



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, 15. 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

Diese Seite wurde mit Absicht leer gelassen.

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, 15. 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, 15. 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	2
1.1	Was ist Spreadshirt?	3
1.2	Motivation	3
2	Web Services	5
2.1	Dokumentbeschreibungsformate	5
2.1.1	XML	5
2.1.2	JSON	6
2.2	XML Schemabeschreibungssprachen (XML Schema)	8
2.2.1	XML Schema Description (XSD)	8
2.2.2	RelaxNG	11
2.3	RESTful Web Service	12
2.3.1	Elemente von REST	12
2.3.2	REST-Prinzipien	15
2.4	WADL	17
3	Generierung und Modellierung	21
3.1	Codegeneratoren	21
3.2	Aufgaben eines Generators	22
3.3	Vorteile für den Entwickler	22
3.4	Generatorformen	23
3.5	Optimierung durch den Generator	24
3.6	Datenmodell	26
3.6.1	Abstract Syntax Tree (AST)	26
3.6.2	PHP Beispiele	27
3.7	Konzeptuelles Modell	28
3.8	Domain Specific Language (DSL)	28
4	Codegenerierung für die Spreadshirt-API	29
4.1	API-Design	30
4.1.1	Kriterien	30
4.1.2	Sessions	30
4.1.3	Parameterobjekte	30

4.1.4	Entwurfsmuster	30
4.2	Konkretes Datenmodell	30
4.2.1	REST-Modell	30
4.2.2	Schema-Modell	30
4.2.3	Abstraktes Sprachmodell	30
4.3	Generatorsystem	30
4.3.1	Datenklassen	30
4.3.2	Methodenklassen	30
4.3.3	Serialisierer	30
4.3.4	Ausgabemodul	30
5	Evaluation	31
6	Implementierung	32
6.1	XML-Parser	32
6.2	Generator Schnittstelle	33
7	Zusammenfassung	34
7.1	Fazit	34
7.2	Ausblick	34
	Glossar	A
	Abbildungsverzeichnis	D
	Tabellenverzeichnis	E
	Listings	F
	Definitionsverzeichnis	G
	Literaturverzeichnis	H
	BIB_TE_X Eintrag	J

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, *PHP* ist die Zielsprache der Bibliothek. Eine gute 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.

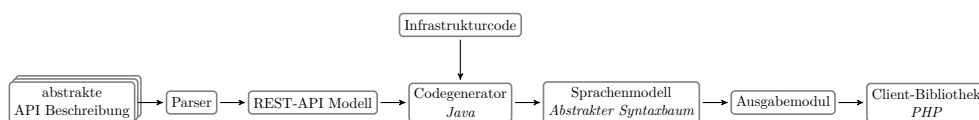


Abbildung 1.1: Aufbau des Generatorsystems



Abbildung 1.2: Spreadshirt Logo

1.1 Was ist Spreadshirt?

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.

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

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

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 kürzer werdenden 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)

In diesem Kapitel werden die Grundlagen zu Dokumentbeschreibungssprachen, Webanwendungsbeschreibungsformaten und [REST](#) erläutert, welche für das Verständnis der Arbeit wichtig sind. Neben [XML](#) und [JSON](#) werden auch Schemabeschreibungssprachen wie [XSD](#) und [RelaxNG](#) behandelt. Das Ende bildet die Einführung in [REST](#) und [WADL](#).

2.1 Dokumentbeschreibungsformate

In diesem Abschnitt werden die Dokumentbeschreibungsformate [XML](#) und [JSON](#), der Spreadshirt-API behandelt. Außerdem werden die Schemabeschreibungssprachen *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 [[Wik13b](#)], 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

primitiv	strukturiert
Zeichenketten	Objekte
Ganz- und Fließkommazahlen	Arrays
Booleans	
null	

Tabelle 2.1: JSON Datentypen

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.

Objekte werden in JSON von geschweiften-**1**, Arrays hingegen von geschlossenen Klammern begrenzt **2**. Diese dürfen beliebig tief geschachtelt werden und auch Schlüssel-Wert-Paare (*key-value-pairs* **3**) enthalten. *Schlüssel sind immer Zeichenketten*, die Werte dürfen von allen Typen aus Tabelle 2.1 sein.

