REST(ful) Webservices im Social Web

JKU
JOHANNES KEPLER UNIVERSITY LINZ

Matthias Steinbauer
matthias@steinbauer.org
@climbinggeek

Matthias Steinbauer

Studium Informatik JKU, derzeit PhD am Institut für Telekooperation
(Big Data, Temporal Graphs)

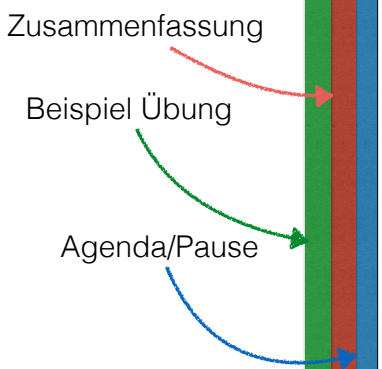
Seit 2012 Universitätsassistent @JKU
- 8 angeleitete Bachelor- und Masterarbeiten
- 15 wissenschaftliche Publikationen

Seit 2004 Selbstständig
- Softwareentwicklung Java EE Umfeld
- Trainings Prozessmodellierung
- Beratung Big Data, Prozesse, Java EE

JKU JOHANNES KEPLER UNIVERSITÄT LINZ
Raiffeisen
Immformer Zeit fürs Wesentliche
IDS SCHEER CONSULTING

matthias@steinbauer.org
http://steinbauer.org/

Hinweise zum Slide-Deck



Agenda

- Einführung zu Webservices
- Grundlagen zur Service Seite mit Java (JAX-RS, Jersey)
- Web basierter Client mit AngularJS
- Methoden Aufrufe (Actions) vs. CRUD
- Fortgeschrittenes und Reflexion

Einführung zu Webservices

- Einsatzgebiete
- Arten von Webservices
- Stateful vs. Stateless Calls
- Grundlagen im HTTP Protokoll
- Basics zu RESTful Services

Netzwerk Modell

Web Services (SOAP, XML-RPC, JSON-RPC, REST, …)
- Basieren auf etablierten Transport-Protokollen (Binär, HTTP, etc.)
- Procedure Call ist standardisiert, Daten-Kodierung ist normiert
- Häufig Beschreibung des Service erforderlich

Remote Procedure Calls (Corba, RPC, ActiveX, RMI, …)
- Protokoll-Details vom Programmierer versteckt
- Schränkt Nutzung häufig auf eine bestimmte Technologie ein
- Client und Server sind eng miteinander verbunden
- Clients werden häufig “generiert”

Standardisierte (Text) Protokolle (FTP, HTTP, Telnet, …)
- Protokoll durch mehrere Hersteller (Client und Server) implementiert
- Häufig zu ganz speziellen Zwecken entworfen

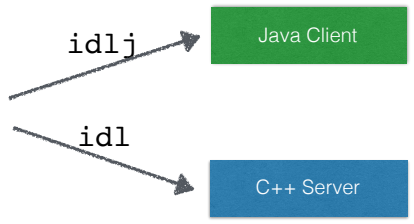
Binäre Protokolle (TCP, RTP, IP, …)
- Schwer durch Menschen zu interpretieren
- Bei proprietären Protokollen kompliziert Clients zu bauen

CORBA

- Aus einer Beschreibung des Kommunikations-Interface werden Stubs für die Clients und Skeletons für die Server generiert
- Clients können mit dem Server über ein binäres Protokoll kommunizieren, Programmierer hat grundsätzlich keinen weiteren Einfluss auf dieses Protokoll

IDL

```
module ShopApp
{
  interface Shop
  {
  string getVersion();
  oneway void placeOrder(Order o);
  int getNumItems();
  Item getItem(int itemId);
  };
};
```



idl: Compiler der eine IDL Datei in Stubs und Skeletons in C++ übersetzen kann
idlj: Analog für Java

SOAP

Simple **O**bject **A**ccess **P**rotocol

- Eine WSDL Datei beschreibt per XML Nachrichten die zwischen Client und Server getauscht werden können
- Die Nachrichten selbst sind auch XML und können von Menschen verstanden werden
- Client und Server können generiert werden
- Viel häufiger wird aber die WSDL von einer Server Implementierung generiert und davon werden Client Calls generiert

Vergleich

	RPC	SOAP	REST
Datentransport	Binär / Undefiniert	HTTP Andere Transports	???
Dienst-beschreibung	IDL	WSDL	???
Session Status	Stateful	optional Stateful	???
Kopplung	Sehr eng oft Technologie	Eng über WSDL / XML	???

Was ist REST

- **RE**presentational **S**tate **T**ransfer
- REST Services sind eine **benutzerfreundliche** Möglichkeit **verteilte Systeme** zu bauen. Die Struktur von REST Services ist **einfach zu durchschauen** und **leicht skalierter**
- Ist vielmehr eine **Konvention** als ein **Standard**

Benutzerfreundlich / Einfach

- Es finden Begriffe die wir aus dem Web kennen Anwendung:
  - URL / URI
  - Basiert auf HTTP und kann daher grundsätzlich mit Web-Browsern aufgerufen werden (Web == REST)
  - Lose über das HTTP Protokoll gekoppelt > keine komplizierten Abhängigkeiten zwischen den verteilten Komponenten

Skalierbar

- REST per Definition und Vereinbarung Stateless
- Jeder Client Request kann daher von einem beliebigen Server in einem Serververbund beantwortet werden
- Horizontale Skalierung unter Zuhilfenahme von Round-Robin-DNS oder Load-Balancern möglich
- Backend-Services müssen natürlich dafür ausgelegt sein

Vergleich

	RPC	SOAP	REST
Datentransport	Binär / Undefiniert	HTTP Andere Transports	HTTP
Dienst-beschreibung	IDL	WSDL	Keine URLs
Session Status	Stateful	optional Stateful	Stateless
Kopplung	Sehr eng oft Technologie	Eng über WSDL / XML	Lose wie Web
Anwendung	Innerhalb Softwarepaket	Verschiedene Systeme eines Unternehmens	Über Unternehmens-grenzen hinweg

Konzepte

- Resource (Objekte und deren Eigenschaften)
- Representation (Darstellung einer Resource)
- Operation (z.B. Anlegen oder Löschen)
- Hypertext (Verfolgen von Links)
- Statelessness (Application State am Client)

Resource

- Jedes **Objekt** ist eine **Resource** und hat daher einen Uniform Resource Identifier (URI)
  - `/shop/rest/items/7`, `/shop/rest/items`
- Mit einem Uniform Resource Locator (URL) kann beschrieben werden wie man auf eine Resource zugreifen kann
  - `https://myshop.at/shop/rest/items`
  - `http://www.land-oberoesterreich.gv.at/default.htm`
- Listen und Elemente sollen in Zusammenhang stehen
- Resources können statisch sein oder sich verändern

REST und URLs

- URLs sollen beschreiben **wie**, wir **wo** auf **was** zugreifen können
  - `https://myshop.at/shop/rest/items`
  - `https://myshop.at/shop/rest/items/7`
- URL Parameter sind **Parameter** und identifizieren keine Resource
- URLs sollen keine technischen Details enthalten
  - `https://myshop.at/index.php?retrieveItem=7&as=json`
  - `https://myshop.at/my-net-share/cgi-bin/rest.cgi?function=retrieveItem&itemId=7`

Representation

- Unter einem einzigen URL kann der gleiche Inhalt in verschiedener Ausprägung abgerufen werden
- `https://myshop.at/shop/rest/items/7` könnte HTML, XML, JSON, Text, JPEG, etc. liefern
- Im HTTP Protokoll kann über den Header: `Accept` spezifiziert werden welches Encoding der Client erwartet
- Web-Browser werden typischerweise `Accept: text/html` spezifizieren
- Ein Web-Service Client wird aber vermutlich explizit JSON, XML oder ein anderes strukturiertes Format anfordern wollen

Representation

- Häufig sieht man die Verwendung verschiedener URLs zur Abfrage der gleichen Resource in verschiedenem Encoding
  - `http://steinbauer.org/reports/2015/Q4/sales.html`
  - `http://steinbauer.org/reports/2015/Q4/sales.xml`
  - `http://steinbauer.org/reports/2015/Q4/sales.json`
- In REST sollten aber alle Representations unter einem URL verfügbar sein
  - `http://steinbauer.org/reports/2015/Q4/sales`

`http://steinbauer.org/reports/2015/Q4/sales`

Accept: application/xml

```xml
<salesReport>
  <category name="Non-Food">
    287362.83
  </category>
  <category name="Food">
    827736.3
  </category>
  <category name="Services">
    983726.98
  </category>
</salesReport>
```

Accept: application/json

```json
{
  'Non-Food': 287362.83,
  'Food': 827736.3,
  'Services': 983726.98
}
```

Accept: text/html

```html
<html>
  <head>
    <title>Q4 Sales Report</title>
  </head>
  <body>
    <table>
      <tr>
        <th>Category</th>
        <th>EUR</th>
      </tr>
      <tr>
        <td>Non-Food</td>
        <td>287362.83</td>
      </tr>
      <tr>
        <td>Food</td>
        <td>827736.3</td>
      </tr>
      <tr>
        <td>Services</td>
        <td>983726.98</td>
      </tr>
    </table>
  </body>
</html>
```

Operation

- In REST gibt es **vier** Standard-Operationen (HTTP verbs) die auf einer Resource definiert sein können
  - **GET**: Eine Representation der Resource abrufen
  - **PUT**: Eine neue Resource unter dem URI anlegen oder eine existierende Resource unter dem gegebenen URI aktualisieren (überschreiben)
  - **POST**: Resource anlegen für die kein URI bekannt ist, teilweises aktualisieren von Resource oder ausführen beliebiger Operationen
  - **DELETE**: Resource unter dem angegebenen URI löschen

