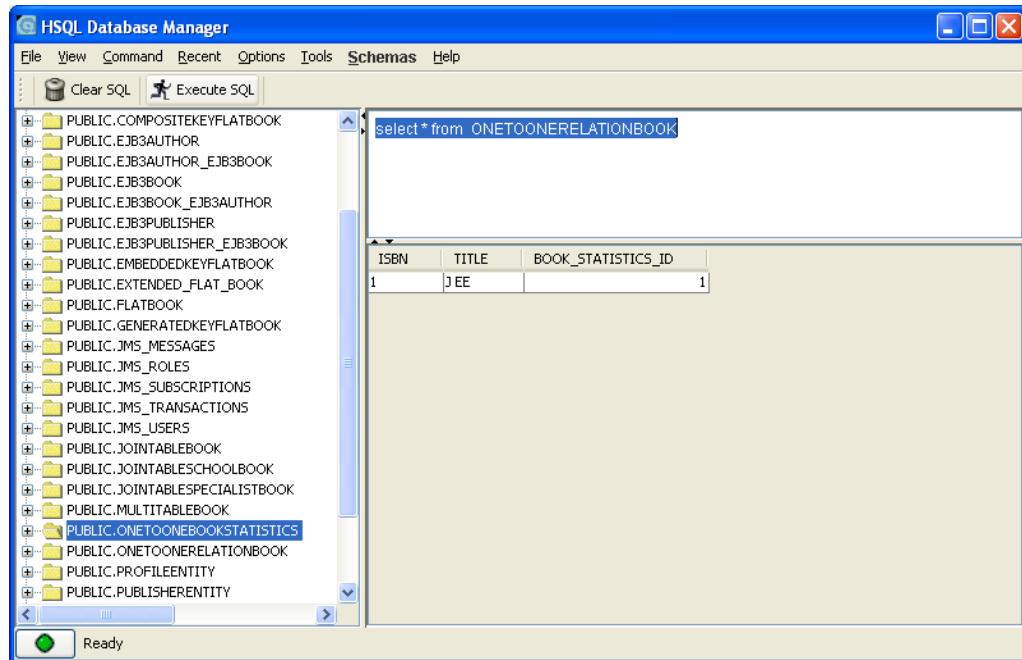
```
create table OneToOneRelationBook (isbn varchar(255) not null,  
title varchar(255), BOOK_STATISTICS_ID bigint not null, primary  
key (isbn), unique (BOOK_STATISTICS_ID))  
  
create table OneToOneBookStatistics (id bigint generated by  
default as identity (start with 1), sold integer not null,  
primary key (id))  
  
alter table OneToOneRelationBook add constraint  
FK897F06EAF23BD925 foreign key (BOOK_STATISTICS_ID) references  
OneToOneBookStatistics
```

Für die Definition der hier verwendeten bidirektionalen Relation sind die folgenden Informationen vorhanden:

- Der jeweilige Typ der Entity ist durch den Typ der Property bekannt
- Durch die `@OneToOne`-Annotation auf Seite der `Book`-Entity wird die Fremdschlüssel-Spalte angegeben. Damit bei der Neuanlage eines Buches auch die Statistik angelegt wird, wird hier die Kaskadierung aktiviert (`cascade=CascadTyp.ALL`)
- Der Fremdschlüssel wird durch `@JoinColumn` bestimmt. Nullwerte sind bei der One-to-One-Relation nicht zulässig, der Wert wird durch die Relation bestimmt und ist deshalb bei Aktualisierungen nicht zu berücksichtigen. Die Spalte enthält exakt einen Verweis auf die `OneToOneBookStatistics`-Tabelle und muss deshalb eindeutig sein
- Auf Seiten der `BookStatistic` wird in der `@OneToOne` angegeben, dass jedes Buch eine Statistik haben muss (`optional = false`). Alle weiteren Informationen die Relation betreffend können aus der Annotation auf der `Book`-Seite gelesen werden. Deshalb wird der Name der Property noch benötigt (`mappedBy="bookStatistics"`)

Das Einfügen von Daten erfolgt exemplarisch durch die folgende Testmethode:

```
public void testOneToOneEntity() {  
    Book book = new Book();  
    book.setIsbn("1");  
    BookStatistics bookStatistics = new BookStatistics();  
    bookStatistics.setSold(100);  
    book.setTitle("J EE");  
    book.setBookStatistics(bookStatistics);  
    bookStatistics.setBook(book);  
    entityManager.persist(book);  
}
```



1.3.8.2 One-to-Many

Die Definition einer One-to-Many-Relation benutzt in der Objektorientierten Welt das Collection-API. Im folgenden Beispiel hat ein Verleger eine Menge von Büchern:

```
@Entity(name="OneToManyRelationBook")
public class Book implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private Long isbn;

    private String title;

    private Publisher publisher;
    @Id
    @GeneratedValue(strategy=GenerationType.AUTO)
    public Long getIsbn() {
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(Long isbn) {
        this.isbn = isbn;
    }

    @ManyToOne
    @JoinColumn(name="PUBLISHER_ID", nullable=false)
    public Publisher getPublisher() {
        return publisher;
    }

    public void setPublisher(Publisher publisher) {
        this.publisher = publisher;
    }

    public String getTitle() {
        return title;
    }

    public void setTitle(String title) {
        this.title = title;
    }

    @Override
    public boolean equals(Object obj) {
        return EqualsBuilder.reflectionEquals(this, obj);
    }
    @Override
    public int hashCode() {
        return title.hashCode();
    }
    @Override
    public String toString() {
        return ToStringBuilder.reflectionToString(this,
        ToStringStyle.MULTI_LINE_STYLE);
    }
}
@Entity
public class Publisher implements Serializable{
```

```

private static final long serialVersionUID = 1L;
private Long publisherId;
private String publisherName;
private Set<Book> books;

@OneToMany(cascade=CascadeType.ALL, mappedBy="publisher")
public Set<Book> getBooks() {
    return books;
}
public void setBooks(Set<Book> books) {
    this.books = books;
}

@Id
@GeneratedValue(strategy=GenerationType.AUTO)
public Long getPublisherId() {
    return publisherId;
}
public void setPublisherId(Long publisherId) {
    this.publisherId = publisherId;
}
public String getPublisherName() {
    return publisherName;
}
public void setPublisherName(String publisherName) {
    this.publisherName = publisherName;
}
@Override
public boolean equals(Object obj) {
    return EqualsBuilder.reflectionEquals(this, obj);
}
@Override
public int hashCode() {
    return publisherName.hashCode();
}
@Override
public String toString() {
    return ToStringBuilder.reflectionToString(this,
ToStringStyle.MULTI_LINE_STYLE);
}
}

```

Die Tabellendefinitionen und Constraints lauten:

```

create table Publisher (publisherId bigint generated by default
as identity (start with 1), publisherName varchar(255), primary
key (publisherId))

create table OneToManyRelationBook (isbn bigint generated by
default as identity (start with 1), title varchar(255),
PUBLISHER_ID bigint not null, primary key (isbn))

alter table OneToManyRelationBook add constraint
FKB0D3388598F3FFB foreign key (PUBLISHER_ID) references
Publisher

```

Das Hinzufügen von Büchern zu einem Verleger erfolgt, wie bereits erwähnt, durch das Collection-API. Es ist deshalb absolut notwendig, für

korrekte Implementierungen von `equals` und `hashCode` zu sorgen, da ansonsten Einträge mehrfach im Set vorhanden sein könnten, was dann zu Fehlern bei der Umsetzung in das relationale Datenmodell führen würde. Hier werden zur Vereinfachung einige Klassen des Apache Commons Language-Paktes verwendet.

Das Einfügen von Daten erfolgt exemplarisch durch die folgende Testmethode:

```
public void testOneToManyEntity() {
    Publisher publisher = new Publisher();
    publisher.setPublisherName("Addison");

    org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.one_to_many.Book book1 = new
    org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.one_to_many.Book();
    book1.setTitle("Book1");
    book1.setPublisher(publisher);

    org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.one_to_many.Book book2 = new
    org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.one_to_many.Book();
    book2.setTitle("Book2");
    book2.setPublisher(publisher);

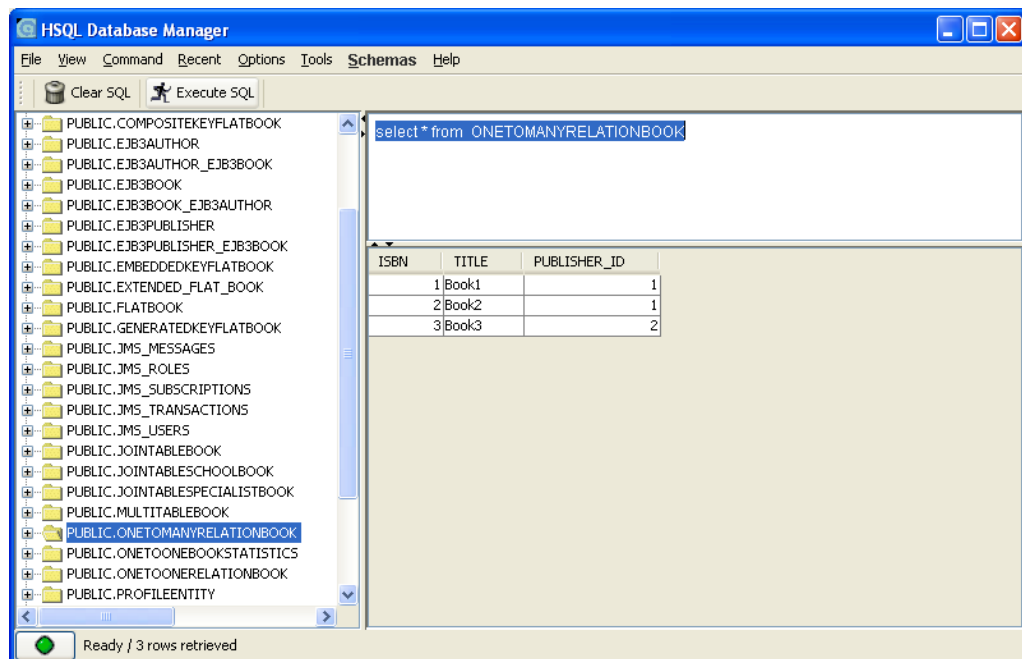
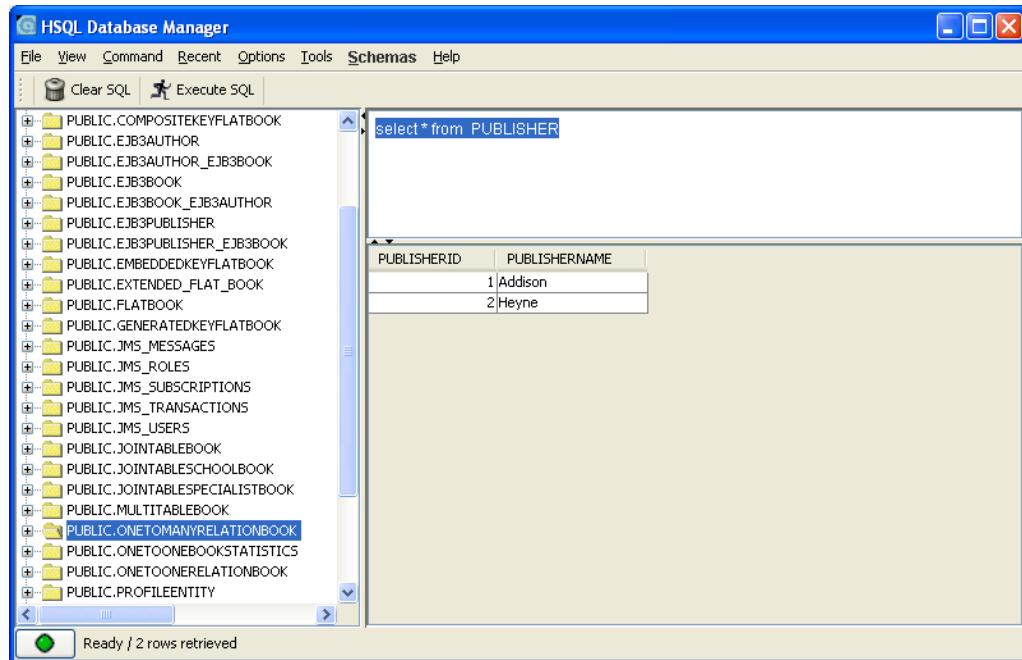
    HashSet<org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.one_to_many.Book> books = new
    HashSet<org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.one_to_many.Book>();
    books.add(book1);
    books.add(book2);
    publisher.setBooks(books);

    Publisher publisher2 = new Publisher();
    publisher2.setPublisherName("Heyne");

    org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.one_to_many.Book book3 = new
    org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.one_to_many.Book();
    book3.setTitle("Book3");
    book3.setPublisher(publisher2);

    HashSet<org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.one_to_many.Book> books2 = new
    HashSet<org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.one_to_many.Book>();
    books2.add(book3);
    publisher.setBooks(books);
    publisher2.setBooks(books2);

    entityManager.persist(publisher);
    entityManager.persist(publisher2);
}
```



1.3.8.3 Many-to-Many

Auch Many-to-Many-Relationen benutzen in der Objektorientierten Welt das Collection-API. Im folgenden Beispiel hat jedes Buch eine Liste von Büchern:

```
@Entity(name = "ManyToManyRelationBook")
public class Book implements Serializable {
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private Long isbn;

    private String title;

    private List<Author> authors;

    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
    public Long getIsbn() {
        return isbn;
    }

    public void setIsbn(Long isbn) {
        this.isbn = isbn;
    }

    public String getTitle() {
        return title;
    }

    public void setTitle(String title) {
        this.title = title;
    }

    @Override
    public boolean equals(Object obj) {
        return EqualsBuilder.reflectionEquals(this, obj);
    }

    @Override
    public int hashCode() {
        return title.hashCode();
    }

    @Override
    public String toString() {
        return ToStringBuilder.reflectionToString(this,
            ToStringStyle.MULTI_LINE_STYLE);
    }

    @ManyToMany(cascade = { CascadeType.ALL })
    @JoinTable(name = "BOOKS_AUTHORS", joinColumns = {
        @JoinColumn(name = "ISBN") }, inverseJoinColumns = {
        @JoinColumn(name = "AUTHOR_ID") })
    public List<Author> getAuthors() {
        return authors;
    }

    public void setAuthors(List<Author> authors) {
```

```
        this.authors = authors;
    }
}
```

```
@Entity
public class Author implements Serializable {

    /**
     *
     */
    private static final long serialVersionUID = 1L;

    private Long authorId;

    private String authorName;

    private Set<Book> books;

    @ManyToMany(cascade = { CascadeType.ALL }, mappedBy =
"authors")
    public Set<Book> getBooks() {
        return books;
    }

    public void setBooks(Set<Book> books) {
        this.books = books;
    }

    @Id
    @GeneratedValue(strategy = GenerationType.AUTO)
    public Long getAuthorId() {
        return authorId;
    }

    public void setAuthorId(Long publisherId) {
        this.authorId = publisherId;
    }

    public String getAuthorName() {
        return authorName;
    }

    public void setAuthorName(String publisherName) {
        this.authorName = publisherName;
    }

    @Override
    public boolean equals(Object obj) {
        return EqualsBuilder.reflectionEquals(this, obj);
    }

    @Override
    public int hashCode() {
        return authorName.hashCode();
    }

    @Override
```

```
public String toString() {  
    return ToStringBuilder.reflectionToString(this,  
        ToStringStyle.MULTI_LINE_STYLE);  
}  
}
```

Die Tabellendefinitionen und Constraints lauten:

```
create table Author (authorId bigint generated by default as  
identity (start with 1), authorName varchar(255), primary key  
(authorId))  
  
create table ManyToManyRelationBook (isbn bigint generated by  
default as identity (start with 1), title varchar(255), primary  
key (isbn))  
  
create table BOOKS_AUTHORS (ISBN bigint not null, AUTHOR_ID  
bigint not null)  
  
alter table BOOKS_AUTHORS add constraint FK4B34373F524F3CF  
foreign key (ISBN) references ManyToManyRelationBook  
  
alter table BOOKS_AUTHORS add constraint FK4B34373DC9D87CA  
foreign key (AUTHOR_ID) references Author
```