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

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

```
10      {
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* gegenüber einem Schema bezeichnet, falls die Elemente und Attribute dieses Dokumentes die Bedingungen des Schemas erfüllen [Mur+05]. Neben XSD 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 Dateierweiterung 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

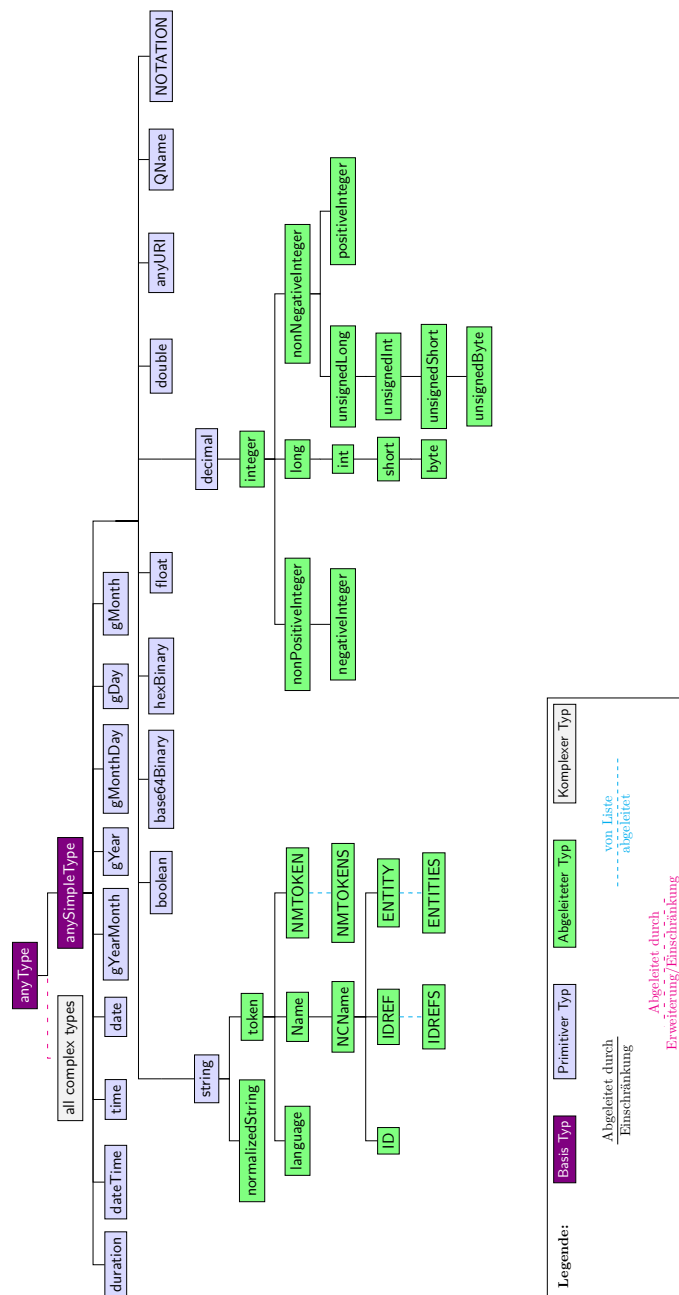


Abbildung 2.1: vordefinierte XSD Datentypen nach [W3C12] Kapitel 3

2.2.2 RelaxNG

Ebenso wie XSD (siehe Abschnitt 2.2.1) ist die *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

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

ein Ressourcenbezeichner, meist eine *URI* (siehe Abschnitt 2.3.2.1), immer dieselbe Ressource, nicht aber deren Wert oder Zustand.

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

```
1    ...
2    <response>
3        <representation xmlns:sns="http://api.spreadshirt.net",
4            element="sns:productTypes" status="200", ❶
5            mediaType="application/xml"> ❷
6            <doc title="Success"/>
7        </representation>
8    ...
9    </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 ❷ eines *mediaType*-Attributes.

2.3.1.3 Konnektoren

Konnektoren stellen eine Schnittstelle für die Kommunikation mit Komponenten der REST-Webanwendung dar. Aktionen auf Ressourcen und der Aus-

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

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]

tausch von Repräsentationen finden über diese Schnittstellen statt. Der Konnektor bildet die Parameter der Schnittstelle auf das gewünschte Protokoll ab.

