



HTWK Leipzig

Fakultät für Informatik, Mathematik & Naturwissenschaften

Bachelor-Thesis

Generierung und Design einer Client-Bibliothek für einen RESTful Web Service am Beispiel der Spreadshirt-API

Author:

Andreas Linz

10INB-T

admin@klingt.net

Leipzig, 12. August 2013

Gutachter:

Dr. rer. nat. Johannes Waldmann

HTWK Leipzig – Fakultät für Informatik, Mathematik & Naturwissenschaften

waldmann@imn.htwk-leipzig.de

HTWK Leipzig, F-IMN, Postfach 301166, 04251 Leipzig

Jens Hadlich

Spreadshirt HQ, Gießerstraße 27, 04229 Leipzig

jns@spreadshirt.net

Andreas Linz
Nibelungenring 52
04279 Leipzig
admin@klingt.net
www.klingt.net

*Generierung und Design einer Client-Bibliothek für einen
RESTful Web Service am Beispiel der Spreadshirt-API*
Bachelor Thesis, HTWK-Leipzig, 12. August 2013

made with X_YT_EX, L^AT_EX and B_IB_TE_X.

Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich diese Bachelor-Thesis selbstständig ohne Hilfe Dritter und ohne Benutzung anderer als der angegebenen Quellen und Hilfsmittel verfasst habe. Alle den benutzten Quellen wörtlich oder sinngemäß entnommenen Stellen sind als solche einzeln kenntlich gemacht.

Diese Arbeit ist bislang keiner anderen Prüfungsbehörde vorgelegt und auch nicht veröffentlicht worden.

Ich bin mir bewusst, dass eine falsche Erklärung rechtliche Folgen haben wird.

.....

Andreas Linz

Leipzig, 12. August 2013

Danksagungen

...

Abstract

Schlüsselwörter

Codegenerierung, RESTful Web Service, Modellierung, Client-Bibliothek, Spreadshirt-API, Polyglot

Lizenz

Die vorliegende Bachelorthesis „Generierung und Design einer Client-Bibliothek für einen RESTful Web Service am Beispiel der Spreadshirt-API“ ist unter Creative Commons CC-BY-SA ¹ lizenziert.

¹<http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de>

Inhaltsverzeichnis

1	Einführung	1
1.1	Was ist Spreadshirt?	2
1.2	Motivation	3
2	Web Services	4
2.1	Dokumentbeschreibungsformate	4
2.1.1	XML	4
2.1.2	JSON	5
2.2	XML Schemabeschreibungssprachen (XML Schema)	7
2.2.1	XML Schema Description (XSD)	7
2.2.2	RelaxNG	8
2.3	RESTful Web Service	10
2.3.1	Elemente von REST	10
2.3.2	REST-Prinzipien	13
2.4	WADL	15
3	Generierung und Modellierung	20
3.1	Aufgaben eines Generators	20
3.2	Vorteile für den Entwickler	21
3.3	Generatorformen	22
3.4	Optimierung durch den Generator	23
3.5	Konzeptuelles Modell	24
3.6	Domain Specific Language (DSL)	25
3.7	API-Design	25
4	Evaluation	26
5	Implementierung	27
5.1	XML-Parser	27
5.2	Generator Schnittstelle	28
6	Zusammenfassung	29
6.1	Fazit	29

6.2 Ausblick	29
Glossar	A
Abbildungsverzeichnis	C
Tabellenverzeichnis	D
Listings	E
Definitionsverzeichnis	F
Literaturverzeichnis	G
BIBTEX Eintrag	J

Diese Seite wurde mit Absicht leer gelassen.

1 Einführung

„Essentially, all models are wrong, but some are useful.“

Empirical Model-Building and Response Surfaces. p. 424
George E. P. Box, Norman R. Draper (1987)

Das Ziel dieser Arbeit ist die Erstellung eines Codegenerators, der aus der abstrakten Beschreibung der Spreadshirt-API eine Client-Bibliothek erstellt.

Der Generator soll eine flexible Wahl der Zielsprache bieten, wobei mit „Zielsprache“ im folgenden die Programmiersprache der erzeugten Bibliothek gemeint ist. Für das Bibliotheksdesign ist eine DSL (Domain-Specific Language) zu realisieren, mit dem Ziel die Nutzung der API zu vereinfachen.

Als Programmiersprache für den Generator wird *Java* verwendet, als Zielsprache der Bibliothek dient *PHP*. ~~Um die gewünschte Flexibilität bezüglich der Zielsprache zu erreichen, wird eine Template-Engine verwendet.~~ Eine gute

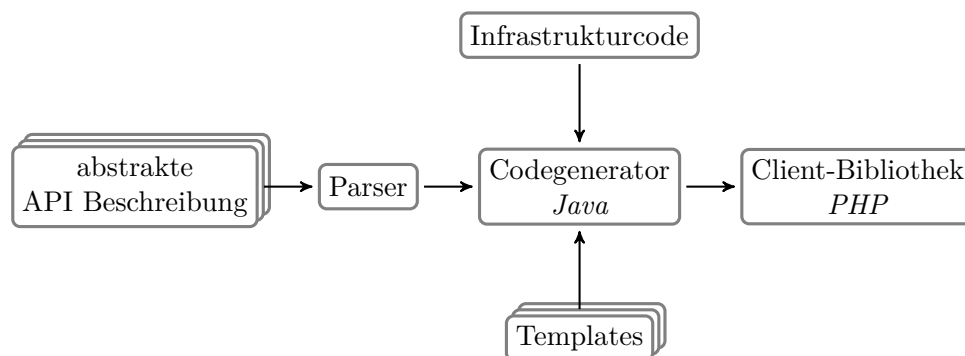


Abbildung 1.1: Aufbau des Generatorsystems

Lesbarkeit, hohe Testabdeckung und größtmögliche Typsicherheit, soweit *PHP* dies zulässt, sind Erfolgskriterien für die zu generierende Bibliothek.

Abbildung 1.1 stellt den schematischen Aufbau des gewünschten Generators dar.

1.1 Was ist Spreadshirt?



Abbildung 1.2: Spreadshirt Logo

Spreadshirt ist eines der führenden Unternehmen für personalisierte Kleidung und zählt zu den *Social Commerce*¹-Unternehmen. Es gibt Standorte in Europa und Nordamerika, der Hauptsitz ist in Leipzig. Den Nutzern wird eine Online-Plattform geboten um Kleidungsstücke selber zu gestalten oder zu kaufen, oder auch um eigene Designs, als Motiv oder in Form von Produkten, zum Verkauf anzubieten. Es wird jedem Nutzer ermöglicht einen eigenen Shop auf der Plattform zu eröffnen und ihn auf der eigenen Internetseite einzubinden. Derzeit gibt es rund 400.000 Spreadshirt-Shops mit ca. 33.000.000 Produkten. Für die Spreadshirt-API können Kunden eigene Anwendungen schreiben, bspw. zufallsshirt.de² oder [soundslikecotton.com](http://www.soundslikecotton.com/)³. Neben dem Endkunden- bedient Spreadshirt auch das Großkundengeschäft als Anbieter von Druckleistungen.

Die *sprd.net AG* zu der auch der Leipziger Hauptsitz gehört beschäftigt derzeit⁴ 178 Mitarbeiter, davon 29 in der IT.

¹Handelsunternehmen bei dem die aktive Beteiligung und persönliche Beziehung, sowie Kommunikation der Kunden untereinander, im Vordergrund stehen.