Das Einfügen von Daten erfolgt exemplarisch durch die folgende Testmethode:

```
public void testManyToManyEntity() {  
  
    org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.many_to_  
many.Book book1 = new  
org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.many_to_  
many.Book();  
    book1.setTitle("Book1");  
  
    org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.many_to_  
many.Book book2 = new  
org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.many_to_  
many.Book();  
    book2.setTitle("Book2");  
  
    org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.many_to_  
many.Book book3 = new  
org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.many_to_  
many.Book();  
    book3.setTitle("Book3");  
  
    Author author = new Author();  
    author.setAuthorName("Author1");  
  
    Author author2 = new Author();  
    author2.setAuthorName("Author2");  
  
    HashSet<org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.  
many_to_many.Book> booksOfAuthor1 = new
```

```

HashSet<org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.
many_to_many.Book>();
    booksOfAuthor1.add(book1);
    booksOfAuthor1.add(book2);

    HashSet<org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.
many_to_many.Book> booksOfAuthor2 = new
HashSet<org.javacream.demo.ejb3.persistence.entity.relation.
many_to_many.Book>();
    booksOfAuthor2.add(book2);
    booksOfAuthor2.add(book3);

    author.setBooks(booksOfAuthor1);
    author2.setBooks(booksOfAuthor2);

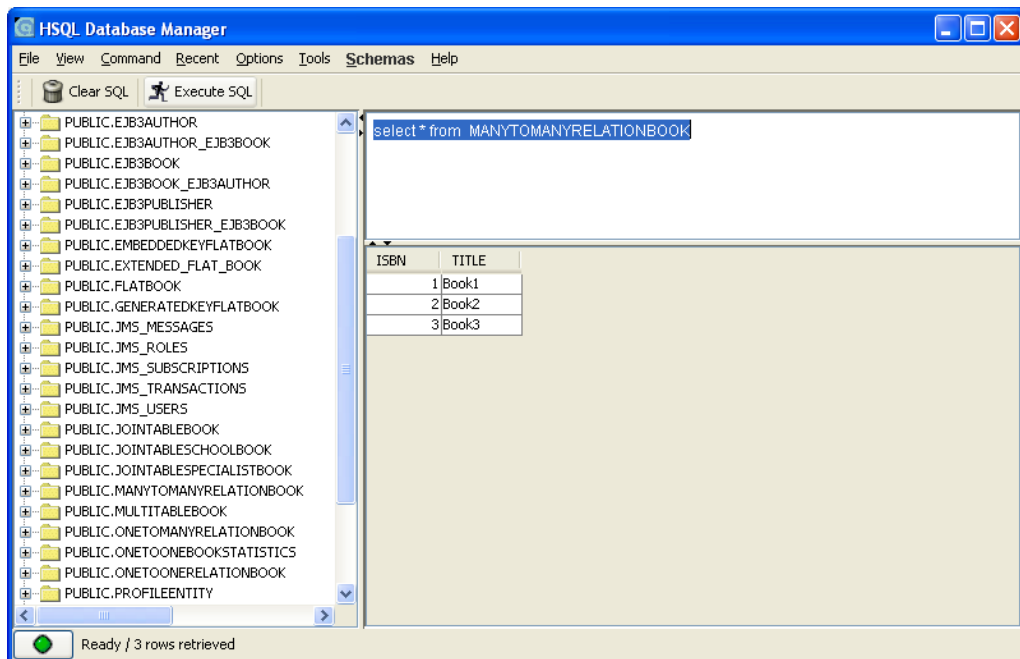
    ArrayList<Author> authorsOfBook1 = new ArrayList<Author>();
    authorsOfBook1.add(author);
    book1.setAuthors(authorsOfBook1);

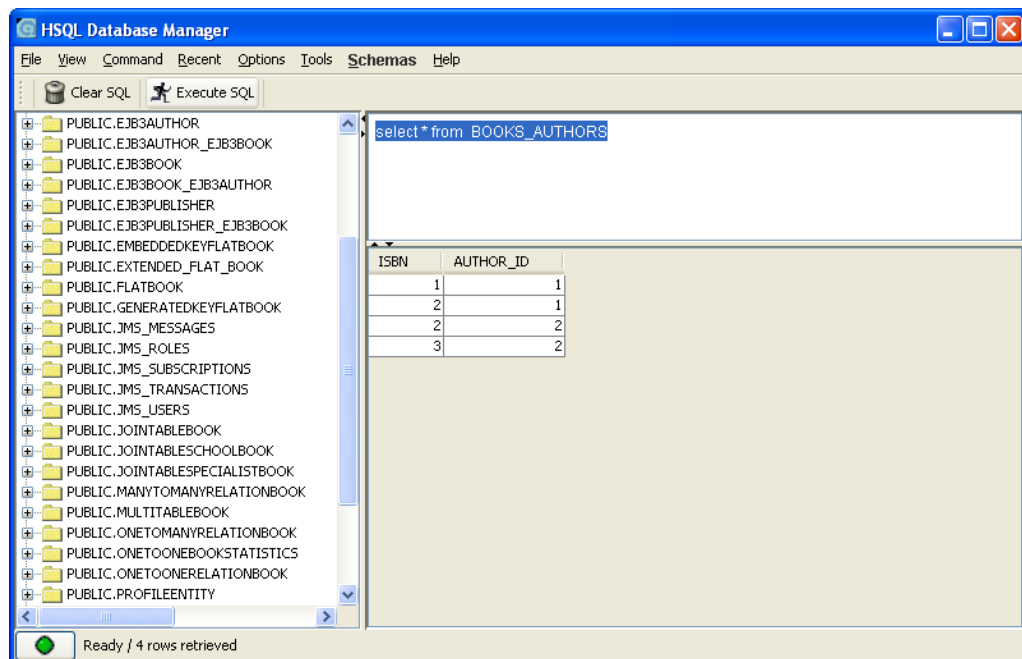
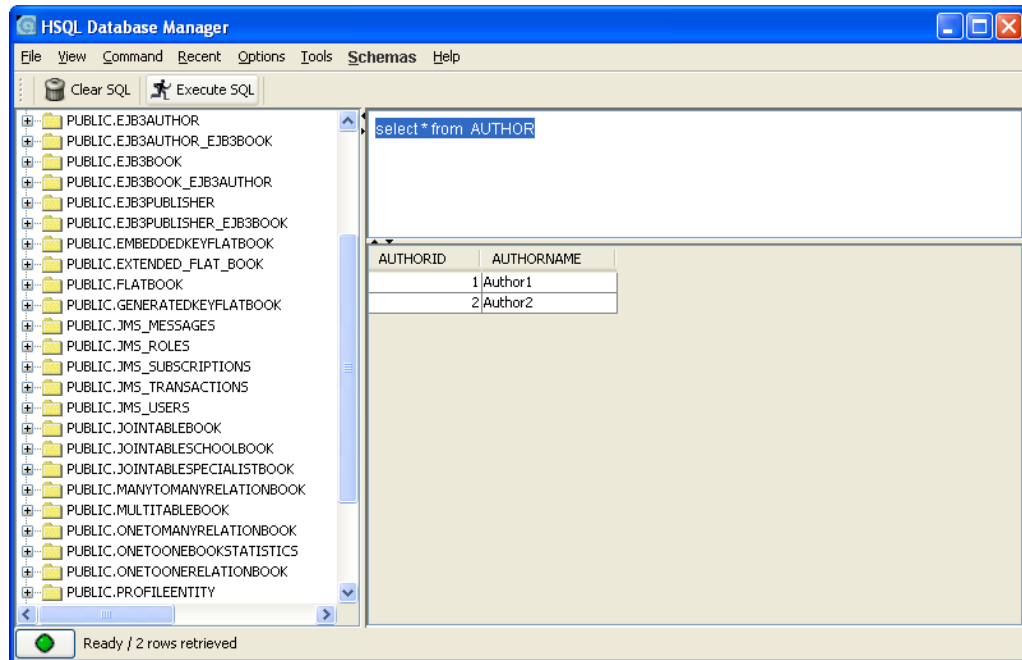
    ArrayList<Author> authorsOfBook2 = new ArrayList<Author>();
    authorsOfBook2.add(author);
    authorsOfBook2.add(author2);
    book2.setAuthors(authorsOfBook2);

    ArrayList<Author> authorsOfBook3 = new ArrayList<Author>();
    authorsOfBook3.add(author2);
    book3.setAuthors(authorsOfBook3);

    entityManager.persist(book1);
    entityManager.persist(book2);
}

```





1.3.8.4 Ausblick

Die Beispiele in den vorherigen Kapiteln zeigen den Datenzugriff mit dem neuen Persistenz-API. Allerdings sind die Konfigurationen noch nicht optimiert eingestellt. Begriffe wie

- Sortierung
- Kaskadierung
- Lazy Loading
- Fetching-Strategien
- Massen-Updates und -Deletes
- Natives SQL

wurden noch nicht ausführlich gezeigt. Diese Themen werden im Unilog-Seminar 33014: "e-Business-Anwendungen mit J EE" vertieft.

1.4 Die EJB Query Language

1.4.1 Datenbestand

So wie die meisten O/R-Mapper definiert auch das Java Persistence API eine eigene Query-Sprache. Die Syntax dieser Sprache ist zwar angelehnt an Standard-SQL, enthält aber auch Elemente der Objektorientierung:

- Objektorientierte Formulierung der Abfragen
- Polymorphe Abfragen

Die Beispiele orientieren sich nach den in den vorherigen Kapiteln eingeführten Entitäten und benutzen den folgenden Datenbestand:

Es gibt 4 Verleger:

Tabelle QUERYPUBLISHER

| PUBLISHERID | PUBLISHERNAME |
|-------------|---------------|
| 1 | Publisher1 |
| 2 | Publisher2 |
| 3 | Publisher3 |
| 4 | Publisher4 |

10 Autoren schreiben Bücher:

Tabelle QUERYAUTHOR

| AUTHORID | AUTHORNAME |
|----------|------------|
| 1 | Author1 |
| 2 | Author2 |
| 3 | Author3 |
| 4 | Author4 |
| 5 | Author5 |
| 6 | Author6 |
| 7 | Author7 |
| 8 | Author8 |
| 9 | Author9 |
| 10 | Author10 |

Diese schreiben insgesamt 40 Bücher, die von den 10 Verlegern aufgelegt werden. Jedes Buch hat weiterhin seine Verkaufsstatistik.

Tabelle QEURYBOOKS

| ISBN | TITLE | PUBLISHER_ID | BOOK_STATISTIC_ID |
|------|--------|--------------|-------------------|
| 1 | Book1 | 1 | 1 |
| 2 | Book2 | 1 | 2 |
| 3 | Book3 | 1 | 3 |
| 4 | Book4 | 1 | 4 |
| 5 | Book5 | 1 | 5 |
| 6 | Book6 | 1 | 6 |
| 7 | Book7 | 1 | 7 |
| 8 | Book8 | 1 | 8 |
| 9 | Book9 | 1 | 9 |
| 10 | Book10 | 1 | 10 |
| 11 | Book11 | 2 | 11 |
| 12 | Book12 | 2 | 12 |
| 13 | Book13 | 2 | 13 |
| 14 | Book14 | 2 | 14 |
| 15 | Book15 | 2 | 15 |
| 16 | Book16 | 2 | 16 |
| 17 | Book17 | 2 | 17 |
| 18 | Book18 | 2 | 18 |
| 19 | Book19 | 2 | 19 |
| 20 | Book20 | 2 | 20 |
| 21 | Book21 | 3 | 21 |
| 22 | Book22 | 3 | 22 |
| 23 | Book23 | 3 | 23 |
| 24 | Book24 | 3 | 24 |
| 25 | Book25 | 3 | 25 |
| 26 | Book26 | 3 | 26 |
| 27 | Book27 | 3 | 27 |
| 28 | Book28 | 3 | 28 |
| 29 | Book29 | 3 | 29 |
| 30 | Book30 | 3 | 30 |
| 31 | Book31 | 4 | 31 |
| 32 | Book32 | 4 | 32 |
| 33 | Book33 | 4 | 33 |
| 34 | Book34 | 4 | 34 |

| | | | |
|----|--------|---|----|
| 35 | Book35 | 4 | 35 |
| 36 | Book36 | 4 | 36 |
| 37 | Book37 | 4 | 37 |
| 38 | Book38 | 4 | 38 |
| 39 | Book39 | 4 | 39 |
| 40 | Book40 | 4 | 40 |

Jeweils 10 Bücher sind somit einem Verleger zugeordnet.

Tabelle QUERYBOOKSTATISTICS

| ID | SOLD | ID | SOLD | ID | SOLD | ID | SOLD |
|----|------|----|------|----|------|----|------|
| 1 | 0 | 2 | 1 | 3 | 2 | 4 | 3 |
| 5 | 4 | 6 | 5 | 7 | 6 | 8 | 7 |
| 9 | 8 | 10 | 9 | 11 | 10 | 12 | 11 |
| 13 | 12 | 14 | 13 | 15 | 14 | 16 | 15 |
| 17 | 16 | 18 | 17 | 19 | 18 | 20 | 19 |
| 21 | 20 | 22 | 21 | 23 | 22 | 24 | 23 |
| 25 | 24 | 26 | 25 | 27 | 26 | 28 | 27 |
| 29 | 28 | 30 | 29 | 31 | 30 | 32 | 31 |
| 33 | 32 | 34 | 33 | 35 | 34 | 36 | 35 |
| 37 | 36 | 38 | 37 | 39 | 38 | 40 | 39 |

Die Autoren schreiben die verschiedenen Bücher, wobei die Autoren mit der Id 4, 5 und 8 jeweils auch als Co-Autoren auftreten.

Tabelle QUERYBOOKS_QUERY_AUTHORS

| ISBN | AUTHOR_ID | ISBN | AUTHOR_ID | ISBN | AUTHOR_ID | ISBN | AUTHOR_ID |
|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|
| 1 | 1 | 1 | 4 | 1 | 5 | 1 | 8 |
| 2 | 1 | 3 | 1 | 4 | 1 | 4 | 4 |
| 5 | 2 | 5 | 5 | 6 | 2 | 7 | 2 |
| 7 | 4 | 8 | 2 | 8 | 8 | 9 | 3 |
| 9 | 5 | 10 | 3 | 10 | 4 | 11 | 3 |
| 12 | 3 | 13 | 4 | 13 | 5 | | |
| 14 | 4 | 15 | 4 | 15 | 8 | | |
| 16 | 4 | 17 | 5 | 18 | 5 | | |
| 19 | 5 | 19 | 4 | 20 | 5 | 21 | 6 |
| 21 | 5 | 22 | 6 | 22 | 4 | 22 | 8 |
| 23 | 6 | 24 | 6 | 25 | 7 | 25 | 4 |
| 25 | 5 | 26 | 7 | 27 | 7 | 28 | 7 |
| 28 | 4 | 29 | 8 | 29 | 5 | | |
| 30 | 8 | 31 | 8 | 31 | 4 | 32 | 8 |
| 33 | 9 | 33 | 5 | 34 | 9 | 34 | 4 |
| 35 | 9 | 36 | 9 | 36 | 8 | 37 | 10 |
| 37 | 4 | 37 | 5 | 38 | 10 | 39 | 10 |
| 40 | 10 | 40 | 4 | | | | |

Für die folgenden Beispiele sind die Entitäten so konfiguriert, dass sämtliche Relationen automatisch geladen werden, der so genannte "Eager"-Fetch-Typ. Diese Einstellungen sind so für den Produktionsbetrieb bei größeren Datenmengen nicht sinnvoll bzw. führen schnell zu unerträglicher Performance bzw. Speicherproblemen. Die Optimierung der Zugriffe ist Bestandteil des Unilog-Seminars 33014: "e-Business-Anwendungen mit J EE".