Operation Beispiele

- Wir können den URL `http://myshop.at/shop/rest/items/7` per **GET** anfragen um eine HTML Repräsentation eines Artikels zu bekommen
- Wir können per **POST** auf den URL `http://myshop.at/shop/rest/items` einen **neuen** Artikel im Shop anlegen

Einfach verständlich

- Wenn wir Ressourcen als Dinge/Objekte betrachten die wir über einen URL **abrufen** und **manipulieren** können ist es **nicht notwendig** aufwändige **Beschreibungen** für Services zu erstellen
  - **GET**, **PUT**, **POST** und **DELETE** funktionieren immer gleich
- REST ist also kein Paradigma in dem man Services baut die 100erte verschiedene Funktionen anbieten sondern meist ein Framework mit dem man **wenige Basis-Funktionen** auf URLs anwendet und damit komplexe Prozesse aufbauen kann

Sichere Operationen

- Es gibt bestimmte Regeln dafür wie sich ein REST Service verhalten soll
- Sogenannte sichere (**safe**) Methoden dürfen eine **Resource nicht verändern** (**GET** auf einen URL darf die Resource nicht ändern)
- Weiters wird erwartet dass die **PUT** Methode Idempodent ist. Bedeutet dass ein Aufruf von **PUT** mit den **gleichen Parametern** mehrfach hintereinander den Systemstatus in gleicher Weise beeinflussen muss wie ein einziger Aufruf (PUT kann man nicht zum zählen verwenden)

GET

- **Sicher** und **idempodent**: mehrfaches **GET** auf `http://steinbauer.org/reports/2015/Q4/sales` darf den Report **nicht ändern**
- Wir würden ja auch bei mehrfachem Aufruf von `http://www.google.at` nicht die Startseite von Google ändern wollen

```
{
  'Non-Food': 287362.83,
  'Food': 827736.3,
  'Services': 983726.98
}
```

DELETE

- **Nicht-Sicher** aber **idempodent**: **DELETE** auf `https://myshop.at/items/7` löscht einen Artikel kann aber mehrfach ausgeführt werden
  - Annahme: Unser Backend Service beschwert sich nicht über ein DELETE auf einen nicht existierenden Artikel

PUT

- **Nicht sicher** und **idempodent**: Schreiben eines Dokuments auf eine Resource Ändert die Resource

```
{
  'id': 7,
  'name': 'Raspberry Pi',
  'price': 35.9,
  'stock': 82
}
```

- Mehrfaches PUT des Artikels lt. JSON auf `https://myshop.at/items/7` wird zwar mehrere Transaktionen auslösen aus Benutzersicht aber gleicher Systemzustand

POST

- **Nicht sicher**, **nicht idempodent**: verändert Resource(n) und wird bei wiederholter Ausführung den Systemzustand verändern
- z.b. Anlegen eines neuen Artikels POST auf https://myshop.at/items

Request

```
{
  'name': 'Raspberry Pi',
  'price': 35.9,
  'stock': 82
}
```

POST →

```
{
  'id': 7,
  'name': 'Raspberry Pi',
  'price': 35.9,
  'stock': 82
}
```

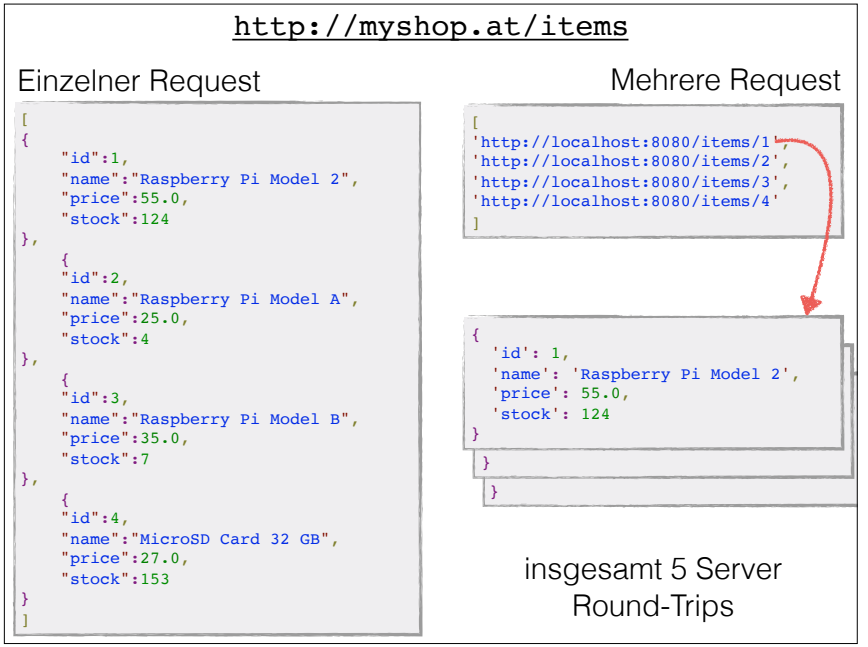
Response

Safe and Idempotent

	safe	idempodent
GET	yes	yes
DELETE	no	yes
PUT	no	yes
POST	no	no

Hypertext

- Wenn wir per **HTTP** im **Web** surfen enthält der **Response** vom Server (meist HTML) **Links** mit denen wir durch das Web **navigieren**
- REST Services sollen wenn sie sich in ihrem **Response** auf **andere Resource beziehen** ebenfalls **Links** auf diese Resource beinhalten
- z.B. Abfrage von einer Liste von Artikel unter dem URL `http://myshop.at/items` kann entweder direkt Daten liefern oder einfach eine Liste an URLs unter denen die Details einzelner Artikel verfügbar sind
- In der Praxis ist dies auch eine Frage der **Performance**!



Stateless

- **REST** und **HTTP** als Übertragungsprotokoll sind **Stateless**
- **State** wird erst durch erweiterte Frameworks (HTML/ Web **Session Cookies**) hergestellt
- **REST** verlangt, dass der Status entweder in der **Resource** abgelegt wird oder am **Client** gehalten wird
- **Clients** sind für **Anwendungsstatus** zuständig, **Server** für **Resource Status**

Vorteile Statelessness

- Clients sind **unabhängig** von **Änderungen** am **Server** System (Reboots, Software-Updates, etc.)
- Redundanz ist leichter herzustellen (Server stirbt > Requests können vom **Load-Balancer** an einen anderen Server gegeben werden)
- Bietet einfachste Möglichkeit die **Performance** durch Proxy Services zu verbessern (GET auf Resource die sich selten ändern)

matthias — bash — 109×27

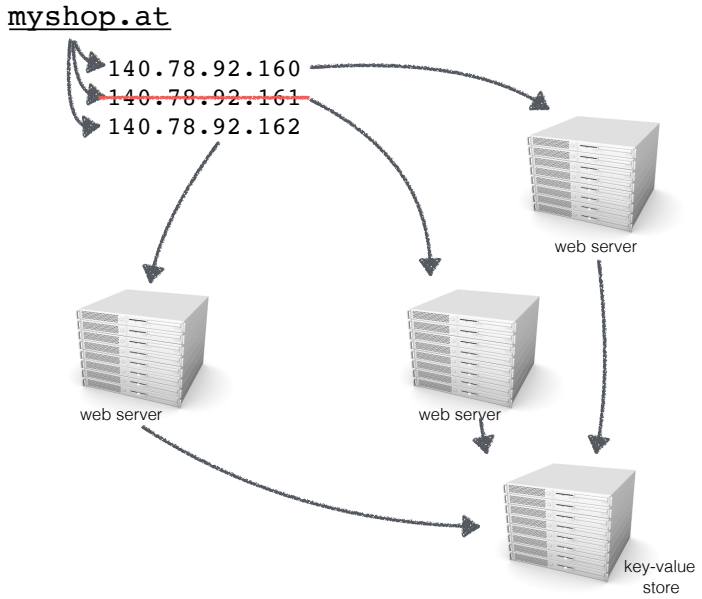
```
Matthiass-iMac:~ matthias$ dig www.google.at

; <<>> DiG 9.8.3-P1 <<>> www.google.at
;; global options: +cmd
;; Got answer:
;; ->>HEADER<<- opcode: QUERY, status: NOERROR, id: 4027
;; flags: qr rd ra; QUERY: 1, ANSWER: 3, AUTHORITY: 0, ADDITIONAL: 0

;; QUESTION SECTION:
;www.google.at.                 IN      A

;; ANSWER SECTION:
www.google.at.          199     IN      A       173.194.35.184
www.google.at.          199     IN      A       173.194.35.183
www.google.at.          199     IN      A       173.194.35.191

;; Query time: 2 msec
;; SERVER: 192.168.10.1#53(192.168.10.1)
;; WHEN: Thu Nov  7 08:56:35 2013
;; MSG SIZE  rcvd: 79
```

JKU campus, Austria

```
;; ANSWER SECTION:
www.google.at.          195     IN      A       173.194.44.63
www.google.at.          195     IN      A       173.194.44.55
www.google.at.          195     IN      A       173.194.44.56
```

Hetzner Network, Germany

```
;; ANSWER SECTION:
www.google.at.          199     IN      A       173.194.35.184
www.google.at.          199     IN      A       173.194.35.183
www.google.at.          199     IN      A       173.194.35.191
```