²<http://zufallsshirt.de/>

³<http://www.soundslikecotton.com/>

⁴Stand Juni 2013

1.2 Motivation

Die zwei wichtigsten Konstanten in der Anwendungsentwicklung sind laut [Her03] folgende:

- Die Zeit eines Programmierers ist kostbar
- Programmierer mögen keine langweiligen und repetitiven Aufgaben

Codegenerierung greift bei beiden Punkten an und kann zu einer Steigerung der *Produktivität* führen, die durch herkömmliches schreiben von Code nicht zu erreichen wäre. Änderungen können an zentraler Stelle vorgenommen und durch die Generierung automatisch in den Code übertragen werden, was mit verbesserter *Wartbarkeit* einhergeht. Die gewonnenen Freiräume kann der Entwickler nutzen um sich mit den Grundlegenden Herausforderungen und Problemen seiner Software zu beschäftigen. Durch die Festlegung eines Schemas für Variablennamen und Funktionssignaturen, wird eine hohe *Konsistenz*, über die gesamte Codebasis hinweg, erreicht. Diese Einheitlichkeit vereinfacht auch die Nutzung des Generats⁵, da beispielsweise nicht mit Überraschungen bei den verwendeten Bezeichnern zu rechnen ist. Als Eingabe für den Generator dient ein *abstraktes Modell* des betreffenden Geschäftsbereiches. Die Erstellung eines solchen Modells vertieft das Verständnis des Entwicklers für das Geschäftsfeld und gibt gleichzeitig Spezialisten aus dem Fachbereich die Möglichkeit Fragestellungen anhand dieses Modells zu formulieren. Um die immer kürzeren Entwicklungszyklen einhalten zu können, kann durch Codegenerierung die nötige Effizienzsteigerung geleistet werden.

⁵Ergebnis des Codegenerierungsvorganges

2 Web Services

„The purpose of computing is insight, not numbers.“

Numerical Methods for Scientists and Engineers. Preface
Richard Hamming (1962)

Dieses Kapitel dient der Begriffserklärung und der Erläuterung weiterer Grundlagen die zum Verständnis dieser Arbeit notwendig sind. Es folgt eine Einführung in die beiden, von der Spreadshirt-API genutzten, Dokumentbeschreibungssprachen [XML](#) und [JSON](#). Speziell zu XML werden noch zwei Schemabeschreibungssprachen [XSD](#) und [RelaxNG](#) besprochen. Den Schluß bildet die Erläuterung von [REST](#) und des Webanwendungsbeschreibungssprachens [WADL](#).

2.1 Dokumentbeschreibungssprachen

In diesem Abschnitt werden die Dokumentbeschreibungssprachen [XML](#) und [JSON](#), der Spreadshirt-API behandelt. Außerdem werden die Dokumentbeschreibungssprachen *XML Schema Description* und *RelaxNG* eingeführt.

2.1.1 XML

Definition 1 (XML). *Die Extensible Markup Language, kurz [XML](#), ist eine Auszeichnungssprache („Markup Language“) die eine Menge von Regeln beschreibt um Dokumente in einem mensch- und maschinen lesbaren Format zu kodieren [[W3C08](#)].*

Obwohl das Design von XML auf Dokumente ausgerichtet ist, wird es häufig für die Darstellung von beliebigen Daten benutzt [[Wik13c](#)], z.B. um diese für die Übertragung zu serialisieren.

```

1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?> ❶
2 <design xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
3     xmlns="http://api.spreadshirt.net"
4     ...>❷
5     <name>tape_recorder</name>
6     ...
7     <size unit="px">
8         <width>3340.0</width>
9         <height>3243.0</height>
10    </size>
11    <colors/>❸
12    ...
13    <created>
14        2013-03-30T12:37:54Z ❹
15    </created>
16    <modified>2013-04-02T11:13:02Z</modified>
17 </design>❺

```

Listing 2.1: Die gekürzte Antwort der API-Ressource `users/userid/designs/designID` als Beispiel für eine XML-Datei

Eine valide XML-Datei beginnt mit der *XML-Deklaration* ❶, diese enthält Angaben über die verwendete XML-Spezifikation und die Kodierung der Datei. Im Gegensatz zu gewöhnlichen Tags, wird dieses mit `<?>` und mit `?>` beendet. Danach folgen beliebig viele baumartig geschachtelte *Elemente* mit einem Wurzelement ❷. Die Elemente können Attribute enthalten und werden, wenn sie kein leeres Element sind ❸, von einem schließenden Tag in der gleichen Stufe abgeschlossen ❺. Nicht leere Zeichenketten als Kindelement sind ebenfalls erlaubt ❹.

Mit Hilfe von *Schemabeschreibungssprachen* (siehe Abschnitt 2.2) kann der Inhalt und die Struktur eines Dokumentes festgelegt und gegen diese validiert werden. Der Begriff *XML Schema* ist mehrdeutig und wird oft auch für eine konkrete Beschreibungssprache, die „XML Schema Definition“, kurz **XSD**, verwendet.

2.1.2 JSON

Definition 2 (JSON). Javascript Object Notation, kurz JSON, ist ein leichtgewichtiges, textbasiertes und sprachunabhängiges Datenaustauschformat. Es ist

von JavaScript abgeleitet und definiert eine kleine Menge von Formatierungsregeln für die transportable Darstellung (Serialisierung) von strukturierten Daten (nach [Cro06]).

Im Gegensatz zu XML ist JSON weit weniger mächtig, es gibt z.B. keine Unterstützung für Namensräume und es wird nur eine geringe Menge an Datentypen unterstützt (siehe Tabelle 2.1). Durch seine einfache Struktur wird aber ein deutlich geringerer „syntaktischer Overhead“ erzeugt. Mit [JSON Schema](#)¹ ist es möglich eine Dokumentstruktur vorzugeben und gegen diese zu validieren.

primitiv	strukturiert
Zeichenketten	Objekte
Ganz- und Fließkommazahlen	Arrays
Booleans	
null	

Tabelle 2.1: JSON Datentypen

Objekte werden in JSON von geschweiften-**❶**, Arrays hingegen von geschlossenen Klammern begrenzt **❷**. Diese dürfen beliebig tief geschachtelt werden und auch Schlüssel-Wert-Paare (*key-value-pairs* **❸**) enthalten. *Schlüssel sind immer Zeichenketten*, die Werte dürfen von allen Typen aus Tabelle 2.1 sein.

```
1 {  
2     "name": "tape_recorder", ❸  
3     "description": "",  
4     "user": { ❶  
5         "id": "1956580",  
6         "href": "http://api.spreadshirt.net/api/v1/users/1956580"  
7     }, ❶  
8     "resources": [ ❷  
9     ...  
10    }
```

¹<http://tools.ietf.org/id/draft-zyp-json-schema-03.html>


```
11         "mediaType": "png",
12         "type": "preview",
13         "href": "http://image.spreadshirt.net/image-server/v1/designs/15513946"
14     },
15     ...
16 ], ②
17     "created": "30.03.2013_12:37:54",
18     ...
19 }
```

Listing 2.2: Die gekürzte Antwort der API-Ressource `users/userid/designs/designID` als Beispiel für eine JSON-Datei

2.2 XML Schemabeschreibungssprachen (XML Schema)

XML Schema bezeichnet XML-basierte Sprachen mit denen sich Elemente, Attribute und Aufbau eines XML-Dokumentes beschreiben lassen. Ein XML-Dokument wird als *valid/gültig* gegenüber einem Schema bezeichnet, falls die Elemente und Attribute dieses Dokumentes die Bedingungen des Schemas erfüllen [Mur+05]. Neben XSD (siehe Abschnitt 2.2.1) und RelaxNG (siehe Abschnitt 2.2.2) existieren noch weitere Schemasprachen, die hier aber aufgrund ihrer geringen Relevanz nicht behandelt werden. Die beiden hier behandelten Schemasprachen bieten den Vorteil selbst XML-Dokumente zu sein, somit können sie durch herkömmliche XML-Tools bearbeitet werden.