1.4.2 Programm

Um die Abfragen von einem entfernten JUnit-Test ausführen lassen zu können wird die folgende SessionBean benutzt:

```
@Stateless
@Remote
public class QueryTestBean implements RemoteQueryTest {

    @PersistenceContext
    private EntityManager entityManager;

    public Object executeEjbql(String ejbql) {
        return entityManager.createQuery(ejbql).getResultList();
    }

    public Object executeParemetrizedEjbql(String ejbql, Object...
params) {
        Query query = entityManager.createQuery(ejbql);
        int paramCounter = 0;
        for (Object param : params) {
            paramCounter++;
            query.setParameter(paramCounter, param);
        }
        return query.getResultList();
    }
}
```

1.4.3 Suche alle Verleger

Die folgende Testmethode sucht alle Verleger:

```
public void searchAllPublishersQuery() {
    Object result = queryTest
        .executeEjbql("Select publisher from QueryPublisher as
publisher");
    Collection<Publisher> publishers = (Collection<Publisher>)
result;
    assertEquals("There must be 4 Publishers!", 4,
publishers.size());
    for (Publisher publisher : publishers) {
        System.out.println(publisher.getPublisherName() + " has
"
            + publisher.getBooks().size() + " books");
    }
}
```

mit der Ausgabe:

```
Publisher1 has 10 books
Publisher2 has 10 books
Publisher3 has 10 books
Publisher4 has 10 books
```

1.4.4 Suche einen bestimmten Verleger

Die folgende Testmethode sucht den Verleger mit der Id 1:

```
public void searchOnePublisherQuery() {
    Object result = queryTest
        .executeEjbql("Select publisher from QueryPublisher as
publisher where publisher.publisherId = 1");
    Collection<Publisher> publishers = (Collection<Publisher>)
result;
    assertEquals("There must be 1 Publishers!", 1,
publishers.size());
    for (Publisher publisher : publishers) {
        System.out.println(publisher.getPublisherName() + " has "
+ publisher.getBooks().size() + " books");
    }
}
```

mit der Ausgabe:

```
Publisher1 has 10 books
```

1.4.5 Parametrisierte Suche nach einem Verleger

Die folgende Testmethode sucht den Verleger mit der Id 2. Dies erfolgt durch die Angabe eines nummerierten Platzhalters. Statt Nummern wären auch Namen zulässig (z.B. :id), was dann aber eine kompliziertere Methodensignatur der Test-SessionBean erfordert hätte. Dies ist hier aus Gründen der Vereinfachung nicht durchgeführt worden.

```
public void searchOnePublisherParameterizedQuery() {
    Object result = queryTest
        .executeParametrizedEjbql("Select publisher from
QueryPublisher as publisher where publisher.publisherId = ?1",
new Long(2));
    Collection<Publisher> publishers = (Collection<Publisher>)
result;
    assertEquals("There must be 1 Publishers!", 1,
publishers.size());
    for (Publisher publisher : publishers) {
        System.out.println(publisher.getPublisherName() + " has "
+ publisher.getBooks().size() + " books");
    }
}
```

mit der Ausgabe:

```
Publisher2 has 10 books
```

1.4.6 Bedingungen unter Verwendung der Relationen

Die folgende Testmethode sucht alle Bücher, die mehr als 35-mal verkauft wurden:

```
public void searchBestsellers() {
    Object result = queryTest
        .executeParametrizedEjbql("Select book from QueryBook
as book where book.bookStatistics.sold > 35");
    Collection<Book> books = (Collection<Book>) result;
    assertEquals("There must be 4 matching Books!", 4,
books.size());
    for (Book book : books) {
        System.out.println(book.getTitle() + " is sold "
            + book.getBookStatistics().getSold() + " times");
    }
}
```

Mit der Ausgabe:

```
Book37 is sold 36 times
Book38 is sold 37 times
Book39 is sold 38 times
Book40 is sold 39 times
```

1.4.7 Verknüpfte Bedingungen

Die folgende Testmethode sucht alle Bücher deren Titel mit "7" endet, die mehr als 35-mal verkauft wurden:

```
public void searchBestsellersWithTitleEndingWith7() {
    Object result = queryTest
        .executeParametrizedEjbql("Select book from QueryBook
as book where book.bookStatistics.sold > 35 and book.title like
'%7'");
    Collection<Book> books = (Collection<Book>) result;
    assertEquals("There must be 1 matching Book!", 1,
books.size());
    for (Book book : books) {
        System.out.println(book.getTitle() + " is sold "
            + book.getBookStatistics().getSold() + " times");
    }
}
```

mit der Ausgabe:

```
Book37 is sold 36 times
```

1.4.8 Joins

Die folgende Testmethode sucht alle Bücher des Autors "4", die mehr als 35-mal verkauft wurden:

```
public void searchBestsellersByAuthor4() {
    Object result = queryTest
        .executeParemetrizedEjbQl("Select book from QueryBook
as book join book.authors as author where
book.bookStatistics.sold > 35 and author.authorId=4");
    Collection<Book> books = (Collection<Book>) result;
    assertEquals("There must be 2 matching Books!", 2,
books.size());
    for (Book book : books) {
        System.out.println(book.getTitle() + " by " +
book.getAuthors() + " is sold "
            + book.getBookStatistics().getSold() + " times");
    }
}
```

mit der Ausgabe:

```
Book37 by [Author: id=10, name=Author10, Author: id=4,
name=Author4, Author: id=5, name=Author5] is sold 36 times
Book40 by [Author: id=10, name=Author10, Author: id=4,
name=Author4] is sold 39 times
```

1.4.9 Subqueries

Die folgende Testmethode sucht alle Bücher, die mehr als 3 Autoren haben:

```
public void searchBooksWihMoreThan3Authors() {
    Object result = queryTest
        .executeParemetrizedEjbQl("Select book from QueryBook
as book where (select count(authors) from book.authors as
authors) >= 3");
    Collection<Book> books = (Collection<Book>) result;
    assertEquals("There must be 4 matching Books!", 4,
books.size());
    for (Book book : books) {
        System.out.println(book.getTitle() + " has 3 or more
authors: " + book.getAuthors());
    }
}
```

mit der Ausgabe:

```
Book22 has 3 or more authors: [Author: id=6, name=Author6,
Author: id=4, name=Author4, Author: id=8, name=Author8]
Book25 has 3 or more authors: [Author: id=7, name=Author7,
Author: id=4, name=Author4, Author: id=5, name=Author5]
Book37 has 3 or more authors: [Author: id=10, name=Author10,
Author: id=4, name=Author4, Author: id=5, name=Author5]
```

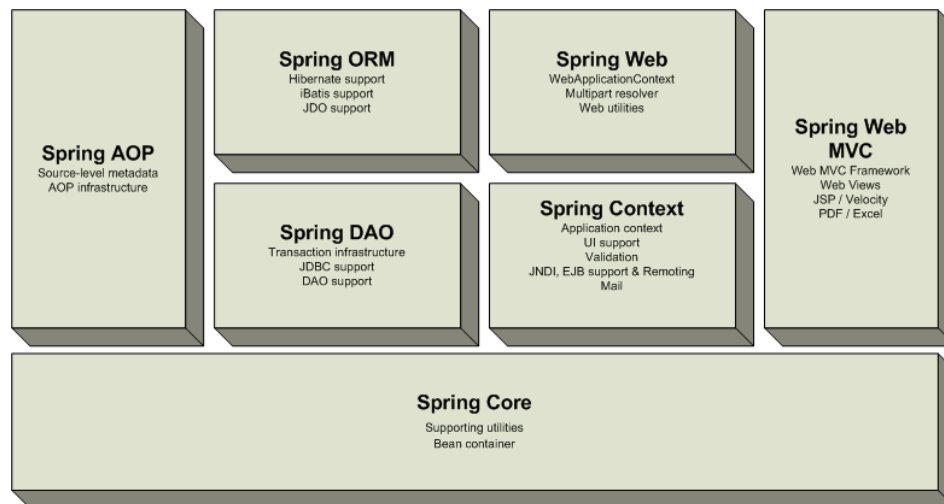

2 Spring – Eine Übersicht

Im vorherigen Abschnitt wurde dargelegt, dass in einem Service-orientierten Ansatz Abhängigkeiten durch eine externe Konfiguration beschrieben und als Implementierungen leichtgewichtige POJO-Klassen benutzt werden. Prinzipiell ist dies nichts wirklich Neues, sondern nur eine konsequente Umsetzung des Design Patterns „Strategy“. Benötigt werden nun eine Kontext-Implementierung sowie ein vernünftiges Format für die Konfigurationsdatei, bevorzugt mit Validierungs- und Visualisierungs-Funktionen.

2.1 Was ist das Spring-Framework?

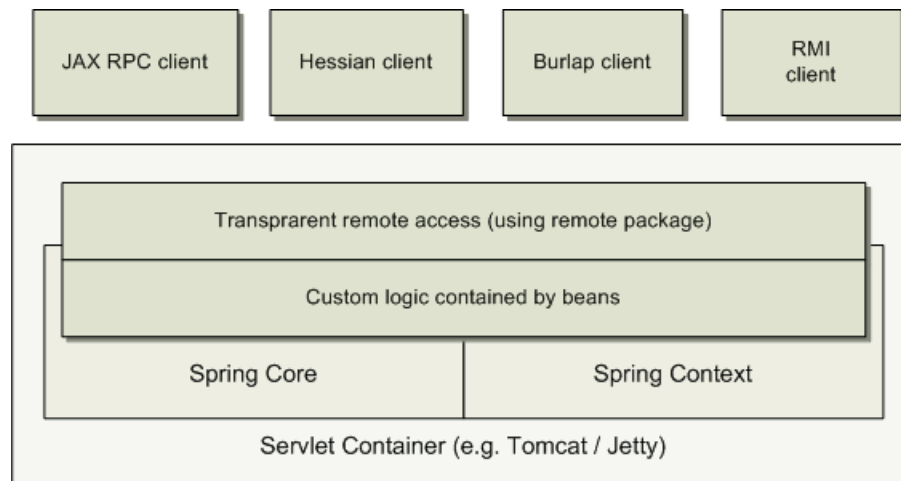
Die Antwort auf die in der Kapitelüberschrift gestellte Frage ist vielschichtig. Spring ist:

- Eine Bibliothek nützlicher Klassen:
 - Konfiguration
 - Internationalisierung
 - Validierung
 - Erstellung von Web-basierten Anwendungen (
 - Verteilte Anwendungen mit verschiedenen Kommunikationsprotokollen (RMI, http, SOAP, JMS)
 - Unterstützung eines Aspektorientierten Ansatzes
- Eine Container für POJOs, deren Properties und Abhängigkeiten über eine Konfigurationsdatei definiert werden können und durch Dependency Injection gesetzt werden
- Ein Meta-Framework für Enterprise Services, das alle Technologie-abhängigen Dienste durch ein verallgemeinertes API kapselt:
 - Transaktions-Management
 - O/R-Mapper bzw. Abstraktion von JDBC-Zugriffen
 - Authentifizierung
 - Java Message Service Provider
 - Mail-Server
- Container für J EE-Komponenten
 - Stateless SessionBeans
 - MessageDrivenBeans
 - Outbound Connectors

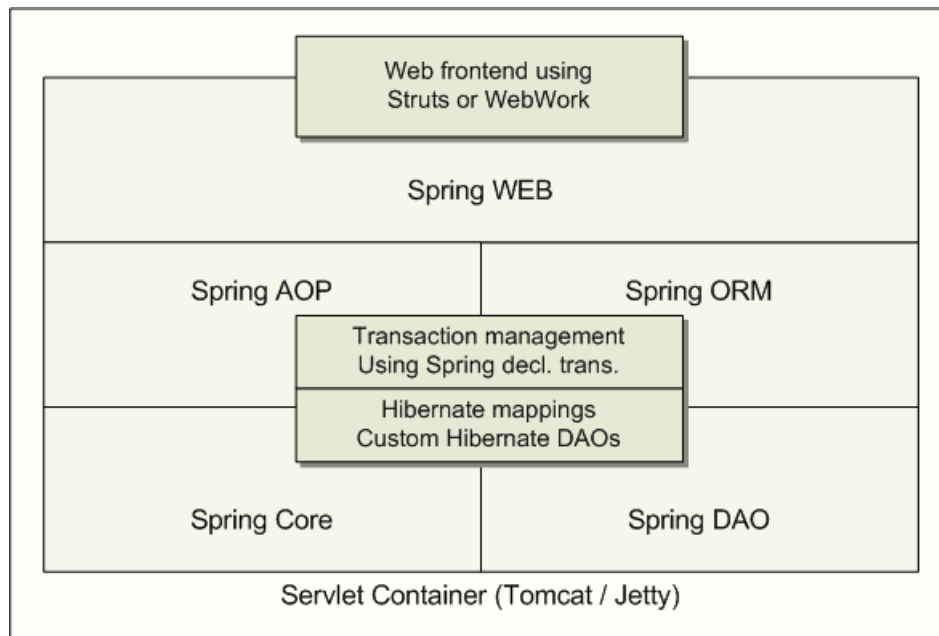


Spring deckt ein breites Spektrum an potenziellen Einsatzbereichen ab:

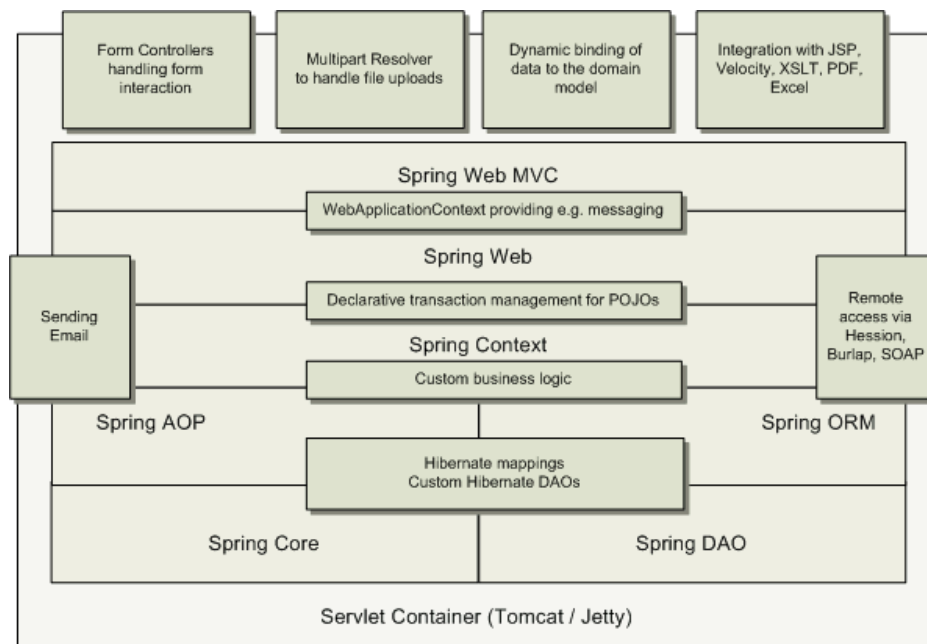
- Einsatz als komfortabler Container für POJOs in Standalone-Applikationen aber auch in einer Middleware-Schicht
- Verteilung von POJOs mit verschiedenen Netzwerk-Protokollen:




- Realisierung der Business- und Datenzugriffsschicht für ein Web Frontend:



- Realisierung einer kompletten Web-basierten Applikation:



Dies wird in der Organisation der Spring-Archive deutlich, die eine Aufteilung in die Spring-Basiskomponenten und zusätzliche Module vorsieht.

| | |
|---|--------|
|  spring-aop.jar | 275 KB |
|  spring-beans.jar | 310 KB |
|  spring-context.jar | 145 KB |
|  spring-core.jar | 152 KB |
|  spring-dao.jar | 106 KB |
|  spring-jdbc.jar | 223 KB |
|  spring-remoting.jar | 178 KB |
|  spring-support.jar | 191 KB |
|  spring-web.jar | 160 KB |
|  spring-webmvc.jar | 256 KB |

2.2 Der POJO-Container

Ein zentrales Feature des Spring-Frameworks ist die externe Konfiguration der die Anwendung ausmachenden JavaBeans durch eine XML-basierte Definitionsdatei. Das Spring-Framework benutzt diese Datei konsequent dazu, alle Abhängigkeiten der Anwendung zu deklarieren und diese durch das Prinzip der „Dependency Injection“ zu setzen.

Das Design Pattern Dependency Injection bedeutet, dass eine Komponente alle Abhängigkeiten zu anderen Komponenten nicht selber auflöst, sondern von einem Container „von Außen“ setzen lässt. In Java ist die Umsetzung dieses Prinzips für eine Komponente trivial: Die Abhängigkeit ist ein privates Attribut mit einer öffentlichen set-Methode.

Ein ähnlich gebrauchter und motivierter Begriff lautet „Inversion of Control“. Allerdings sind hier mögliche Implementierungs-Strategien nicht so evident und klar:

- Das „Method Template“ Pattern definiert Sequenzen in einer Superklasse und verlangt die Implementierung einer abstrakten Methode.
- Mit Hilfe des Command Patterns werden Sequenzen in ein Objekt verpackt und von einem Command Interpreter ausgeführt.
- Eine Template-Klasse führt eine Implementierung einer Schnittstelle, die eine Callback-Methode deklariert, aus und ruft intern den Callback auf.

Zentrales Element von Spring ist die Spring-Konfigurationsdatei, in der die „Spring Beans“¹ definiert werden. Eine Spring Bean ist eine Kombination einer Java-Klasse, die keinerlei Abhängigkeiten zum Spring-Framework hat (also ein „plain old Java Object“, ein POJO ist) und ein Eintrag in einer Konfigurationsdatei, der die Properties und damit die Abhängigkeiten des POJOs definiert.

Eine einzelne Spring Bean wird definiert durch:

- eine eindeutige ID bzw. einen Namen
- ihren voll qualifizierten Klassen-Namen
- eine Liste von optionalen Namen, die als Alias benutzt werden können
- falls notwendig: Angabe einer `init`- oder `destroy`-Methode
- Setzen von Properties
 - mit `setter`-Methoden
 - mit Konstruktor-Argumenten
- Gültige Property-Typen sind:

¹ „SpringBean“ ist ein Begriff, der als passende Analogie zu den „Enterprise JavaBeans“ geprägt wurde.