Fehlerbehandlung

- Das **HTTP** Protokoll hat bereits ein definiertes **Set** an **Status-Codes** die für REST verwendet werden können
  - 200 OK, 204 No Content
- In vielen Fällen braucht ein Client nicht jeden einzelnen Fehlercode manuell behandeln (generische Funktion die auf 404 Not Found reagiert)
- HTTP erlaubt das senden von erweiterten Fehlerinformationen im Response
- Fehlerbehandlung **unabhängig** von der Meinung/Stil von **Entwicklern**. Bei einer nicht vorhanden Resource stellt sich nicht die Frage InvalidOperationException, InvalidArgumentException, ItemNotFound Exception > alle könnten als 404 abgebildet werden

Entwicklungsumgebung

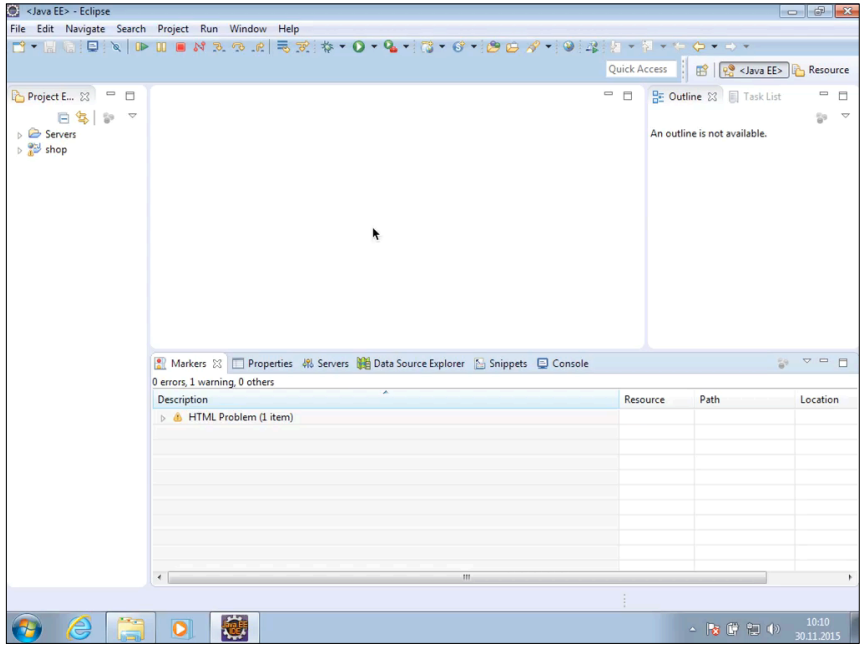
- Eclipse Mars 1
- Java JRE 1.8
- Erweiterungen aus den JBoss Tools
  - WebService Tester
- Tomcat 8.0.28

`N:\SL\Alle\WebServiceWorkshop_01122015`

Im Home Verzeichnis auspacken

Entwicklungsumgebung einrichten

- In der ausgepackten Entwicklungsumgebung im Ordner `software\eclipse\eclipse.exe` starten
- Beliebigen Workspace am Rechner einrichten
- Danach die JBoss **WebService Tester** View starten



REST Service aufrufen

Wir rufen Finanzdaten zu Unternehmen ab

http://dev.markitondemand.com/MODApis/#companylookup

URLs die Company Lookups machen können

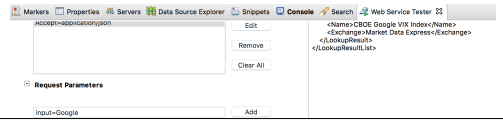
http://dev.markitondemand.com/Api/v2/Lookup/json
http://dev.markitondemand.com/Api/v2/Lookup/xml

Parameter

URL

http://dev.markitondemand.com/Api/v2/Lookup/json?input=Google

Request



Agenda

- Einführung zu Webservices
- Grundlagen zur Service Seite mit Java (JAX-RS, Jersey)
- Web basierter Client mit AngularJS
- Methoden Aufrufe (Actions) vs. CRUD
- Fortgeschrittenes und Reflexion

REST Frameworks

- Frameworks sind in einer **Vielzahl** an **Sprachen** verfügbar
- Häufig kann REST sehr einfach in **bestehenden Code** eingebaut werden
- Ziel von Frameworks ist es meist **JSON/XML** (Repräsentation) und Request **Methoden** vom Entwickler zu abstrahieren

PHP ohne Framework

- Header auf bestimmten `Content-type` setzen
- Eingebaute Funktion `json_encode` konvertiert PHP Objekte in JSON Repräsentation
- Wird häufig als Einstieg in REST gefunden

php5

```php
<?php
  error_reporting(E_ALL);
  include_once('dbsettings.php');
  header('Content-type: application/json; charset=utf-8');
  …
  $json = json_encode($data_model);
  echo $json;
?>
```

Node.js / JavaScript

- Unter Verwendung des Plugin `restify`

```
npm install restify
```

```
var restify = require('restify');
var hostname = 'restify.tk.jku.at';
var port = 80;
var server = restify.createServer({
  name: 'demoapp'
});
server.use(restify.queryParser());
server.use(restify.bodyParser());
server.use(restify.CORS());
server.listen(port, hostname, function() {
  console.log('listen %s:%s', server.name, server.url);
});
```

A Node.js REST service

```
var path = '/jobs';
server.get({ path: path, version: '0.0.1'}, listJobs);
server.get({ path: path + '/:jobid', … }, getJob);
server.post({ path: path, … }, postNewJob);
server.del({path: path + '/:jobid', … }, deleteJob);
```

```
function getJob(request, response, next) {
  res.setHeader('Access-Control-Allow-Origin', '*');
  console.log('getting job: ' + request.params.jobid);
  …
  response.send(200, jsonString);
  return next();
}
```

RESTful **Java** Service

	Pro	Con
Dropwizard	Jetty, Jackson, Debugging	Fehler immer `text/plain`
Jersey	**JAX-RS Referenz Impl.**	V1 vs. V2, Debugging
Ninja Web Framework	Schnell, Standalone	Doku, Community
Play Framework	Akka Stateless Architecture	Kein Servlet, Scala
RestExpress	Performance, Best Practice	Wenig Doku (eBook)
Restlet	**Powerful, EE, Standalone**	Geschlossene Community
Restx	MongoDB, Micro, Schnell	Sehr junges Framework
Spark Framework	AngularJS, generisch Web	Große Projekte
Spring	Im Spring Ökosystem	Braucht Spring …

JAX-RS Spezifikation

- Wie andere Standards in **Java Spezifikation** mit mehreren **Implementierungen**
- **API** stellt hauptsächlich **Interfaces** und **Annotations** zur Verfügung
- Populärste Implementierungen sind **Jersey** und **Restlet**

https://jax-rs-spec.java.net

JAX-RS Web Resource

- In JAX-RS können Java **Objekte** (POJOs) **deklarativ** als REST Service **freigegeben** werden
- Konfiguration spezifiziert Packages/Klassen die mit Annotations versehen sind
- Unterstützt diverse Representations über Drop-In-Converter
- **Objekte** werden über **JAXB** Mechanismen in **Repräsentationen** überführt (XML als Standard)

JAX-RS Client

- Die **Client**-Seite ist ebenfalls **Teil** der **Spezifikation**
- Ähnliche technologische Abhängigkeiten (JAXB)
- Standardisierte Zugriffspfade auf beliebige REST Dienste
- Ermöglicht nahtloses übertragen von POJOs Java-Service <-> REST <-> Java-Client

Deklarative Freigabe

Pfad im Container

HTTP Verb

Gelieferter `Content-type`

```
@Path("/shop")
public class ShopService {

  @GET
  @Produces(MediaType.TEXT_PLAIN)
  public String getName() {
    return "Test Shop";
  }
}
```

`@Path`

- Definiert den **Pfad** zur implementierten Resource relativ zum **Servlet Container**
- Kann auf **Klasse** oder eine **Methode** angewendet werden
- Darf **Parameter** (`@PathParam`) enthalten

```
@Path("/shop")
@Path("/{item}")
```

`{item}` kann geparsed werden

`@GET` / HTTP Verb

- Die in REST verwendeten HTTP Verbs stehen als Annotation zu Verfügung: **`@GET`**, **`@PUT`**, **`@POST`**, **`@DELETE`**
- Das JAX-RS kompatible Framework ruft je nach **Request Methode** die korrekte **Methode** am **POJO** auf
- Es können aber für **einen Pfad** mehrere Methoden mit dem **gleichen Verb** aber unterschiedlichem **`Content-type`** deklariert werden

`@Produces`

- Gibt an welche(n) **`Content-type`** (Representation) die Methode generieren kann
- Kann ein einzelner MIME-type oder eine Liste an Types sein
- Das JAX-RS Framework wählt aufgrund des angegebenen `Content-type`s und der Methode die korrekte POJO Methode aus
- Der Client kann den akzeptierten `Content-type` über den Accept Header setzen

```
Accept: application/json
```

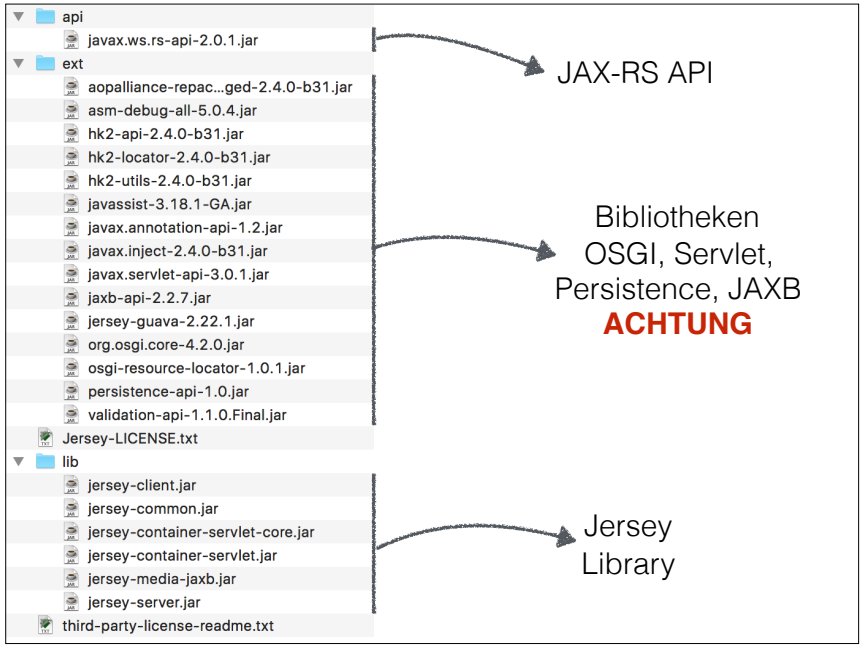
Jersey als Referenz-Implementierung von JAX-RS