2.2.1 XML Schema Description (XSD)

XML Schema Description ist ein stark erweiterte Nachfolger der *DTD* (Document Type Definition), derzeit spezifiziert in Version 1.1 [W3C12]. Die Syntax von *XSD* ist XML, damit ist die Schemabeschreibung ebenfalls ein gültiges XML-Dokument. Als Dateiendung wird üblicherweise **.xsd** verwendet. Die Hauptmerkmale von XSD sind nach [Mur+05], die folgenden:

- Komplexe Typen (strukturierter Inhalt)
- anonyme Typen (besitzen kein **type**-Attribut)
- Modellgruppen

- Ableitung durch Erweiterung oder Einschränkung („derivation by extension/restriction“)
- Definition von abstrakten Typen
- Integritätsbedingungen („integrity constraints“):
unique, *keys* und *keyref*, dies entspricht den *unique*-, *primary*- und *foreign*-keys aus dem Bereich der Datenbanken

Die XSD Spezifikation enthält bereits eine Menge vordefinierter Datentypen, dargestellt in Abbildung 2.1.

```

1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
2  <xsd:schema
3      xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
4      version="1.0"
5      targetNamespace="myNamespace"
6      elementFormDefault="qualified">
7      <xsd:complexType name="product">
8          <xsd:sequence>
9              <xsd:element name="name" type="xsd:string"/>
10             <xsd:element name="price" type="xsd:decimal"/>
11             <xsd:element name="description"
12                 ref="myNamespace:description"/>
13         </xsd:sequence>
14     </xsd:complexType>
15     <xsd:complexType name="description">
16         <xsd:all>
17             <xsd:element name="title" type="xsd:string">
18             <xsd:element name="content" type="xsd:string">
19         </xsd:all>
20     </xsd:complexType>
21 </xsd:schema>

```

Listing 2.3: Minimalbeispiel für eine Schemabeschreibung mit XSD

2.2.2 RelaxNG

Ebenso wie XSD (siehe Abschnitt 2.2.1) ist *Regular Language Description for XML New Generation* eine XML-Schemasprache zur Definition der Struktur von XML-Dokumenten. Schemas werden in *RelaxNG* durch XML-Syntax oder eine eigene, kompaktere nicht-XML Syntax formuliert. Ebenso wie bei *XML*

Schema werden Namespaces unterstützt. RelaxNG Schemabeschreibungen verwenden meist `.rng` als Dateiendung.

Unterschiede zu XML Schema:

- Unterstützung von ungeordneten Inhalten
- kompaktere nicht-XML Syntax
- *nichtdeterministisches* oder auch *mehrdeutiges* Inhaltsmodell ([Vli04] Kapitel 16)

```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <grammar
3   xmlns="http://relaxng.org/ns/structure/1.0"
4   ns="myNamespace">
5   <start>
6     <ref name="product"/>
7   </start>
8   <define name="product">
9     <oneOrMore>
10      <element name="name"/>
11      <text/>
12    </element>
13    <element name="price"/>
14    <text/>
15    </element>
16    <ref name="description"/>
17  </oneOrMore>
18 </define>
19 <define name="description">
20   <oneOrMore>
21     <element name="title">
22       <text/>
23     </element>
24     <element name="content">
25       <text/>
26     </element>
27   </oneOrMore>
28 </define>
29 </grammar>
```

Listing 2.4: Minimalbeispiel für eine Schemadefinition in RelaxNG

2.3 RESTful Web Service

Representational State Transfer (deutsch: „Gegenständlicher Zustandstransfer“) ist ein Softwarearchitekturstil für Webanwendungen, welcher von Roy Fielding² in seiner Dissertation aus dem Jahre 2000 beschrieben wurde [Kapitel 5 [Fie00](#), 95 ff.].

Als [RESTful](#) bezeichnet man dabei eine Webanwendung die den Prinzipien von [REST](#) entspricht.

2.3.1 Elemente von REST

Im folgenden werden die Grundbausteine einer REST-Anwendung erläutert. Abschnitt [2.3.1.4](#) beschreibt die Komponenten, die an einer Aktion auf einer *Ressource* beteiligt sind. Dieser Abschnitt basiert auf Kapitel 5.2 von [[Fie00](#), S. 86 ff.].

2.3.1.1 Ressource

Eine Ressource stellt die wichtigste Abstraktion von Information im REST-Modell dar. Fielding definiert eine *resource* wie folgt:

„Any information that can be named can be a resource: a document or image, A resource is a conceptual mapping to a set of entities, not the entity that corresponds to the mapping at any particular point in time.“

Eine Ressource kann somit alle Konzepte abbilden die sich über einen Bezeichner referenzieren lassen. Dies können konkrete Dokumente, aber auch Dienste oder sogar Sammlungen von Ressourcen sein. Außerdem identifiziert ein Ressourcenbezeichner, meist eine *URI* (siehe Abschnitt [2.3.2.1](#)), immer dieselbe Ressource, nicht aber deren Wert oder Zustand.

²Roy Thomas Fielding, geboren 1965, ist einer der Hauptautoren der HTTP-Spezifikation

2.3.1.2 Repräsentation

Eine Repräsentation (*representation*) stellt den aktuellen oder den gewünschten Zustand einer Ressource dar. Das Format der Repräsentation ist dabei unabhängig von dem der Ressource, siehe Abschnitt 2.3.2.4. Aktionen mit Komponenten einer REST-API werden durch den Austausch von solchen Repräsentationen durchgeführt. Im Allgemeinen wird unter einer Repräsentation nur eine Folge von Bytes verstanden, inklusive *Metainformationen* welche den Inhalt der Bytefolge klassifiziert, sowie *Kontrolldaten* die die gewünschte Aktion oder die Bedeutung der Anfrage beschreiben.

```
1      ...
2      <response>
3          <representation xmlns:sns="http://api.spreadshirt.net" ❶ element=
              "sns:productTypes" status="200" ❷ mediaType="application/xml"
              >
4              <doc title="Success"/>
5          </representation>
6      ...
7  </response>
```

Listing 2.5: Beispiel zu Metainformationen für REST-Repräsentation aus WADL-Datei der Spreadshirt-API

Ein Beispiel für eine solche Angabe von Metainformationen ist in Listing 2.5 zu finden, ❶ zeigt dies in Form einer *Typangabe* und eines *mediaType*-Attributes ❷.

Kontrolldaten sind meist HTTP-Header-Felder³, bspw. um das Cachingverhalten zu ändern.

2.3.1.3 Konnektoren

Konnektoren stellen eine Schnittstelle für die Kommunikation mit Komponenten der REST-Webanwendung dar. Aktionen auf Ressourcen und der Austausch von Repräsentationen finden über diese Schnittstellen statt. Der Konnektor bildet die Parameter der Schnittstelle auf das gewünschte Protokoll ab.