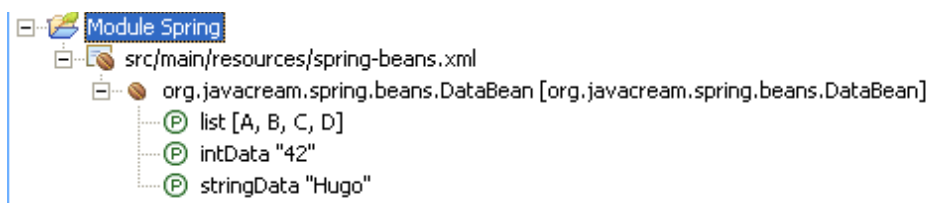
- Einfache Datentypen
- String
- Listen und Maps
- Referenzen auf andere Spring-Beans
- `java.util.Properties`
- Beliebige Typen, für die ein `java.beans.PropertyEditor` registriert wurde
- die Spring-Container-Konfiguration:
 - Anzahl der zu erzeugenden Instanzen (`scope = <singleton|prototype|...>`). Falls der Nicht-Singleton-Scope gewählt wurde, wird jede Aufforderung einer Anwendung, eine Spring Bean bereit zustellen, von einer neuen Instanz.
 - Zeitpunkt der Bean-Erzeugung: Beim Initialisierung des Spring-Frameworks oder beim ersten Zugriff (`lazy-init = <true|false>`).
- Konfiguration des Spring-Frameworks
 - Automatisches Prüfen, ob alle Dependencies oder Properties von Spring Beans, die durch set-Methoden definiert sind, gesetzt wurden (`dependency-check = <all|simple|object|none>`).
 - Versuch, alle Dependencies durch Analyse und Typprüfung der konfigurierten Spring Beans aufzulösen (`autowire = <all|by-Name|byType|none>`). Hier wird versucht, alle Properties aller Spring Beans an Hand der Namen/Typen mit anderen Spring Beans zu verknüpfen.

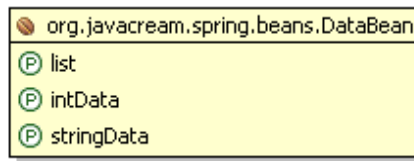
Beispiel: Konfiguration einer einfachen „DataBean“:

| DataBean |
|--|
| - intData: int - list: List <E> - stringData: String |
| + equals(Object): boolean + hashCode(): int + toString(): String |

```
<beans
  default-autowire="no"
  default-lazy-init="false"
  default-dependency-check="none"
>
  <bean
    id="org.javacream.spring.beans.DataBean"
    class="org.javacream.spring.beans.DataBean"
    scope="singleton"
  >
    <property name="list">
      <list>
        <value>A</value>
        <value>B</value>
        <value>C</value>
        <value>D</value>
      </list>
    </property>
    <property name="intData">
      <value>42</value>
    </property>
    <property name="stringData">
      <value>Hugo</value>
    </property>
  </bean>
</beans>
```

Durch das XML-Format ist die Visualisierung dieser Date recht einfach möglich, was hier am Beispiel der Spring-IDE, ein Eclipse-Plugin, gezeigt wird:

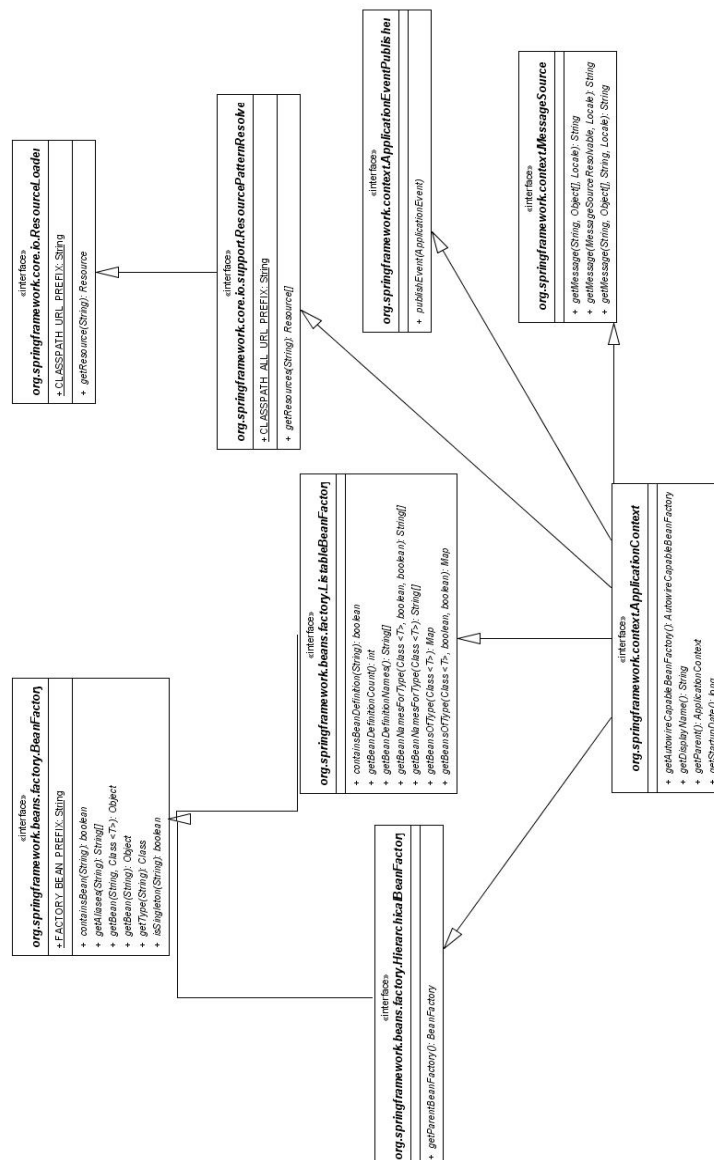




Um diese Konfigurationsdatei zur Laufzeit in einen Baum von Java-Objekten zu verwandeln wird entweder eine `BeanFactory` oder aber der `ApplicationContext` benutzt². Dieser benötigt als Eingabeparameter die Spring-Konfigurationsdatei, in der die Spring Bean-Definitionen stehen.

Die Methoden der `BeanFactory` bzw. des `ApplicationContext` lassen sich, wie dem unten dargestellten Klassendiagramm zu entnehmen ist, in verschiedene Gruppen unterteilen.

² Der `ApplicationContext` bietet im Vergleich zur `BeanFactory` eine erweiterte Funktionalität und sollte deshalb im Normalfall verwendet werden.



Im Wesentlichen stellt der Kontext eine Methode `ApplicationContext.getBean(String id)` zur Verfügung. Diese Methode ist der Ersatz für den `new`-Operator.

2.3 Value Properties

2.3.1 Die Bean-Definition

Jede Spring Bean hat

- eine innerhalb der Konfigurationsdatei eindeutige Id
 - einen Klassennamen
 - optional eine Liste von (Komma-getrennten) Namen
 - Die Möglichkeit, die Standard-Konfiguration, beispielsweise den Scope zu überschreiben³.

2.3.2 Default-Typen von Properties und deren Konfiguration

Wie weiter unten noch näher erläutert werden wird verwendet Spring intern die der JavaBean-Spezifikation entnommenen

`java.beans.PropertyEditor`-Schnittstelle bzw. geeigneten Implementierungen. Die folgenden Beispiele zeigen deren Konfiguration.

2.3.2.1 Einfache Datentypen und String

Alle einfachen Java-Datentypen werden automatisch in den richtigen Wert umgewandelt. Die Typ-Information entnimmt Spring durch Introspektion der zu verwendenden Java-Klasse. Die folgenden Schreibweisen sind möglich:

```
<bean id="Demo" class="org.javacream.spring.beans.DemoBean">
    <property name="intData">
        <value>42</value>
    </property>
</bean>
```

oder alternativ:

```
<bean id="Demo" class="org.javacream.spring.beans.DemoBean">
    <property name="intData" value="42" />
</bean>
```

³ Ab Spring 2 erweitert der scope das singleton-Attribut. Für Web-Anwendungen wurden die zusätzlichen Scopes "Request" und "Session" eingeführt.

2.3.2.2 Listen

Eine Liste wird durch das `list`-Tag beschrieben:

```
<bean id="Demo" class="org.javacream.spring.beans.DemoBean">
  <property name="list">
    <list>
      <value>A</value>
      <value>B</value>
      <value>C</value>
      <value>D</value>
    </list>
  </property>
</bean>
```

Bei Bedarf können diese Elemente (und auch die der folgenden Abschnitte) beliebig verschachtelt werden:

```
<bean id="Demo" class="org.javacream.spring.beans.DemoBean">
  <property name="list">
    <list>
      <value>A</value>
      <value>B</value>
      <value>C</value>
      <list>
        <value>1</value>
        <value>2</value>
        <value>3</value>
      </list>
    </list>
  </property>
</bean>
```

Hier enthält die Liste an vierter Stelle eine andere Liste.

2.3.2.3 Maps

Diese werden durch das `map`-Tag beschrieben, in dem intern `entry` und darin dann die Tags `key` und `value` zugelassen sind.

```
<bean id="Demo" class="org.javacream.spring.beans.DemoBean">
  <property name="map">
    <map>
      <entry>
        <key>
          <value>keyObject</value>
        </key>
        <value>42</value>
      </entry>
      <entry>
        <key>
          <value>keyObject2</value>
        </key>
        <value>4711</value>
      </entry>
    </map>
  </property>
</bean>
```

2.3.3 Nullwerte von Properties

Soll als Wert einer Property die `null` gesetzt werden, so geschieht dies durch das `<null/>`-Element:

```
<property name="stringProperty"><null/></property>
```

Im Unterschied dazu hätte die Property in der folgenden Konfiguration den Wert „“:

```
<property name="stringProperty"><value></value></property>
```

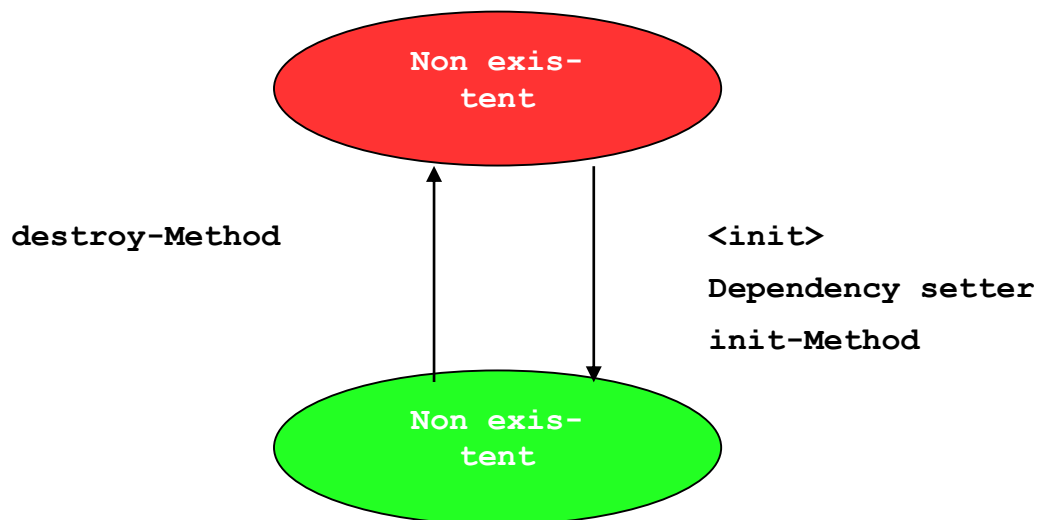
Dieses Element ist notwendig, falls der automatische Dependency check benutzt werden soll.

2.3.4 init- und destroy-Methoden

Benötigt eine Spring Bean eine Initialisierung und/oder eine Aufräum-Methode, so kann der `ApplicationContext` diese Methoden via Reflection aufrufen, falls sie in der Konfigurationsdatei eingetragen sind:

```
<bean
  id="org.javacream.spring.beans.LifecycleBean"
  class="org.javacream.spring.beans.LifecycleBean"
  init-method="initBean"
  destroy-method="destroyBean"
>
</bean>
```

Der Lebenszyklus einer Spring Bean ist so definiert, dass die Initialisierungs-Methoden erst nach dem Konstruktoraufruf (was natürlich klar ist) und nach dem Aufruf aller setter-Methoden erfolgt.



In den Initialisierungsmethoden sind damit alle Dependencies garantiert gesetzt.

2.3.5 Setzen von Properties im Konstruktor

Besitzt die Spring Bean einen Konstruktor mit Parametern,

```
/**
 * @spring.constructor-arg value="Set By Constructor"
 * @spring.constructor-arg value="177"
 * @spring.constructor-arg list="Z,Y,X,W"
 * @param stringData
 * @param intData
 * @param list
 */
public DataWithConstructorBean(String stringData, int intData,
List list) {
    this.stringData = stringData;
    this.intData = intData;
    this.list = list;
}
```

so können diese ebenfalls in der Konfigurationsdatei eingetragen werden:

```
<bean
    id="org.javacream.spring.beans.DataWithConstructorBean"
    class="org.javacream.spring.beans.DataWithConstructor-
Bean"
    singleton="true"
>

    <constructor-arg>
        <value>Set By Constructor</value>
    </constructor-arg>
    <constructor-arg>
        <value>177</value>
    </constructor-arg>
    <constructor-arg>
        <list>
            <value>Z</value>
            <value>Y</value>
            <value>X</value>
            <value>W</value>
        </list>
    </constructor-arg>

</bean>
```

2.3.6 Registrierung spezieller Properties-Editoren

Die folgende Bean definiert Properties, für deren Typen Standardmäßig keine Property-Editoren registriert sind, nämlich Datumswerte und eine Referenz auf eine andere Bean:

```
public class CustomPropertyDataBean {  
  
    private Date date;  
    private DataBean dataBean;  
    //...  
}
```

Die folgende Bean-Konfiguration führt ohne weitere Konfigurationen zu Fehlern, da die für die Property „dataBean“, die ja vom Typ `DataBean` ist, kein `PropertyEditor` registriert ist. Ebenso ist für Datumswerte standardmäßig keine Umwandlung möglich, da eine spezielle Konfiguration für das zu verwendende Datumsformat erfolgen muss.

```
<bean  
    id="org.javacream.spring.beans.CustomPropertyDataBean"  
    class="org.javacream.spring.beans.CustomPropertyDataBean"  
>  
    <property name="dataBean">  
        <value>Fritz,15</value>  
    </property>  
    <property name="date">  
        <value>03.10.1964</value>  
    </property>  
</bean>
```

Sowohl das Datum als auch die Property vom Typ `DataBean` können von den Standardmäßig registrierten Property-Editoren nicht aus der übergebenen Zeichenkette aufgebaut werden.

Während es für das `java.util.Date` in der Klassenbibliothek von Spring bereits einen `PropertyEditor` gibt (`org.springframework.beans.propertyeditors.CustomDateEditor`), muss für die `DataBean` eine eigene Implementierung erstellt werden:

```
public class DataBeanPropertyEditor extends PropertyEditorSupport {

    @Override
    public void setAsText(String text) throws IllegalArgumentException {
        DataBean dataBean = new DataBean();
        int commaPosition = text.indexOf(',');
        String stringData = text.substring(0, commaPosition);
        int intData = Integer.parseInt(text.substring(commaPosition + 1));
        dataBean.setIntData(intData);
        dataBean.setStringData(stringData);
        setValue(dataBean);
    }

}
```

Diese Editoren werden nun unter Verwendung des `org.springframework.beans.factory.config.CustomEditorConfigurer` beim `ApplicationContext` registriert⁴:

```
<bean id="customEditorConfigurer"
    class="org.springframework.beans.factory.config.CustomEditorConfigurer">
    <property name="customEditors">
        <map>
            <entry key="java.util.Date">
                <bean
                    class="org.springframework.beans.propertyeditors.CustomDateEditor">
                    <constructor-arg type="java.text.DateFormat">
                        <bean class="java.text.SimpleDateFormat">
                            <constructor-arg type="java.lang.String">
                                <value>dd.MM.yyyy</value>
                            </constructor-arg>
                        </bean>
                    </constructor-arg>
                    <constructor-arg type="boolean">
```

⁴ Diese Registrierung könnte für bestimmte `Context`-Implementierungen auch über das Programm gesteuert erfolgen. Die angegebene Variante über die Konfigurationsdatei ist jedoch die empfohlene Variante.

```
        <value>true</value>
      </constructor-arg>
    </bean>
  </entry>
  <entry key="org.javacream.spring.beans.DataBean">
    <bean
      class="org.javacream.spring.beans.propertyeditor.DataBean-
PropertyEditor">
    </bean>
  </entry>
</map>
</property>
</bean>
```

2.3.7 Verwendung von externen Properties-Dateien

Sollen innerhalb der Spring-Konfigurationsdatei an mehreren Stellen dieselben Werte verwendet werden, so können diese einfach in eine Properties-Datei ausgelagert werden. Innerhalb der Konfiguration wird dann über eine Expression der Form `${propertyName}` auf die Property referenziert⁵.

Das Auslesen der Properties-Datei übernimmt hierbei der `org.springframework.beans.factory.config.PropertyPlaceholderConfigurer`:

```
<bean id="externalProperties"
  class="org.springframework.beans.factory.config.PropertyPlace-
holderConfigurer">
  <property name="location"
    value="ExternalProperties.properties">
  </property>
</bean>

<bean id="externalPropertiesDataBean"
  class="org.javacream.spring.beans.DataBean">
  <property name="stringData" value="${externalProperty1}">
  </property>
</bean>
```

⁵ Diese Syntax ist aus den diversen Expression Languages (z.B. JavaServer Pages) oder aber Apache Ant wohl bekannt.

