

REST API mit Spring Boot

Speicherung und Zugriff auf Statistiken einer Eishockeymannschaft
mit dem Spring-Framework, Spring Boot, Hibernate und
PostgreSQL

BACHELORARBEIT

MARC RAEMY

Mai 2020

Unter der Aufsicht von:

Prof. Dr. Jacques PASQUIER-ROCHA

and

Pascal GREMAUD

Software Engineering Group

Danksagung

Mein Dank geht an Prof. Dr. Jacques Pasquier-Rocha und Pascal Gremaud für die unkomplizierte und unterstützende Betreuung dieser Arbeit. Ebenso an alle Personen, die mich sonst in irgendeiner Form bei der Arbeit unterstützt haben. Andreas Ruppen sei gedankt für die Erstellung des LaTeX-Templates, das für diese Arbeit verwendet wurde, welches den Studenten von der Softwareengineering Forschungsgruppe für Abschlussarbeiten zur Verfügung gestellt wird.

Abstract

In dieser Arbeit wurde ein Application Programming Interface (API) mit dem Java Spring Framework, Hibernate und einer PostgreSQL-Datenbank nach REST-Prinzipien erstellt und dokumentiert. Über das Interface können Statistiken für eine just-for-fun Eishockeymannschaft gespeichert und gelesen werden. Ziel der Arbeit war, Spring, Spring Boot, Hibernate und REST anzuwenden und darzustellen.

Keywords: REST API, Java, Spring Framework, Spring Boot, Hibernate

Inhaltsverzeichnis

1. Einleitung	2
1.1. Motivation und Ziel	2
1.1.1. Abgrenzung des Inhalts	2
1.2. Aufbau der Arbeit	3
1.3. Notation and Konventionen	3
2. Frameworks und Konzepte: Spring, Spring Boot, Hibernate und REST	5
2.1. Spring Framework	5
2.1.1. Dependency Injection	7
2.1.2. Aspect Oriented Programming	7
2.2. Spring Module	8
2.2.1. Spring Framework Core	8
2.2.2. Spring Boot	8
2.2.3. Spring Data	8
2.2.4. Spring Security	9
2.2.5. Spring Integration und Spring Batch	9
2.2.6. Spring Cloud	9
2.3. Spring Boot	9
2.4. Objekt/Relationales Mapping (ORM) und Hibernate	10
2.4.1. Object/relational Mismatch	10
2.4.2. JDBC und Spring JDBC	10
2.4.3. Objekt/relationales Mapping	11
2.4.4. Java Persistence API (JPA) und Hibernate	11
2.5. REST Prinzipien	11
3. Datenmodell und Endpoints	13
3.1. Rohdaten	13
3.1.1. Auszug aus Rohdatensatz Statistiken HC Keile	14
3.2. Entitäten-Beziehungsmodell und Datenbankschema	14
3.2.1. Ressourcen, die vom Webservice zur Verfügung gestellt werden . .	14

3.2.2. Verbale Beschreibung	15
3.2.3. Tabellen	16
3.3. Anforderungen und Endpoints	17
3.3.1. Anforderungen	17
3.3.2. Endpoints	18
3.4. Gewählte Datenbanktechnologie	19
4. Struktur und Umsetzung der API	20
4.1. Installation	20
4.1.1. Installation von Spring	20
4.1.2. Modellierung	21
4.2. Business-Logik	22
4.2.1. Projektstruktur in Eclipse	22
4.2.2. Konfiguration der Datenbankverbindung	22
4.2.3. Controller	22
4.2.4. Repositories	23
4.2.5. Entities	24
4.2.6. Main-Klasse	25
4.3. Hibernate	26
4.4. PostgreSQL Datenbank	26
4.5. Dokumentation mit Swagger	26
5. Abschliessende Bemerkungen	29
5.1. Zusammenfassung	29
5.2. Probleme und Herausforderungen	29
A. Abkürzungen	31
B. Lizenz	33
Literaturverzeichnis	34
Referenzen Web	34

Abbildungsverzeichnis

3.1. Entitäten-Beziehungsmodell	15
4.1. Spring Initializr Onlinetool	21
4.2. Swagger User-Interface	28

Tabellenverzeichnis

3.1.	Tabelle Game	16
3.2.	Tabelle Goal	16
3.3.	Tabelle Player	16
3.4.	Tabelle Opponent	17
3.5.	Tabelle Games played	17

Listings

4.1. JpaRepository Interface	24
4.2. Maven Dependencies Swagger	26
4.3. Swagger Configuration Class	26

1

Einleitung

1.1. Motivation und Ziel	2
1.1.1. Abgrenzung des Inhalts	2
1.2. Aufbau der Arbeit	3
1.3. Notation and Konventionen	3

1.1. Motivation und Ziel

Da der Autor mit Freunden regelmässig Eishockey spielt und in den Spielen Statistiken geführt werden (über Gegner, Resultat, anwesende Spieler, Torschützen und Assistgeber), entschied er sich als Thema für die Bachelorarbeit, einen Webservice nach den REST-Prinzipien zu programmieren, der von einem Client konsumiert werden könnte, mit dem die Statistiken online abgerufen und verwaltet werden können.

Als Technologien wurden das Java Spring Framework mit Spring Boot, ORM mit dem Framework Hibernate sowie eine Postgres-Datenbank gewählt. Das Ziel der Arbeit ist, die in den Vorlesungen an der Uni erlernten Java-Kenntnisse zu vertiefen und die aktuell in der Praxis verwendeten Java-basierten Tools für das Erstellen von Business- und Webapplikationen kennen zu lernen. Dies ist das Spring-Framework. Ein weiteres Ziel der Arbeit ist es, die REST-Prinzipien kennenzulernen und die Programmierung einer REST-API zu üben. Als drittes Ziel sollte die API in der Praxis von einem möglichen Client, den zu programmieren nicht Teil dieser Bachelorarbeit ist, künftig verwendet werden können.

1.1.1. Abgrenzung des Inhalts

Der Umfang der Arbeit konzentriert sich auf die Entwicklung der Serverseite und die Dokumentation der API mit einem gängigen Dokumentationstools wie z.B. Swagger. Die Arbeit umfasst nicht das Programmieren eines Clients und konzentriert sich auf der Serverseite auf die Implementation der Endpoints und des Datenbankzugriffs mittels einer ORM-Technologie. Aspekte wie z.B. Authentifizierung und Sicherheit oder das Testen mit Spring Boot sind nicht Teil dieser Arbeit.

1.2. Aufbau der Arbeit

Einleitung

In der Einleitung sind die Ziele der Arbeit, ein Überblick über die Struktur der Arbeit sowie Informationen zu Notation und Konventionen dargestellt.

Kapitel 1: Verwendete Frameworks und Konzepte: Spring Boot, Hibernate/ORM und REST

In diesem Kapitel werden die in dieser Arbeit verwendeten Technologien, das Spring Framework, Spring Boot, Hibernate sowie die REST-Prinzipien, vorgestellt und soweit wie möglich erläutert.

Kapitel 2: Datenmodell und Endpoints

In diesem Kapitel werden die Daten, das Entitäten-Beziehungs-Modell und die daraus resultierenden Tabellen dargestellt. Daraus werden die für die Funktionalitäten und Ressourcen benötigten Endpoints abgeleitet und beschrieben.

Kapitel 3: Programmierung, Quellcode und Dokumentation der API

In diesem Kapitel werden die Struktur des Quellcodes, der Quellcode, das Vorgehen bei der Programmierung und Dokumentatin der API sowie die wichtigsten Klassen und Interfaces dargestellt.

Chapter 4: Abschliessende Bemerkungen

Hier wird die ursprüngliche Idee der Arbeit noch einmal beschrieben und ob die Ziele der Arbeit erreicht worden sind. Weiter werden die Probleme und Herausforderungen während der Durchführung der Arbeit sowie deren Nutzen beschrieben.

Anhang

Enthält Literatur- und Onlinereferenzen, die Liste der Abkürzungen sowie Ausschnitte aus Artefakten, die für diese Arbeit genutzt wurden,

1.3. Notation and Konventionen

Das Format der Arbeit basiert auf einem LaTeX-Template, das Andreas Ruppen für die Softwareengineering-Forschungsgruppe der Universität Freiburg (CH) erstellt hat. Die Notationen und Konventionen wurden grösstenteils daraus übernommen.

- Formatierung:
 - Abkürzungen werden wie folgt verwendet: JPA bei der ersten Verwendung und JPA bei jeder weiteren Verwendung;
 - Webadressen in folgender Form: `http://localhost:8080/api`;
 - Format Quellcode:

```
1 public double division(int _x, int _y) {  
2     double result;  
3     result = _x / _y;  
4     return result;  
5 }
```

- Die Arbeit ist in vier Kapitel unterteilt, die jeweils Unterkapitel enthalten. Jedes Unterkapitel hat Paragraphen, welche eine gedankliche Einheit repräsentieren.

- Grafiken, Tabellen und Auflistungen sind innerhalb eines Kapitels nummeriert. Beispielsweise wird eine Referenz auf Grafik j des Kapitels i nummeriert als *Figure i.j*.
- Bezüglich der Verwendung der geschlechtlichen Form von Nomen wird die Konvention mit weiblicher Form und Stern verwendet, z.B. „Entwickler*innen“. Männer und intersexuelle Personen sind in dieser Form ebenfalls eingeschlossen.

2

Frameworks und Konzepte: Spring, Spring Boot, Hibernate und REST

2.1. Spring Framework	5
2.1.1. Dependency Injection	7
2.1.2. Aspect Oriented Programming	7
2.2. Spring Module	8
2.2.1. Spring Framework Core	8
2.2.2. Spring Boot	8
2.2.3. Spring Data	8
2.2.4. Spring Security	9
2.2.5. Spring Integration und Spring Batch	9
2.2.6. Spring Cloud	9
2.3. Spring Boot	9
2.4. Objekt/Relationales Mapping (ORM) und Hibernate	10
2.4.1. Object/relational Mismatch	10
2.4.2. JDBC und Spring JDBC	10
2.4.3. Objekt/relationales Mapping	11
2.4.4. Java Persistence API (JPA) und Hibernate	11
2.5. REST Prinzipien	11

2.1. Spring Framework

Die erste Version des open source-Frameworks Spring wurde vom australischen Programmierer und Musikwissenschaftler Rod Johnson 2002 im Buch „Expert One-on-One J2EE Design and Development“ [3] entwickelt. Johnson versucht darin, eine Antwort zu finden auf die Komplexität der Entwicklung von Unternehmens-Anwendungen. Diese sind mit anspruchsvollen Anforderungen wie komplexen Datenbanktransaktionen, Authentifizierung, Sicherheit, Zugang übers Web oder Monitoringsfunktionalitäten verbunden. [8] Er

suchte nach einem Weg, Businessapplikationen auf möglichst einfache Weise programmieren zu können und vor allem diese flexibel und einfach wart- und erweiterbar zu erhalten. Das Spring Framework bietet eine Implementation formalisierter best practices der Softwareentwicklung im Business-Kontext. Die damit verbundene Architektur, soll sicher und stabil sein sowie einen einfachen Unterhalt der Applikationen ermöglichen. Dies wird zu einem wichtigen Teil erreicht, indem Spring die Konzepte der Dependency Injection (DI) und des Aspect Oriented Programming (AOP) umsetzt [4].