³für die HTTP-Header-Definitionen siehe <http://www.w3.org/Protocols/rfc2616/rfc2616-sec14.html#sec14.43>

Eingangsparameter⁴:

- Anfrage-Kontrolldaten
- Ressourcenidentifizierung (Ressourcenbezeichner)
- Repräsentation der Ressource

Ausgangsparameter:

- Antwort-Kontrolldaten
- Metainformationen
- Repräsentation der Ressource

Konnektor	Beispiel
client	libwww
server	libwww, Apache HTTP-Server API
cache	browser cache, Akamai
resolver	bind
tunnel	SOCKS

Tabelle 2.2: Beispiele für Konnektoren nach [Fie00]

2.3.1.4 Komponenten

Ursprungsserver:

Serverseitiger Konnektor der den Namespace der angeforderten Ressource verwaltet. Er ist die einzige Quelle für Representationen von- und Änderungen auf seinen Ressourcen (siehe Abschnitt 2.3.2.1).

Proxy:

Zwischenkomponente die explizit vom Client verwendet kann, aus Sicherheits-, Performance- oder Kompatibilitätsgründen.

⁴ · optionaler Parameter

Gateway:

Dient als Schnittstelle zwischen Client- und Servernetzwerk, kann zusätzlich aus den gleichen Gründen wie der Proxy verwendet werden. Konträr zum Proxy kann der Client aber nicht entscheiden ob er einen Gateway nutzen möchte.

User Client:

Ein clientseitiger *Konnektor*, der die Anfrage an die API startet und einziger Empfänger der Antwort ist. In den meisten Fällen ist dies einfach ein *Webbrowser*.

2.3.2 REST-Prinzipien

Die fünf Grundlegenden REST-Prinzipien, nach [Til09, 11 ff.]:

- Ressourcen mit eindeutiger Indentifikation
- Verknüpfungen / Hypermedia
- Standardmethoden⁵
- Unterschiedliche Repräsentationen
- Statuslose Kommunikation

2.3.2.1 Eindeutige Identifikation

Um eine *eindeutige Identifikation* zu erreichen, wird jeder Ressource eine **URI** vergeben. Dadurch ist es möglich zu jeder verfügbaren Ressource einen Link zu setzen. Nachfolgend eine Beispiel-**URI**, um den Artikel 42 aus dem Warenkorb 84 anzusprechen:

$$\underbrace{http://api.spreadshirt.net/api/v1/}_{\text{Basis-URL}} \underbrace{\overbrace{\text{baskets}/84}^{\text{Warenkorb}} \overbrace{/item/42}^{\text{Artikel}}}_{\text{Ressource}}$$

2.3.2.2 Hypermedia

Innerhalb einer Ressource kann auf weitere verlinkt werden (*Hypermedia*), als Nebeneffekt der eindeutigen Identifikation durch **URIs** sind diese auch außer-

⁵u.a. GET, PUT, POST, DELETE bei Nutzung von HTTP

halb des Kontextes der aktuellen Anwendung gültig. Das Folgen eines Links entspricht dabei einer Zustandsänderung innerhalb der Anwendung. Die vorhandenen Verknüpfungen legen fest welche Zustandsübergänge erlaubt sind.

2.3.2.3 Standardmethoden

Durch die Nutzung von *Standardmethoden* ist abgesichert das die Anwendung mit den Ressourcen arbeiten kann, vorausgesetzt sie unterstützt diese. [REST](#) ist nicht auf HTTP beschränkt, praktisch alle REST-APIs nutzen aber dieses Protokoll. HTTP umfasst dabei folgende Methoden⁶:

- GET
- PUT
- POST
- DELETE
- HEAD
- OPTIONS

Alle bis auf *POST* und *OPTIONS* sind *idempotent* ([\[Fie+99\]](#) Kapitel 9), d.h. eine hintereinander Ausführung der Methode führt zu demselben Ergebnis wie ein einzelner Aufruf.

2.3.2.4 Repräsentationen von Ressourcen

Die Repräsentation sollte unabhängig von der Ressource sein, um die Darstellung gegebenenfalls für den Client anzupassen. Per *Query-Parameter* oder als Information im HTTP-Header kann die Clientanwendung nun das gewünschte Format angeben und bekommt vom Server die entsprechend formatierte Antwort. Der Client kann anhand des *Content-Type* Feldes das Format der Antwort überprüfen, für [JSON](#) lautet dies bspw. **application/json**.

⁶Kapitel 9 des HTTP 1.1 RFC2616 beschreibt diese inklusive *TRACE* und *CONNECT* umfassend [\[Fie+99\]](#)

2.3.2.5 Statuslose Kommunikation

Es soll kein Sitzungsstatus (*session-state*) vom Server gespeichert werden, d.h. jede Anfrage des Client muss alle Informationen enthalten, die nötig sind um diese serverseitig verarbeiten zu können. Der Sitzungsstatus wird dabei vollständig vom Client gehalten. Diese Restriktion führt zu einigen Vorteilen:

- Verringerung der Kopplung zwischen Client und Server
- zwei aufeinanderfolgende Anfragen können von unterschiedlichen Serverinstanzen beantwortet werden

↪ verbesserte Skalierbarkeit

Diese Vorteile werden mit erhöhter Netzwerklast erkauft, da die Statusinformationen bei jeder Anfrage mitgesendet werden müssen.

2.4 WADL

Die *Web Application Description Language* (kurz **WADL**) ist eine maschinenlesbare Beschreibung einer HTTP-basierten Webanwendung, einschließlich einer Menge von *XML Schematas* [Had06]. Die aktuelle Revision ist vom 31. August 2009⁷, im weiteren beziehe ich mich aber hier auf die in der Spreadshirt-API verwendeten Version vom 9. November 2006⁸.

Die Beschreibung eines Webservices durch WADL besteht nach [Had06] im groben aus den folgenden vier Bestandteilen:

Set of resources:

Analog einer Sitemap, die Übersicht aller verfügbaren Ressourcen

Relationships between resources:

Die kausale und referentielle Verknüpfung zwischen Ressourcen

Methods that can be applied to each resource:

Die von der jeweiligen Ressource unterstützten HTTP-Methoden, deren Ein- und Ausgabe, sowie die unterstützten Formate

⁷<http://www.w3.org/Submission/wadl/>

⁸Die Unterschiede zwischen beiden Revisionen können unter der folgenden URL nachvollzogen werden <http://www.w3.org/Submission/wadl/#x3-41000D.1>⁹.

Resource representation formats:

Die unterstützten MIME-Typen und verwendeten Datenschemas (Abschnitt 2.2.1)

```

1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?> ❶
2  <application xmlns="http://research.sun.com/wadl/2006/10"> ❷
3      <grammars> ❸
4          <include href="http://api.spreadshirt.net/api/v1/metaData/api.xsd"
5              ">
6              <doc>Catalog XML Schema.</doc>
7          </include>
8          ...
9      </grammars>
10     <resources base="http://api.spreadshirt.net/api/v1/"> ❹
11         <resource path="{userId}"> ❺
12             <doc>Return user data.</doc>
13             <method name="GET"> ❻
14                 <doc>...</doc>
15                 <request> ❼
16                     <param
17                         xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
18                         name="mediaType"
19                         style="query"
20                         type="xsd:string">
21                     <doc>...</doc>
22                     </param>
23                     ...
24                 </request>
25                 <response> ❽
26                     <representation
27                         xmlns:sns="http://api.spreadshirt.net"
28                         element="sns:user"
29                         status="200"
30                         mediaType="application/xml">
31                     <doc title="Success"/>
32                     </representation>
33                     <fault status="500" mediaType="text/plain">
34                         <doc title="Internal_Server_Error"/>
35                     </fault>
36                     ...
37                 </response>
38             </method>
39             ...
40         </resource>
41     </resources>
42 </application>

```

Listing 2.6: Beispielaufbau einer WADL-Datei anhand der Spreadshirt-API Beschreibung

Die Datei beginnt mit der Angabe der XML-Deklaration ❶. Die Attribute des Wurzelknotens `<application>` enthalten *namespace* Definitionen, u. a. auch den der verwendeten WADL-Spezifikation ❷. Innerhalb des `<grammars>` Elements werden die benutzten *XML Schemas* angegeben ❸. Um die Ressourcen der Webanwendung ansprechen zu können wird noch die Angabe der Basisadresse benötigt ❹. Innerhalb des `<resources>` Elements findet sich Beschreibung der einzelnen Ressourcen. Diese sind gekennzeichnet, durch eine zur Basisadresse relativen [URI](#) ❺. In {...} eingeschlossene Teile einer [URI](#), werden durch den Wert des gleichnamigen *request* Parameters ersetzt um die URI zu bilden (generative URIs). Im Folgenden werden die von der Ressource unterstützten HTTP-Methoden beschrieben ❻, deren Anfrageparameter `<request>` ❼, sowie die möglichen Ausgaben der Methode `<response>` ❽.