- Jersey ist die **offizielle** Referenz-Implementierung zum **JAX-RS Standard**
- Open-Source
- Läuft in Servlet Containern
- Anbindung von Representation Konvertern durch Service Provider Interfaces

https://jax-rs-spec.java.net/

`/download/`

- Grundsätzlich zwei Möglichkeiten
  - Maven / Ivy / Gradle Dependencies auf `http://repo1.maven.org`
- Uber-JAR als direkter Download von
  - `https://jersey.java.net/download.html`



Drop-Ins / SPI

- Grundsätzlich **schreibt** die Spezifikation von JAX-RS **keine Represenationstypen** vor
- Es ist in Jersey (vermutlich daher) keine Bibliothek für JSON eingebunden
  - Die Bibliotheken **Jackson** und **Genson** können als Drop-In verwendet werden
  - SPI: Wird eine Lib am Classpath gefunden wird sie verwendet

`/download/genson`

- Im Demo-Projekt wird **Genson** verwendet
- Ist wiederum **JAXB** kompatibel > JAXB Annotationen können für **XML** und **JSON** Repräsentationen verwendet werden
- Einziges JAR: `genson-1.3.jar`

`http://owlike.github.io/genson/`

Jersey Demo Projekt

- Online Shop Anwendung **JAX-RS** / **Jersey**
- Ausgeführt als **Dynamic Web Project**
- Deployment auf Apache **Tomcat** 8.x.x
- Datenhaltung in **MapDB** (KeyValue Store der File und Memory based arbeiten kann)
- Bietet ein REST Interface unter `http://localhost:8080/shop/rest` an und ein User Interface unter `http://localhost:8080/shop/`

MapDB

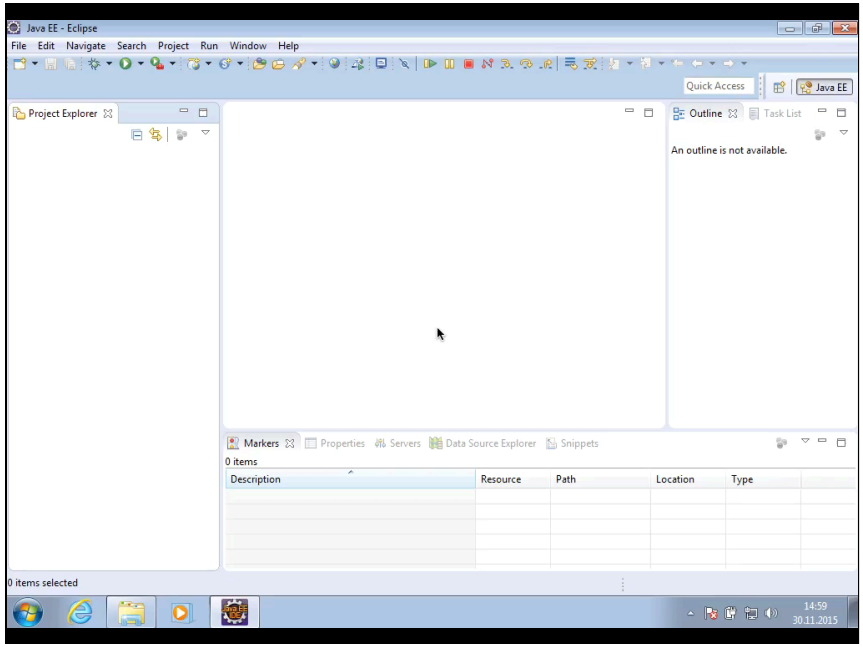
- Sehr einfacher KeyValue Store; erlaubt uns das Erzeugen einer DB In-Memory oder persistent in einem File
- Im Demo-Projekt hinter der Klasse `ShopDAO` versteckt
- Mit `Settings.USE_FILE_DB` kann gesteuert werden ob In-Memory oder File basierte DB
- File liegt im TEMP Verzeichnis des Benutzers als `shop.mapsdb`
- Einzelnes JAR: `mapdb-1.0.8.jar`

MapDB

http://www.mapdb.org

Log4J

- Wäre doch überraschend gewesen eine Demo ohne ein Logging Framework?
- Log4j JAR: `log4j-1.2.16.jar`
- Plus Konfiguration in `src/log4j.properties`



`web.xml`

Package mit Service Objects

Servlet Klasse

```
<!-- REST Service dispatcher configuration -->
<!-- See how the parameter provider.packages points to our shop package -->
<servlet>
   <servlet-name>REST Service Servlet</servlet-name>
   <servlet-class>org.glassfish.jersey.servlet.ServletContainer</servlet-class>
   <init-param>
      <param-name>jersey.config.server.provider.packages</param-name>
      <param-value>at.gv.landooe.shop.rest</param-value>
   </init-param>
   <init-param>
      <param-name>javax.ws.rs.Application</param-name>
      <param-value>at.gv.landooe.shop.ServiceRessourceConfig</param-value>
    </init-param>
   <load-on-startup>1</load-on-startup>
</servlet>
```

Erweiterte Konfiguration für einzelne Resources

`web.xml`

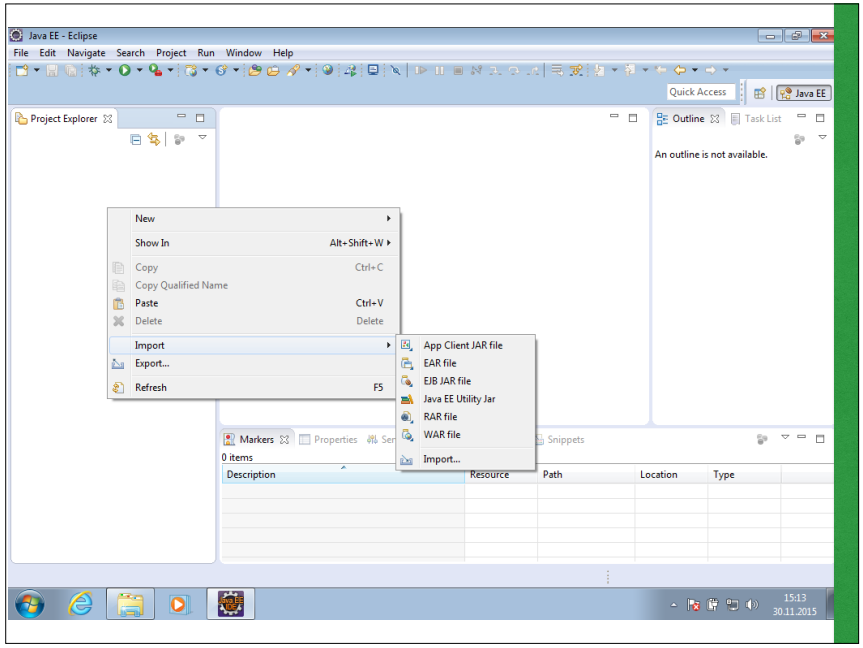
REST Servlet

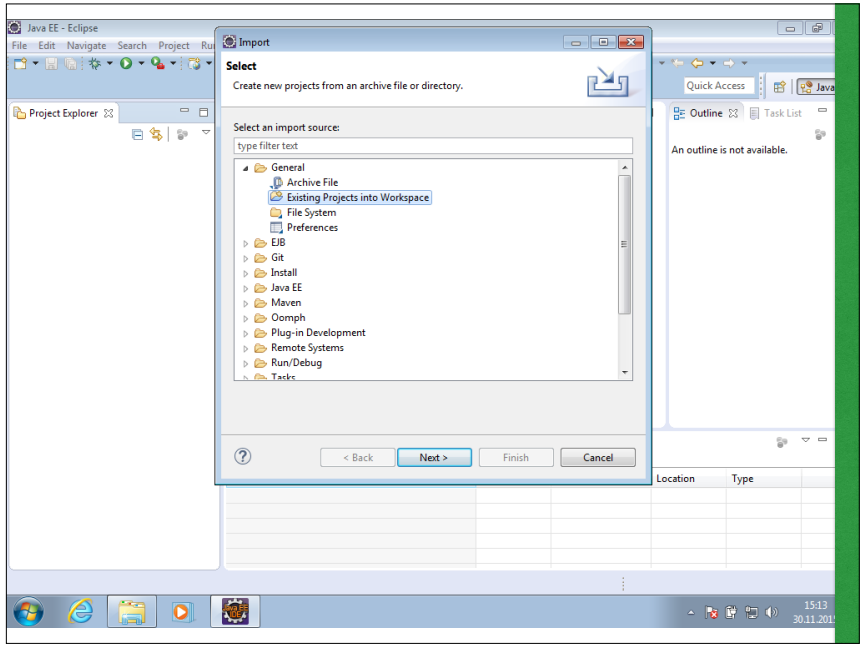
```
<!-- Servlet Mappings -->
<servlet-mapping>
  <servlet-name>REST Service Servlet</servlet-name>
  <url-pattern>/rest/*</url-pattern>
</servlet-mapping>
```