JavaBeans

In den Neunzigerjahren wurde von Sun Microsystems die JavaBeans-Spezifikation entwickelt [42]. Dabei handelt es sich um ein Softwarekomponentenmodell, das Entwicklungsrichtlinien enthält, die die Wiederverwendung von einfachen Java-Objekten und ihre Zusammenstellung zu komplexeren Applikationen vereinfachen sollte [8, S.4]. Sie entstanden aus der Notwendigkeit heraus, Java-Klassen möglichst einfach instantziieren und über Remote Method Invocation (RMI) in verteilten Applikationen verwenden zu können. Die Haupteigenschaften von JavaBeans sind ein öffentlicher, parameterloser Konstruktor, Serialisierbarkeit und öffentliche Zugriffsmethoden (Getters und Setters) [42]. Dies ermöglicht ein Management der dependencies innerhalb der Anwendung durch das Framework.

Dependencies

Als dependencies werden erstens Libraries, Dokumente, Teile anderer Programme oder derselben Applikation bezeichnet, die ein Programm braucht, um laufen zu können. Built tools helfen, die Links zu den nötigen Ressourcen herzustellen und diese verfügbar und aktuell zu halten. Zweitens werden Objekte als dependencies bezeichnet, welche eine Klasse braucht, um ihre Funktionalität ausführen zu können z.B. der Type eines Feldes oder der Übergabeparameter einer Methode. Die Klasse hängt ab von Instanzen anderer Klassen.

Von Enterprise JavaBeans zu Spring

JavaBeans wurden ursprünglich in erster Linie für die Entwicklung von Benutzeroberflächen-Widgets eingesetzt. Für Businessapplikationen, die aufgrund von z.B. Sicherheits-, Persistenz- oder Monitoringfunktionalitäten höhere Anforderungen stellen, wurden sie weniger verwendet [8].

Ein erster Versuch JavaBeans im Businesskontext einzusetzen waren Enterprise Java Beans (EJB). Damit sollten komplexere Anwendungen für Bedürfnisse von Unternehmen mit Einsatz der flexiblen und leichtgewichtigen JavaBeans erstellt werden. Die Kombination dieser Konzepte in EJB war jedoch zu suboptimal umgesetzt, weshalb die Entwicklung schwerfällig blieb und sich die Entwickler davon abwandten. Dies vor allem, weil die Klassen, die die Businessfunktionalitäten implementierten, zu sehr mit JavaBeans-Code „verunreinigt“ wurden [8, S.4].

Parallel dazu wurde das Spring Framework entwickelt, mit dem gleichen Ziel. [8]. Der Trend der Java Entwicklung ging mit Spring weg von den komplexen EJB-Objekten hin zu simplen Plain Old Java Object (POJO)'s und dazu, diese auch für beispielsweise Persistenz-Funktionalitäten zu verwenden. Dies jedoch, ohne, dass sie davon wissen,

respektive ohne, dass diese Concerns in ihre Code leaken. Dies war zuvor noch nicht möglich.

Spring ist das bekannteste und am weitesten entwickelte Framework für die Entwicklung mit JavaBeans. [8, S.4]. Der Begriff „Bean“ oder „JavaBean“ wird dabei nicht vollkommen strikt verwendet. Er bezeichnet oft einfach eine Anwendungskomponente, eine Instanz einer Klasse, ohne in jedem Fall der JavaBeans-Spezifikation [2] bis ins letzte Detail zu folgen. [8, S.5].

Eine der wichtigsten Funktionen des Spring Frameworks ist, „loose coupling“, statt „tight coupling“ zwischen den Objekten zu ermöglichen, diese zentrale Funktion wird mittels sogenannter „dependency injection“ umgesetzt.

In einer grösseren Applikation werden eine grosse Anzahl Klassen instantiiert und Objekte erstellt (welche den JavaBeans-Prinzipien folgen). Diese Klassen hängen von anderen Objekten ab, die sie als Felder oder für Ihre Methoden benötigen, ihre „dependencies“, (das Instantziieren von Objekten und deren Übergabe an eine andere Klasse wird im Spring-Umfeld „wireing“ genannt). Die Instantiierung und das wireing wird dabei durch das Framework via Konfigurationsinformationen gesteuert. Die Konfiguration teilt dem Framework mit, welche JavaBeans instantiiert und mit welchen anderen Objekten gewired werden müssen. [26]

2.1.1. Dependency Injection

Bei Dependency Injection geht es darum, möglichst wenig fixe, hartcodierte Abhängigkeiten zwischen einzelnen Klassen zu kreieren („loose coupling“ statt „tight coupling“), somit kann die Applikation besser gewartet, adaptiert und migriert werden. [35]

Dependency Injection bedeutet, dass die Objekte nicht im code selber instantiiert werden, sondern dass das Framework die Objekte zur Laufzeit instantziiert (in der Java Welt werden diese Instanzen, die das Rückgrad der Applikation bilden und von einem Container gemanagt werden, „Beans“ genannt). Der für die Dependency Injection zuständige Container liest die Konfigurations-Metadaten und „injiziert“ die Instanzen und ihre Dependencies in den Kontext. Das Programm wird so konfigurierbar, ohne den Code selber zu verändern. Der Container in Spring ist eine Implementation eines Interfaces mit dem Name „Application Context“. [24]

Die Metadaten können in xml, als Java Annotationen oder als Java Code definiert sein. [Spring Reference Dokumentation 5.2.0] [34] Beans sind die Instanzen der Objekte, die vom Framework zur Laufzeit erstellt werden und von diesem gemanagt werden. Eine sogenannte Bean Factory, die dem Factory-Pattern folgt, erstellt, unter Einbezug der Konfigurationen aus einer xml-Konfigurationsdatei, Instanzen und übergibt sie an die aufrufenden Klassen. Beans und die dependencies zwischen ihnen sind in den Konfigurations-Metadaten abgebildet, auf die der Container, der die Beans managt, zurückgreift. [34]

2.1.2. Aspect Oriented Programming

Nebst der dependency injection (DI) ist die Aspektorientierte Programmierung das zweite Kernfeature von Spring. [8] Aspects sind nichts anderes als spezifische Java Klassen, die Anforderungen (sogenannte „concerns“ in der AOP-Terminologie) enkapsulieren und

implementieren, welche über verschiedene Schichten und Klassen der eigentlichen Applikation benötigt werden, wie eben z.B. Sicherheit, Authentifizierung, Transaktionen. Sie werden so losgelöst von der Funktionalität der anderen Programmteile, und flexibel mit ihnen verschaltet. Dadurch erspart man sicher z.B. dass man in jeder Klasse einer Applikation eigenen z.B. Sicherheits-Code implementieren muss, was zu unwartbaren und mit viel sich wiederholendem Code ausgestatteten Applikationen führt. [8, S.5]

2.2. Spring Module

Das Spring Framework setzt sich aus einer grossen Anzahl von Modulen zusammen, die für eine grosse Vielfalt von Funktionalitäten und Applikationen Libraries und Frameworks zur Verfügung stellen. Diese können online mit dem Spring Initializr, <https://start.spring.io/> durch Anwählen von Checkboxes je nach Bedarf ausgewählt werden. Spring ist in diesem Sinne nicht nur ein Framework, sondern ein Framework of Frameworks.[8]

2.2.1. Spring Framework Core

Basis von allem ist das core Spring Framework. Es stellt den core-Container zur Verfügung, in dem die Applikation gebildet wird und der für die Erstellung der Beans und die dependency injection zuständig ist [9, S. 26]. Dazu enthält es weitere essentielle Komponenten wie das Spring MVC Framework, welches das Hauptframework für Webapplikationen ist, sowie Support für elementare Datenspeicherungsfunktionen in einer Datenbank mit Java Database Connectivity (JDBC).[9, S.26].

2.2.2. Spring Boot

Spring Boot ist mittlerweile essenzieller Bestandteil der Entwicklung mit Spring. Es ermöglicht eine sehr schnelle und einfache Entwicklung von Applikationen, indem Auto-konfiguration der Applikationen zur Verfügung stellt.[9] Siehe dazu Abschnitt 2.1.3..

2.2.3. Spring Data

Über die Basisunterstützung für Datenbankkonnektivität des core-Frameworks hinaus bieten die Datenbank-Module von Spring Unterstützung für die Verbindung mit nahezu allen gängigen Datenbanktechnologien. Dazu bietet Spring eine sehr einfache Art, diese Datenbankkonnektivität zu implementieren, indem einzig ein simples Java-Interfaces definiert werden müssen [9].

Die verbreitetste Spring Persistenztechnologie ist die JPA . Sie bildete aus den EJB und dem POJO-Trend einen Persistenz-Standard, der sich unter anderem auch von Hibernate inspirieren liess. Die Verwendung von JPA mit Spring wurde fortan, ab ungefähr dem Jahr 2012, eine weit verbreitete Methode zur Persistenzimplementation mit Java. [8, S. 148]

2.2.4. Spring Security

Das Spring Security Framework ist ein umfassendes Framework, um Sicherheitsfunktionalitäten zu implementieren. Damit können beispielsweise Authentifizierung, Autorisierung oder API-Sicherungsfunktionen implementiert werden. w[9].

2.2.5. Spring Integration und Spring Batch

[9].

2.2.6. Spring Cloud

[9].

2.3. Spring Boot

Während das Spring-Ökosystem eine breite Palette von Frameworks für Business-Applikationen zur Verfügung stellt, dient Spring Boot dazu, mit möglichst wenig Programmier- und Konfigurationsaufwand und in möglichst kurzer Zeit eine komplette, einsatzfähige Applikation, insbesondere von Microservices erstellen zu können [26][17]. Dies wird erreicht, indem sich Spring Boot um die Konfiguration der Applikation kümmert, gemäss best Practices und Konventionen, die sich in der Industrie etabliert haben. Es setzt damit den Grundsatz „Convention over Configuration“um. [39]

Autokonfiguration

Die Autokonfiguration der Applikation ist die Hauptfunktion von Spring Boot. Es liest die Klassen und JAR-files im classpath und erstellt basierend darauf eine automatische konfiguration der Applikation.[22] Wenn z.B. Hibernate im classpath ist sowie eine spezifische Datenbank, konfiguriert Spring Boot Hibernate automatisch für diese spezifische Datenbank. Gleichzeitig ist es auch möglich, auf einfache Weise manuelle Änderungen an der Konfiguration vorzunehmen. Nebst der Autokonfiguration sind die Überwachung der Applikation (Metrics und health checks), das Testing bei der Entwicklung und der eingebettete Tomcat-Server wesentliche Elemente einer Spring Boot-Applikation

Metrics, Testing und Spezifikation der Umgebung

Die Library für Metrics heisst Spring Boot Actuator. Damit kann man z.B. prüfen, ob ein Service erreichbar ist, wie oft er aufgerufen wurde, wie oft ein Aufruf fehlgeschlagen ist etc.. Weiter stellt Spring Boot zusätzliche Unterstützung für das Testen der Applikation zur Verfügung im Vergleich zum Spring-core Framework. Dazu ermöglicht Spring Boot das flexible Spezifizieren von Umgebungseigenschaften der Applikation [9].