Die Dokumentations-Tags `<doc>` sind für alle XML-Elemente optional. Um das Listing nicht unnötig zu verlängern wurden die schließenden *Tags* weglassen.

Kapitel 2 von [[Had06](#)] beschreibt die Elemente im Detail.

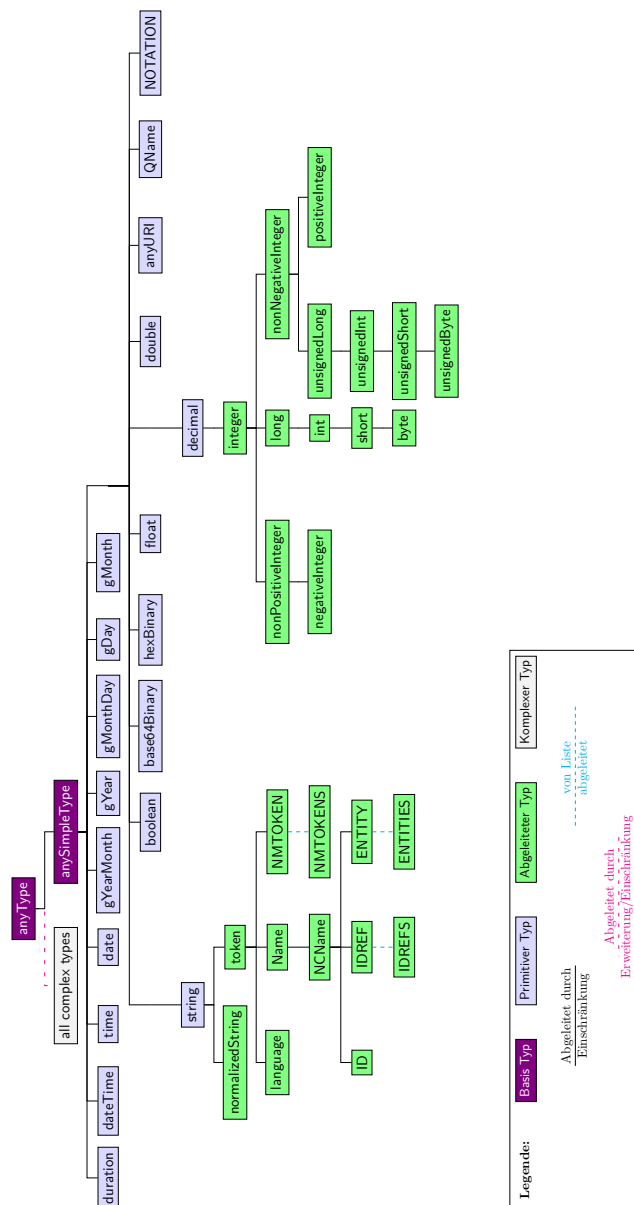


Abbildung 2.1: vordefinierte XSD Datentypen nach [W3C12] Kapitel 3

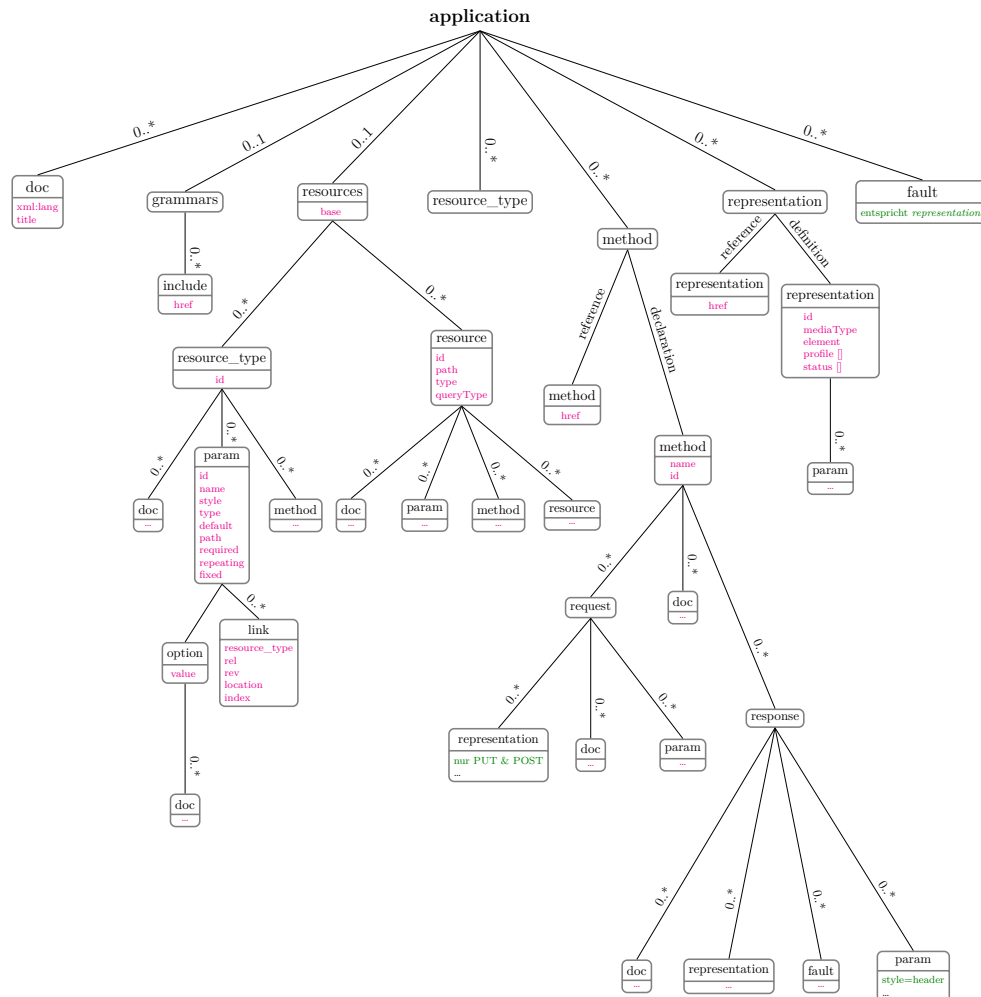


Abbildung 2.2: Struktur einer WADL-Datei, nach Kapitel 2 [Had06]

3 Generierung und Modellierung

Definition 3 (Codegenerator). *Ein Codegenerator ist ein Programm, welches aus einer höhersprachigen Spezifikation¹ einer Software oder eines Teilaspektes, die Implementierung erzeugt (nach [CE00]).*

Generatoren widmen sich drei wichtigen Problemen[CE00]:

Relevanz von Systembeschreibungen erhöhen:

Eine Systembeschreibung sollte direkt und explizit die Anforderungen bestimmen und mit der Sprache der Problemdomäne formuliert sein.