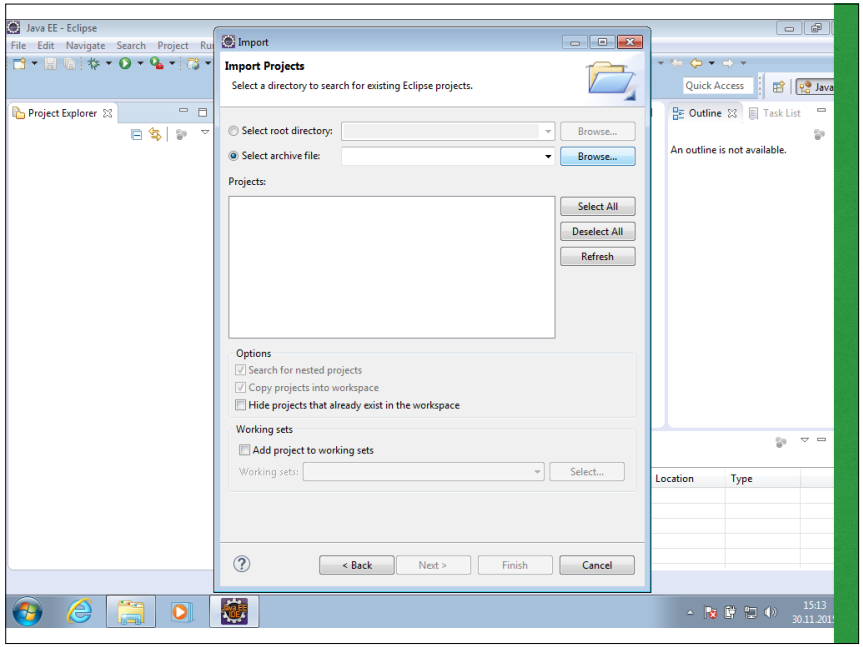
Im Pfad `/rest/*`

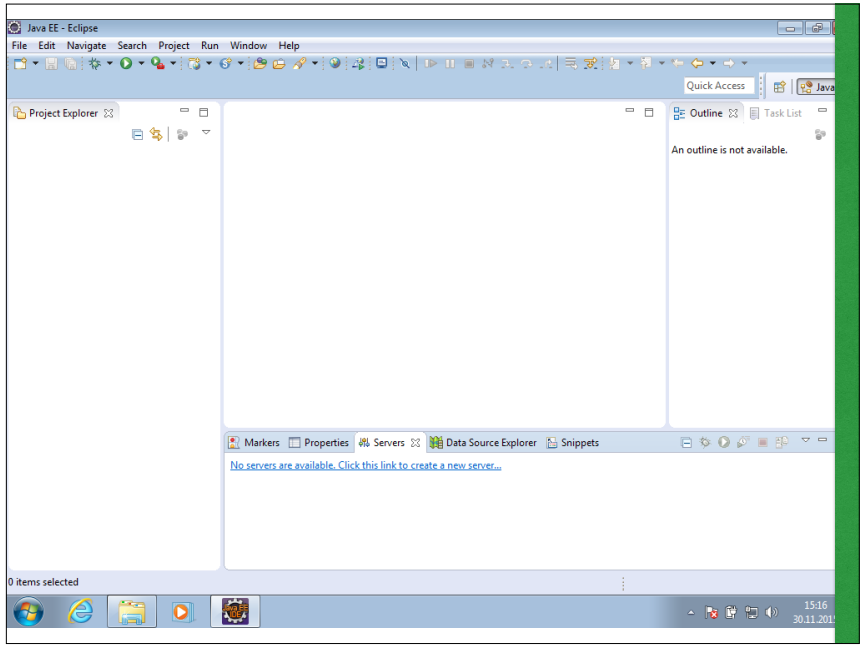
Projekt Importieren + Starten

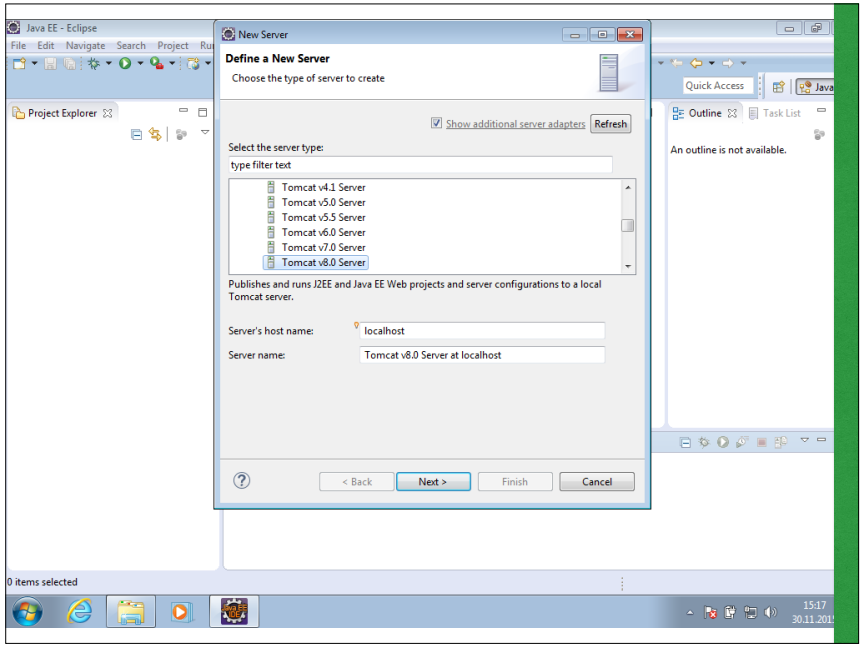
- Projekt **`empty-rest-project.zip`** importieren
- Tomcat 8 Server im Eclipse anlegen, konfigurieren und starten
- Das leere Projekt auf Tomcat deployen und versuchen Tomcat zu starten