Eingangsparameter⁴:

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

Ausgangsparameter:

- Antwort-Kontrolldaten
- Metainformationen
- Repräsentation der Ressource

Tabelle 2.2 listet Beispiele für Konnektoren auf.

2.3.1.4 Komponenten

Ursprungsserver:

Serverseitiger Konnektor der den Namespace der angeforderten Ressource verwaltet. Er ist die einzige Quelle für Repräsentationen, sowie der endgültige Empfänger von Änderungsanfragen an seine Ressourcen. (siehe Abschnitt 2.3.2.1).

⁴ · optionaler Parameter

Proxy:

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

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 Identifikation
- Verknüpfungen / Hypermedia
- Standardmethoden (siehe Abschnitt 2.3.2.3)
- 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:

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

2.3.2.2 Hypermedia

Innerhalb einer Ressource kann auf weitere verlinkt werden (*Hypermedia*). Als Nebeneffekt der eindeutigen Identifikation durch URIs sind diese auch außerhalb 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 eine 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 Methoden⁵:

- 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. Dies bedeutet das sich ein *RESTful Web Service* serverseitig ebenso verhalten muss.

2.3.2.4 Repräsentationen von Ressourcen

Die Repräsentation sollte unabhängig von der Ressource sein, um die Darstellung gegebenenfalls für den Client anzupassen. Die Client-Anwendung kann dadurch mittels *Query-Parameter* oder als Information im *HTTP-Header* das gewünschte Format angeben und erhält die entsprechend formatierte Antwort.

⁵Kapitel 9 des HTTP 1.1 RFC2616 beschreibt diese inklusive *TRACE* und *CONNECT* umfassend [Fie+99]

Anhand des *Content-Type* Feldes aus dem HTTP-Header kann der Client das Format der Antwort überprüfen, für **JSON** lautet dies bspw. **application/json**.

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

Daraus resultiert eine erhöhte Netzwerklast, 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 2009**⁶, im weiteren beziehe ich mich aber hier auf die in der Spreadshirt-API verwendete Version vom 9. November 2006⁷.

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.

⁶<http://www.w3.org/Submission/wadl/>

⁷Die Unterschiede zwischen beiden Revisionen können unter der folgenden URL nachvollzogen werden <http://www.w3.org/Submission/wadl/#x3-41000D.1>⁸.

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.

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="users/{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>

```