Die Properties-Datei („ExternalProperties.properties“):

```
externalProperty1=testExternalProperty1  
externalProperty2=testExternalProperty2
```

Sollen die Properties einer Bean mit der ID „beanId“ aus einer Properties-Datei bezogen werden, so kann der `org.springframework.beans.factory.config.PropertyOverrideConfigurer` benutzt werden:

```
<bean id="PropertyOverride"  
    class="org.springframework.beans.factory.config.PropertyOver-  
rideConfigurer">  
    <property name="location" value="PropertyOverride.properties">  
    </property>  
</bean>
```

Die Properties in der angegebenen Datei müssen die Form „beanId.propertyName“ haben:

```
propertyOverrideDataBean.stringData=overrideStringData  
propertyOverrideDataBean.intData=42
```

2.4 Referenzen auf andere Beans

2.4.1 Identifikation über die ID

Soll der Wert einer Property einer Bean auf eine Instanz einer anderen Spring Bean gesetzt werden, so geschieht dies durch das `<ref>`-Tag:

```
<beans>
  <bean>
    id="org.javacream.spring.beans.DataBean"
    class="org.javacream.spring.beans.DataBean"
    singleton="true"
  >

  <property name="list">

    <list>
      <value>A</value>
      <value>B</value>
      <value>C</value>
      <value>D</value>
    </list>
  </property>
  <property name="intData">

    <value>42</value>
  </property>
  <property name="stringData">

    <value>Hugo</value>
  </property>
</bean>

<bean>
  id="org.javacream.spring.beans.DataBeanAggregateBean"
  class="org.javacream.spring.beans.DataBeanAggregateBean"
  singleton="true"
  >
  <property name="dataBean">
    <ref bean="org.javacream.spring.beans.DataBean"/>
  </property>
  <property name="name">
    <value>DataBeanAggregateBean</value>
  </property>
</bean>
</beans>
```

2.4.2 Definition einer Inner Bean

Ist die zu setzende Referenz nur für eine Bean-Definition relevant, so kann auch eine Spring Bean ohne Referenz als „Inner Bean“ definiert werden:

```
<bean id="org.javacream.spring.beans.DataBeanAggregateBean-
WithInnerBean"

  class="org.javacream.spring.beans.DataBeanAggregateBean"
  singleton="true">

  <property name="dataBean">
    <bean class="org.javacream.spring.beans.DataBean">
      <property name="list">

        <list>
          <value>1</value>
          <value>2</value>
          <value>3</value>
          <value>4</value>
        </list>
        </property>
        <property name="intData">

          <value>42</value>
        </property>
        <property name="stringData">

          <value>Hugo</value>
        </property>
      </bean>
    </property>
    <property name="name">
      <value>DataBeanAggregateBeanWithInnerBean</value>
    </property>
  </bean>
```

2.5 Abstrakte Beans und Vererbung an Kinder

Die Konfiguration von Beans kann durch einen Template-Mechanismus vereinfacht werden:

- Durch das `parent`-Attribut des `bean`-Tags werden alle Properties der Eltern-Spring Bean geerbt und können bei Bedarf überschrieben werden
 - Die Eltern-Spring Bean selber ist entweder eine vollständige Bean-Definition (die dann auch erzeugt wird) oder abstrakt:
 - Setzen des `abstract`-Attributs im `bean`-Tag auf „true“

```
<bean id="abstractKeyGenerator" abstract="true">
  <property name="prefix" value="${prefix}"></property>
  <property name="suffix" value="${suffix}"></property>
</bean>

<bean id="randomKeyGenerator" class="org.javacream.keygeneration.business.RandomKeyGenerator"
  parent="abstractKeyGenerator">
</bean>

<bean id="counterKeyGenerator"
  class="org.javacream.keygeneration.business.CounterKeyGenerator"
  parent="abstractKeyGenerator" dependency-check="all">
  <property name="counter" value="42"></property>
</bean>
```

2.6 Zugriff auf Ressourcen

2.6.1 Die Resource-Schnittstelle

Das Auslesen von Ressourcen wird komplett von Hilfsklassen des Spring-Frameworks durchgeführt:

- URL und damit auch der Dateizugriff
- Classpath

Am einfachsten ist es, zum Lesen den `ApplicationContext` zu verwenden:

```
public void testLoadResource() {
    ApplicationContext context = SpringUtil.getApplication-
Context("Spring Beans");

    Resource resource = context.ge-
getResource("file:src/test/resources/TestResource.properties");

    assertTrue(resource.exists());

    resource = context.ge-
getResource("classpath:TestResource.properties");

    assertTrue(resource.exists());
}
```

Benötigt eine Spring Bean beispielsweise Konfigurationsinformationen, so bietet Spring einen `PropertyEditor`, der eine Zeichenkette in eine Ressource umwandelt. Dazu ist es jedoch notwendig, dass die Bean eine `Property` vom Typ

`org.springframework.core.io.Resource` definiert:

```
<bean
    id="org.javacream.spring.beans.resource.ResourceBean"
    class="org.javacream.spring.beans.resource.ResourceBean"
>
    <property name="resource">
        <value>classpath:TestResource.properties</value>
    </property>
</bean>
```

Dieser Ansatz ist jedoch etwas problematisch, da nun die Spring Bean durch die `Resource`-Schnittstelle eine direkte Kopplung an das Spring-Framework hat.

Soll dies vermieden werden, so kann auch eine `Property` vom Typ `java.io.InputStream` verwendet werden, da Spring dafür einen eigenen

PropertyEditor (org.springframework.beans.propertyeditors.InputStreamEditor) zur Verfügung stellt.

Ein eigener Properties-Editor ist zwar Bestandteil der Spring-Bibliothek, ist aber einfach zu implementieren und damit didaktisch wertvoll⁶:

```
public class PropertiesPropertyEditor extends PropertyEditorSupport implements ApplicationContextAware{

    private ApplicationContext applicationContext;

    public void setApplicationContext(ApplicationContext applicationContext) throws BeansException {
        this.applicationContext = applicationContext;
    }

    @Override
    public void setAsText(String text) throws IllegalArgumentException {
        Resource resource = applicationContext.getResource(text);
        Properties props = new Properties();
        try {
            props.load(resource.getInputStream());
        } catch (IOException e) {
            e.printStackTrace();
            throw new IllegalArgumentException(e.getMessage());
        }
        setValue(props);
    }

}
```

⁶ Die hier erstmalig benutzte Schnittstelle org.springframework.context.ApplicationContextAware ist eine von Spring intern benutzte Schnittstelle, die vom ApplicationContext für Callback-Aufrufe benutzt wird. Die Spring-Bibliothek enthält einige Schnittstellen, die solche Callbacks definieren. Properties werden auch durch das spezielle <props> Tag definiert.

2.6.2 Internationalisierung mit der `MessageSource`-Schnittstelle

Neben dem Zugriff auf Ressourcen, die von der Konzeption her fachliche Konfigurationen enthalten stellt Spring auch eine Zugriffsschicht für `ResourceBundles` zur Internationalisierung zur Verfügung.

Der Zugriff erfolgt über eine konfigurierte Bean des Typs `org.springframework.context.support.ResourceBundleMessageSource`:

```
<bean id="messageSource"
      class="org.springframework.context.support.ResourceBundleMessageSource">
    <property name="basenames">
      <list>
        <value>messages</value>
        <value>exceptions</value>
      </list>
    </property>
</bean>
```

2.7 Factory Beans

Eine Factory Bean übernimmt für den Application Context die Aufgabe der konkreten Objekterzeugung. Die weitere Kontrolle über den Lebenszyklus und damit insbesondere über den Scope der Spring Bean bleibt davon unbeeinflusst.

Das Spring-Framework selber definiert eine ganze Reihe von Factory Beans, insbesondere:

- Erzeugung von Proxy-Objekten für die Netzwerkkommunikation.
- Umhüllen von Fachobjekten mit Aspekten

In der Klassenbibliothek ist ebenfalls eine abstrakte Klasse enthalten, die für eigene Factory Beans einfach als Superklasse benutzt werden kann:

```
package org.javacream.demo.spring.factory;

import java.util.List;

import org.springframework.beans.factory.config.AbstractFactoryBean;

public class DecoratorFactoryBean extends AbstractFactoryBean {

    private Object product;

    private List<Decoratable> decoratorList;

    @Override

    protected Object createInstance() throws Exception {

        if (!decoratorList.isEmpty()) {

            Object first = decoratorList.get(0);

            Decoratable next = null;

            for (Decoratable decoratable : decoratorList) {

                if (next != null) {

                    next.setDelegate(decoratable);

                }

                next = decoratable;

            }

        }

        return first;
    }
}
```

```
    }

    next.setDelegate(product);

    return first;

} else {

    return product;

}

}

@Override

public Class<?> getObjectType() {

    return product.getClass();

}

public void setProduct(Object product) {

    this.product = product;

}

public void setDecoratorList(List<Decoratable> proxyList) {

    this.decoratorList = proxyList;

}

}
```

Diese Factory Bean kann eine Instanz einer Klasse (das `product`) mit einer Liste von `Decoratable`-Implementierungen dekorieren. `Decoratable` ist hierbei eine eigene Hilfs-Schnittstelle:

```
package org.javacream.demo.spring.factory;

public interface Decoratable{
    public void setDelegate(Object delegate);
}
```

Für den angesprochenen `StoreService` werden die beiden folgenden Decorators benutzt:

Ein simpler Validator:

```
package org.javacream.demo.spring.factory;

import org.javacream.store.StoreService;

public class StoreServiceValidator implements StoreService, Decoratable {

    private StoreService storeService;

    public int getStock(String category, String id) {
        if (category != null && id != null && !category.contains(" ")) {
            return storeService.getStock(category, id);
        } else {
            return 0;
        }
    }

    public void setDelegate(Object delegate) {
        storeService = (StoreService) delegate;
    }
}
```

und ein Cache:

```
package org.javacream.demo.spring.factory;

import java.util.HashMap;

import org.javacream.store.StoreService;

public class StoreServiceCache implements StoreService, Decor-
atable {

    private StoreService storeService;
    private HashMap<StoreServiceKey, Integer> cache = new
HashMap<StoreServiceKey, Integer>();

    public int getStock(String category, String id) {
        StoreServiceKey key = new StoreServiceKey(category, id);
        Integer stock = cache.get(key);
        if (stock == null) {
            System.out.println("Cache miss");
            stock = storeService.getStock(category, id);
            cache.put(key, stock);
        } else {
            System.out.println("Cache hit");
        }
        return stock;
    }

    public void setDelegate(Object delegate) {
        storeService = (StoreService) delegate;
    }

    private class StoreServiceKey {
        private String category, id;

        public StoreServiceKey(String category, String id) {
            this.category = category;
            this.id = id;
        }

        @Override
        public int hashCode() {
            final int prime = 31;
            int result = 1;
            result = prime * result + getOuterType().hashCode();
            result = prime * result
                + ((category == null) ? 0 : category.hashCode());
        }
    }
}
```

```
        result = prime * result + ((id == null) ? 0 : id.hashCode());
        return result;
    }

    @Override
    public boolean equals(Object obj) {
        if (this == obj)
            return true;
        if (obj == null)
            return false;
        if (getClass() != obj.getClass())
            return false;
        StoreServiceKey other = (StoreServiceKey) obj;
        if (!getOuterType().equals(other.getOuterType()))
            return false;
        if (category == null) {
            if (other.category != null)
                return false;
        } else if (!category.equals(other.category))
            return false;
        if (id == null) {
            if (other.id != null)
                return false;
        } else if (!id.equals(other.id))
            return false;
        return true;
    }

    private StoreServiceCache getOuterType() {
        return StoreServiceCache.this;
    }

}

}
```

Die folgende Spring-Konfiguration zeigt die Verwendung der Factory Bean:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<beans xmlns="http://www.springframework.org/schema/beans"
       xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
       xsi:schemaLocation="http://www.springframework.org/schema/beans http://www.springframework.org/schema/beans/spring-beans.xsd">
    <bean id="decoratorFactory" class="org.javacream.demo.spring.factory.DecoratorFactoryBean"
          name="storeServiceFromFactory">
        <property name="product">
            <bean class="org.javacream.store.business.StoreServiceImpl" />
        </property>
        <property name="decoratorList">
            <list>
                <bean class="org.javacream.demo.spring.factory.StoreServiceValidator"></bean>
                <bean class="org.javacream.demo.spring.factory.StoreServiceCache"></bean>
            </list>
        </property>
    </bean>
</beans>
```

Diese Formulierung ist eleganter und nachvollziehbarer als eine (ebenfalls mögliche) Definition der Decorators als eigene Beans und referenzieren der `delegate-Property`:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<beans xmlns="http://www.springframework.org/schema/beans"
       xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
       xsi:schemaLocation="http://www.springframework.org/schema/beans http://www.springframework.org/schema/beans/spring-beans.xsd">
    <bean id="storeServiceValidator" class="org.javacream.demo.spring.factory.StoreServiceValidator"
          name="storeServiceWithoutFactory">
        <property name="delegate">
            <bean class="org.javacream.demo.spring.factory.StoreServiceCache">
                <property name="delegate">
                    <bean class="org.javacream.store.business.StoreServiceImpl" />
                </property>
            </bean>
        </property>
    </bean>
</beans>
```

„Dekoration“ ist übrigens nicht zu verwechseln mit dem Hinzufügen von Aspekten: Aspekte sind in der Regel recht allgemein gehalten und „wissen nicht“, welches Business-Interface sie anreichern. Ein Decorator kennt die genaue Signatur des umhüllte Objekts und kann somit deutlich spezieller implementiert werden.

2.8 Konfiguration mit Annotations

Neben der Definition von Spring Beans mit Hilfe der XML-Dateien enthält das Spring API ab der Version 2.5 auch einen Satz von Annotations:

- `org.springframework.stereotype.Component` ist die „Basis“-Annotation. Jede Klasse mit dieser Annotation wird als Spring Bean interpretiert. Als Parameter benötigt diese Annotation den Namen der Bean.
- `Service`, `Repository` und `Controller` sind ebenfalls gültige Annotations. Alle sind selber ebenfalls `Components`, die aber verschiedene Ausprägungen signalisieren, die von weiteren Spring-Komponenten berücksichtigt werden können. So könnten beispielsweise alle `Services` in einem Server registriert werden oder aber alle `Repositories` eine Referenz auf eine `DataSource` injiziert bekommen.
- `org.springframework.context.annotation.Scope` definiert den Scope der Bean.
- `org.springframework.beans.factory.annotation.Autowired` definiert das Autowire-Verhalten.
- `org.springframework.beans.factory.annotation.Required` verlangt das Setzen einer Property.

Daneben werden die Annotations der JEE benutzt, die nicht direkt den Enterprise Beans zugeordnet sind. Dies sind aus dem Paket `javax.annotation`:

- `@PostConstruct` für eine init-Methode
- `@PreDestroy` für eine destroy-Methode
- `@Resource` für eine Referenz auf eine andere Bean.