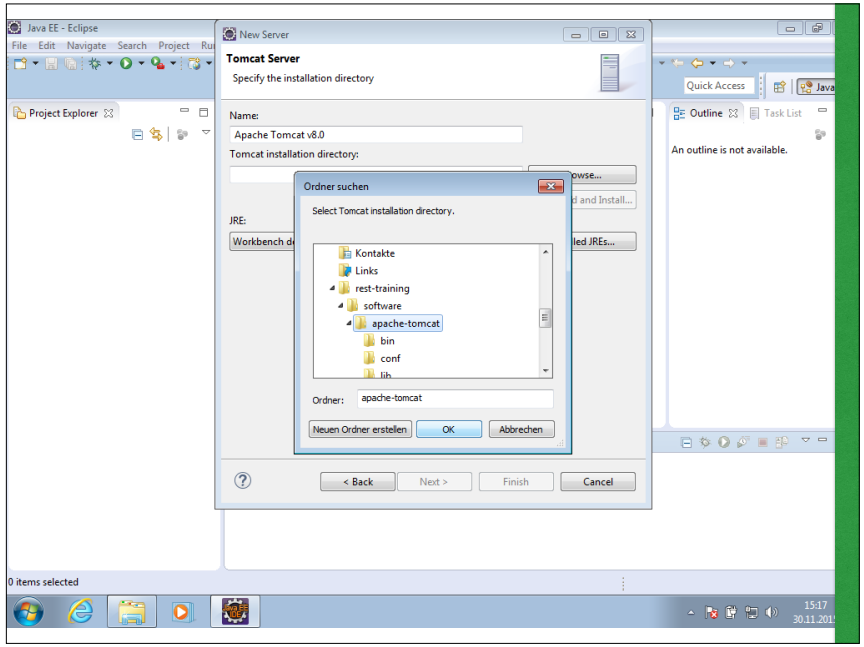


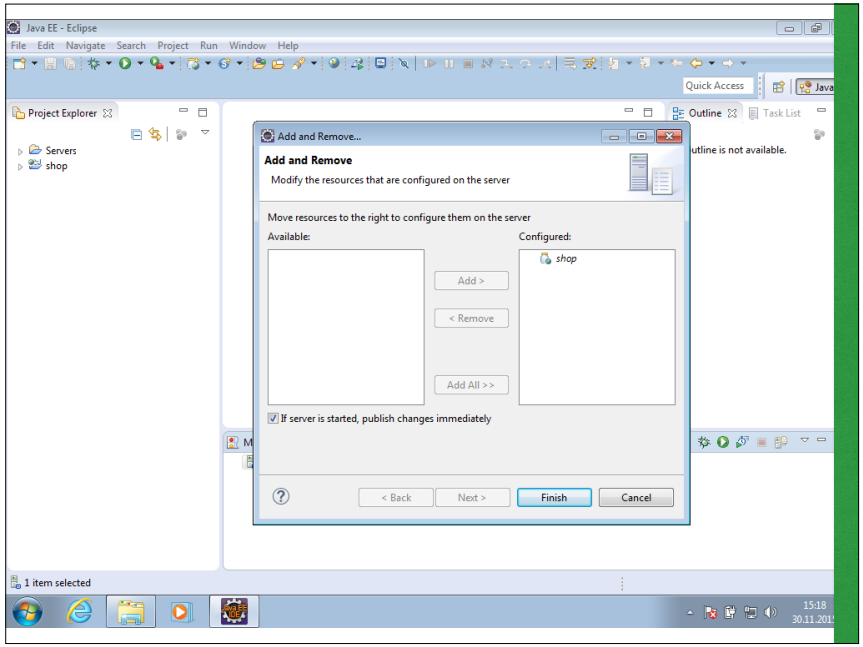


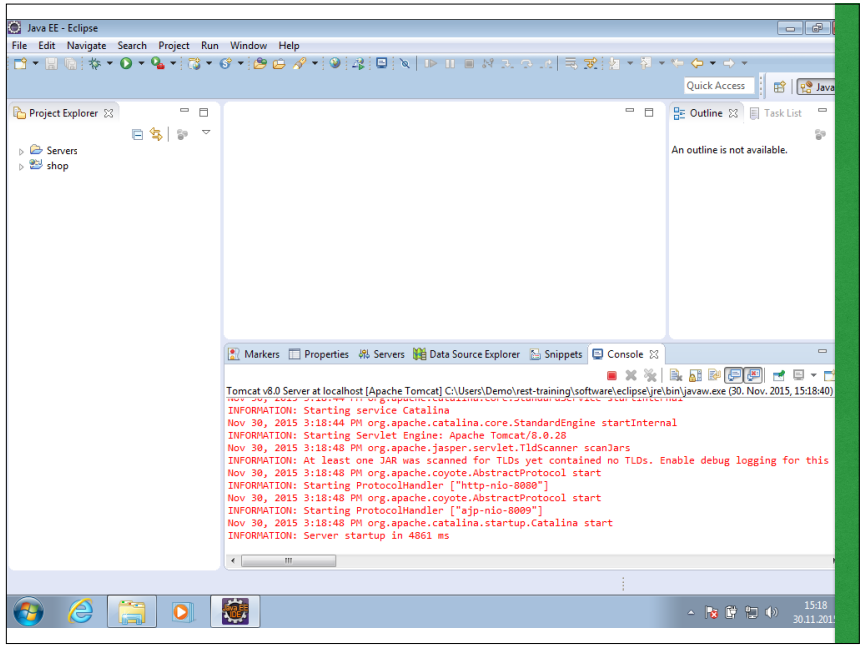

Java EE - Eclipse
Import
Import Projects
Select a directory to search for existing Eclipse projects.
Select root directory:
Select archive file:
Browse...
Projects:
Select All
Deselect All
Refresh
Options
Search for nested projects
Copy projects into workspace
Hide projects that already exist in the workspace
Working sets
Add project to working sets
Working sets:
Select...
< Back
Next >
Finish
Cancel
Project Explorer
Outline
Task List
An outline is not available.
Location
Type


Java EE - Eclipse
File Edit Navigate Search Project Run Window Help
Quick Access
Project Explorer
Outline
Task List
An outline is not available.
Markers
Properties
Servers
Data Source Explorer
Snippets
No servers are available. Click this link to create a new server...
0 items selected


Java EE - Eclipse
New Server
Define a New Server
Choose the type of server to create
Show additional server adapters
Refresh
Select the server type:
type filter text
Tomcat v4.1 Server
Tomcat v5.0 Server
Tomcat v5.5 Server
Tomcat v6.0 Server
Tomcat v7.0 Server
Tomcat v8.0 Server
Publishes and runs J2EE and Java EE Web projects and server configurations to a local Tomcat server.
Server's host name:
localhost
Server name:
Tomcat v8.0 Server at localhost
< Back
Next >
Finish
Cancel
Project Explorer
Outline
Task List
An outline is not available.
0 items selected


Java EE - Eclipse
New Server
Tomcat Server
Specify the installation directory
Name:
Apache Tomcat v8.0
Tomcat installation directory:
JRE:
Ordner suchen
Select Tomcat installation directory.
Kontakte
Links
rest-training
software
apache-tomcat
bin
conf
Ordner:
apache-tomcat
Neuen Ordner erstellen
OK
Abbrechen
< Back
Next >
Finish
Cancel
Project Explorer
Outline
Task List
An outline is not available.
0 items selected





Artikel Listings

- Legen sie eine Klasse `ItemsService` im Package `at.gv.landooe.shop.rest` an
- Der `ItemsService` soll an den Pfad `/items` gebunden werden
- Der Service soll eine Liste an Items in **JSON** und **XML** Format ausgeben können
- `ShopDAO.listItems()` holt uns alle Items von der Datenbank

JAXB Root Element

Item.java

```java
@XmlRootElement
public class Item extends GenericIntIdItem {

  /** Display name of the item */
  private String name;

  /** Non-discounted price */
  private float price;
```

ItemsService.java

```java
@Path("/items")
public class ItemsService {
  @GET
  @Produces({ MediaType.APPLICATION_JSON,
                  MediaType.APPLICATION_XML })
  public List<Item> getItems() {
    return ShopDAO.listItems();
  }
}
```

`Accept` Header

- Implementieren sie außerdem eine Methode `getItemsPlain` oder `getItemsHTML` die eine Text bzw. HTML Representation der Items liefert
- Rufen sie den URL mit verschiedenen Accept Headers auf
  - `Accept=text/html`, `Accept=application/json`, etc.

Agenda

- Einführung zu Webservices
- Grundlagen zur Service Seite mit Java (JAX-RS, Jersey)
- Web basierter Client mit AngularJS
- Methoden Aufrufe (Actions) vs. CRUD
- Fortgeschrittenes und Reflexion

Agenda

- Einführung zu Webservices
- Grundlagen zur Service Seite mit Java (JAX-RS, Jersey)
- Web basierter Client mit AngularJS
- Methoden Aufrufe (Actions) vs. CRUD
- Fortgeschrittenes und Reflexion

Angular JS

- Von **Google** getriebenes **JavaScript** Framework
- Unterstützt das Binden von **JavaScript Models** an **HTML5 UIs**
- Bietet **direkten Support** für **REST** basierte Interfaces
- Models sind in sogenannten Scopes abgebildet und können über `{{var}}` Patterns eingebunden werden

https://angularjs.org

Controller Include

Methoden Call

Conditionals

```
<html>
   <head>
      <link rel="stylesheet"
       href="http://maxcdn.bootstrapcdn.com/bootstrap/3.2.0/css
             bootstrap.min.css">
      <link rel="stylesheet" href="css/shop.css">
      <script
       src="http://ajax.googleapis.com/ajax/libs/angularjs/1.3.14/
             angular.min.js"></script>
      <script src="js/ItemController.js"></script>
   </head>
   <body ng-app="angularShopApp" ng-controller="ItemController">
      <div id="container" class="container">
         <div class="row">
            <div id="title" class="col-md-6">
               <h1>Shop Application</h1>
            </div>
            <div id="controls" class="col-md-6 shopControls">
               <button type="button" class="btn btn-default"
                     ng-click="placeOrder()"
                     ng-show="cart.length">Place Order</button>
               <button type="button" class="btn btn-default"
                     ng-click="emptyCart()"
                     ng-show="cart.length">Empty Shopping Cart</button>
               <button type="button" class="btn btn-default"
                     ng-click="loadItems()">Update Item List</button>
```

Gebundene Scope Variable

Conditionals

```
<div class="row alert alert-danger" ng-show="errorMessage">
   <div class="col-md-12">
      <div>
         {{ errorMessage }}
      </div>
      <div id="serverResponse" ng-show="serverResponse">
         {{ serverResponse }}
      </div>
   </div>
</div>
```

Angular Table Loop

Click auf TR

```
<tr ng-repeat="item in items | orderBy : 'id'" ng-click="addToCart(item)"
class="clickable">
   <td class="center">{{ item.id }}</td>
   <td>{{ item.name }}</td>
   <td class="right">{{ item.price }}</td>
   <td class="right">{{ item.stock }}</td>
</tr>
```

Scope Variablen (in HTML sichtbar)

Scope Funktionen

```
var angularShopApp = angular.module('angularShopApp', []);

angularShopApp.controller('ItemController', ['$scope','$http',
function($scope, $http) {
   $scope.customerName = 'Thomas Testhuster';
   $scope.items = [];
   $scope.cart = [];

    // function retrieve items from the back-end
    $scope.loadItems = function() {
      $http.get('http://localhost:8080/shop/rest/items',
               config).then(function (response) {
         $scope.items = response.data;
         console.log('Received response');
         console.log($scope.items);
      }, function (error) {
         $scope.errorMessage = renderError(error);
         $scope.serverResponse = error.data;
      });
   };
};
```

AngularJS Project Importieren

- Entfernen sie ihr Projekt **`shop`** aus dem Workspace
- Importieren sie stattdessen `angular-rest-project.zip`
- Dieses Projekt enthält zusätzlich **HTML**, **CSS** und **JS** Dateien im `WebContent`

AngularJS Client

- Wenn unser REST Service richtig gebaut wurde sollte es möglich sein `http://localhost:8080/shop/` aufzurufen
- Der Controller ruft per REST `http://localhost:8080/shop/rest/items` auf und erwartet einen `application/json` kodiertes Response
- Analysieren sie den Code in `ItemController.js` / `loadItems`

Bestellung aufgeben

- Das Datenmodell enthält bereits die Klassen `Order` und `OrderItem` (Zeilen auf einer Order)
- Erstellen sie eine neue Klasse `OrdersService` im Package `at.gv.landooe.shop.rest`
- Ermöglichen sie es dass per **POST** eine neue Order gegen den URL `http://localhost:8080/shop/rest/orders` aufgegeben wird

Bestellung aufgeben

```
@POST
@Produces({ MediaType.APPLICATION_JSON, MediaType.APPLICATION_XML })
@Consumes({ MediaType.APPLICATION_JSON, MediaType.APPLICATION_XML })
public Order postOrder(Map<String, Object> jsonMap) {
    return null;
}
```

Map die das JSON Objekt enthält
Erlaubt komfortables Lesen eines Objektes

`ShopDAO.saveOrder` kann verwendet werden um eine Bestellung zu speichern

```
private Order parseOrder(Map<String, Object> jsonMap)
```