```
32         <fault status="500" mediaType="text/plain">
33             <doc title="Internal_Server_Error"/>
34         </fault>
35         ...
36     }
37     ...
```

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 die 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 jeweiligen 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.

Abbildung 2.2 zeigt die Struktur einer WADL-Datei.

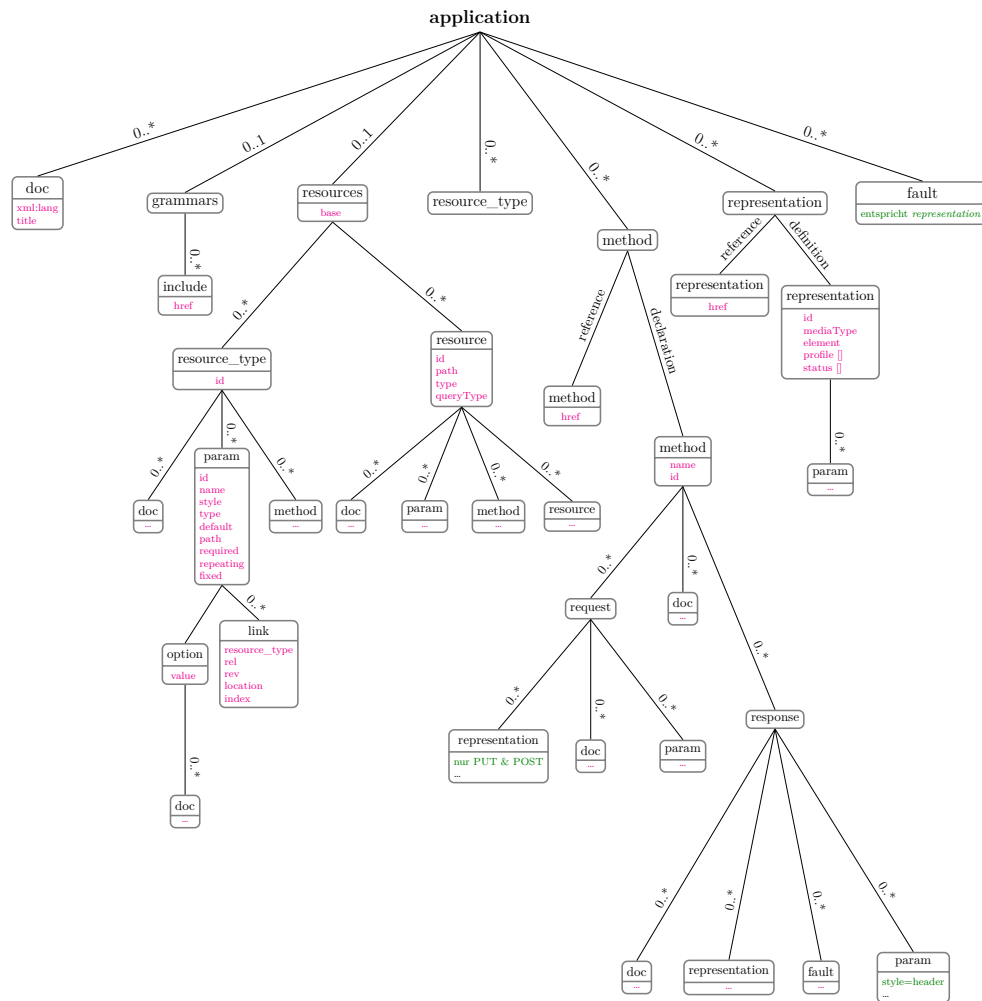


Abbildung 2.2: Struktur einer WADL-Datei, nach Kapitel 2 [Had06]

3 Generierung und Modellierung

»Any problem in computer science can be solved
with another level of indirection.«

Turing Award Lecture. February 17, 1993.
David Wheeler (1993)

Das folgende Kapitel beinhaltet die Grundlagen und Formen von Codegeneratoren sowie die Aspekte und ...bei der Erstellung von Datenmodellen.

3.1 Codegeneratoren

Der Begriff »Generator« ist sehr allgemein und wird für verschiedene Technologien verwendet, wie *Compiler*, *Präprozessoren*, *Metafunktionen* (Template-Metaprogramming in C++), *Codetransformatoren* und natürlich *Codegeneratoren*. *Generator* und *Codegenerator* werden in diesem Kapitel synonym verwendet.

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

Folglich ist der Generator die Schnittstelle zwischen dem *Modell-* und *Implementationsraum*. Der Modellraum beinhaltet das *domänenspezifische Modell*. Dieses Modell wird durch die höhersprachige Spezifikation in einer *Systemspezifikationssprache* beschrieben. In Bezug auf einen RESTful Webservice ist

bspw. [WADL](#) inklusive seiner verwendeten Schemata² die Spezifikationssprache und eine WADL-Datei mit den konkreten Spezifikationen demzufolge das domänenspezifische Modell.

Der Informationsgehalt der Spezifikation ist ausschlaggebend für den Grad der zu erreichenden Automatisierung.

3.2 Aufgaben eines Generators

optional) Analyse der Spezifikation

1. Validieren der Spezifikation
2. Spezifikation durch Vorgabewerte vervollständigen
3. Optimierungen vornehmen
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* (siehe Abschnitt [3.6.1](#)).

3.3 Vorteile für den Entwickler

Bei der Nutzung eines Codegenerierungsansatzes ergeben sich nach [[Her03](#), S. 15] folgende Vorteile für den Entwickler:

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 Meta- oder auch domänen-

²siehe Abschnitt [2.1](#)

spezifischen Modell 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 am Modell oder auch Templates³ 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.

3.4 Generatorformen

Die folgende Tabelle klassifiziert einige Generatorformen 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

Herrington beschreibt in [Kapitel 4 [Her03](#)] die Formen aus Tabelle 3.1 so:

Inline-Code Expander:

Ein Inline-Code Expander nimmt Quellcode als Eingabe und ersetzt spezielle Mark-Up Sequenzen durch seine Ausgabe. Die Änderungen werden

³Falls der Generator seinen Code über einen Templateansatz erzeugt.