Spring Boot generiert dabei keinen Code und ist selber auch kein Applikations- oder Webserver [26]. Es soll es der Programmier*in ermöglichen, sich auf die Logik und die Funktionalität der spezifischen Applikation zu konzentrieren, und möglichst wenig Code für das Framework oder für die Konfiguration schreiben zu müssen [9, S.26].

Integrierter Tomcat Server

Spring Boot versucht, alles, was man für eine vollständig funktionierende Applikation braucht, mitzubringen [9, S. 22]. So ist ein Tomcat Server ein Teil einer Spring Boot Applikation und wird automatisch für diese konfiguriert.

Das Konzept der eingebetteten Servers ist, dass der Server im JAR-file der Applikation mitliefert wird. Er läuft somit in einem Container. Damit erspart man sich das Installieren und Verbinden der Applikation mit einem externen Server, der auf der entsprechenden Maschine läuft. Für Microservices, die über ein Netzwerk verknüpft sind, bietet das eine grosse Vereinfachung. [26]

2.4. ORM und Hibernate

2.4.1. Object/relational Mismatch

Klassen in Java entsprechen nicht eins zu eins den Tabellen in relationalen Datenbanken. Dieses Problem wird auch „object/relational mismatch“ genannt. Es gibt mehrere Arten von nicht-Übereinstimmung zwischen den beiden Konzepten. ORM ist eine Lösung für dieses Problem, die aus der Praxis über Jahre hinweg entwickelt wurde [1]. Hibernate ist eines der ersten und bekanntesten ORM-Frameworks. Bei früheren Datenbank-Mapping-Tools oder Libraries wie JDBC musste man aufwändigen Code schreiben, die Queries von Hand ausformulieren und die Ergebnisse von Hand weiterverarbeiten. Mit Hibernate und ORM muss man Queries nicht mehr selber schreiben. Das Problem beim Queries selber Schreiben ist, dass wenn die Datenbank verändert wird, auch die Queries angepasst werden müssen. Das kann eine sehr aufwändige Aufgabe sein, wenn man viele und grosse Queries für eine grosse Applikation verwalten muss. [22]. Mit Hibernate wird diese Aufgabe automatisiert.

Transparent persistence

Hibernate implementiert das Konzept der „transparent persistence“. Das heisst, dass die Klasse, die in der Datenbank gespeichert wird, nichts davon wissen muss. Sie wird mit keinem Code für Datenbank-Abspeicherung verunreinigt und muss keine Interfaces implementieren oder Klassen erweitern. Das Konzept der „separation of concerns“, d.h. dass sich die Business-Logik der Applikation nicht um die Persistenz kümmern muss und umgekehrt, wird damit realisiert.

2.4.2. JDBC und Spring JDBC

Java Database Connection (JDBC) ist die Library in Java welche Abfragen auf Datenbanken ermöglicht. Dabei müssen jeweils die Verbindungen und das Trennen von Verbindungen zur Datenbank gemanagt werden, sowie das SQL-Statement, das Resultat muss von Hand iteriert und die Ergebnisse einzeln ausgelesen werden, diese müssen gespeichert und zurückgegeben werden und alle möglichen Arten von Fehlern müssen behandelt werden. Kurz: es braucht viel Code und es ist aufwändig, sich um alles kümmern zu müssen.

Spring JDBC vereinfacht diesen Prozess merklich, in dem es Automatisierungen vieler dieser Schritte zur Verfügung stellt und Programmierung auf abstrahierter Ebene ermöglicht, die viel weniger Code und Aufwand benötigt. [26]

2.4.3. Objekt/relationales Mapping

Deutlich mehr Features und leistungsfähiger als JDBC und Spring JDBC sind Tools und Frameworks für objekt/relationales Mapping. Vor allem, wenn Anwendungen komplexer werden, reichen JDBC-Tools oft nicht mehr aus. [8, S. 34]

Mit objekt/relationalem Mapping kann der Persistenz-Aspekt automatisiert und abgetrennt von der Business-Logik bewältigt werden. JPA und Hibernate sind bekannte Open Source Frameworks für ORM. Sie definieren Sets von Annotationen und Interfaces, mit denen das Framework automatisch die Queries generiert und die Tabellen in der Datenbank erstellt. [26]

2.4.4. JPA und Hibernate

JPA ist das Persistenzmodul von Spring, das den Support für die Verbindung zu und das Ablegen, Lesen und Ändern von Daten in Datenbanken und der Modifikation von Datenbanken selber bereitstellt. Das Interface `JpaRepository` stellt eine von mehreren Abstraktionen sowie Standardimplementationen für die Basis-Datenbankoperationen, CRUD-Operationen (Create, Retrieve/Read, Update, Delete/Destroy), zur Verfügung. Das verbreitetste ORM-Framework, Hibernate, implementiert JPA, bietet aber noch viel mehr Funktionalitäten [22].

UmORM umzusetzen muss man angeben, wie die als normale Java-Objekte POJO's implementierten Entitäten zueinander in Verbindung stehen. Wenn die entsprechenden Annotationen in den Klassen gesetzt sind, kann Hibernate diese lesen, interpretieren und die entsprechenden Queries in den Datenbanken vornehmen [26]. Durch wenige Annotationen in den Java-Entity-Klassen kann Hibernate all diese Datenbankfunktionalitäten automatisch generieren. [21]

Damit Hibernate die korrekten Abfragen generieren kann, da jede Datenbanktechnologie einen leicht unterschiedlichen SQL-Dialekt hat, muss der SQL-Dialekt, respektive die verwendete Datenbank in Spring Boot angegeben werden. Dies wird in einer Datei „spring.jpa.properties.hibernate.dialect“ gespeichert, die via Konfigurationsdatei („application.properties“) des Maven/Spring Boot-Projekts eingelesen wird. Hibernate kann so flexibel mit unterschiedlichen Datenbank-Technologien mit sehr geringem Konfigurationsaufwand verbunden werden. [21]

2.5. REST Prinzipien

REST API's sind ein leichtgewichtiger und weborientierter Ansatz für Services. [Pasquier, 2019]. Es ist der Ansatz der in den letzten Jahren am populärsten geworden ist und SOAP den Rang abgelassen hat. Es handelt sich bei REST (Representational State Transfer) um ein Set von Richtlinien und Prinzipien (somit um ein Entwurfsmuster oder ein Ar-

chitekturstil) für die Programmierung von Schnittstellen (Interfaces) zwischen verteilten Systemen und verteilten Applikationen. [Tilkov et al., 2015, S. ix]

REST basiert auf HTTP. Die allgemeinen Ziele für verteilte Systeme, die REST zu erreichen hilft, sind loose Kopplung, Interoperabilität, Wiederverwendung, Performance und Skalierbarkeit [7]. REST-Abfragen sind schneller und datenärmer als SOAP-Abfragen, da ein weniger grosser Overhead mitgeschickt wird als beim zuvor am weitesten verbreiteten Standard „**SOAP! (SOAP!)**“. Im Unterschied zu SOAP-Webservices funktioniert die Abfrage bei REST-API's nur über die URL.

REST Prinzipien Nutzung von Hypermedia ..

3

Datenmodell und Endpoints

3.1. Rohdaten	13
3.1.1. Auszug aus Rohdatensatz Statistiken HC Keile	14
3.2. Entitäten-Beziehungsmodell und Datenbankschema	14
3.2.1. Ressourcen, die vom Webservice zur Verfügung gestellt werden	14
3.2.2. Verbale Beschreibung	15
3.2.3. Tabellen	16
3.3. Anforderungen und Endpoints	17
3.3.1. Anforderungen	17
3.3.2. Endpoints	18
3.4. Gewählte Datenbanktechnologie	19

3.1. Rohdaten

In dieser Arbeit wird ein Restful Web-Service mit dem Java Spring Boot Framework erstellt, mit dem Statistiken einer Eishockeymannschaft zur Verfügung gestellt werden. Es sind Statistiken einer realen Freizeit-Eishockeymannschaft aus Freiburg, dem “HC Keile”.

Die Daten stehen aktuell als Excel-Auszug in einem txt Rohdatensatz zur Verfügung. Sie enthalten Informationen zu: Namen der Spieler, die ein spezifisches Spiel gespielt haben, Anzahl Tore, erste und zweite Assists aller Spieler, auf welcher Position die Spieler gespielt haben (G=Goalie, S=Sturm, C=Center, V=Verteidiger), wie viele Gegentore der Torhüter hinnehmen musste, ob das Spiel gewonnen, verloren, unentschieden gespielt wurde oder intern war (intern = beide Mannschaften bestehen aus Spielern des HC Keile), sowie in welcher Saison das Spiel stattgefunden hat. Die Einträge sind nummeriert von 1 bis 1562, zum Teil hat das txt file Formatierungsfehler.

3.1.1. Auszug aus Rohdatensatz Statistiken HC Keile

ID MatSaison MachNr SpAka SpPos SpT SpA1 SpA2 GeT SpRes ... 1145 201617 22 Stefu G 0 0 0 4 gewonnen 1146 201617 22 Twenta V 0 0 1 0 gewonnen 1147 201617 22 Doemu V 0 1 0 0 gewonnen 1148 201617 22 Reamy V 0 0 0 0 gewonnen 1149 201617 22 Hunk V 0 0 0 0 gewonnen 1150 201617 22 Elu S 2 0 1 0 gewonnen 1151 201617 22 Michu S 1 2 0 0 gewonnen 1152 201617 22 Chraebli S 1 2 1 0 gewonnen 1153 201617 22 Dave C 2 0 0 0 gewonnen 1154 201617 22 Sebi S 0 0 0 0 gewonnen 1155 201617 22 Flogge C 0 1 0 0 gewonnen 1156 201617 22 Pavel S 1 0 0 0 gewonnen 1157 201617 22 Roman S 1 1 0 0 gewonnen 1158 201718 1 StefuG G 0 0 0 8 verloren 1159 201718 1 Stephu V 0 0 0 0 verloren 1160 201718 1 Twenta V 0 0 0 0 verloren 1161 201718 1 Michu S 0 2 0 0 verloren 1162 201718 1 Fongs V 0 0 0 0 verloren 1163 201718 1 Sebi S 2 0 0 0 verloren 1164 201718 1 Flogge C 0 0 1 0 verloren 1165 201718 1 Dave C 0 0 1 0 verloren 1166 201718 1 Katja S 0 0 0 0 verloren ... (MatSaison = Saison, MachNr = Matchnummer, SpAka = Name des Spielers, SpPos = Position, SpT = erzielte Tore, SpA1 = Anzahl erste Assists, SpA2 = Anzahl zweite Assists, GeT = Gegentore (nur für Goalie), SpRes = Resultat).