Bestellung Testen

- Verwenden sie den bestehenden AngularJS Client um eine Bestellung aufzugeben
- Der Client stellt durch klicken auf Artikel einen Warenkorb zusammen; dieser kann durch `Place Order` abgeschickt werden
- Der Client holt danach automatisch neue Daten von `http://localhost:8080/shop/rest/items` ab
- Testen sie das Vorgehen auch im Eclipse per `Web Service Tester`

Agenda

- Einführung zu Webservices
- Grundlagen zur Service Seite mit Java (JAX-RS, Jersey)
- Web basierter Client mit AngularJS
- Methoden Aufrufe (Actions) vs. CRUD
- Fortgeschrittenes und Reflexion

CRUD

- REST Dienste eigenen sich besonders für das **C**reate, **R**etrieve, **U**pdate, **D**elete Schema

REST	POST	GET	PUT	DELETE
CRUD	Create	Retrieve	Update	Delete

CRUD in REST

- Liste an Elementen über einen Basis-URL abrufbar `http://localhost:8080/shop/rest/items`
- Gleicher URL wird zum Erzeugen von Ressourcen verwendet
- Details, Update (PUT) und Delete über Detail URL `http://localhost:8080/shop/rest/items/7`

@PathParam

- Ermöglicht es Patterns aus URLs zu lesen
- Teile des URLs/Pfads können als Parameter verwendet werden

```
@Path("/items")
public class ItemsService {

   @Context
   UriInfo uriInfo;
   @Context
   Request request;

   @Path("{item}")
   public ItemService getItem(@PathParam("item") String id) {
      return new ItemService(this.uriInfo, this.request, id);
   }
}
```

@Context

- JAX-RS Context lässt sich über die `@Context` Annotation in ein POJO injizieren
- Informationen zum URL und Request sind so verfügbar

```
@Path("/items")
public class ItemsService {

   @Context
   UriInfo uriInfo;
   @Context
   Request request;

   @Path("{item}")
   public ItemService getItem(@PathParam("item") String id) {
      return new ItemService(this.uriInfo, this.request, id);
   }
}
```

```
@Path("/items")
public class ItemsService {

   @Context
   UriInfo uriInfo;
   @Context
   Request request;

   @Path("{item}")
   public ItemService getItem(@PathParam("item") String id) {
      return new ItemService(this.uriInfo, this.request, id);
   }
}
```

Aufrufe auf den Pfad
`http://localhost:8080/shop/rest/items/{item}`
werden an den neuen Handler
`ItemService` delegiert

`ItemsService: /shop/rest/items` > Liste
`ItemService: /shop/rest/items/7` > einzelnes Item

```
public class ItemService {

   @Context
   UriInfo uriInfo;
   @Context
   Request request;

   String id;

   public ItemService(UriInfo uriInfo, Request request, String id) {
      this.uriInfo = uriInfo;
      this.request = request;
      this.id = id;
   }

   @GET
   @Produces({ MediaType.APPLICATION_JSON, MediaType.APPLICATION_XML} )
   public Item getItem() {
      return ShopDAO.getItem(Integer.parseInt(this.id));
   }
}
```

Einzelne Artikel verwalten

- Erzeugen sie die Klasse `ItemService` im Paket `at.gv.landooe.rest`

```
public class ItemService {
   @Context
   UriInfo uriInfo;
   @Context
   Request request;
   String id;
   public ItemService(UriInfo uriInfo, Request request, String id) {
      this.uriInfo = uriInfo;
      this.request = request;
      this.id = id;
   }
}
```

- Delegieren sie Aufrufe aus `ItemsService` für einzelne Artikel

Einzelne Artikel verwalten

```
@Path("/items")
public class ItemsService {

   @Context
   UriInfo uriInfo;
   @Context
   Request request;

   /** Other code */

   @Path("{item}")
   public ItemService getItem(@PathParam("item") String id) {
      return new ItemService(this.uriInfo, this.request, id);
   }

   /** Other code */

}
```

AngularJS CRUD

- Im unteren Bereich der AngularJS Demo App findet sich ein Formular zum Editieren von Artikeln
- Das Formular ist bereits mit dem Scope Model `$scope.editItem` verbunden
- Implementieren sie die Funktionen `$scope.getItem`, `$scope.postItem`, `$scope.putItem` und `$scope.deleteItem`

`$scope.editItem` ist wie ein Artikel / `Item` aufgebaut

- `id`
- `name`
- `price`
- `stock`

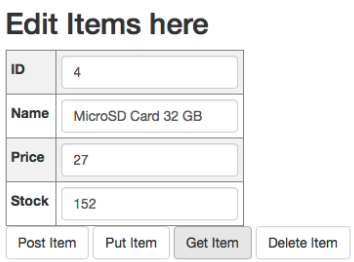
```
$scope.getItem = function() {
   $http.get('http://localhost:8080/shop/rest/items/' + $scope.editItem.id,
config).then(function (response) {
      $scope.editItem = response.data;
   }, function (error) {
      $scope.errorMessage = renderError(error);
      $scope.serverResponse = error.data;
   });
};
```

GET Methode am Service muss ein JSON liefern
dann können wir dies direkt hier setzen
die Formularfelder sind auf Element von
$scop.editItem gebunden

GET holt einen Artikel aus der DB und
gibt ihn als JSON / XML aus

```
@GET
@Produces({ MediaType.APPLICATION_JSON, MediaType.APPLICATION_XML} )
public Item getItem() {
   return ShopDAO.getItem(Integer.parseInt(this.id));
}
```

Testen sie
`Get Item`
im Frontend



POST / `$http.post` / `@POST`

ItemsService.java

```
@POST
@Produces({ MediaType.APPLICATION_JSON, MediaType.APPLICATION_XML} )
@Consumes({ MediaType.APPLICATION_JSON, MediaType.APPLICATION_XML} )
public Item putItem(Item item) {
   return ShopDAO.saveItem(item);
}
```

JSON kann vom Framework
direkt auf POJOs gemapped werden

ItemController.js

```
$scope.postItem = function() {
   $http.post('http://localhost:8080/shop/rest/items', $scope.editItem,
config).then(function (response) {
      $scope.loadItems();
      $scope.infoMessage = 'Sucessfully created a new item: ' +
response.data.id;
      $scope.editItem = response.data;
   }, function (error) {
      $scope.errorMessage = renderError(error);
      $scope.serverResponse = error.data;
   });
};
```

PUT / `$http.put` / `@PUT`

ItemService.java

```
@PUT
@Produces({ MediaType.APPLICATION_JSON, MediaType.APPLICATION_XML} )
@Consumes({ MediaType.APPLICATION_JSON, MediaType.APPLICATION_XML} )
public Item putItem(Item item) {
   return ShopDAO.saveItem(item);
}
```

ItemController.js

```
$scope.putItem = function() {
   $http.put('http://localhost:8080/shop/rest/items/' + $scope.editItem.id,
$scope.editItem, config).then(function (response) {
      $scope.loadItems();
      $scope.infoMessage = 'Sucessfully updated the item: ' +
response.data.id;
      $scope.editItem = response.data;
   }, function (error) {
      $scope.errorMessage = renderError(error);
      $scope.serverResponse = error.data;
   });
};
```

DELETE / `$http.delete` / `@DELETE`

ItemService.java

```
@DELETE
public void deleteItem() {
   ShopDAO.deleteItem(Integer.parseInt(this.id));
}
```

In unserem Fall idempodent implementiert
kein Fehler beim Löschen nicht existierender Artikel

ItemController.js

```
$scope.deleteItem = function() {
   $http.delete('http://localhost:8080/shop/rest/items/' +
$scope.editItem.id, config).then(function (response) {
      $scope.editItem = {};
      $scope.editItem.id = 0;
      $scope.editItem.name = '';
      $scope.editItem.price = 0;
      $scope.editItem.stock = 0;
      $scope.loadItems();
   }, function (error) {
      $scope.errorMessage = renderError(error);
      $scope.serverResponse = error.data;
});
```

Komplettes Projekt

- Wir können jetzt das Projekt `finished-rest-project.zip` anstatt unseres aktuellen Projektes importieren
- Es enthält alles was wir bisher gemacht haben und noch etwas Zusatzfunktionalität für den nächsten Block

Agenda

- Einführung zu Webservices
- Grundlagen zur Service Seite mit Java (JAX-RS, Jersey)
- Web basierter Client mit AngularJS
- Methoden Aufrufe (Actions) statt CRUD
- Fortgeschrittenes und Reflexion

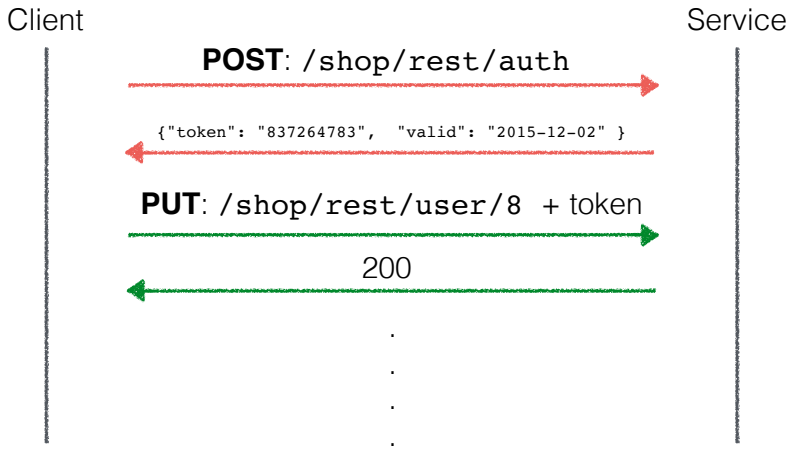
Fortgeschrittenes und Reflexion

- Weiterführende Themen kurz angeschnitten
  - Authentifizierung
  - Versionierung
- REST Kritikpunkte