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 Tier⁴-Generators entspricht der des Partial-Class Generators, mit der Ausnahme das vollständiger Code erzeugt wird, der keiner Nacharbeit bedarf.⁵

***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 dar. Eine solche Sprache ist Turing-vollständig und speziell auf die Problemdomäne ausgerichtet.

3.5 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« und kann teilweise ohne Abhängigkeiten der Zielsprache optimieren (*domain-specific optimization*).

⁴Tier, zu deutsch »Stufe«

⁵Der im Laufe dieser Arbeit entwickelte Generator entspricht diesem Schema.

Czarnecki und Eisenecker beschreiben in [CE00] Optimierungen die vom Generator durchgeführt werden können, einen um *Parallelisierung* erweiterten Auszug bietet die nachfolgende Liste:

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.

Loop unrolling:

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

Code motion:

Invariante⁶ 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 Funktionssignatur.

⁶unveränderliche

Parallelization:

Analyse der Datenabhängigkeit durch den Generator und eventuelles parallelisieren voneinander unabhängiger Bereiche.

3.6 Datenmodell

Das Datenmodell enthält die Informationen der Spezifikation und dient als Eingabe für den Generator, es ist somit die *Basis der Codegenerierung*. Westerinen u. a. definieren den Begriff in [Wes+01] folgenderweise⁷:

Definition 4 (Datenmodell). *Ein Datenmodell ist im Grunde die Darstellung eines Informationsmodells unter Berücksichtigung einer Menge von Mechanismen für die Darstellung, Organisation, Speicherung und Bearbeitung von Daten. Das Modell besteht aus einer Sammlung von ...*

- *Datenstrukturen, wie Listen, Tabellen, Relationen etc.*
- *Operationen die auf die Strukturen angewendet werden können, wie Abfrage, Aktualisierung, ...*
- *Integritätsbedingungen die gültige Zustände (Menge von Werten) oder Zustandsänderungen (Operationen auf Werten) definieren.*

Bei dieser Definition wird der Begriff *Informationsmodell* genutzt, er beschreibt die Informationen die im Datenmodell abgebildet werden sollen ohne Berücksichtigung softwaretechnischer Aspekte. Das Informationsmodell stellt somit die »natürlichen Daten« dar.

3.6.1 Abstract Syntax Tree (AST)

Definition 5 (Abstract Syntax Tree – Grune). *Der abstrakte Syntaxbaum (engl. »Abstract Syntax Tree«) stellt die verschiedenen Teile eines Programmtextes aus Sicht der Grammatik, dar*

⁷eigene Übersetzung

Definition 6 (Abstract Syntax Tree – Aho). *Ein Abstrakter Syntaxbaum ist die Darstellung eines Ausdrucks, wo jeder Knoten einen Operator und dessen Kindknoten die Operanden repräsentieren.*

Er ist das Endprodukt eines Parsingschrittes des Quelltextes, im Gegensatz zum *konkreten Syntaxbaum* (auch *Parse Tree*) enthält der *AST* keine Formatierungsspezifische Syntax (bspw. Klammern).

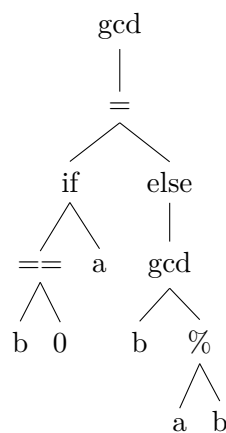


Abbildung 3.1: Beispiel AST für den rekursiven euklidischen Algorithmus

Ein *AST* bildet auch die Grundstruktur des Datenmodells für den Generator.

3.6.2 PHP Beispiele