Erzeugung einer effizienten Implementierung:

Die größte Herausforderung bei der Erstellung eines Generators liegt in der Abbildung von der Spezifikation zur Implementierung, da es meist keine direkte Übereinstimmung zwischen beiden Konzepten gibt.

„Library scaling problem“:

Nur die durch die Spezifikation benötigten Methoden generieren.

Der Begriff „Generator“ ist sehr allgemein und wird für verschiedene Technologien verwendet, wie *Compiler*, *Präprozessoren*, Metafunktionen (Template-Metaprogramming in C++), Code-Transformatoren und natürlich Code-Generatoren.

3.1 Aufgaben eines Generators

1. Validieren der Spezifikation
2. Spezifikation durch Vorgabewerte vervollständigen
3. Optimierungen vornehmen

¹m. a. W.: auf einem höheren Abstraktionslevel als die zur Implementierung verwendete Programmiersprache

4. Implementierung erzeugen

Je nach Form der Spezifikation, muss diese durch einen Analyse-Schritt (*parsing*) in die interne Darstellung des Generators überführt werden, bspw. bei einem Compiler in einen *Abstrakten Syntaxbaum*. Der Informationsgehalt der Spezifikation ist ausschlaggebend für den Grad der zu erreichenden Automatisierung.

3.2 Vorteile für den Entwickler

Die folgende Auflistung basiert auf [CE00, S. 15].

Qualität:

Bugfixes und Verbesserungen werden durch das Generatorsystem in die gesamte Codebasis propagiert.

Konsistenz:

Durch ein vorgegebenes Schema für die Schnittstellen- und Variablenbezeichner wird eine hohe Einheitlichkeit erreicht.

Zentrale Wissensbasis:

Das domänenspezifische Wissen wird in dem Metamodell gebündelt, das dem Generator als Eingabe dient. Änderungen am Modell werden durch den Generator in die gesamte Codebasis eingepflegt.

signifikantere Designentscheidungen:

Aufgrund des verringerten Implementierungsaufwandes kann der Entwickler mehr Zeit für das Design seiner Architektur, API etc. verwenden. Designfehlentscheidungen können durch Änderungen an den Templates korrigiert werden und bedürfen somit keiner manuellen Korrektur aller generierten Klassen.

Die Erstellung eines Generatorsystems geht mit einem nicht unerheblichen Aufwand einher, dieser sollte in Relation zum Umfang des zu erzeugenden Codes gesehen werden. Ist der Umfang des Erzeugnisses zu gering, kann der Aufwand zur Entwicklung einer Generatorlösung kontraproduktiv sein.

3.3 Generatorformen

Eine Möglichkeit zur Klassifikation von Codegeneratoren ist nach der Menge des erzeugten Codes:

teilweise	vollständig	mehrfach
Inline-Code Expander	Tier-Generator	n-Tier Generator
Mixed-Code Generator		
Partial-Class Generator		

Tabelle 3.1: Generatoren Klassifikation nach Generierungsmenge

Generatorformen nach [\[Her03\]](#):

Inline-Code Expander:

Ein Inline-Code Expander nimmt Quellcode als Eingabe und ersetzt spezielle Mark-Up Sequenzen durch seine Ausgabe. Die Änderungen werden hierbei nicht in das Quellfile übernommen sondern meist direkt zu dem Compiler oder Interpreter weitergeleitet.

Mixed-Code Generator:

Der Mixed-Code Generator arbeitet grundsätzlich wie der Inline-Code Expander, seine Änderungen werden aber in die Quelle zurückgeschrieben.

Partial-Class Generator:

Partial-Class Generatoren erzeugen aus einer abstrakten Beschreibung und Templates einen Satz von Klassen, diese bilden aber nicht das vollständige Programm sondern werden durch manuell erzeugten Code vervollständigt.

Tier-Generator:

Die Arbeitsweise des Stufen- oder Tier²-Generators entspricht der des

²Tier, zu deutsch „Stufe“

Partial-Class Generators, mit der Ausnahme das vollständiger Code erzeugt wird, der keiner Nacharbeit bedarf.³

n-Tier Generator:

Ein *n*-Tier Generator erzeugt neben dem eigentlichen Quellcode noch beliebige andere Informationen, bspw. eine Dokumentation oder Testfälle.

Die Entwicklung einer „Full-Domain Language“ stellt die oberste Stufe der Generatorformen. Eine solche Sprache ist Turing-vollständig und speziell auf die Problemdomäne ausgerichtet.

3.4 Optimierung durch den Generator

Die Effektivität von Optimierungen steigt mit dem Abstraktionslevel, deshalb ist es ratsam diese vom Generator durchführen zu lassen. Im Gegensatz zum Compiler, der viele dieser Optimierungen auch selbst durchführt, besitzt der Generator domänenspezifisches „Wissen“ (*domain-specific optimization*) und kann teilweise ohne Abhängigkeiten der Zielsprache optimieren.

Inlining:

Ein Symbol durch seine Definition ersetzen oder anstelle eines Funktionsaufrufes, die Deklaration der Funktion selbst einfügen

Constant folding:

Auswertung von Ausdrücken deren Operanden während der *compile time* bekannt sind.

Data caching:

Anstatt mehrfach denselben Ausdruck auszuwerten, das Ergebnis einmal berechnen und darauf an anderer Stelle referenzieren

Loop fusion:

Zusammenführen von Schleifen, die über den gleichen Bereich iterieren und deren Schleifenkörper unabhängig voneinander ist.

³Der im Laufe dieser Arbeit entwickelte Generator entspricht diesem Schema.

Loop unrolling:

Die Schleife durch n -mal deren Inhalt ersetzen, wobei n die Anzahl der Iterationen ist.

Code motion:

Invariante⁴ Codebereiche aus dem Schleifenkörper herausnehmen

Dead-code elimination:

Entfernen von ungenutzten Variablen und unerreichbaren Codebereichen

Partial evaluation/Specialisation:

Partial evaluation oder auch *Specialisation* meinen das Erzeugen von spezialisierten Funktionen. Diese implementieren statische Eingaben mit dem Ziel einer kleineren Signatur.

Parallelization:

3.5 Konzeptuelles Modell

Definition 4 (Konzeptuelles Modell). *Ein Konzeptuelles Modell beschreibt alle Objekte, Attribute, Rollen und Beziehungen sowie die Beschränkungen einer bestimmten Problemdomäne⁵. Bei der Erstellung des Modells werden explizit Design- und Implementierungsentscheidungen außer acht gelassen. Das Ziel ist die Bedeutung von Begriffen und Konzepten aus der Domäne zu formalisieren, Beziehungen zwischen den Konzepten finden und Mehrdeutigkeiten bei der Nutzung der Domänentermini zu vermeiden.*

Zur Darstellung werden häufig UML- oder ER-Diagramme verwendet, andere Formen sind ebenfalls möglich. Die Implementierung der Konzepte des Modells kann entweder manuell oder automatisch durch einen Generator erfolgen. Gerade letzteres ist wünschenswert, setzt aber eine große Sorgfalt bei der Erstellung des Modells voraus. Der Generator kann im Gegensatz zum

⁴unveränderliche

⁵Teil einer Applikation oder Fachbereich, der untersucht werden muss um die Problemstellung zu lösen. [Wik13b]

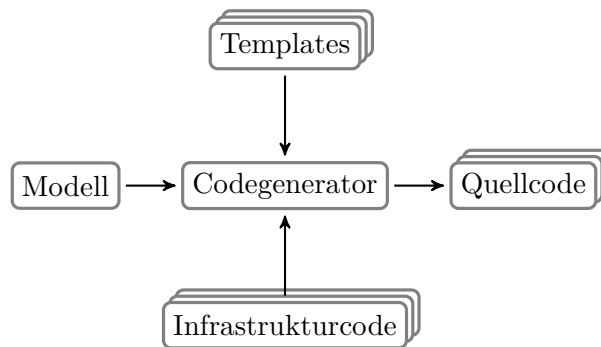


Abbildung 3.1: Simple Generatorsystem

menschlichen Entwickler keine eigenen Schlüsse ziehen und muss daher mit den innerhalb des Modells enthaltenen Informationen auskommen.