Zusätzlich zu diesen Daten bestehen auf der Facebook Seite, im whatsapp-chat der Mannschaft, auf doodle sowie auf privaten Rechnern weitere Daten wie Informationen zum Name des jeweiligen Gegners und kurze Spielberichte. Weiter werden innerhalb der Mannschaft Preise für besondere Aktionen verliehen und es gibt ein Spiel, bei dem der Gewinner einen Pokal erhält. Diese Daten könnten später - nicht im Rahmen dieser Arbeit - ebenfalls im Webservice aufgenommen werden.

Für diese Arbeit ist es jedoch das Ziel, die wesentlichen Prinzipien einer Restful-API zu verstehen und sauber zu implementieren. Daher konzentriert sich die Arbeit auf die Scoring-Daten zu den Spielen, und darauf, diese sauber zu implementieren, mit dem Hauptziel, die Basiskonzepte eines Restful Webservice zu verstehen.

3.2. Entitäten-Beziehungsmodell und Datenbankschema

3.2.1. Ressourcen, die vom Webservice zur Verfügung gestellt werden

Die Nutzenden des Webservices sollen einen Spieler auswählen und Informationen erhalten zu: Wie viele Spiele er gespielt, wie viele Tore er erzielt und wie viele erste und zweite Assists er produziert hat. Zweitens sollen die User ein Spiel auswählen und Daten zum Resultat, welche Spieler gespielt haben, wie viele Tore und Assists jeder erzielt hat, erhalten.

Die Daten können in folgendem Entitäten-Beziehungsmodell dargestellt werden:

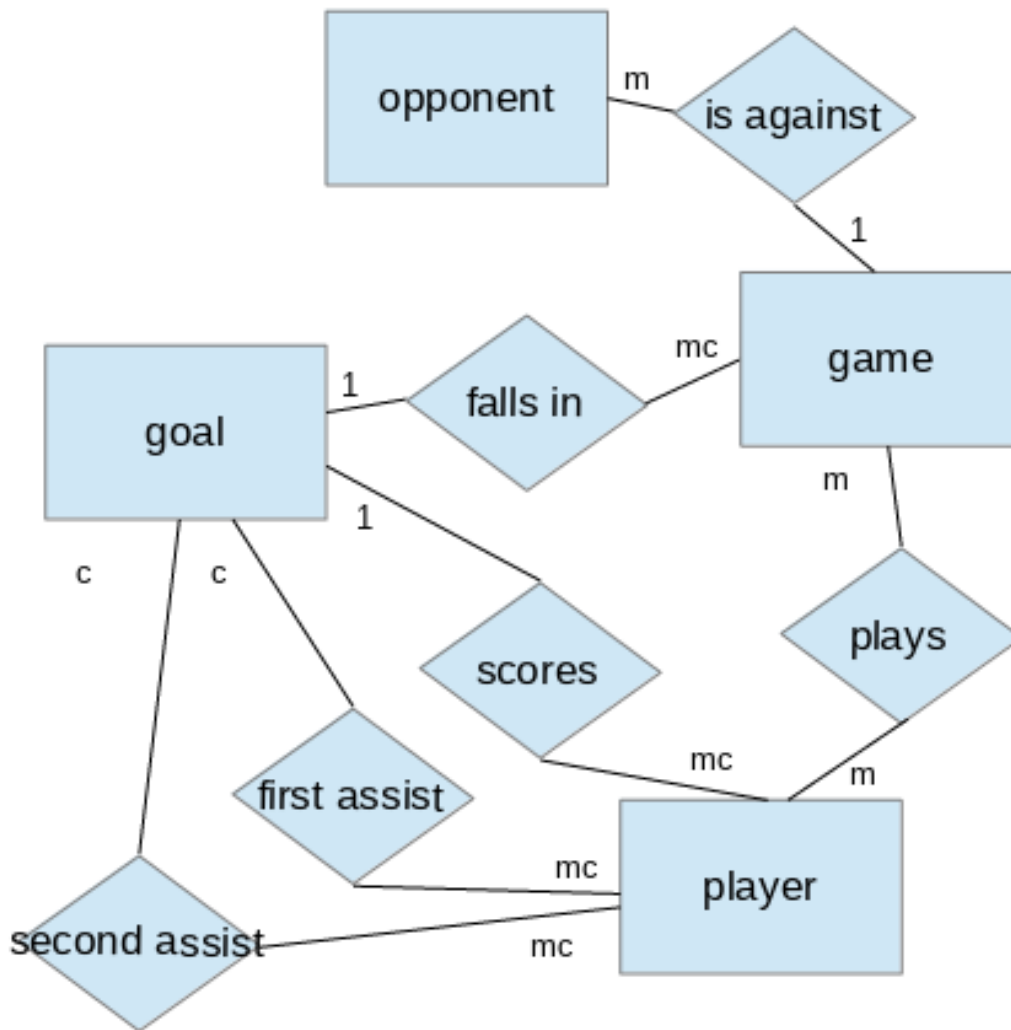


Abbildung 3.1.: Entitäten-Beziehungsmodell

3.2.2. Verbale Beschreibung

Mehrere Spieler (player) spielen ein Spiel (game). Ein Spiel hat keins, eins oder mehrere Tore des HC Keile (goal). Einem Spiel ist genau eine gegnerische Mannschaft zugeordnet. Diese kann dies in einem oder mehreren Spielen sein.

Ein Spieler spielt eins oder mehrere Spiele. Er kann keine, eins oder mehrere Tore, erste (first assist) oder zweite (second assist) Assists erzielt haben. Die Assists sind als Attribut einem bestimmten Tor zugeordnet, das wiederum einem Spiel zugeordnet ist. Im Fall des Torhüters ist für jedes Spiel vermerkt, ob er keins, eins oder mehrere Gegentore erhalten hat. Eigentore gibt es im Eishockey nicht, wenn eine Mannschaft den Puck ins eigene Tor manövriert, gilt der Spieler der gegnerischen Mannschaft, der den Puck als letzter berührt hat, als Torschütze.

Ein Tor wird genau einem Spiel zugeordnet. Es enthält neben der Spieler-ID des Torschützen die ID des ersten und zweiten Assistgebers als Attribute. Ein Tor kann keins, eins oder zwei Assists haben. Jedes erste Assist und jedes zweite Assist gehören zu genau einem Tor. Jedes Tor, jedes erste Assist und jedes zweite Assist sind genau einem

Spieler zugeordnet. Zwischen den Entitäten “player” und “game” besteht die komplex-komplexe Beziehung “plays” (Spieler spielt Spiel). Diese Relation wird in einer eigenen Tabelle abgebildet.

3.2.3. Tabellen

Daraus ergeben sich die folgenden Tabellen: Je eine Tabelle pro Entität: “game”, “goals”, “opponent” und “player”, dazu eine Tabelle für die komplex-komplexe Beziehung “player plays game”. Die restlichen Relationen werden mittels eines Fremdschlüssels in den erwähnten Tabellen modelliert.

attribute	format	primary key	foreign key	not null
game_id	INT	✓		✓
game_date	DATE			✓
game_status	CHAR			
goals_opponent	INT			✓
goals_keile	INT			
opponent_id	INT		✓	

Tabelle 3.1.: Tabelle Game

attribute	format	primary key	foreign key	not null
goal_id	INT	✓		✓
game_id	INT		✓	✓
scorer_id	INT		✓	✓
assist1_id	INT		✓	
assist2_id	INT		✓	

Tabelle 3.2.: Tabelle Goal

attribute	format	primary key	foreign key	not null
player_id	INT	✓		✓
firstname	CHAR			✓
lastname	CHAR			
date_of_birth	DATE			
address	CHAR			
phone	CHAR			
email	CHAR			
position	CHAR			

Tabelle 3.3.: Tabelle Player

	format	primary key	foreign key	not null
opponent_id	INT			✓
name	CHAR			

Tabelle 3.4.: Tabelle Opponent

attribute	format	primary key	foreign key	not null
player_id	INT	✓	✓	✓
game_id	INT	✓	✓	✓

Tabelle 3.5.: Tabelle Games played

3.3. Anforderungen und Endpoints

3.3.1. Anforderungen

Der Webservice soll die Statistiken zu den Spielen und Spielern zur Verfügung stellen, zweitens sollen Daten von Spielen und Spielern via den Web Service in eine Datenbank eingetragen werden können. Somit ergeben sich folgende Use Cases für einen Client:

- 1.a Statistiken der Spieler konsultieren

Für die einzelnen Spieler sollen Name, Vorname, Anzahl gespielter Spiele, Anzahl geschossene Tore, Anzahl erste Assists, Anzahl zweite Assists sowie Summe davon insgesamt und im Durchschnitt pro Spiel konsultiert werden können. An der jährlichen Generalversammlung präsentiert der Statistikzuständige des HC Keile jeweils die Statistiken der abgelaufene Saison sowie insgesamt über alle Saisons. Als eine Variante könnten die Spieler, die in der Datenbank erfasst sind, dem user auf dem Client angezeigt werden. Er könnte dann einen Spieler auswählen, dessen Statistiken im Detail angezeigt werden.

Als zweite Variante könnte eine Liste mit den Statistiken von allen Spielern direkt angezeigt werden. Diese könnten dann nach gewünschten Parametern wie Saison oder Position des Spielers sortiert werden. Das wäre analog zum Beispiel der Statistik-Seite des Schweizerischen Eishockeyverbandes SIHF : <https://www.sihf.ch/de/game-center/national-league/#/mashup/players/player/points/desc/page/1/>

- 1.b Statistiken der Spiele konsultieren

Zweitens sollen Daten zu Spielen konsultiert werden können: Datum des Spiels, Saison, Resultat, Name, Vorname der Spieler des HC Keile, die das gespielt haben, Tore, Assists der Spieler.

Diese Zahlen werden ebenfalls an der Generalversammlung präsentiert. Es könnte z.B. eine Liste mit allen Spielen im Client angezeigt werden (Datum, Gegner, Resultat). Auf Auswahl könnten dann auch die Daten der Spieler aus den einzelnen Spielen angezeigt werden.