```

1 <?php
2
3 ?>

```

Listing 3.1: Abfrage der Designs eines Users per HTTP-GET

3.7 Konzeptuelles Modell

Definition 7 (Konzeptuelles Modell). *Ein Konzeptuelles Modell beschreibt alle Objekte, Attribute, Rollen und Beziehungen sowie die Beschränkungen einer bestimmten Problemdomäne⁸. 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 menschlichen Entwickler keine eigenen Schlüsse ziehen und muss daher mit den innerhalb des Modells enthaltenen Informationen auskommen.

3.8 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.

4 Codegenerierung für die Spreadshirt-API

4.1 API-Design

4.1.1 Kriterien

4.1.2 Sessions

4.1.3 Parameterobjekte

4.1.4 Entwurfsmuster

4.1.4.1 Expression Builder

4.1.4.2 Fluent Interface

4.2 Konkretes Datenmodell

4.2.1 REST-Modell

4.2.2 Schema-Modell

4.2.3 Abstraktes Sprachmodell

4.3 Generatorsystem

4.3.1 Datenklassen

4.3.2 Methodenklassen

4.3.3 Serialisierer

4.3.4 Ausgabemodul

5 Evaluation

6 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.

6.1 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.

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

Tabelle 6.1: Übersicht über die verschiedenen XML-Parsing Konzepte in JAXP

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.

6.2 Generator Schnittstelle

7 Zusammenfassung

7.1 Fazit

7.2 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 . [2](#), [A](#)

DSL:

Domain Specific Language (deutsch: »Domänenspezifische Sprache«) ist eine Programmiersprache die nur auf eine bestimmte Domäne oder auch Problembereich optimiert ist. . [2](#), [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. [5](#), [17](#), [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. . [18](#), [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. [5](#), [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>. 5, 12, 16, A

RESTful:

Als *RESTful* bezeichnet man einen Webservice der den Prinzipien von REST entspricht. 12, A, siehe REST

Template-Engine:

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

URI:

Unified Resource Identifier ist ein Folge von Zeichen, die einen Name oder eine Web-Ressource identifiziert.. 15, 16, 19, 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. 5, 17, 22, A, siehe XML

XML:

Extensible Markup Language (deutsch: »erweiterbare Auszeichnungssprache«) ist ein Mensch- und Maschinenlesbares Format für Codierung und Austausch von Daten, spezifiziert vom W3C² . 5, 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. 5, 6, A, siehe XML

²<http://www.w3.org/TR/REC-xml>

Abbildungsverzeichnis

1.1	Aufbau des Generatorsystems	2
1.2	Spreadshirt Logo	3
2.1	vordefinierte XSD Datentypen nach [W3C12] Kapitel 3	10
2.2	Struktur einer WADL-Datei, nach Kapitel 2 [Had06]	20
3.1	Beispiel AST für den rekursiven euklidischen Algorithmus	27

Tabellenverzeichnis

2.1	JSON Datentypen	7
2.2	Beispiele für Konnektoren nach [Fie00]	14
3.1	Generatoren Klassifikation nach Generierungsmenge	23
6.1	Übersicht über die verschiedenen XML-Parsing Konzepte in JAXP	33

Listings

2.1	Die gekürzte Antwort der API-Ressource <i>users/userid/designs/designID</i> als Beispiel für eine XML-Datei	6
2.2	Die gekürzte Antwort der API-Ressource <i>users/userid/designs/designID</i> als Beispiel für eine JSON-Datei	7
2.3	Minimalbeispiel für eine Schemabeschreibung mit XSD	9
2.4	Minimalbeispiel für eine Schemadefinition in RelaxNG	11
2.5	Beispiel zu Metainformationen für REST-Repräsentation aus WADL-Datei der Spreadshirt-API	13
2.6	Beispielaufbau einer WADL-Datei anhand der Spreadshirt-API Beschreibung	18
3.1	Abfrage der Designs eines Users per HTTP-GET	27

Definitionsverzeichnis

1	Definition (XML)	5
2	Definition (JSON)	7
3	Definition (Codegenerator)	21
4	Definition (Datenmodell)	26
5	Definition (Abstract Syntax Tree – Grune)	26
6	Definition (Abstract Syntax Tree – Aho)	27
7	Definition (Konzeptuelles Modell)	28

Literaturverzeichnis

- [CE00] K. Czarnecki und U. Eisenecker. *Generative programming: methods, tools, and applications*. Addison Wesley, 2000. ISBN: 9780201309775. URL: <http://books.google.de/books?id=cCZXYQ6Pau4C>.
- [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*. 1999. URL: <http://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt>.
- [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>.
- [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).
- [Wes+01] A. Westerinen u.a. *Terminology for Policy-Based Management*. Nov. 2001. URL: <http://tools.ietf.org/html/rfc3198>.
- [Wik13a] 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).
- [Wik13b] 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 = {8},  
  day = {15},  
  timestamp = {2013815},  
  title = {Generierung und Design einer Client-Bibliothek für einen  
    RESTful Web Service am Beispiel der Spreadshirt-API},  
  school = {HTWK-Leipzig},  
  pdf = {http://www.klingt.net/bachelor/thesis/thesis.pdf}  
  %ToDo: PUT IN THE URL  
}
```