Das folgende Beispiel zeigt den annotierten MapBooksService:

```
package org.javacream.books.warehouse.business;

import java.util.ArrayList;

import java.util.Collection;

import java.util.HashMap;

import java.util.Map;

import javax.annotation.PostConstruct;

import javax.annotation.PreDestroy;

import javax.annotation.Resource;

import org.javacream.books.warehouse.BookException;

import org.javacream.books.warehouse.BooksService;

import org.javacream.books.warehouse.value.BookValue;

import org.javacream.keygeneration.KeyGenerator;

import org.javacream.store.StoreService;

import org.springframework.context.annotation.Scope;

import org.springframework.stereotype.Service;

@Service("booksService")

@Scope("prototype")

public class MapBooksService implements BooksService {

    private KeyGenerator keyGenerator;

    private Map<String, BookValue> books;

    private StoreService storeService;

    {

        books = new HashMap<String, BookValue>();
    }
}
```

```
}

Map<String, BookValue> getBooksMap() {

    return books;

}

@Resource(name="storeServiceImpl")

public void setStoreService(StoreService storeService) {

    this.storeService = storeService;

}

@PostConstruct

public void initTheBean() {

    System.out.println("Initializing...");

}

public String newBook(String title) throws BookException {

    String isbn = keyGenerator.next();

    BookValue detail = new BookValue();

    detail.setIsbn(isbn);

    detail.setTitle(title);

    books.put(isbn, detail);

    return isbn;

}

public BookValue findBookByIsbn(String isbn) throws BookException {

    BookValue result = (BookValue) books.get(isbn);

    if (result == null) {
```

```
        throw new BookException(BookException.BookException-
Type.NOT_FOUND,

        isbn);

    }

    result.setAvailable(storeService.getStock("books", isbn) > 0);

    return result;

}

public BookValue updateBook(BookValue bookDetailValue) throws
BookException {

    // Potenzielle Validierung:

    if (bookDetailValue.getPrice() <= 0) {

        throw new BookException(BookException.BookException-
Type.CONSTRAINT,

        "price <= 0");

    }

    BookValue value = findBookByIsbn(bookDetailValue.getIsbn());

    value.setTitle(bookDetailValue.getTitle());

    value.setPrice(bookDetailValue.getPrice());

    value.setAvailable(bookDetailValue.isAvailable());

    return value;

}

public void deleteBookByIsbn(String isbn) throws BookException
{

    Object result = books.remove(isbn);

    if (result == null) {

        throw new BookException(

            BookException.BookExceptionType.NOT_DELETED, isbn);

    }

}
```

```
}

public KeyGenerator getKeyGenerator() {

    return keyGenerator;

}

@Resource (name="randomKeyGenerator")

public void setKeyGenerator(KeyGenerator keyGenerator) {

    this.keyGenerator = keyGenerator;

}

public StoreService getStoreService() {

    return storeService;

}

public Collection<BookValue> findAllBooks() {

    return new ArrayList<BookValue>(books.values());

}


@PreDestroy

public void destroyTheBean(){

    System.out.println("Destroying...");

}

}
```

Um die Annotations-basierten Beans vom `ApplicationContext` verwaltet zu bekommen, ist folgende Konfiguration notwendig:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<beans xmlns="http://www.springframework.org/schema/beans"
       xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
       xmlns:context="http://www.springframework.org/schema/context"
       xsi:schemaLocation="http://www.springframework.org/schema/beans
                           http://www.springframework.org/schema/beans/spring-beans-2.5.xsd
                           http://www.springframework.org/schema/context
                           http://www.springframework.org/schema/context/spring-context-2.5.xsd">

    <context:component-scan base-package="org.javacream"/>

</beans>
```

Damit der `ApplicationContext` nicht alle Klassen laden und nach Annotations durchforsten muss, kann ein `base-package` angegeben werden. Weiterhin können inclusion- und exclusion-Filter angegeben werden.

3 Datenzugriffe mit Spring

3.1 Inversion of Control mit Method Template

Bei den Datenzugriffen verwendet Spring den „Inversion of Control“-Ansatz, um Dienste wie Transaktionssteuerung oder eine vereinfachte, zentrale Ausnahmebehandlung einzuführen.

Die Grundidee dieses Ansatzes ist eine Template-Klasse, die eine Aktion ausführen kann, und eine Callback-Klasse, deren Methode innerhalb des Templates ausgeführt wird. Dies entspricht im Wesentlichen dem Design Pattern „Method Template“, nur dass hier die abstrakte Methode in das Callback-Interface ausgelagert wird.

3.2 Direkter JDBC-Zugriff

Für den direkten Zugriff mit JDBC gibt es das `JdbcTemplate`, das in einer Spring-Konfiguration eingetragen werden kann. Als zentrale Property wird hierfür eine `DataSource` benötigt, die wiederum als Spring Bean definiert werden kann. Das Spring-Framework enthält dafür einen ganzen Satz von Implementierungen:

- Eine eigene Implementierung, die direkt mit dem `DriverManager` zusammenarbeitet.
- Einbindung des Apache DB-Projekts.
- Zugriff auf eine JNDI-`DataSource`.

Die folgende Konfiguration definiert ein `JdbcTemplate` für die Hysonic DB:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>

<!DOCTYPE beans PUBLIC
    "-//SPRING//DTD BEAN//EN"
    "http://www.springframework.org/dtd/spring-beans.dtd">

<beans default-autowire="no" default-lazy-init="false"
    default-dependency-check="none">

    <bean id="HsqlDataSource"
        class="org.springframework.jdbc.datasource.DriverManagerDataSource">

        <property name="driverClassName" value="org.hsqldb.jdbcDriver"></property>
```

```
<property name="password" value=""></property>
<property name="username" value="SA"></property>
<property name="url" value="jdbc:hsqldb:hsqldb://raum10srv01/unilogdb"></property>
<!--
<property name="url" value="jdbc:hsqldb:/data"></property>
-->
<!--
<property name="url" value="jdbc:hsqldb:."></property>
-->
</bean>

<bean id="JdbcTemplate" class="org.springframework.jdbc.core.JdbcTemplate">
  <property name="dataSource" ref="HsqlDataSource"></property>
</bean>
</beans>
```

Hier wird als `DataSource` die `DriverManagerDataSource` benutzt, der die `Connections` direkt vom `java.sql.DriverManager` holt.

In der Praxis wird hierfür wahrscheinlich ein `Connection Pool` benutzt, beispielsweise innerhalb eines Applikationsservers. Auch dafür stellt die Spring-Klassenbibliothek geeignete Implementierungen zur Verfügung.

Die eigentliche Datenzugriffsklasse ist nun sehr einfach zu schreiben:

- Das `JdbcTemplate` wird als `Property` definiert und über `Dependency Injection` gesetzt

- Implementierungen geeigneter Callback-Schnittstellen, wahrscheinlich definiert als Innere oder sogar Anonyme Klassen, enthalten die eigentliche Datenzugriffslogik:

```
import java.sql.ResultSet;
import java.sql.SQLException;
import java.sql.Statement;
import java.util.List;
import java.util.ArrayList;
import org.springframework.dao.DataAccessException;
import org.springframework.jdbc.core.JdbcTemplate;
import org.springframework.jdbc.core.StatementCallback;

public class JdbcDemo{

    private JdbcTemplate jdbcTemplate;

    public void setJdbcTemplate(JdbcTemplate jdbcTemplate) {
        this.jdbcTemplate = jdbcTemplate;
    }

    public void log(final String logMessage) {
        return (String) jdbcTemplate.execute(new StatementCall-
back() {
            public Object doInStatement(Statement statement)
                throws SQLException, DataAccessException {

                int rows = statement.executeUpdate("insert into
LOG_TABLE values('" + logMessage + "')");
                return null;
            }

        });
    }

    public List getLogMessages() {
        return (Integer) jdbcTemplate.execute(new StatementCa-
llback() {
            public Object doInStatement(Statement statement)
                throws SQLException, DataAccessException {
                ResultSet rs = statement
                    .executeQuery("select * from LOG_TABLE"s;
                ArrayList result = new ArrayList();

                while (rs.next()) {
                    result.add(rs.getObject(1));
                }
                return result;
            }
        });
    }
}
```

Als Callback-Schnittstellen existieren:

- Das oben verwendete einfache `StatementCallback`. Bei der Ausführung genügt hier als Parameter eine Instanz einer geeigneten Implementierung.
- Das `PreparedStatementCallback` benötigt als Parameter das für die Erzeugung notwendige Template. Dieses wird als String-Parameter der `execute`-Methode des `JdbcTemplate` übergeben.
- Das `CallableStatementCallback` benötigt als Parameter ebenfalls eine Zeichenkette, die die aufzurufende Stored Procedure definiert.

3.3 Transaktions-Management

3.3.1 Übersicht

Spring stellt für die Abstraktion der verwendeten Transaktions-Management-Technologie ein eigenes API zur Verfügung:

- `org.springframework.transaction` mit Exception-Klassen, die den typischen Transaktionsfehlern entsprechen. Wie in Spring üblich sind dies `RuntimeExceptions`
- Unterstützung deklarativer Transaktionssteuerung unter Verwendung des Spring AOP-Frameworks (`org.springframework.transaction.interceptor`) bzw. mit Java 5 Annotations (`org.springframework.transaction.annotation`)
- Verwendung einer JTA-konformen Transaktions-Managers, der von einem externen System, wahrscheinlich einem Applikationsserver⁷, zur Verfügung gestellt wird (`org.springframework.transaction.support` und `org.springframework.transaction.jta`).

Für die Verwendung des Transaktions-APIs gibt es mehrere unterschiedliche Ansätze:

- Deklarative Transaktionssteuerung
- Programmatische Transaktionssteuerung
 - Verwendung des JTA-APIs, wobei der Programmierer die volle Verantwortung für das korrekte commit/rollback, insbesondere beim Exception-Handling, ist
 - Verwendung des `TransactionTemplates`. Hier wird durch eine Callback-Mechanismus die Verantwortung an die Superklasse delegiert⁸.
- Verwendung eines „höherwertigen“ Frameworks für den Datenzugriff, das die Transaktionssteuerung intern übernimmt.

⁷ Es gibt aber auch eine Reihe unabhängiger JTA-Implementierungen

⁸ Dies wird durch das Design Pattern „Method Template“ erreicht

Für alle Möglichkeiten ist es notwendig, eine Implementierung eines `TransactionManagers` zur Verfügung zu stellen. Dies ist selbstverständlich wieder eine Spring Bean, die in verschiedenen Ausprägungen (eigene Spring-Implementierung, Anbindung vorhandener Produkte, insbesondere durch JNDI-Lookup) existieren:

```
<bean
class="org.springframework.jdbc.datasource.DataSourceTransactionManager">
    <property name="dataSource" ref="dataSource"></property>
</bean>
```

3.3.2 TransactionCallback

Beispiel: Ausführung einer Transaktion innerhalb eines Callback:

```
public interface TransactionCallback {
    Object doInTransaction(TransactionStatus status);
}

public class TransactionTemplate extends DefaultTransactionDefinition implements InitializingBean {
    //...

    public Object execute(TransactionCallback action) throws TransactionException {
        TransactionStatus status = this.transactionManager.getTransaction(this);
        Object result = null;
        try {
            result = action.doInTransaction(status);
        }
        catch (RuntimeException ex) {
            // Transactional code threw application exception -> rollback
            rollbackOnException(status, ex);
            throw ex;
        }
        catch (Error err) {
            // Transactional code threw error -> rollback
            rollbackOnException(status, err);
            throw err;
        }
        this.transactionManager.commit(status);
        return result;
    }

    //...
}
```

Der Sinn dieser Konstruktion ist evident: Jeder Aufruf der Callback-Methode wird innerhalb eines Transaktionskontextes ausgeführt. Normale Methodenterminierung und die Fehlerbehandlung führen zu korrektem commit/rollback-Verhalten.

3.3.3 TransactionProxyFactoryBean

Das folgende Beispiel zeigt die deklarative Transaktionssteuerung unter Verwendung der `TransactionProxyFactoryBean`:

```
<bean id="transactionalBooksService"
class="org.springframework.transaction.interceptor.Transaction-
ProxyFactoryBean"
    name="org.javacream.books.warehouse.BooksService">
    <property name="proxyInterfaces">
        <value>org.javacream.books.warehouse.BooksService</va-
    lue>
    </property>
    <property name="target" ref="booksService"></property>
    <property name="transactionAttributes">
        <props>
            <prop key="*">PROPAGATION_REQUIRED</prop>
        </props>
    </property>
    <property name="transactionManager">
        <bean
class="org.springframework.jdbc.datasource.DataSourceTransac-
tionManager">
            <property name="dataSource" ref="dataSource"></pro-
    perty>
        </bean>
    </property>
</bean>
```

Hier wird der Zugriff auf den `BooksService` transaktionell gesteuert. Der `DataSourceTransactionManager` kontrolliert alle von der konfigurierten `DataSource` erzeugten Connections. Alternativ könnte hier selbstverständlich auch eine Anbindung an den Transaktionsmanager eines Applikationsservers erfolgen. Die `TransactionProxyFactoryBean` erzeugt den entsprechenden Interceptor, wobei die Transaktionsattribute über eine Property-Konfiguration erfolgen. Die oben angegebenen Einstellungen bedeuten, dass jede Methode („*“) einen vorhandenen Transaktionskontext propagieren soll („PROPAGATION_REQUIRED“). Ist kein Transaktionskontext vorhanden

wird ein neuer eröffnet. Die mögliche Attribute sind innerhalb der Schnittstelle `org.springframework.transaction.TransactionDefinition` definiert⁹:

- `PROPAGATION_REQUIRES`
- `PROPAGATION_REQUIRES_NEW`
- `PROPAGATION_MANDATORY`
- `PROPAGATION_SUPPORTS`
- `PROPAGATION_NOT_SUPPORTED`
- `PROPAGATION_NEVER`
- `PROPAGATION_NESTED`

Zusätzlich kann, durch ein Komma separiert, `readOnly` angegeben werden.

3.3.4 tx-Namensraum

Die Verwendung dieser Factory Bean ist ab Spring 2.0 in dieser Form nicht mehr notwendig. Die Transaktionskonfiguration erfolgt durch die Verwendung des XML-Schemas

`xmlns:tx="http://www.springframework.org/schema/tx."`

```
<aop:config>
  <aop:pointcut id="booksServiceMethods"
    expression="execution(* *..IBatisBooksService.*(..))"
  />
  <aop:advisor advice-ref="txAdvice" pointcut-ref="books-
ServiceMethods" />
</aop:config>
<tx:advice id="txAdvice" transaction-manager="txMana-
ger">
  <tx:attributes>
    <tx:method name="*" propagation="REQUIRED" />
  </tx:attributes>
</tx:advice>
```

3.3.5 Annotations-basierte Transaktionssteuerung

Die folgende Klasse deklariert den Schlüsselgenerator und dessen Transaktionsverhalten mit Annotations:

⁹ Die Namen und die Interpretation dieser Werte entsprechen den allgemein verwendeten Transaktionsattributen, wie sie beispielsweise auch innerhalb der JEE benutzt werden.

```
package org.javacream.keygeneration.business;
import java.sql.ResultSet;
import java.sql.SQLException;
import java.sql.Statement;
import javax.annotation.PostConstruct;
import javax.annotation.Resource;
import org.springframework.dao.DataAccessException;
import org.springframework.jdbc.core.JdbcTemplate;
import org.springframework.jdbc.core.StatementCallback;
import org.springframework.stereotype.Repository;
import org.springframework.transaction.annotation.Propagation;
import org.springframework.transaction.annotation.Transactional;

@Repository("keyGenerator")
public class AnnotatedJdbcKeyGenerator{
    private JdbcTemplate jdbcTemplate;
    @Resource(name="jdbcTemplate")
    public void setJdbcTemplate(JdbcTemplate jdbcTemplate) {
        this.jdbcTemplate = jdbcTemplate;
    }
    @PostConstruct
    public void init() {
        jdbcTemplate.execute(new StatementCallback() {
            public Object doInStatement(Statement statement)
                throws SQLException, DataAccessException {
                statement.execute("drop table keys if exists");
                statement.execute("create table keys (col_key integer)");
                statement.execute("insert into keys values (42)");
                return null;
            }
        });
    }
    @Transactional(propagation=Propagation.REQUIRED)
    public int next(boolean rollback) {
        int key = (Integer) jdbcTemplate.execute(new StatementCallback() {
            public Object doInStatement(Statement statement)
                throws SQLException, DataAccessException {
```

```
        ResultSet rs = statement.executeQuery("select * from
keys");
        rs.next();
        int key = rs.getInt(1);
        int newKey = key + 1;
        statement.execute("update keys set col_key=" +
newKey);
        return newKey;
    }
});
if (rollback){
    throw new KeyGeneratorException("rollback!", key);
}else{
    return key;
}
}
```

Die Konfiguration der Spring Bean ebenfalls mit Annotations ist nicht zwingend, aber konsequent.

Für die Aktivierung der Transaktionen wird das Tag `<tx:annotation-driven/>` benötigt, ebenso natürlich eine `DataSource` und der `TransactionManager`:

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<beans xmlns="http://www.springframework.org/schema/beans"
       xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
       xmlns:tx="http://www.springframework.org/schema/tx"
       xmlns:context="http://www.springframework.org/schema/context"
       xsi:schemaLocation="http://www.springframework.org/schema/beans
                           http://www.springframework.org/schema/beans/spring-beans-2.5.xsd
                           http://www.springframework.org/schema/tx
                           http://www.springframework.org/schema/tx/spring-tx-2.5.xsd
                           http://www.springframework.org/schema/context
                           http://www.springframework.org/schema/context/spring-context-2.5.xsd"
       ">
    <context:component-scan base-package="org.javacream" />
    <tx:annotation-driven />
    <bean id="transactionManager"
          class="org.springframework.jdbc.datasource.DataSourceTransactionManager">
        <property name="dataSource" ref="dataSource"></property>
    </bean>
    <bean id="jdbcTemplate" class="org.springframework.jdbc.core.JdbcTemplate">
        <property name="dataSource" ref="dataSource"></property>
    </bean>
    <bean id="dataSource"
          class="org.springframework.jdbc.datasource.DriverManagerDataSource">
        <property name="driverClassName" value="org.hsqldb.jdbcDriver">
        </property>
        <property name="url" value="jdbc:hsqldb:."></property>
        <property name="username" value="SA"></property>
        <property name="password" value=""></property>
    </bean>
</beans>
```

3.4 Hibernate-Unterstützung

Der Open Source O/R-Mapper Hibernate und Spring passen von den Grundkonzepten her hervorragend zusammen:

- Dependency Injection -Ansatz zur Konfiguration seiner Komponenten durch austauschbare Dienst-Implementierungen (`DataSourcees`, `TransactionManager`)
- Konfiguration über Properties- bzw. XML-Dateien
- Annotations sowie Unterstützung Aspektorientierter Ansätze¹⁰

Hibernate3 bietet bereits eine saubere Unterstützung für Transaktionen: Die Methode `SessionFactory.getCurrentSession()` verwendet den für die Factory gesetzten Transaktions-Manager, um die dem aktuellen Kontext (lokaler Methodenaufruf, `HttpRequest`, EJB-Aufruf) assoziierte Transaktion zuordnen zu können.

Dazu muss wird der Transaktions-Manager in der Spring-Konfiguration definiert und der `SessionFactory` zugeordnet. Für eine Singlethreaded-Anwendung genügt dafür der `org.springframework.orm.hibernate3.HibernateTransactionManager`:

```
<bean id="TxManager" class="org.springframework.orm.hibernate3.HibernateTransactionManager">
  <property name="sessionFactory" ref="HibernateSessionFactory"/>
</bean>
```

Alternativ hierzu kann eine der Spring-Implementierungen in `org.springframework.transaction.jta` für die `SessionFactory` gesetzt werden.

4 Das Spring Web Framework

Das Spring Web Framework ist nach dem Model-View-Controller Design Pattern aufgebaut. Die Rolle des Datenmodells übernehmen hierbei SpringBeans, die von Controller-Implementierungen aufgenommen werden. Teil des Controllers ist das bereits bekannte Dispatcher-Servlet, das dem einkommenden Request das auszuführende Kommando entnimmt und dann den Aufruf an den dazu konfigurierten Controller delegiert. Die Rolle der View-Komponenten übernehmen häufig JavaServer Pages, Spring unterstützt aber auch andere Template-Engines (z.B. Apache Velocity) oder Dateiformate (Tabellenkalkulationen, PDF).

Die Erstellung von Web Anwendungen mit Hilfe von Spring ist durch ein sauber designetes Framework realisiert worden. Das Basis-Design entspricht dem MVC-Design-Pattern:

- Die Model-Komponenten sind normale SpringBeans
- Die Controller sind durch mehrere Komponenten abgebildet:
 - Ein Dispatcher liest aus dem Http-Request ein Aktionskommando aus und entscheidet, welcher
 - Handler aufgerufen wird. Dieser delegiert schließlich noch an den eigentlichen
 - Controller, der die Aufrufe an das Modell weiter delegiert.
- Die View-Komponenten sind zweigeteilt:
 - HTML-Formulare, die vom Browser auf dem Client dargestellt werden. Alternativ können auch andere Formate (Tabellenkalkulation, PDF) erzeugt werden.
 - Auf dem Server übernimmt eine Template Engine die Erzeugung der Dokumenten-Formate, die der Client angefordert hat.

Das Spring-Framework steht in seiner Komplexität ähnlichen Ansätzen wie Apache Spring oder WebWorks in nichts nach. Beispiele für vollständige Web Applikationen sprengen den Rahmen der Präsentation, hier sei auf die der Spring-Distribution beiliegenden Beispiele (petclinic, jpetstore) verwiesen.

4.1 Das Dispatcher-Servlet

Dieses Servlet, eine Instanz der Klasse

`org.springframework.web.servlet.DispatcherServlet`, wurde bereits bei den entfernten Methodenaufrufen über http eingeführt.

Dieses zentrale Servlet, das häufig auch nach einem Design Pattern für verteilte Anwendungen „Front Controller“ benannt wird, wird in der `web.xml` konfiguriert und als Web-Archiv in einem Servlet-Engine installiert.

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>

<!DOCTYPE web-app PUBLIC
    "-//Sun Microsystems, Inc.//DTD Web Application 2.3//EN"
    "http://java.sun.com/dtd/web-app_2_3.dtd">

<web-app>
    <servlet>
        <servlet-name>FrontController</servlet-name>
        <servlet-class>
            org.springframework.web.servlet.DispatcherServlet
        </servlet-class>
        <init-param>
            <param-name>contextConfigLocation</param-name>
            <param-value>/WEB-INF/web-spring-beans.xml</param-
value>
        </init-param>
        <load-on-startup>1</load-on-startup>
    </servlet>
    <servlet-mapping>
        <servlet-name>FrontController</servlet-name>
        <url-pattern>*.do</url-pattern>
    </servlet-mapping>
    <servlet-mapping>
        <servlet-name>FrontController</servlet-name>
        <url-pattern>*.html</url-pattern>
    </servlet-mapping>

    <taglib>
        <taglib-uri>/spring</taglib-uri>
        <taglib-location>/WEB-INF/spring.tld</taglib-location>
    </taglib>
</web-app>
```

Das Servlet liest noch zusätzlich bei der Initialisierung eine Konfigurationsdatei mit beliebigen SpringBean-Definitionen. Wie üblich wird

dadurch ein `ApplicationContext` aufgebaut. Dieser ist eine Erweiterung, die den Zugriff auf den `ServletContext` ermöglicht:

```
org.springframework.web.context.WebApplicationContext
```

Der Zugriff auf eine Implementierung dieser Schnittstelle wird im `HttpRequest` abgelegt. Als Schlüssel wird `DispatcherServlet.WEB_APPLICATION_CONTEXT_ATTRIBUTE` verwendet.

4.2 Spezielle Beans für Web Anwendungen

Eine Spring-Web Anwendung definiert Bean-Typen, die für die speziellen Anforderungen konzipiert sind:

| Begriff | Erläuterung |
|--|---|
| <code>controller(s)</code> | Der eigentliche Kontroller ruft die Methoden des Models auf. |
| <code>handler mapping(s)</code> | Ein Handler ist ein Pre- oder Postprozessor, der an Hand bestimmter Request-Kriterien ausgeführt werden. Handler sind auch als „Intercepting Filter“ bekannt. |
| <code>view resolver</code> | Das Ergebnis eines Model-Aufrufs wird von einem bestimmten Template für den Client aufbereitet. Der View Resolver (auch „Application Controller“) entscheidet durch einen Alias-Namen, welche View verwendet werden soll. |
| <code>locale resolver</code> | Wird für internationalisierte Darstellungen verwendet. |
| <code>theme resolver</code> | Personalisierte Layouts für die angezeigten Views. |
| <code>multipart resolver</code> | File-Upload aus HTML-Seiten. |
| <code>handlerexception resolver</code> | Ausnahmebehandlung, beispielsweise die Darstellung einer Fehler-View. |

Die Resolver werden wie der `WebApplicationContext` als Parameter des Requests gesetzt. Als Schlüssel werden wieder statische Attribute des `DispatcherServlets` benutzt.

Die Initialisierungs-Parameter des `DispatcherServlets` sind:

| Parameter | Erläuterung |
|------------------------------------|--|
| <code>contextClass</code> | Implementierung der <code>WebApplication-Context-Schnittstelle</code> , die vom <code>DispatcherServlet</code> benutzt wird. Standard: <code>XmlWebApplicationContext</code> . |
| <code>contextConfigLocation</code> | Name der Konfigurationsdateien (Kommagetrennte Liste), die gelesen werden sollen |
| <code>namespace</code> | Der Namensraum der Web-Applikation. Standard: <code>[server-name]-servlet</code> . |

Eine zentrale Klasse des MVC-Webframeworks ist `ModelAndView`: Im MVC-Design übernimmt der Controller die Ansteuerung des Datenmodells und bekommt in der Regel ein zugehöriges Ergebnis als Datensnapshot (ein Value Object) oder eine Live-Entität. Für eine Web-Anwendung muss dieses Ergebnis aber noch in eine vom Browser darstellbare Form, eine Serverseitig erstellte View, umgewandelt werden. Und genau das macht `ModelAndView`: Diese Klasse hält eine beliebige Menge von Objekten, zugreifbar über einen eindeutigen Schlüssel sowie den Namen einer View.

Was Spring jetzt noch wissen muss ist, wie die Server-seitige View erstellt werden soll. Dafür sind verschiedenste Technologien möglich und etabliert:

- JavaServer Pages sowie Tag Libraries, insbesondere mit dem Standard der JavaServer Pages Standard Tag Libraries (JSTL)
- Expression Languages wie das beliebte Apache Velocity (apache.org), dem jedoch in letzter Zeit von Freemarker (freemarker.org) der Rang abgelaufen wird. Beide Projekte sind Open Source.
- XSL-Transformationen sind insbesondere dann beliebt, wenn das Modell bereits Daten im XML-Format liefert.

Welche Technologie benutzt wird hängt natürlich von der Spring-Konfiguration ab, in der ein View-Resolver eingetragen werden muss:

```
<bean id="viewResolver" class="org.springframework.web.servlet.view.InternalResourceViewResolver">
<property name="viewClass"><value>org.springframework.web.servlet.view.JstlView</value>
</property>
<property name="prefix"><value>/WEB-INF/pages/books/</value></property>
<property name="suffix"><value>.jsp</value></property>
</bean>
```

Hier werden JSP-Templates aufgelöst, die sich im Verzeichnis `WEB-INF/pages/books/` befinden und die Standard-Endung `".jsp"` haben.

4.3 Controller

4.3.1 Ein einfacher Controller

Ein Controller bekommt als Parameter einen `HttpServletRequest` und liefert als Ergebnis eine Instanz der Klasse `ModelAndView`, die dann die Darstellung übernimmt. Alternativ kann der Controller auch direkt in den `HttpServletResponse` schreiben.

```
package org.springframework.web.servlet.mvc;

public interface Controller {

    /**
     * Process the request and return a ModelAndView Object which the
     * DispatcherServlet
     * will render.
     */
    ModelAndView handleRequest(
        HttpServletRequest request,
        HttpServletResponse response)
        throws Exception;
}
```

Spring selber liefert bereits eine Reihe von (abstrakten) Basisimplementierungen, die die Implementierung eigener Controller-Klassen stark erleichtern:

Der `AbstractController` liefert eine `SpringBean`-konforme Basis-Klasse, die einige Details des HTTP-Protokolls konfigurierbar macht:

- Soll eine `HttpSession` aufgebaut werden?
- Welche Methoden (HTTP-GET, HTTP-POST,...) werden unterstützt?
- Konfiguration von Caching-Parametern

Eine einfache Implementierung:

```
public class DemoController extends AbstractController {

    private static final String DEMO_PAGE;

    static{
        DEMO_PAGE = "<HTML>" +
            "<TITLE>Demo Page</TITLE>" +
            "<BODY>A demo page created by a DemoController</BODY>"
+
            "<HTML>";
    }

    @Override
    protected ModelAndView handleRequestInternal(HttpServletRequest request,
        HttpServletResponse response) throws Exception {

        response.getWriter().print(DEMO_PAGE);
        return null;
    }

}
```

benötigt nun nur noch eine Definition als SpringBean und ein Mapping zwischen der aufrufenden URL und der Bean-ID¹¹.

¹¹ Es sind auch andere Mapping-Strategien denkbar und möglich.

Beides ist Bestandteil der Spring-Konfiguration:

```
<beans>

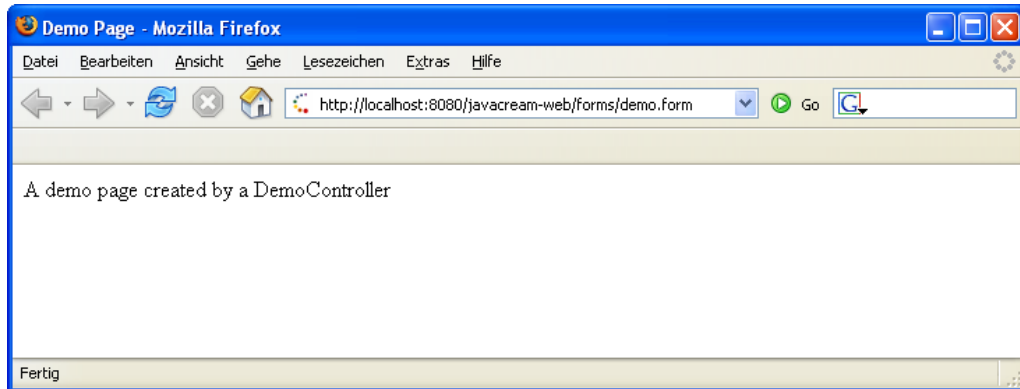
  <bean id="DemoController"
    class="org.javacream.spring.beans.web.DemoController">
    <property name="cacheSeconds" value="120" />
  </bean>

  <bean id="handlerMapping"
    class="org.springframework.web.servlet.handler.SimpleUrlHandlerMapping">
    <property name="mappings">
      <props>
        <prop key="demo.form">
          DemoController
        </prop>
      </props>
    </property>
  </bean>
</beans>
```

Das Ganze wird über ein Ant-Skript in ein Web-Archiv verpackt und kann dann im Server installiert werden:

```
<target name="web-war" description="javacream-web.war">
  <jar destfile="${target.dir}/javacream-web.war">
    <zipfileset dir="${web-web-inf.dir}" prefix="WEB-INF">
      <include name="web.xml" />
    </zipfileset>
    <zipfileset dir="${spring-beans.dir}" prefix="WEB-INF">
      <include name="web-spring-beans.xml" />
    </zipfileset>
    <zipfileset dir="${classes.dir}" prefix="WEB-INF/classes"/>
    <zipfileset dir="${spring.dir}" prefix="WEB-INF/lib">
      <include name="spring.jar" />
    </zipfileset>
    <zipfileset dir="${classes.dir}">
      <include name="*.properties" />
    </zipfileset>
  </jar>
</target>
```

```
</jar>
</target>
```



4.3.2 Weitere Controller-Implementierungen

Der `ParameterizableViewController` erlaubt in seiner Konfiguration die Angabe des View-Namens, der im `WebApplicationContext` gebunden wird.

Der `UrlFilenameViewController` wandelt einen der URL angehängten Dateinamen in den Namen einer View um.

Eine weitere sehr praktische Implementierung ergibt sich aus folgender Überlegung: Wie viele Kommandos müssen die Controller in einer realen Anwendung verstehen? Je nach Komplexität kommt hier sehr schnell eine unangenehm hohe Zahl heraus, die entweder eine große Zahl von Controller-Klassen oder aber Dispatching-Logik Kommando – Model-Methode erfordert. Genau diese Logik steht nun aber bereits mit dem `MultiActionController` bereit.

Dieser benutzt den `HttpRequest` dazu, über einen `MethodNameResolver` eine Methode der Signatur

```
ModelAndView <name>(HttpServletRequest, HttpServletResponse);
```

oder, für die Fehlerbehandlung einen Exception-Handler

```
ModelAndView <name>(HttpServletRequest, HttpServletResponse,
<ExceptionKlasse>);
```

aufzurufen.

| Property | Beschreibung |
|--------------------|--|
| delegate | Die <code>delegate</code> -Property wird benutzt, wenn dieser Controller direkt (ohne Ableitung) verwendet werden soll. Er braucht dann diese Property, um an die „eigentliche“ Controller-Implementierung delegieren zu können |
| methodNameResolver | <p>Zur Verfügung stehen:</p> <ul style="list-style-type: none">• <code>InternalPathMethodNameResolver</code>, der einen Pfad der URL als Methode interpretiert und• <code>ParameterMethodNameResolver</code> der einen konfigurierbaren URL-Parameter als Methodenaufruf interpretiert,• <code>PropertiesMethodNameResolver</code>: Ein Mapping zwischen URLs und Methoden in Form eines <code>Properties</code>-Objekts |

Beispiel:

Ein einfaches Datenmodell:

```
public class SimpleDemoModel {  
  
    private static List<SimpleDataValue> simpleDataValues;  
    static {  
        simpleDataValues = new ArrayList<SimpleDataValue>();  
        for (int i = 0; i < 10; i++) {  
            SimpleDataValue value = new SimpleDataValue();  
            value.setName("SimpleDataValue:name" + i);  
            value.setDescription("SimpleDataValue:description" +  
i);  
            ArrayList<SimpleDataDetailValue> detailValues = new Ar-  
rrayList<SimpleDataDetailValue>(  
                5);  
            for (int j = 0; j < 5; j++) {  
                SimpleDataDetailValue detailValue = new SimpleDataDe-  
tailValue();  
                detailValue.setDetail1("SimpleDataDetailValue:detail1"  
+ j);  
                detailValue.setDetail2("SimpleDataDetailValue:detail2"  
+ j);  
            }  
            simpleDataValues.add(value);  
        }  
    }  
}
```

```

        detailValue.setDetail3("SimpleDataDetailValue:detail3"
+ j);
        detailValue.setDetail4("SimpleDataDetailValue:detail4"
+ j);
    }
    value.setSimpleDataDetailValues(detailValues);
    simpleDataValues.add(value);
}
}

public SimpleDataValue getSimpleDataValue(int index) {
    return simpleDataValues.get(index);
}

public int insertSimpleDataValue(SimpleDataValue simple-
DataValue) {
    simpleDataValues.add(simpleDataValue);
    return simpleDataValues.size() - 1;
}

public void removeSimpleDataValue(SimpleDataValue simp-
leDataValue) {
    simpleDataValues.remove(simpleDataValue);
}

public List<SimpleDataValue> getSimpleDataValueList() {
    return Collections.unmodifiableList(simpleDataValues);
}
}

```

wird von dem folgenden Controller benutzt:

```

public class SimpleDemoController {

    private SimpleDemoModel simpleDemoModel;
    public SimpleDemoModel getSimpleDemoModel() {
        return simpleDemoModel;
    }
    public void setSimpleDemoModel(SimpleDemoModel simpleDe-
moModel) {
        this.simpleDemoModel = simpleDemoModel;
    }
}