- 2. Spielstatistiken in Datenbank übermitteln

Bei den Spielen des HC Keile werden die Statistiken jeweils von Hand notiert: Resultat, anwesende Spieler, Torschützen und Assistgeber für die Tore. Die Daten werden dann ein zweites Mal ebenfalls von Hand in ein Excel-File übertragen, das auf einem privaten Rechner abgespeichert ist und das nicht online zugänglich ist.

Der Web-Service soll die Funktionalität bereit stellen, dass man die Daten am Spiel direkt via Web-Formular in eine Online-Datenbank übertragen kann. Das erleichtert die Datenerhebung, durch das, dass die Daten nur einmal statt zwei Mal aufgeschrieben werden müssen und in ein vorformatiertes Formular eingetragen werden könnten.

Folgende Daten werden jeweils übertragen: Datum des Spiels, Name des Gegners, Anzahl Tore des Gegners, Anzahl Tore HC Keile, Spieler des HC Keile, die das Spiel gespielt haben, Namen der Torschützen aller Tore des HC Keile und der Geber der ersten und zweiten Assists.

- 3. Pflege der Daten

Ein dritter Use case ist die Pflege der Daten. Es soll ermöglicht werden, Einträge hinzuzufügen, zu korrigieren oder zu löschen. Die Fälle, die hier denkbar sind, sind z.B.: Datum eines Spiels korrigieren, Resultat eines Spiels korrigieren, Namen eines Spielers anpassen, Torschütze/Assistgeber eines Tores korrigieren.

3.3.2. Endpoints

Ein Endpoint ist die URI, also die Adresse, über die eine Ressource aufgerufen wird (Quelle: Traversy Media, YouTube Channel), verbunden mit einer entsprechenden HTTP-Abfrage (z.B. GET, PUT, POST), zwei HTTP-Requests können denselben Endpoint haben, aber verschiedene HTTP-Methoden z.B. GET und POST). Um einen Endpoint zu definieren, muss man die Methode (z.B. GET) spezifizieren, sowie den Endpoint, d.h. die URL auf die die Abfrage angewendet wird. Weiter ist zu definieren, welche Daten genau in welchem Format vom Request zurückgegeben werden. Aus diesen Anforderungen lassen sich folgende Endpoints ableiten:

- Ressource: Player
 - GET \players
 - GET \players\{player_id}
 - POST \players
 - PUT \players\{player_id}
 - DELETE \players\{player_id}
- Ressource: Game
 - GET \games
 - GET \games\{game_id}
 - POST \games
 - PUT \games\{game_id}
 - DELETE \games\{game_id}
- Ressource: Goal
 - GET \goals

- POST \goals
- PUT \goals\{goal_id}
- DELETE \goals\{goal_id}
- Ressource: Opponent
 - GET \opponents
 - GET \opponents\{opponent_id}
 - POST \opponents
 - PUT \opponents\{opponent_id}
 - DELETE \opponents\{opponent_id}

3.4. Gewählte Datenbanktechnologie

Mit dem Spring Framework und Spring Boot 2, respektive der Java Persistence API und ihrer verbreitetsten Implementation Hibernate ist es ganz einfach, eine breite Palette von Datenbank- Technologien zu verwenden. Sie unterstützen die meisten Datenbanken. Man braucht einzig die gewünschten dependencies im der Maven Project Object Model Konfigurationsdatei herunterzuladen und in der Konfigurations-Datei “application-properties”, falls notwendig, die Zugangsdaten (Datenbankname, username, password) anzugeben und gegebenenfalls den SQL-Dialekt der Datenbanktechnologie zu spezifizieren, und die JPA und Spring konfigurieren die Verbindung zur Datenbank voll automatisch. Aus reinem Interesse, die open source Datenbank “Postgres” einmal zu verwenden und kennen zu lernen, wurde sie für diese Arbeit gewählt.

4

Struktur und Umsetzung der API

4.1. Installation	20
4.1.1. Installation von Spring	20
4.1.2. Modellierung	21
4.2. Business-Logik	22
4.2.1. Projektstruktur in Eclipse	22
4.2.2. Konfiguration der Datenbankverbindung	22
4.2.3. Controller	22
4.2.4. Repositories	23
4.2.5. Entities	24
4.2.6. Main-Klasse	25
4.3. Hibernate	26
4.4. PostgreSQL Datenbank	26
4.5. Dokumentation mit Swagger	26

4.1. Installation

4.1.1. Installation von Spring

Ein Spring-Projekt kann sehr einfach und schnell mit Hilfe des Onlinetools Spring Initializr auf <https://start.spring.io/> erstellt werden.

Auf dieser Webseite wählt man zuerst das gewünschte Build-Tool (Maven oder Gradle) aus, dann die Programmiersprache (Java, Kotlin oder Groovy), dann die Version von Spring Boot - es wird also bereits davon ausgegangen, dass man Spring Boot nutzt - und definiert einen Projektnamen und einen Namen für das Paket für das Projekt. Dann kann man unten bei den Dependencies die gewünschten Libraries und Frameworks, die man für sein Projekt braucht, anwählen.

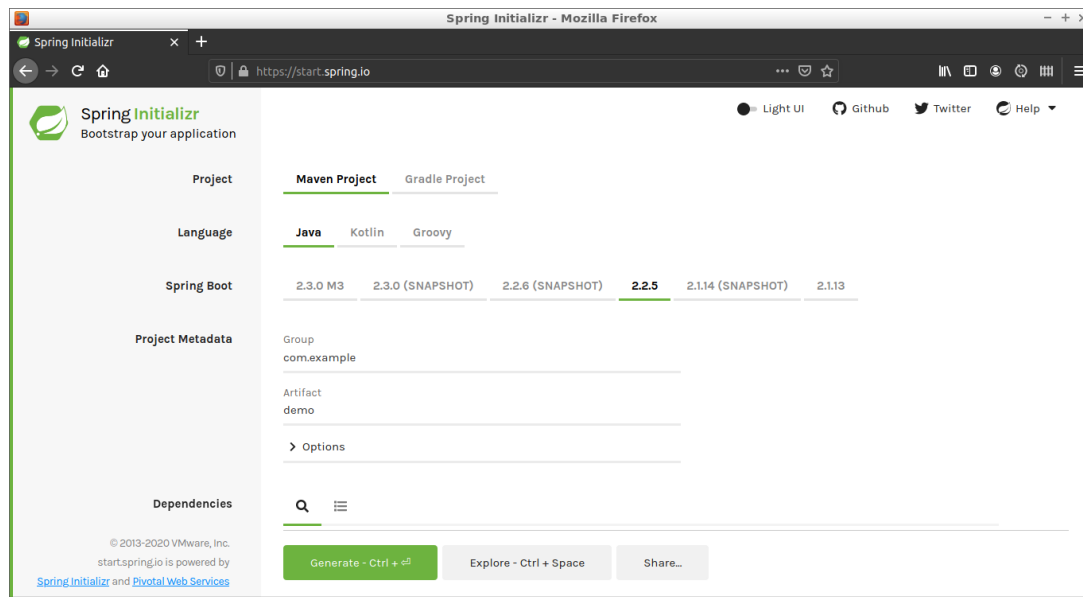


Abbildung 4.1.: Spring Initializr Onlinetool

Das Resultat lädt man als Jar-File und Maven- respektive Gradleprojekt auf seinen Computer und importiert es in seine IDE. Dort hat man nun eine fertig eingerichtete Projektstruktur zur Verfügung, in welcher bereits die Main-Klasse erstellt ist.

In dem man z.b. das starter web-Paket als Dependency im Spring Initializer wählt, erhält man das Spring MVC Framework, ein Logging Framework, das Spring Core-Framework, sowie ein Validierungsframework in die Applikation integriert. Ähnlich ist es mit Spring Boot starter-JPA. Damit erhält man JPA, mit Hibernate eine Standardimplementation von JPA sowie eine automatische Konfiguration dieser Teile der Applikation. [26]

Wenn die Applikation startet, sorgt die Spring Boot Autokonfiguration dafür, dass die Beans im Spring application context (dem Container) erstellt und konfiguriert werden, und somit Spring MVC genutzt werden kann, sowie dass der eingebettete Tomcat-Server konfiguriert und gestartet wird [9, S.26]

4.1.2. Modellierung

Die Literatur zu Hibernate [1, S. 64] beschreibt als Ausgangspunkt für die Softwareentwicklung mit Hibernate das Erstellen eines Domain Models. Im Buch von Bauer und King [1, S. 64] wird das Domain Model als abstrakte, formalisierte Repräsentation der realen Entitäten, welche die Software abbilden und unterstützen soll, sowie deren logischen Beziehungen untereinander dargestellt. Daraus werden in der objektorientierten Programmierung die Klassen und Unterklassen sowie ihre Verbindungen im Programm abgeleitet.

Das Entitäten-Beziehungsmodell hat eine ähnliche Herangehensweise und Funktion. Es stellt ebenfalls die realen Entitäten und ihre logischen Beziehungen dar, welche formalisiert und abstrahiert dargestellt werden. Es wird jedoch verwendet, um daraus die Struktur der relationalen Datenbank abzuleiten und zu normalisieren (siehe Kapitel 3). In einem Domain Model können noch mehr Arten von Verbindungen und Funktionalitäten dargestellt werden, als im Entitäten-Beziehungsmodell.[41]

Für diese Arbeit hier würden höchstwahrscheinlich nicht riesige Unterschiede zwischen einem Domain Model und einem Entitäten-Beziehungsmodell bestehen. Bauer und King erwähnen auch, dass Hibernate nicht nur Domain Models aus, sondern auch von Tabellen oder einem anderen Model ausgehend eingesetzt werden kann. [1, S. 64]. Auch wenn bei grösseren Applikationen das Domain Model wohl die bessere Wahl ist, da Hibernate hilft, Objekte in Relationen zu übersetzen und nicht umgekehrt. Daher wird hier als Ausgangspunkt für die Programmierung das Entitäten-Beziehungsmodell wie in Kapitel 3 dargestellt, verwendet.

4.2. Business-Logik

4.2.1. Projektstruktur in Eclipse

Die Ordnerstruktur in der IDE ist folgendermassen aufgebaut. Ein Package beinhaltet die Klassen, die Entitäten, die in der Datenbank abgespeichert werden, ein Package beinhaltet die Repository-Interfaces für diese Entitäten und das dritte Package enthält die Controller, welche die Requests an die Endpoints verarbeiten. Auf derselben Ebene wie die Packages ist die Main-Klasse, welche das Programm startet, die Konfiguration liest und die Beans kreiert

4.2.2. Konfiguration der Datenbankverbindung

Die wichtigsten Elemente der Konfiguration von Hibernate sind die Konfiguration der Datenbankverbindung, die Transaktions-Modalitäten sowie die Mapping-Metainformationen [1, S. 58]

4.2.3. Controller

Im Model-View-Controller (MVC)-Schema ist die Funktion des Controllers, dass er HTTP-Requests die auf eine spezifische Domain geschickt werden, pro Domain abarbeitet und implementiert, wie die einzelnen Requests verarbeitet werden sollen.