Authentifizierung

- Kann als Aufgabe der **Anwendung** gesehen werden
  - REST Methoden die auf ein erfolgreiches Login mit **Session Token** reagieren
- Aufgabe des **Containers**
  - HTTP **Basic Authentication**
  - **OAuth** 1 und 2 Standard

Session Tokens

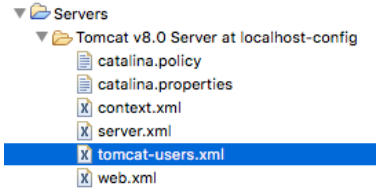


Basic Authentication

- Im HTTP Protokoll "**eingebaut**"
- Username und Passwort wird in einem **HTTP Header** mitgesendet
- JAX-RS Implementierungen könnten **deklarativ** auf Authentifizierung konfiguriert werden
- **Benutzerdatenbank** kommt dann aus dem **Servlet Container**

Tomcat Benutzer

- Tomcat hat im Eclipse Workspace ein `Servers` Project
- In diesem sind alle Konfigurationen abgelegt
- Default Benutzer-DB in `tomcat-users.xml`



tomcat-users.xml

```
<tomcat-users version="1.0" xmlns="http://
tomcat.apache.org/xml" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/
XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="http://
tomcat.apache.org/xml tomcat-users.xsd">

  <role rolename="admin" />
  <user username="matthias" password="matthias"
roles="admin" />

</tomcat-users>
```

Wird von der server.xml referenziert
andere User DBs können per JNDI
angekoppelt werden

Der Servlet Container kann mit Security Constraints ausgestattet werden

web.xml

```
<security-constraint>
   <web-resource-collection>
      <web-resource-name>Secured</web-resource-name>
      <url-pattern>/rest/admin</url-pattern>
   </web-resource-collection>
   <auth-constraint>
      <role-name>admin</role-name>
   </auth-constraint>
</security-constraint>
<security-role>
   <role-name>admin</role-name>
</security-role>
<login-config>
   <auth-method>BASIC</auth-method>
   <realm-name>Login</realm-name>
</login-config>
```

```
<init-param>
   <param-name>javax.ws.rs.Application</param-name>
   <param-value>at.gv.landooe.shop.ServiceRessourceConfig</param-value>
</init-param>
```

Erweiterte Konfiguration für einzelne Resources

ServiceResourceConfig.java

```
@ApplicationPath("/")
public class ServiceRessourceConfig extends ResourceConfig {

   public ServiceRessourceConfig() {
      super(AdminService.class);
      register(RolesAllowedDynamicFeature.class);
   }

}
```

AdminService.java

```
@Path("/admin")
public class AdminService {

   static Logger logger = Logger.getLogger(AdminService.class);

   @RolesAllowed({ "admin" })
   @POST
   public void createItem(String content) {
      logger.info("Admin user posted " + content);
   }
}
```

AngularJS Beispiel

```
$scope.putUser = function() {
   $http.defaults.headers.common['Authorization'] = 'Basic ' +
                              Base64.encode('matthias' + ':' + 'matthias');
   $http.put('http://localhost:8080/shop/rest/users/' + $scope.editUser.id,
                  $scope.editUser, config).then(function (response) {
      $scope.editUser = response.data;
   }, function (error) { alert('error'); });
};
```

Wird

`$http.defaults.headers.common['Authorization']`

gesetzt wird Basic Authentication immer mitgesendet

Test Authentifizierung

- Im kompletten Projekt ist der URL `http://localhost:8080/shop/rest/admin` durch Basic Authentication geschützt
- Legen sie einen Benutzer in `tomcat-users.xml` an und testen sie die Basic Authentication mit dem `Web Service Tester`

```
<tomcat-users version="1.0" …… tomcat-users.xsd”>

  <role rolename="admin" />
  <user username="matthias" password="matthias"
roles="admin" />

</tomcat-users>
```

Versionierung

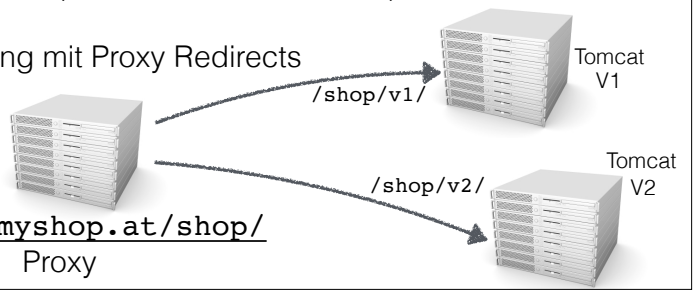
- Wie jede andere Software auch unterliegen REST Services einer Wartung, Weiterentwicklung und Verbesserung > **Versionierung** notwendig
- Da der Service über Unternehmensgrenzen hinweg genutzt wird können Service Nutzer nur bedingt zum Software-Upgrade gezwungen werden
- Services müssen daher oft versioniert werden

Ansätze zur Versionierung

- **URL Pfad**
  - Findet bei den großen Playern (Yahoo, Flickr, Google) derzeit noch häufig Anwendung
  - `http://dev.markitondemand.com/Api/v2/Lookup/json`
- **HTTP Header**
  - Entweder eigener Header für die Version
  - Codierung der Version im `Content-type`

Pfad Versionierung

- Direkt in Jersey und Servlet Container umständlich zu realisieren
- Man müsste de facto Kopien der Service Klassen erstellen (siehe `@Path` Annotation)
- Lösung mit Proxy Redirects



Version im Header

- Es kann ein eigener Request Header verwendet werden z.B:
  - `LandOOE-REST-API-Version: v2.0.1`
- Dann beschreibt ein URL nach wie vor eine Resource (unabhängig der Version)
- URLs können versendet werden, sie agieren wie in der aktuellsten Version
- Legacy Clients können explizit eine API Version definieren

VersionService.java

```
@Path("/version")
public class VersionService {

   public static final String CURRENT_STABLE_VERSION = "1.0.3";

   @GET
   @Produces(MediaType.TEXT_PLAIN)
   public String getVersion(@HeaderParam("LandOOE-REST-API-Version")
                                                        String version) {
      version = version == null ? CURRENT_STABLE_VERSION : version;
      switch (version) {
      case "1.0.3":
         return getVersion103();
      case "2":
         return getVersion2();
      }
      throw new WebApplicationException(Response.Status.NOT_IMPLEMENTED);
   }

   private String getVersion103() { return "Version 1.0.3 (Stable)"; }

   private String getVersion2() { return "Version 2 (Beta)"; }
}
```

`Accept` Header

- Ähnlich wie die Definition des eigenen Header aber im MIME des `Accept` Header kodiert
  - `application/vnd.landooe.v2+json`
- Komplizierter in der Handhabung in JAX-RS
- Schwieriger für die Nutzer weil es nicht mehr reicht einen URL zu kennen; man muss konkret wissen wie ein Request aussehen darf

Test eines Version Header

- Rufen sie den URL `http://localhost:8080/shop/rest/version` mit dem `Web Service Tester` auf
- Was passiert mit und ohne Request Header `LandOOE-REST-API-Version`
- Es sind die Versionen `1.0.3` und `2` hinterlegt

> Toll für CRUD aber nicht für Service Methoden

Rein formell ist jede Berechnung als Resource beschreibbar

GET `http://steinbauer.org/sum/a=2&b=3`
(sicher, cachebar)

REST sicher besser geeignet für Projekte wo auf Resourcen immer das gleiche Mustern an Manipulation angewendet wird

Es gibt keine Contracts zwischen Anbieter und Konsument

Hier sind traditionelle Services mit der WSDL überlegen

WSDL ist aber häufig dazu da Messages zu beschreiben. Diese Messages sind XML, REST könnte auch XML transportieren

Es wäre trivial Schema (XSD) Checks in die eigenen Service Methoden einzubauen

REST unterstützt keine Transaktionen

Transaktionen über Service Calls hinweg wie bei Spring oder SOAP sind nicht möglich

Einzelner HTTP Request ist die größte Einheit für eine Transaktion

Workaround:
Temporäre Resources werden durch mehrere **PUT** & **POST** Aufrufe geschrieben
Ein POST zu einem Transaction URL prozessiert Daten in Transaktion

Kein Publish-Subscribe Support

Benachrichtigungen müssen per Polling abgerufen werden

Stalling per GET auf definierten URLs ist in der AJAX-Welt seit Jahren erprobt

GET Aufrufe sind im Web stark optimiert (Server, Proxy, Client, Transport Protokoll, etc.)

Langlaufende asynchrone Prozesse können nicht abgebildet werden

In HTTP gibt es den Status Code `202 Accept` dieser kann verwendet werden um zu signalisieren dass ein Request verarbeitet wird, aber derzeit keine Antwort vorliegt

Client kann per Polling auf einem URL so lange mit `202` warten bis mit `200` geantwortet wird

Problempunkte

- REST Services mit sehr **vielen** verschiedenen **Objekttypen** (Ressourcen) sind **aufwändig** in Erstellung und Wartung (viele Service Klassen)
- Echtzeit-System mit garantierten Antwortzeiten und Systeme mit Bandbreiten-Beschränkung sind problematisch (Client kann unter Umständen für eine Aufgabe eine ganze Reihe von Requests absetzen müssen)
- REST ist kein Standard verschieden Frameworks folgen den unterschiedlichen Konventionen und Paradigmen

JKU
JOHANNES KEPLER UNIVERSITY LINZ

Slides at
https://steinbauer.org/

Matthias Steinbauer
matthias@steinbauer.org
@climbinggeek