```

```
    }

    public ModelAndView insert(HttpServletRequest request,
        HttpServletResponse response) throws ServletException, IOException{

        SimpleDataValue simpleDataValue = new SimpleDataValue();

        simpleDataValue.setName("Name");

        simpleDataValue.setName(Long.toString(System.currentTimeMillis()));

        simpleDemoModel.insertSimpleDataValue(simpleDataValue);

        response.getWriter().write("Created SimpleDataValue " +
            simpleDataValue);

        return null;
    }

    public ModelAndView getSimpleDataValues(HttpServletRequest request,
        HttpServletResponse response) throws ServletException, IOException{

        List<SimpleDataValue> simpleDataValues = simpleDemoModel.getSimpleDataValueList();

        for (SimpleDataValue value: simpleDataValues){

            response.getWriter().write("<p>Found SimpleDataValue " +
                value + "</p>");

        }

        return null;
    }

}
```

Die zugehörige Spring-Konfiguration enthält die folgenden SpringBeans:

```
<bean id="handlerMapping"
    class="org.springframework.web.servlet.handler.SimpleUrlHandlerMapping">
    <property name="mappings">
        <props>
            <prop key="/*.form">
                DemoController
            </prop>
            <prop key="/*.method">
                MultiActionController
            </prop>
        </props>
    </property>
</bean>
```

```
        </props>
    </property>
</bean>

    <bean id="org.javacream.spring.beans.web.mvc.model.SimpleDemoModel" class="org.javacream.spring.beans.web.mvc.model.SimpleDemoModel">
    </bean>

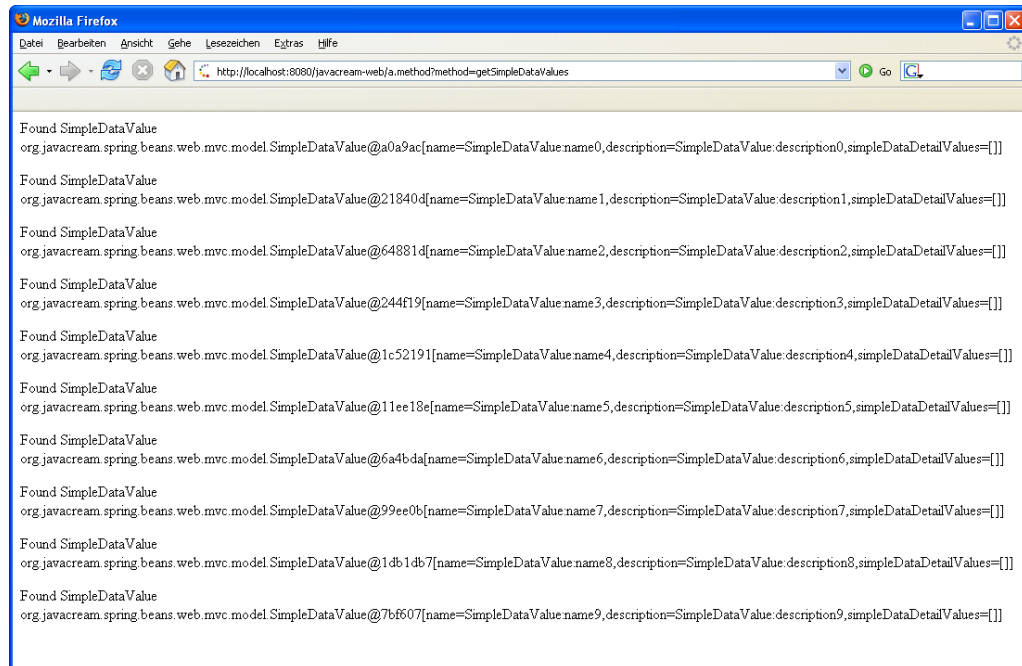
    <bean id="org.javacream.spring.beans.web.mvc.controller.SimpleDemoController" class="org.javacream.spring.beans.web.mvc.controller.SimpleDemoController">
        <property name="simpleDemoModel" ref="org.javacream.spring.beans.web.mvc.model.SimpleDemoModel"/>
    </bean>

    <bean id="MultiActionController" class="org.springframework.web.servlet.mvc.multiaction.MultiActionController">
        <property name="delegate" ref="org.javacream.spring.beans.web.mvc.controller.SimpleDemoController"/>
        <property name="methodNameResolver">
            <bean class="org.springframework.web.servlet.mvc.multiaction.ParameterMethodNameResolver">
                <property name="paramName" value="method"/>
            </bean>
        </property>
    </bean>
```

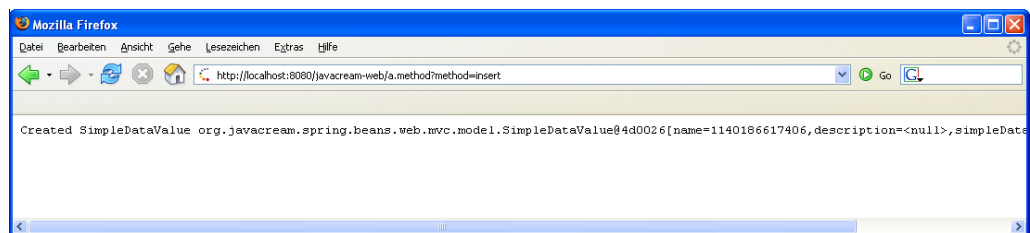
Das DispatcherServlet reagiert die URLs mit der Endung „*.method“ durch ein neues Mapping in der `web.xml`:

```
<servlet-mapping>
    <servlet-name>FrontController</servlet-name>
    <url-pattern>*.method</url-pattern>
</servlet-mapping>
```

`http://localhost:8080/javacream-web/a.method?method=getSimpleDataValues`



`http://localhost:8080/javacream-web/a.method?method=insert`



4.4 Handler

Handler sind Implementierungen, die zwischen das Dispatcher-Servlet und den zugehörigen Controller geschaltet werden können. Ein Beispiel dafür sind die bereits verwendeten Handler-Mappings, die die Zuordnung zum Controller durchführen. Daneben können auch Interceptors eingefügt werden.

Diese Interceptors unterscheiden sich von den Servlet-Filtern des Servlet API dadurch, dass beim Aufruf eines Spring-Interceptors im Request bereits der Spring-Kontext zur Verfügung steht. Weiterhin werden diese Interceptors natürlich in der Spring-Konfigurationsdatei definiert und nicht in der `web.xml`.

Beispiel:

```
public class TracingInterceptor extends HandlerInterceptorAdapter {

    @Override
    public void postHandle(HttpServletRequest request, HttpServletResponse response, Object handler, ModelAndView modelAndView) throws Exception {
        Logger.getAnonymousLogger().log(Level.INFO, request.toString() + ", handler=" + handler + "modelAndView=" + modelAndView);
        super.postHandle(request, response, handler, modelAndView);
    }

    @Override
    public boolean preHandle(HttpServletRequest request, HttpServletResponse response, Object handler) throws Exception {
        Logger.getAnonymousLogger().log(Level.INFO, request.toString() + ", handler=" + handler);
        return super.preHandle(request, response, handler);
    }
}
```

Spring-Konfiguration:

```
<bean id="handlerMapping"
      class="org.springframework.web.servlet.handler.SimpleUrlHandlerMapping">
    <property name="interceptors">
        <list>
            <ref bean="org.javacream.spring.beans.web.mvc.interceptor.TracingInterceptor"/>
        </list>
    </property>
    <property name="mappings">
        <props>
            <prop key="/*.form">
                DemoController
            </prop>
            <prop key="/*.method">
                MultiActionController
            </prop>
        </props>
    </property>
</bean>

<bean id="org.javacream.spring.beans.web.mvc.interceptor.TracingInterceptor"
      class="org.javacream.spring.beans.web.mvc.interceptor.TracingInterceptor"/>
```

4.5 Views

In den vorherigen Beispielen war es Aufgabe des Controllers, die Antwort in den Servlet-Response zu schreiben. Diese Implementierung-Strategie ist atypisch und sehr kontraproduktiv für größere Anwendungen.

Konform zum Framework ist die Rückgabe einer `ModelAndView`-Instanz: Diese Klasse definiert sowohl Elemente der Datenhaltung (also entweder des Modells oder von Ergebnis-Objekten, die in einer Map gehalten werden), als auch die Information darüber, welche View die Daten präsentieren soll.

Ist die View `null`, so ist es Aufgabe des Dispatcher-Servlets, die geeignete View zu finden. Setzt der Controller aber explizit eine View, so wird diese verwendet.

4.6 Web-Anwendungen und Form Controller

4.6.1 Form Controller

Mit den bisherigen Informationen könnten prinzipiell bereits komplexe Web-Anwendungen erstellt werden. Der Komfort des Spring-Frameworks ist jedoch deutlich größer, da eine Kopplung zwischen den im Browser dargestellten HTML-Formularen und den Controllern auf Server-Seite hergestellt wird. Diese Kopplung sind die `CommandController`.

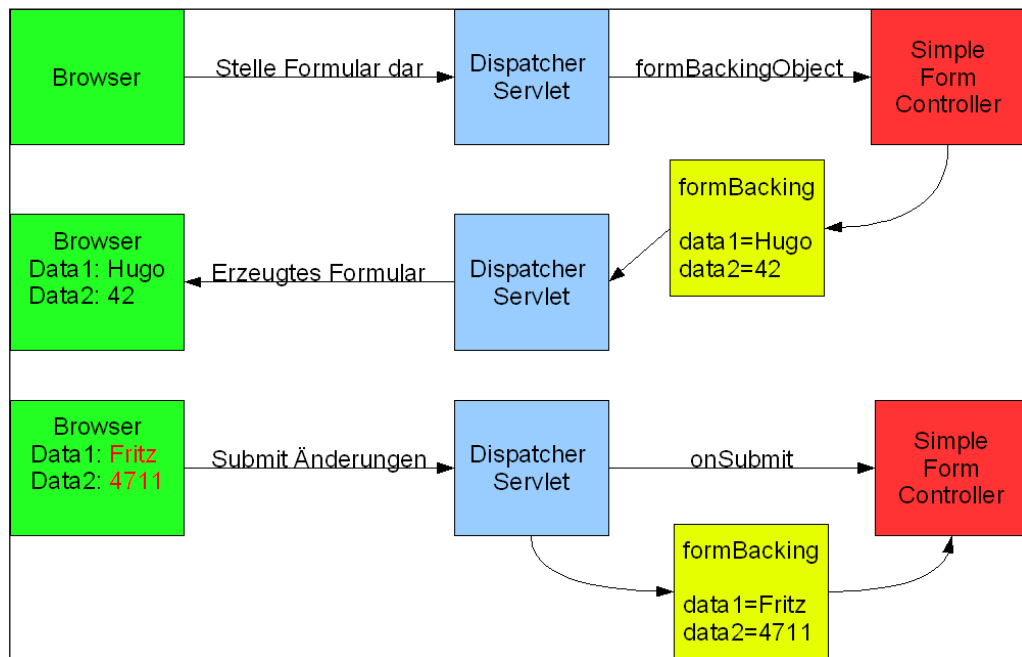
- `AbstractCommandController`: Eine Klasse, die automatisch aus dem `Http-Request` ein Datenobjekt erzeugt, eventuell mit vorhergehender Validierung.
- `AbstractFormController`: Diese Klasse macht die oben bereits angesprochene Kopplung zwischen Formular, Datenobjekt und Controller.
- `SimpleFormController`: Hier wird ein vollkonfigurativer Ansatz unterstützt: Der Controller, das Datenobjekt und die zu verwendenden Views werden für diesen Controller in der Spring-Konfigurationsdatei eingetragen. Ein Beispiel dafür ist weiter unten gegeben.
- `AbstractWizardController`: Diese Klasse unterstützt nun Funktionalitäten wie Blättern etc., wie sie in typischen Dialoggesteuerten Web-Anwendungen benötigt werden.

4.6.2 Formulare

Für die Erstellung von Formularen ist eine eigene, vollständige Controller-Implementierung vorhanden: Der `SimpleFormController`.

Zur Implementierung eigener Funktionalität müssen in jedem Falle zwei Methoden überschrieben werden:

- `Object formBackingObject(HttpServletRequest request)`. Diese Methode wird aufgerufen, bevor das zugehörige Formular dargestellt wird. Der Rückgabewert dieses Aufrufs wird einesteils zur initialen Darstellung benutzt, andererseits wird er aber auch typischerweise in die Session gebunden. Das form backing object dient somit als das Daten-Modell der Web-Anwendung.
- `ModelAndView onSubmit(Object command)`. Diese Methode wird in einem zweiten Schritt (und damit als Ergebnis eines zweiten `Http-Requests`) aufgerufen. Der Übergabeparameter ist vom Typ des form backing objects und ist mit den Werten gefüllt, die der Anwender im `Html-Formular` eingegeben hat.



Das folgende Beispiel zeigt einen SimpleFormController für die BooksService-Anwendung:

```

public class BooksServiceFormController extends SimpleFormController {

    private BooksService booksService;

    public BooksService getBooksService() {
        return booksService;
    }

    public void setBooksService(BooksService booksService) {
        this.booksService = booksService;
    }

    @Override
    protected ModelAndView onSubmit(Object command) throws
Exception {
        System.out.println(command);
        ModelAndView mav = new ModelAndView(getSuccessView());
        BookValue bookValue = booksService.findBookBy-
Isbn(((BookValue) command)
        .getIsbn());
        mav.addObject("book", bookValue);
        return mav;
    }
}
  
```

```

    }

    @Override
    protected Object formBackingObject(HttpServletRequest request)
        throws Exception {
        System.out.println("Calling formBackingObject");
        BookValue bv = new BookValue();
        bv.setIsbn("0815");
        return bv;
    }
}

```

Die zugehörige Spring-Konfiguration konfiguriert das zugehörige Mapping sowie den Controller:

```

<beans>
    <import resource="booksservice-spring-beans.xml" />
    <bean id="handlerMapping"
class="org.springframework.web.servlet.handler.SimpleUrlHand-
lerMapping">
        <property name="mappings">
            <props>
                <prop key="/books.html">booksFormController</prop>
            </props>
        </property>
    </bean>

    <bean id="booksFormController"
        class="org.javacream.books.warehouse.web.BooksService-
FormController">
        <property name="sessionForm" value="true"></property>
        <property name="formView" value="books/find-
Books"></property>
        <property name="successView" value="books/showBookRe-
sult"></property>
        <property name="commandName" value="book"></property>
        <property name="commandClass"
            value="org.javacream.books.warehouse.value.BookValue">
        </property>
        <property name="bindOnNewForm" value="true" />
        <property name="booksService" ref="mapBooksSer-
vice"></property>
    </bean>

```

```

        <bean id="viewResolver"
            class="org.springframework.web.servlet.view.Internal-
ResourceViewResolver">
            <property name="viewClass">
                <value>org.springframework.web.servlet.view.Jst-
lView</value>
            </property>
            <property name="prefix" value="/WEB-INF/jsp/" />
            <property name="suffix" value=".jsp" />
        </bean>

</beans>

```

Daneben wird für den View-Resolver noch eine JSP-Seite mit JSTL-Unterstützung angegeben.

Bei der Konfiguration des Controllers sind die folgenden Einstellungen wichtig:

- **formView:** Der Controller weiß, für welche Formularseite er zuständig ist.
- **commandName:** Unter diesem Namen wird das form backing object gebunden.
- **sessionForm:** Gültigkeitsbereich für das form backing object
- **commandClass:** Klassenname des form backing objects und des Kommando-Objekts in der `onSubmit`-Methode.
- **successView:** Name der nächsten darzustellenden Seite

Die zugehörigen JSP-Seiten haben für eine äußerst einfache Seite das folgende Aussehen:

```

<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN">
<%@ taglib prefix="spring" uri="/spring"%>
<%@ taglib prefix="c" uri="http://java.sun.com/jstl/core"%>
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; char-
set=ISO-8859-1">
<title>Find Book</title>
</head>
<body>

<form method=post><spring:bind path="book.isbn">
    <input type="text" name="isbn" value="<c:out va-
lue="${status.value}"/>">
        <input type="submit" value="findBook">
</spring:bind></form>
</body>

```



```
</html>
```

Mit Hilfe des `<spring:bind>`-Tags wird eine Property des form backing objects in den aktuellen Status der JSP-Seite gelegt.

Auch die Success-View benutzt diesen Binding-Mechanismus:

```
<!DOCTYPE HTML PUBLIC "-//W3C//DTD HTML 4.01 Transitional//EN">
<%@ taglib prefix="spring" uri="/spring"%>
<%@ taglib prefix="c" uri="http://java.sun.com/jstl/core"%>
<html>
<head>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html; charset=ISO-8859-1">
<title>Find Book</title>
</head>
<body>
<table>
  <tr>
    <td>ISBN</td>
    <td><spring:bind path="book.isbn">
      <c:out value="${status.value}" />
    </spring:bind></td>
  </tr>
  <tr>
    <td>Title</td>
    <td><spring:bind path="book.title">
      <c:out value="${status.value}" />
    </spring:bind></td>
  </tr>
  <tr>
    <td>Price</td>
    <td><spring:bind path="book.price">
      <c:out value="${status.value}" />
    </spring:bind></td>
  </tr>
  <tr>
    <td>Available</td>
    <td><spring:bind path="book.available">
      <c:out value="${status.value}" />
    </spring:bind></td>
  </tr>
</table>
</body>
</html>
```