Der Unterschied eines Controllers, der mit der `@RestController`-Annotation annotiert ist, zu einem traditionellen Spring MVC Controller ist, dass anstatt, dass eine html-Seite ausgespielt wird mit den Resultaten der durch den Request aktivierten Methode, nur ein Objekt generiert wird, dessen Daten direkt via http-Response, dem client zurückgegeben werden. [34] Die `@RestController` Annotation ist eine Abkürzung für `@Controller` und `@ResponseBody` und markiert die Klasse als Klasse, bei der jede methode ein Objekt zurückgibt anstatt eine view (html). [34] Sie gibt Spring ebenfalls an, dass der Rückgabewert der Methode direkt in den Response Body der Response gespeist werden soll, anstatt in ein Model für eine View.[9, S. 142]

HTTP-Request-Annotationen

Es ist gute Praxis, auf Klassenlevel bei den Controller-Klassen die „RequestMapping“-Annotation zu benutzen und dabei den basis URI-Pfad zu definieren, und dann bei den

Methoden, welche bei den einzelnen Requests aufgerufen werden, so spezifisch wie möglich zu sein und zu spezifizieren, um welche Art von Dazu verwendet man die "Get/Post/-Put/DeleteMappingAnnotationen. [9, S. 35]

Die @RestController-Annotation hat zwei Hauptzwecke. Erstens wird mit ihr die Klasse als Component für das component scanning markiert. Zweitens sagt sie Spring, dass die Rückgabewerte aller handler-methoden der Klasse direkt in den Response-Body der HTTP-Response geschrieben werden sollte, anstatt dass sie in das Model gespiesen und eine View daraus generiert werden soll [9]

Wie den Controller für die Post-Methode umsetzen, wenn Informationen, die bereits in der Datenbank sind, z.B. ein Gegner, oder die Listen, auch eingegeben werden müssen? Idee: Klasse bauen, welche die vollständigen Daten inkl. Listen in Datenbank postet, (in repository-Methode). Davor die Kasse füllen mit Rückgaben aus entsprechenden Abfragen aus der Datenbank. Dann Zusammenfügen mit Infos/Klasse, die man im Request-Body, via JSON übergeben hat.

4.2.4. Repositories

Die Interfaces, mit denen Zugriff auf die Persistenzschicht sprich auf die Datenbank in Spring Boot programmiert werden kann, heissen „Repositories“(oder, eher veraltet, Data Access Objects (DAO's) genannt). Sie werden eingesetzt, um auf die sogenannte Hibernate-Session zugreifen zu können, in der die zu speichenden oder lesenden Daten und Objekte von Hibernate instantziiert, gemanaged, manipuliert und die Persistenzoperation durchgeführt werden. Dies mit Hilfe der in Repository-Interface und seinen Sub-Interfaces definierten Methoden.

In Hibernate 5.4 muss das Repository-Interface nicht mehr von der Programmier*in implementiert werden. Wenn die Dependency „spring-boot-starter-jpa“in das Projekt integriert ist, reicht es, ein Repository-Interface zu definieren, welches beispielsweise das JpaRepository-Interface erweitert. Dieses hat die Form: JpaRepository<T,ID> [25]. Es muss lediglich der Objekt-Typ der Entität spezifiziert werden, der mit Hilfe dieses Repositories bearbeitet wird sowie der Typ des Identifikationsschlüssels der Entität. Sobald dieses Interface definiert ist, kann man es bereits für die entsprechenden Datenbankmanipulationen verwenden. Das„Repository“-Interface ist das Haupt-Markerinterface für Persistenzoperationen.

Es findet dabei im Hintergrund keine Codegenerierung oder Bytecode-Manipulation statt. Die Methodenaufrufe werden mit Hilfe einer MethodInterceptor-Klasse abgefangen. Sie schaut zuerst, ob es eine Implementierung der Methode im Quellcode gibt, falls nicht, versucht sie, die nötigen SQL-Abfragen sonst aus dem Code zu ermitteln, z.B. aus im Code explizit formulierten Queries oder über den Namen der Methode („save“, „find“etc.). Falls das nicht geht, greift die Klasse auf eine von Spring Data zur Verfügung gestellte Basisklasse zurück, die eine Standardimplementierung der Inteface-Methode zur Verfügung stellt. [6, S. 221] [22]

Für das Repository-Interface, wie für viele andere Interfaces auch, bietet Spring bereits Standardimplementationen der Methoden, auf die es zurückgreift, wenn der Programmierer keine Implementation spezifiziert und wenn, wie oben beschrieben, andere Strategien des Frameworks, die nötigen Befehle abzuleiten, nicht möglich sind.

```
1 package ch.keilestats.api.application.repositories;
2
3 import org.springframework.data.jpa.repository.JpaRepository;
4 import org.springframework.stereotype.Repository;
5 import ch.keilestats.api.application.entities.Game;
6
7 @Repository
8 public interface GameRepository extends JpaRepository<Game, Long>{
9 }
```

Listing 4.1: JpaRepository Interface

Transaktionen: JPA Persistence Context respektive Hibernate Session

Der Persistence Context ist ein wichtiges Konzept von JPA. Er liefert die Umgebung, in der nötigen Objekte instanziiert und Daten und Operationen geladen werden, um die gewünschten Manipulationen an der Datenbank vorzunehmen. In Hibernate liefert das Session-Interface den Zugang zum Persistence Context, der in Hibernate „Session“ heisst. Es muss in neueren Hibernate-Versionen nicht mehr explizit verwendet werden, sondern Hibernate nutzt es automatisch im Hintergrund.

Die Session wird am Anfang der Transaktion (normalerweise einem Methodenaufruf einer der Repository-Methoden) kreiert und nach dem Ende aller Datenbankoperationen wieder aufgelöst.

4.2.5. Entities

Aus den Enterprise JavaBeans Spezifikationen stammt das Konzept der Entity-Beans. Das sind Business-Objekte, die in einer relationalen Datenbank persistent gespeichert werden.

Mit der @Entity – Annotation von JPA, die bei einer Klasse angebracht wird, wird angegeben, dass die Klasse einer Tabelle in der Datenbank entspricht. Ihre Felder also den Tabellenspalten. Es braucht für den Primärschlüssel eine @Id-Annotation und die Spalten können auch explizit mit @Column angegeben werden (dabei kann auch der Name der Spalte in der Datenbank präzisiert werden, wenn er von Feldnamen abweicht), müssen aber nicht. Den Primärschlüssel lässt man idealerweise selber vom Framework generieren. Dies kann man tun mit der Annotation @GeneratedValue

Es braucht zwingend auch einen leeren Konstruktor, auf den Hibernate zurückgreifen kann. Zudem kann man auch einen Konstruktor ohne den Primärschlüssel erstellen, somit kann man einen Eintrag machen, und den Primärschlüssel vom Framework erstellen lassen. [22]

Bei einer @OneToOne-Annotation, wird, wenn man die Entität aus der Datenbank lädt („fetched“), ein join auf den mit als @OneToOne und als Fremdschlüssel markierte Tabelle gemacht, und auch alle Werte aus dieser Tabelle gelesen. Dies wird Eager Fetch genannt. [26]

Unidirektionale Beziehung mit der @OneToOne-Annotation wird eine Beziehung genannt, die in einer Klasse ein Feld mit einer einfach-einfach-Beziehung zu einer anderen Entität als Fremdschlüssel definiert, jedoch in der anderen Klasse nichts vermerkt. Somit

kann man von dieser Klasse zwar die Werte, die verbunden sind, aufrufen. Von der anderen Klasse aus kann man aber die zugehörigen Daten aus der anderen Tabelle einzelner Einträge nicht abrufen. Damit das gemacht werden kann, muss die Beziehung bidirektional gemacht werden.

Owning side of the relationship“: Mit der owning side ist diejenige Tabelle gemeint, welche die ID der verbundenen Entität als Fremdschlüssel enthält. Wenn man keine owning side definiert, werden in beiden Tabellen Fremdschlüssel der jeweils anderen Entität abgespeichert. Dies ist Duplikation der Information, was man nicht will in einer Datenbank. Dies kann gelöst werden, indem man in der Tabelle, in der man den Fremdschlüssel nicht eintragen will (auf der „non owning side“), im entsprechenden Feld bei der @OneToOne-Annotation, das Attribut „mappedBy“= Name des Felds des Fremdschlüssels in der anderen Tabelle anfügt. [26]

Java Persistence Query Language (JPQL) kann in JPA gebraucht werden, um Queries zu definieren. Es ist ähnlich wie SQL, aber die in den Queries adressierten Entitäten sind nicht die Tabellen in der Datenbank, sondern die Klassen im Java-Code, die mit Entity annotiert sind. Diese Queries werden dann von Hibernate in SQL-Queries umgewandelt, die mit der Datenbank interagieren. [26]

Man kann in Hibernate auch Native Queries, dh. Queries in SQL direkt auf der Datenbank durchführen. Dies kann mit der Entity Manager methode „createNativeQueries“ getan werden. Ein Anwendungsfall ist z.B. wenn man viele Tabellen updaten möchte, dies ist mit JPQL nicht oder nur sehr umständlich möglich. Es ist dabei zu beachten, dass der Application Context (die Instanzen der Java Klassen, welche die Datenbank repräsentieren) nicht upgedated werden. Es muss also ein em.refresh() durchgeführt werden, um die Werte aus der Datenbank in den Application Context zu laden. [26]

4.2.6. Main-Klasse

Die Main-Klasse der Applikation heisst „KeileStatsApplication“. Sie besteht aus wenig Code. Sie umfasst eine main-Methode, in welcher einzig die statische Methode „SpringApplication.run(KeileStatsApplication.class, args)“ aufgerufen wird. Mit dieser Methode wird die Applikation gebootstrapt. Die zweite wichtige Komponente ist die Annotation „@SpringBootApplication“. Das ist eine Composite-Annotation, die drei weitere Annotationen umfasst. „@SpringBootConfiguration“, die eine spezialisierte Form der @Configuration-Annotation ist und angibt, dass in dieser Klasse javabasierte Konfigurationsinformationen enthält. [9, S. 15]. „@EnablesAutoConfiguration“ermöglicht Spring Boot die Applikation automatisch zu konfigurieren. @ComponentScan ermöglicht component scanning. Das heisst dass andere Klassen mit @Component-Annotationen annotiert werden können und als Komponenten der Applikation im Spring application context registriert werden können. [9, S. 15]

Die Annotation @Component einer Klasse sagt dem Framework, dass diese Klasse eine Bean ist, die instantiiert werden soll. Mit der @SpringBootApplication-Annotation wird Spring mitgeteilt, dass es im Package, in das sich die Klasse mit dieser Annotation befindet, durchsuchen soll danach, welche Beans zu kreieren sind, d.h. nach der @Component-Annotation, somit wird Spring also mitgeteilt wo es nach Beans und ihren Dependencies suchen soll. Der Application Context, der von der Methode run der Klasse

SpringBootApplication zurückgegeben wird, managed das Implementieren und erstellen dieser Beans und die Injektion der dependencies. [26]

4.3. Hibernate

Mit dem Attribut „cascade: save-update“ speichert Hibernate ein neu instantiiertes Objekt, das einem anderen Objekt, welches bereits in der Datenbank persistent gespeichert ist, zugeordnet wird, z.B. als Feld, automatisch, ohne dass „save()“ aufgerufen werden muss.