3.6 Domain Specific Language (DSL)

Domain Specific Language (deutsch: „Domänenspezifische Sprache“) ist eine Programmiersprache die nur auf eine bestimmte Domäne oder auch Problem-bereich optimiert ist.

3.7 API-Design

4 Evaluation

5 Implementierung

In diesem Kapitel werden die verwendeten Softwarebibliotheken kurz erläutert und die Gründe für deren Auswahl dargelegt. Außerdem wird die konkrete Implementierung des Datenmodells hier vorgestellt. Der Generator ist in *Java* implementiert worden.

5.1 XML-Parser

Um mit der abstrakten Beschreibung der Spreadshirt-API arbeiten zu können, muss diese zuerst in das interne Datenmodell überführt werden. Diese liegt in XML-basierter Form vor, welche in Kapitel 2 näher beschrieben wurde. Folglich wird ein XML-Parser für die Verarbeitung der Beschreibungsformate benötigt.

Die *Java API for XML Processing* kurz *JAXP* abstrahiert die Parserschnittstelle von der eigentlichen Implementierung. JAXP ist dabei keine einzelne API sondern es beschreibt Schnittstellen für folgende vier XML-Parser Modelle:

DOM:

Document Object Model-Parser überführen das XML-Dokument in ein baumartiges Objektmodell, welches vollständig im Arbeitsspeicher liegt.

SAX:

Simple API for XML basierte, sogenannte Push-Parser verarbeiten das XML-Dokument seriell und eventbasiert. Ein Event ist hierbei bspw. ein öffnendes oder schließendes XML-Element.

StAX:

Streaming API for XML basierte, sogenannte Pull-Parser arbeiten ebenso wie bei *SAX* seriell und eventbasiert, können aber im Gegensatz dazu die Erzeugung von Events selber steuern.

TrAX:

Transformation API for XML bietet eine Schnittstelle mit der sich XML-Dokumente durch *Extensible Stylesheet Language Transformations (XSLT)* in Java transformieren lassen.

Bei dem zu entwickelnden Codegenerator sind der Speicherverbrauch und die verwendete CPU-Zeit kein Teil der *nichtfunktionalen Anforderungen*, somit fiel die Entscheidung auf einen DOM-Parser. Dieser lässt sich durch das komplett im Speicher gehaltene Objektmodell mit geringem Aufwand verwenden. Durch JAXP ist die Implementierung transparent und es wird die im *JDK* enthaltene Standard DOM-Parser Implementierung verwendet.

	DOM	SAX	StAX
Speicherverbrauch	hoch	gering	< DOM
Prozessorlast	hoch	gering	gering
Elementzugriff	beliebig	seriell	seriell
Implementierungsaufwand	niedrig	hoch	mittel

Tabelle 5.1: Übersicht über die verschiedenen XML-Parsing Konzepte in JAXP

5.2 Generator Schnittstelle

6 Zusammenfassung

6.1 Fazit

6.2 Ausblick

Glossar

Abstract Syntax Tree:

Ein *Abstrakter Syntaxbaum* ist die Baumdarstellung einer abstrakten syntaktischen Struktur von Quellcode einer Programmiersprache. Jeder Knoten des Baumes kennzeichnet ein Konstrukt des Quellcodes. Der *AST* stellt für gewöhnlich nicht alle Details des Quelltextes dar, bspw. formatierende Element wie etwa Klammern werden häufig weggelassen. . [A](#)

API:

Application Programming Interface (deutsch: „Schnittstelle zur Anwendungsprogrammierung“) spezifiziert wie Softwarekomponenten über diese Schnittstelle miteinander interagieren können . [1](#), [A](#)

DSL:

Domain Specific Language (deutsch: „Domänenspezifische Sprache“) ist eine Programmiersprache die nur auf eine bestimmte Domäne oder auch Problembereich optimiert ist. . [1](#), [A](#), [B](#)

DTD:

Document Type Definition, manchmal auch *Data Type Definition*, ist eine Menge von Angaben die einen Dokumenttyp beschreiben. Es werden konkret Element- und Attributtypen, Entitäten und deren Struktur beschrieben. Die bekanntesten Schemasprachen für XML-Dokumente sind XSD und RelaxNG. [A](#), siehe [XSD](#)

GPL:

General Purpose Language bezeichnet eine Programmiersprache welche für die Entwicklung von Software aus einem großen Anwendungsbereich geeignet ist . [A](#), [B](#)

JSON:

JavaScript Object Notation ist ein Mensch- und Maschinenlesbares Format zu Codierung und Austausch von Daten. Bietet im Gegensatz zu

XML keine Erweiterbarkeit und Unterstützung für Namesräume, ist aber kompakter und einfacher zu parsen. [4](#), [14](#), [A](#), *siehe* [XML](#)

MDA:

Model Driven Architecture ist ein modell-getriebener Softwareentwicklungsansatz. Das zu modellierende System wird hierbei durch ein plattformunabhängiges Modell beschrieben mittels einer [DSL](#) beschrieben. Dieses Modell wird dann durch einen Generator in ein plattformspezifisches Modell, meist in einer [GPL](#) übersetzt . [A](#)

MDE:

Model Driven Engineering. [A](#), *siehe* [MDSD](#)

MDSD:

Model Driven Software Development, auch *Model Driven Engineering* ist eine Softwareentwicklungsmethode welche ihren Fokus auf das erzeugen und nutzen von Domänen-Modellen, anstelle der algorithmischen Konzepte, legt . [A](#)

Metaprogramming:

beschreibt das erstellen von Programmen welche sich selbst, oder andere Programme, modifizieren oder die einen Teil des Kompilierungsschrittes übernehmen (bspw. der C-Präprozessor) . [A](#)

MIME:

Multipurpose Internet Mail Extensions dienen zu Deklaration von Inhalten (Typ des Inhalts) in verschiedenen Internetprotokollen. . [16](#), [A](#)

Polyglot:

mehrsprachig . [A](#)

RelaxNG:

Regular Language Description for XML New Generation ist ebenso wie *XSD* eine Schemabeschreibungssprache, bietet aber zwei Syntaxformen, eine XML basierte und eine kompaktere eigene Syntax. [4](#), [A](#), *siehe* [XSD](#)

REST:

Representational State Transfer (deutsch: „Gegenständlicher Zustands-transfer“) ist ein Softwarearchitekturstil für Webanwendungen, welcher von Roy Fielding in seiner [Dissertation](#) ¹ beschrieben wurde. Die Daten

¹http://www.ics.uci.edu/~fielding/pubs/dissertation/fielding_dissertation.pdf

liegen dabei in eindeutig adressierbaren *resources* vor. Die Interaktion basiert auf dem Austausch von *representations* – also ein Dokument was den aktuellen oder gewünschten Zustand einer resource beschreibt. Beispiel-URL für das Item 84 aus dem Warenkorb 42:

<http://api.spreadshirt.net/api/v1/baskets/84/item/42> . 4, 10, 14, A

RESTful:

Als *RESTful* bezeichnet man einen Webservice der den Prinzipien von REST entspricht. 10, A, siehe REST

Template-Engine:

Eine *Template-Engine* ersetzt markierte Bereiche in einer Template-Datei (i. Allg. Textdateien) nach vorgegebenen Regeln . 1, A

URI:

Unified Resource Identifier ist ein Folge von Zeichen, die einen Name oder eine Web-Ressource identifiziert.. 13, 17, A

URL:

Unified Resource Locator sind eine Untermenge der *URIs*. Der Unterschied besteht in der expliziten Angabe des Zugrissmechanismus und des Ortes („Location“) durch *URLs*, bspw. **http** oder **ftp**. A, siehe URI

WADL:

Web Application Description Language ist eine maschinenlesbare Beschreibung einer HTTP-basierten Webanwendung. 4, 15, A, siehe XML

XML:

Extensible Markup Language (deutsch: „erweiterbare Auszeichnungssprache“) ist ein Mensch- und Maschinenlesbares Format für Codierung und Austausch von Daten, spezifiziert vom W3C ² . 4, A

XSD:

XML Schema Description, auch nur *XML Schema*, ist eine Schemabeschreibungssprache und enthält Regeln für den Aufbau und zum Validieren einer XML-Datei. Die Beschreibung ist selbst wieder eine gültige XML-Datei. 4, 5, A, siehe XML

²<http://www.w3.org/TR/REC-xml>

Abbildungsverzeichnis

1.1	Aufbau des Generatorsystems	1
1.2	Spreadshirt Logo	2
2.1	vordefinierte XSD Datentypen nach [W3C12] Kapitel 3	18
2.2	Struktur einer WADL-Datei, nach Kapitel 2 [Had06]	19
3.1	Simple Generatorsystem	25

Tabellenverzeichnis

2.1	JSON Datentypen	6
2.2	Beispiele für Konnektoren nach [Fie00]	12
3.1	Generatoren Klassifikation nach Generierungsmenge	22
5.1	Übersicht über die verschiedenen XML-Parsing Konzepte in JAXP	28

Listings

2.1	Die gekürzte Antwort der API-Ressource <i>users/userid/designs/designID</i> als Beispiel für eine XML-Datei	5
2.2	Die gekürzte Antwort der API-Ressource <i>users/userid/designs/designID</i> als Beispiel für eine JSON-Datei	6
2.3	Minimalbeispiel für eine Schemabeschreibung mit XSD	8
2.4	Minimalbeispiel für eine Schemadefinition in RelaxNG	9
2.5	Beispiel zu Metainformationen für REST-Repräsentation aus WADL-Datei der Spreadshirt-API	11
2.6	Beispielaufbau einer WADL-Datei anhand der Spreadshirt-API Beschreibung	16

Definitionsverzeichnis

1	Definition (XML)	4
2	Definition (JSON)	5
3	Definition (Codegenerator)	20
4	Definition (Konzeptuelles Modell)	24

Literaturverzeichnis

- [Aho+06] Alfred V. Aho u. a. *Compilers: Principles, Techniques, and Tools (2nd Edition)*. Boston, MA, USA: Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 2006. ISBN: 0321486811.
- [CE00] K. Czarnecki und U. Eisenecker. *Generative programming: methods, tools, and applications*. Addison Wesley, 2000. ISBN: 9780201309775. URL: <http://books.google.de/books?id=cZXYQ6Pau4C>.
- [Cro06] Douglas Crockford. *RFC 4627 - The application/json Media Type for JavaScript Object Notation (JSON)*. Techn. Ber. Juli 2006. URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc4627>.
- [Fie00] Roy Thomas Fielding. „Architectural styles and the design of network-based software architectures“. AAI9980887. Diss. 2000. ISBN: 0-599-87118-0.
- [Fie+99] R. Fielding u. a. *Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1*. United States, 1999.
- [Fow10] M. Fowler. *Domain-Specific Languages*. Addison-Wesley Signature Series (Fowler). Pearson Education, 2010. ISBN: 9780131392809. URL: http://books.google.de/books?id=ri1muolw_YwC.
- [GRB12] D. Grune, K. van Reeuwijk und H.E. Bal. *Modern Compiler Design*. Springer New York, 2012. ISBN: 9781461446996. URL: <http://books.google.de/books?id=zkpFTBtK7a4C>.
- [Had06] Sun Microsystems Inc. Hadley Marc J. *Web Application Description Language (WADL)*. abgerufen am 21.06.2013. 9. Nov. 2006. URL: <https://wadl.java.net/wadl20061109.pdf>.
- [Her03] J. Herrington. *Code Generation in Action*. In Action Series. Manning, 2003. ISBN: 9781930110977. URL: <http://books.google.de/books?id=VHVC8WnSgbyC>.
- [KK06] M. Klar und S. Klar. *Einfach generieren: Generative Programmierung verständlich und praxisnah*. Hanser Fachbuchverlag, 2006. ISBN: 9783446404489. URL: <http://books.google.de/books?id=6LS70wAACAAJ>.

- [KT08] S. Kelly und J.P. Tolvanen. *Domain-Specific Modeling: Enabling Full Code Generation*. Wiley, 2008. ISBN: 9780470249253. URL: http://books.google.de/books?id=GFFtRFkuU_AC.
- [Mur+05] Makoto Murata u. a. „Taxonomy of XML schema languages using formal language theory“. In: *ACM Trans. Internet Technol.* 5.4 (Nov. 2005), S. 660–704. ISSN: 1533-5399. DOI: [10.1145/1111627.1111631](https://doi.org/10.1145/1111627.1111631). URL: <http://doi.acm.org/10.1145/1111627.1111631>.
- [Til09] Stefan Tilkov. *REST und HTTP: Einsatz der Architektur des Web für Integrationsszenarien*. Heidelberg: dpunkt, 2009. ISBN: 978-3-89864-583-6.
- [Vli04] Eric van der Vlist. *RELAX NG - a simpler schema language for XML*. O'Reilly, 2004, S. I–XVIII, 1–486. ISBN: 978-0-596-00421-7.
- [W3C08] W3C. *Extensible Markup Language (XML) 1.0 (Fifth Edition)*. 26. Nov. 2008. URL: <http://www.w3.org/TR/2008/REC-xml-20081126/> (besucht am 25.06.2013).
- [W3C12] W3C. *W3C XML Schema Definition Language (XSD) 1.1 Part 1: Structures*. 5. Apr. 2012. URL: <http://www.w3.org/TR/2012/REC-xmlschema11-1-20120405/> (besucht am 30.06.2013).
- [Wik13a] Wikipedia. *Data model* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online; accessed 17-July-2013]. 2013. URL: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Data_model&oldid=564342666 (besucht am 17.07.2013).
- [Wik13b] Wikipedia. *Problem domain* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online; accessed 11-July-2013]. 2013. URL: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Problem_domain&oldid=544785678 (besucht am 11.07.2013).
- [Wik13c] Wikipedia. *XML* — *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. [Online; accessed 26-June-2013]. 2013. URL: <http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=XML&oldid=561587115> (besucht am 26.06.2013).

BIB_TE_X Eintrag

```
@phdthesis{AndreasLinz2013,  
  type = {Bachelorthesis}  
  author = {Linz, Andreas},  
  year = {2013},  
  month = {August},  
  timestamp = {20130831},  
  title = {Generierung und Design einer Client-Bibliothek für einen  
    RESTful Web Service am Beispiel der Spreadshirt-API},  
  school = {HTWK-Leipzig},  
  pdf = {ToDo: PUT IN THE URL}  
}
```