Hibernate implementiert einen sogenannten „transaction-scoped object identity“. Das heisst, dass garantiert ist, dass die Instanz des Objekts, das in der Datenbank gespeichert oder aus ihr gelesen wird, über eine Transaktion hinweg, ein und dieselbe Instanz ist. Nicht dass, im Gegensatz dazu, bei einer Applikation ohne „identity scope“, wenn innerhalb einer Transaktion zwei mal eine Zeile aus der Datenbank gelesen wird, nicht garantiert ist, dass im Arbeitsspeicher nur eine Instanz des Objekts erstellt wird [1]

4.4. PostgreSQL Datenbank

4.5. Dokumentation mit Swagger

Swagger ist ein Tool zum Dokumentieren und Testen von API's. Mit Spring und Spring Boot kann mit Hilfe von Maven sehr einfach eine Swagger-Representation der API generiert werden. Hierfür müssen zwei dependencies ins pom.xml-file integriert werden, die Swagger2-dependency und die SwaggerUI-dependency.

```
1 <!-- https://mvnrepository.com/artifact/io.springfox/springfox-swagger-ui -->
2 <dependency>
3   <groupId>io.springfox</groupId>
4   <artifactId>springfox-swagger-ui</artifactId>
5   <version>2.9.2</version>
6 </dependency>
7
8 <!-- https://mvnrepository.com/artifact/io.springfox/springfox-swagger2 -->
9 <dependency>
10  <groupId>io.springfox</groupId>
11  <artifactId>springfox-swagger2</artifactId>
12  <version>2.9.2</version>
13 </dependency>
```

Listing 4.2: Maven Dependencies Swagger

Dann muss eine Konfigurationsklasse erstellt werden, die es Swagger ermöglicht, die nötigen Informationen aus dem Projekt, die vorhandenen Endpoints, zu lesen und daraus das Swagger User-Interface zu generieren.

```
1 package ch.keilestats.api.application.config;
2
3 import org.springframework.context.annotation.Bean;
4 import org.springframework.context.annotation.Configuration;
5
6 import springfox.documentation.builders.RequestHandlerSelectors;
```

```
7 import springfox.documentation.service.ApiInfo;
8 import springfox.documentation.spi.DocumentationType;
9 import springfox.documentation.spring.web.plugins.Docket;
10 import springfox.documentation.swagger2.annotations.EnableSwagger2;
11
12 import static springfox.documentation.builders.PathSelectors.regex;
13
14 /*Class to configure and enable automatic Swagger2 documentation for the API*/
15 @EnableSwagger2
16 @Configuration
17 public class SwaggerConfig {
18
19     /* Docket on which Swagger2 will run on */
20     @Bean
21     public Docket keileAPI() {
22         return new Docket(DocumentationType.SWAGGER_2).select()
23             .apis(RequestHandlerSelectors.basePackage("ch.keilestats.api.application
24                 ")).paths(regex("/api.*"))
25             .build().apiInfo(metaInfo());
26     }
27
28     // Titletext to be displayed in the Swagger html-file
29     private ApiInfo metaInfo() {
30
31         ApiInfo apiInfo = new ApiInfo("Keile Stats API",
32             "API for saving and reading " + "statistics of a just-for-fun Icehockey
33             Team", "1.0",
34             "Terms of Service", "", "", "");
35
36         return apiInfo;
37     }
38 }
```

Listing 4.3: Swagger Configuration Class

Über die URI <http://localhost8080/swagger-ui.html> kann nun auf die Swagger-Darstellung der API zugegriffen werden und diese damit getestet werden.

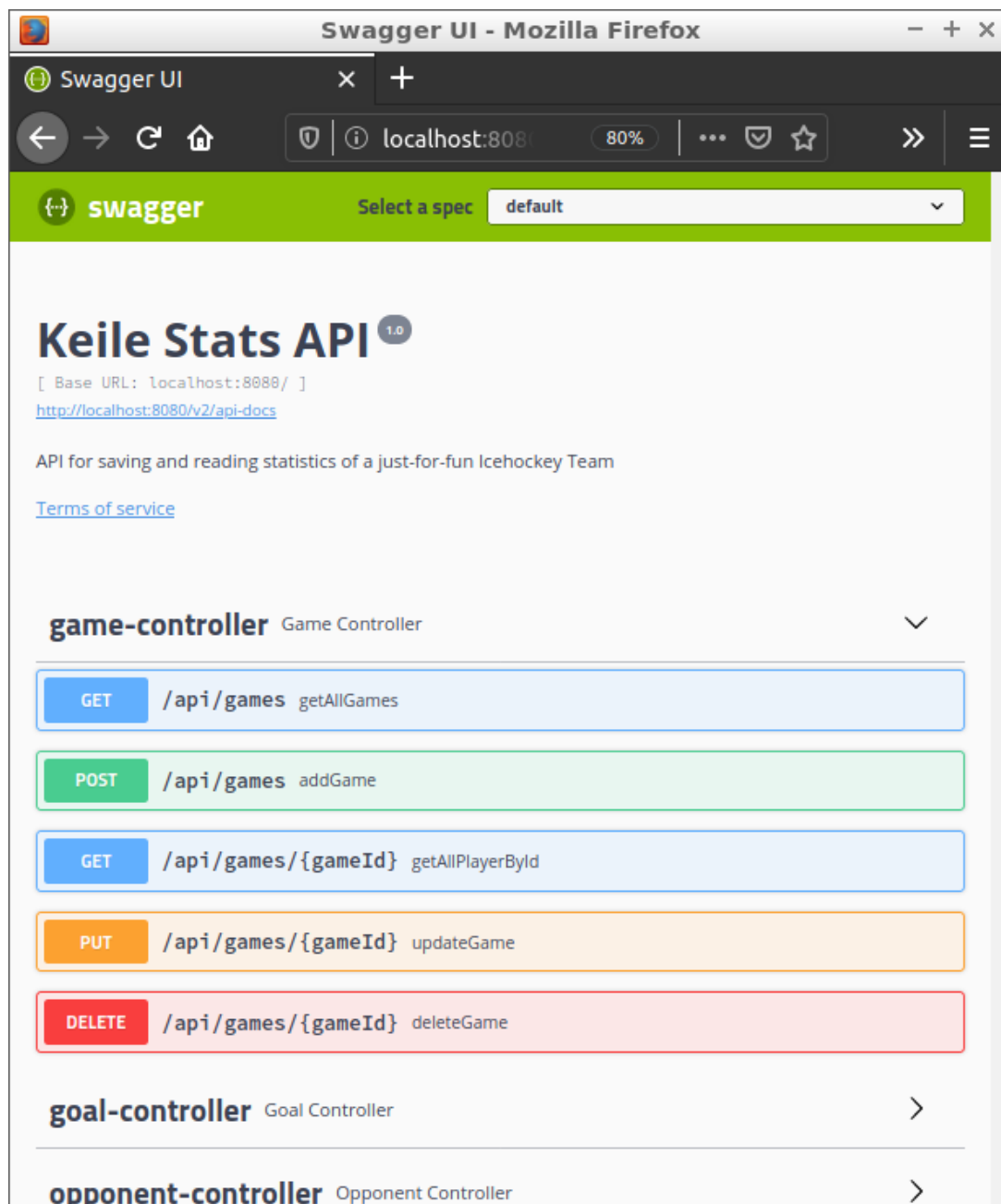


Abbildung 4.2.: Swagger User-Interface

5

Abschliessende Bemerkungen

5.1. Zusammenfassung

5.2. Probleme und Herausforderungen

Schwierigkeiten: post methode implementieren. Verstehen, wie repositories funktionieren. Verstehen, was genau im Hintergrund geschieht. Dies ist eine sehr grosse Herausforderung in der Arbeit mit dem Spring Framework und Spring Boot als Spring-Neuling und mit nur theoretischen groben Grundkenntnissen der Themen Software-Architektur mit Webservices, Http-Protokoll oder Remote Procedure Calls. Es ist so viel bereits automatisch konfiguriert, wenn man mit dem Spring initialiser und Maven ein Spring Boot Projekt erstellt, dass man zwar sehr schnell eine funktionierende Applikation erstellen kann. Für einen Einsteiger ist jedoch das Programmieren und das Debugging sehr anspruchsvoll, weil, wenn man die Architektur des Spring-Frameworks und Konfiguration und Funktionsweise nicht vertraut ist, man nicht sieht, was jetzt alles genau im Hintergrund abläuft und wie das Programm funktioniert. Es erfordert eine lange Auseinandersetzung mit der Grundstruktur und Grundfunktionsweise des Spring Frameworks und von Spring Boot, um, wenn etwas nicht funktioniert, einen Ansatzpunkt zu haben, wo genau das Problem liegt, auch wenn natürlich die Fehlermeldungen klar sind und helfen. Wenn man mit den Konzepten und Klassen, die in den Fehlermeldungen erwähnt sind, nicht vertraut ist, hilft das einem nichts, respektive es braucht ein aufwändiges Recherchieren und vertraut machen mit dem Spring Framework, bis man einigermaßen einen Anhaltspunkt hat, wo der Fehler liegt.

Zudem ist es sehr hilfreich und nötig, sich zuerst theoretische und praktische Grundlagen der Themenbereiche Webservices, Remote Procedure Calls oder HTTP anzueignen, um dann erst überhaupt sich damit zu beschäftigen, wie das Spring-Framework nun diese Herausforderungen angeht. Schwierigkeit auch, datenbankmodell via hibernate respektive Annotationen in java klassen auszudrücken. z.B. many to many relation kann mit annotationen angegeben werden. Schaffen, dass die korrekten Daten in die Datenbank eingegeben werden. Evtl. hätte man ein Datenmodell wählen können, das näher an den Rohdaten ist, statt den eher theoretischen Approach mit einem Entity-Relationship Model, der von der Datenbanktheorie her stammt zu wählen. D.h. eher von den Rohdaten ausgehen und daraus ein Domain-model ableiten, als von der theoretischen Datenbankmodellierung ausgehen, basierend auf der realen Welt entsprechende Entitäten.

Annotationen, die Boilerplate-Code helfen zu vermeiden, helfen für schnelle Entwicklung. Entstanden aus der Praxis, was man merkt. Nachteil ist fehlende Transparenz. Um zu lernen, wie die Software funktioniert, ist expliziter Boilerplate-Code hilfreicher, weil so klar ersichtlich ist, welche Funktionalitäten benötigt und verwendet werden. Beispielsweise bei den Datenbankabfragen, aber auch beim Handling von Http-Requests, sprich bei den Controllern, im Prinzip überall.

Diese Bachelorarbeit deckt ein breites Gebiet an Themen ab: das Spring Framework, , Hibernate, Spring Boot, REST-Prinzipien und HTTP. Für alles ist ein gewisses Verständnis gefragt, um diese Arbeit gut umsetzen zu können. Die Arbeit kann aber nicht bei jedem dieser Aspekte in die Tiefe gehen, deshalb wurde meist so viel Kenntnisse und Verständnis zu den einzelnen Themen erarbeitet, die nötig waren um das praktische Ziel der Arbeit, die Erstellung von funktionierenden, mehr oder weniger sauber programmierten REST-Endpoints zu erreichen.

A

Abkürzungen

ORM	Objekt/Relationales Mapping
JDBC	Java Database Connectivity
JPQL	Java Persistence Query Language
MVC	Model-View-Controller
EJB	Enterprise Java Beans
ERM	Entity Relationship Model
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
HTTPS	Hypertext Transfer Protocol Secure
IANA	Internet Assigned Numbers Authority
JPA	Java Persistence API
POJO	Plain Old Java Object
POM	Project Object Model
REST	Representational State Transfer
DI	Dependency Injection
AOP	Aspect Oriented Programming
RMI	Remote Method Invocation
API	Application Programming Interface
MVC	Model-View-Controller
ANSI	American National Standards Institute
CSS	Cascading Style Sheet
DBMS	Database Management System
DOM	Document Object Model
HL7	Health Level 7
HTML	Hypertext Markup Language
IoT	Internet of Things
IP	Internet Protocol
IPSec	Internet Protocol Security
JAXB	Java Architecture for XML Binding
JAX-RS	Java API for RESTful Web Services
JPQL	Java Persistence Query Language
JSON	JavaScript Object Notation
JSP	Java Server Pages
JSTL	Java Server Tag Library
NCSA	National Center for Supercomputing Applications
PHP	Hypertext Processor

QR	Quick Response
RFID	Radio Frequency Identification
ROA	Resource Oriented Architecture
SAX	Simple API for XML
SOA	Service Oriented Architecture
SQL	Structured Query Language
SPDY	SPeeDY, an open networking protocol
TCP	Transmission Control Protocol
URI	Unified Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
VPN	Virtual Private Network
W3C	World Wide Web Consortium
WADL	Web Application Description Language
WSDL	Web Service Description Language
WoT	Web of Things
XML	eXtensible Markup Language
XSD	XML Schema Definition

B

Lizenz

Copyright (c) 2020 Marc Raemy.

Permission is granted to copy, distribute and/or modify this document under the terms of the GNU Free Documentation License, Version 1.2 or any later version published by the Free Software Foundation; with no Invariant Sections, no Front-Cover Texts, and no Back-Cover Texts.

The GNU Free Documentation Licence can be read from [19].

Literaturverzeichnis

- [1] Christian Bauer and Gavin King. *Hibernate in Action*. Manning, 2005. 10, 21, 22, 26
- [2] Sun Microsystems Inc. *JavaBeans*. Oracle, 1997. 7
- [3] Rod Johnson. *Expert One-on-One J2EE Design and Development*. Wrox, 2002. 5
- [4] Rod Johnson, Jürgen Hoeller, et al. *Spring 2.0.8, java/j2ee Application Framework - Reference Documentation*, 2007. <https://docs.spring.io/spring/docs/2.0.x/spring-reference.pdf>. 6
- [5] Jacques Pasquier, Arnaud Durand, and Gremaud Pascal. *Lecture notes advanced software engineering*, October 2016. Departement für Informatik, Universität Freiburg (CH).
- [6] Michael Simons. *Spring Boot 2 - Moderne Softwareentwicklung mit Spring 5*. dpunkt.verlag, 2018. 23
- [7] Stefan Tilkov, Eigenbrodt Martin, Silvia Schreier, and Wolf Oliver. *REST und HTTP - Entwicklung und Integration nach dem Architekturstil des Web*. dpunkt.verlag, 2015. 12
- [8] Craig Walls. *Spring im Einsatz*. Hansen, 2012. 5, 6, 7, 8, 11
- [9] Craig Walls. *Spring in Action*. Manning, 2019. 8, 9, 10, 21, 23, 25

Referenzen Web

- [10] What is the Spring Framework really all about?, Java Brains. <https://www.youtube.com/watch?v=gq4S-ovWVlM> (Letzter Aufruf Juni 30, 2019).
- [11] Annotations. <https://docs.oracle.com/javase/1.5.0/docs/guide/language/annotations.html> (Letzter Aufruf August 5, 2019).
- [12] Understanding the Basics of Spring vs. Spring Boot. <https://dzone.com/articles/understanding-the-basics-of-spring-vs-spring-boot> (Letzter Aufruf August 6, 2019).
- [13] Spring Boot Tutorial, How to Do in Java. <https://howtodoinjava.com/spring-boot-tutorials> (Letzter Aufruf August 27, 2019).
- [14] A Comparison Between Spring and Spring Boot. <https://www.baeldung.com/spring-vs-spring-boot> (Letzter Aufruf August 6, 2019).
- [15] Object Messages and Dependencies, YouTube-Kanal Knowledge Dose. <https://www.youtube.com/watch?v=W21CLd9zm9k> (Letzter Aufruf Sept 17, 2019).
- [16] Understanding Dependency Injection, YouTube-Kanal Java Brains. <https://dzone.com/articles/understanding-the-basics-of-spring-vs-spring-boot> (Letzter Aufruf August 6, 2019).
- [17] Difference between Spring and Spring Boot, Dzone. <https://dzone.com/articles/understanding-the-basics-of-spring-vs-spring-boot> (Letzter Aufruf Oktober 5, 2019).
- [18] API Endpoints Tutorial, YouTube Ethan Jarell. <https://www.youtube.com/watch?v=C470XGASGX0> (Letzter Aufruf August 28, 2019).
- [19] Free Documentation Licence (GNU FDL). <http://www.gnu.org/licenses/fdl.txt> (Letzter Aufruf July 30, 2005).
- [20] Steps toward the Glory of REST. <https://martinfowler.com/articles/richardsonMaturityModel.html> (Letzter Aufruf Juni 30, 2019).
- [21] Hibernate Framework Basic, Java Beginners Tutorial. <https://javabeginnerstutorial.com/hibernate/hibernate-framework-basic/> (Letzter Aufruf Dezember 12, 2019).
- [22] JPA and Hiberbate Tutorial for Beginners with Spring Boot and Spring Data JPA, YouTube-Kanal in28minutes. https://www.youtube.com/watch?v=MaIO_XdpdP8 (Letzter Aufruf November 8, 2019).

- [23] JSP and Servlets Tutorial : First Java Web Application in 25 steps, YouTube-Kanal in28minutes. <https://www.youtube.com/watch?v=Vvnliarkw48> (Letzter Aufruf September 22, 2019).
- [24] Spring framework tutorial for beginners with examples in eclipse | Why Spring Inversion of control. <https://www.youtube.com/watch?v=r2Q0Jz12qMQ> (Letzter Aufruf November 7, 2019).
- [25] Javadoc. <https://docs.spring.io/spring-data/jpa/docs/current/api/org/springframework/data/jpa/repository/JpaRepository.html> (Letzter Aufruf März 13, 2020).
- [26] Master hibernate and jpa with spring boot in 100 steps, udemy onlinekurs. <https://www.udemy.com/course/hibernate-jpa-tutorial-for-beginners-in-100-steps/> (Letzter Aufruf Januar 15, 2020). 11
- [27] Pom Reference, Apache Maven Documentation . <https://maven.apache.org/pom.html> (Letzter Aufruf August 27, 2019).
- [28] Spring Rest Docs - Documenting REST API, Example, YouTube-Kanal Java Techie. https://www.youtube.com/watch?v=ghn9p6d__Yc (Letzter Aufruf Februar 3, 2020).
- [29] REST principles explained. <https://www.servage.net/blog/2013/04/08/rest-principles-explained> (Letzter Aufruf Juni 1, 2019).
- [30] Building an Application with Spring Boot. <https://spring.io/guides/gs/spring-boot/> (Letzter Aufruf August 6, 2019).
- [31] How to create a Spring Boot project in Eclipse. <https://www.youtube.com/watch?v=WZzGhWSJ6h0> (Letzter Aufruf Juni 30, 2019).
- [32] Spring Boot API in 10 Minuten - Tutorial Deutsch. <https://www.youtube.com/watch?v=pkVrAmGblXQ> (Letzter Aufruf August 6, 2019).
- [33] Spring Boot Anwendung mit MySQL Datenbank verbinden - Tutorial Deutsch. <https://www.youtube.com/watch?v=TJfwKT-mxOA> (Letzter Aufruf August 6, 2019).
- [34] Java Spring Online Dokumentation. <https://docs.spring.io/spring-boot/docs/current/reference/html/getting-started-first-application.html> (Letzter Aufruf September 20, 2019). 7, 22
- [35] Spring Tutorial, JavaTPoint. <https://www.javatpoint.com/spring-tutorial> (Letzter Aufruf Oktober 28, 2019).
- [36] REST API Documentation using Swagger2 in Spring Boot, YouTube-Kanal Tech Primers. <https://www.youtube.com/watch?v=HHyjWc0ASl8> (Letzter Aufruf Februar 3, 2020).
- [37] What is REST API, YouTube-Kanal Telusko. <https://www.youtube.com/watch?v=qVTAB8Z2VmA> (Letzter Aufruf Juni 30, 2019).
- [38] Introduction to Servlets, YouTube-Kanal Telusko. <https://www.youtube.com/watch?v=CRvcn7GKrFO> (Letzter Aufruf Sept 19, 2019).
- [39] What is Spring Boot? Introduction, YouTube-Kanal Telusko. <https://www.youtube.com/watch?v=Ch163VfHtvA> (Letzter Aufruf September 23, 2019).

- [40] What is a RESTful API? Explanation of REST and HTTP, YouTube-Kanal Traversy Media. <https://docs.spring.io/spring/docs/2.0.x/spring-reference.pdf> (Letzter Aufruf August 28, 2019).
- [41] Domain Model, Wikipeida. https://en.wikipedia.org/wiki/Domain_model (Letzter Aufruf Februar 5, 2020).
- [42] JavaBeans, Wikipedia. <https://de.wikipedia.org/wiki/JavaBeans> (Letzter Aufruf Februar 1, 2020).
- [43] Apache Maven, Wikipedia. https://de.wikipedia.org/wiki/Apache_Maven (Letzter Aufruf August 27, 2019).