HTWK Leipzig

Fakultät für Informatik, Mathematik & Naturwissenschaften

Bachelorarbeit

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, 27. September 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
Bachelorarbeit, HTWK Leipzig, 27. September 2013

made with XeTeX and BibTeX.

Selbständigkeitserklärung

Ich erkläre hiermit, dass ich diese Bachelorarbeit 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, 27. September 2013

Danksagungen

Ein besonderer Dank gilt Dr. rer. nat. Johannes Waldmann für die Anregungen und Ratschläge sowie das gezeigte Interesse am Thema.

Ebenso möchte ich mich bei Jens Hadlich bedanken, der für Fragen jederzeit ein offenes Ohr hatte und mir half den »roten Faden« bei der Strukturierung der Arbeit nicht zu verlieren. Außerdem gilt Spreadshirt ein großer Dank, da sie mir eine wunderbare Arbeitsumgebung sowie nette und hilfreiche Kollegen zur Verfügung gestellt haben.

Ohne Elisa Jentsch würde sicherlich der ein oder andere Rechtschreibfehler den Lesefluss trüben, deshalb vielen Dank für das Korrekturlesen.

Abstract

German

Die vorliegende Arbeit beschreibt den Entwurf eines Codegenerators mit austauschbarer Zielsprache, der aus der abstrakten Beschreibung der Spreadshirt-API eine Client-Bibliothek generieren soll. Die Implementierung des Codegenerators erfolgt in Java, die Zielsprache der Bibliothekt ist PHP.

Es werden die Grundlagen von WebServices, Codegeneratoren und Dokumentbeschreibungssprachen erläutert und darauf aufbauend Datenmodelle erstellt welche die Beschreibung der Spreadshirt-API für den Generator enthalten. Außerdem wird das erstellte Sprachenmodell betrachtet, welches die Konstrukte der zu erzeugenden Zielsprache kapselt. Aufbau und Ablauf eines Codegeneratorsystems werden ebenfalls beschrieben.

Die durch den Codegenerator erstellte Client-Bibliothek wird anhand eines Anwendungsbeispieles evaluiert.

English

The present thesis describes the design of a codegenerator with exchangeable target-language, that generates a client-library from the abstract description of the Spreadshirt-API. The implementation of the codegenerator is made in Java, the target-language of the client-library is PHP.

The basics of web services, codegenerators and document-description-languages will be explained and based on that datamodels will be created, that contains the description of Spreadshirt-API, for the generator. Furthermore the created language-model will be examined, which encapsulates

the constructs of the target-language that will be generated. Structure and process of a codegeneratorsystem will be described, as well.

The client-library that was created by the codegenerator will be evaluated on the basis of a usage example.

Keywords

Codegeneration, RESTful Web Service, Modeling, Client-Library, Spreadshirt-API, Polyglot

Lizenz

[1] http://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/deed.de

Inhaltsverzeichnis

1 Einführung **2**
- 1.1 Anforderungen an die Client-Bibliothek 4
- 1.2 Typographische Konventionen dieser Bachelorarbeit 5

2 Web Services **6**
- 2.1 HTTP 6
  - 2.1.1 Header 7
  - 2.1.2 Body 8
- 2.2 Dokumentbeschreibungsformate 9
  - 2.2.1 XML 9
  - 2.2.2 JSON 10
- 2.3 XML Schemabeschreibungssprachen (XML Schema) 12
  - 2.3.1 XML Schema Description (XSD) 12
- 2.4 RESTful Web Service 17
  - 2.4.1 Elemente von REST 17
  - 2.4.2 REST-Prinzipien 20
- 2.5 WADL 22

3 Codegenerierung **26**
- 3.1 Codegeneratoren 26
  - 3.1.1 Aufgaben eines Generators 27
  - 3.1.2 Vorteile für den Entwickler 27
  - 3.1.3 Generatorformen 28
  - 3.1.4 Optimierung durch den Generator 29
- 3.2 Datenmodell 30
  - 3.2.1 Abstract Syntax Tree (AST) 31
- 3.3 Objektorientierte Sprachen 32
  - 3.3.1 Elemente 32
  - 3.3.2 Typsystem 34
  - 3.3.3 PHP 34

4 Generatorsystem für die Spreadshirt-API **37**
4.1 Konkrete Datenmodelle 37
4.1.1 REST-Modell 37
4.1.2 Schema-Modell 40
4.1.3 Applikationsmodell 42
4.1.4 Sprachenmodell 42
4.2 Codegenerator 46
4.2.1 Language Factory 46
4.2.2 Ausgabemodul 48
4.3 Client-Bibliothek 48
4.3.1 Datenklassen 49
4.3.2 Ressourcenklassen 51
4.3.3 De-/Serialisierer 52
4.3.4 Statische Klassen 53

5 Implementierung **55**
5.1 XML-Parser 55

6 Evaluation **57**
6.1 PHP-Zielsprachenmodell 57
6.2 Nutzbarkeit 58
6.3 Leistungsbewertung 58

7 Schlussbetrachtung **61**
7.1 Ausblick 61
7.2 Fazit 62

Glossar **A**

Abbildungsverzeichnis **D**

Tabellenverzeichnis **E**

Listings **F**

Definitionsverzeichnis **H**

Literaturverzeichnis **I**

BibTeX Eintrag **L**

1 Einführung

»Essentially, all models are wrong, but some are useful.«

[BD87, S. 424]
***Box und 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.

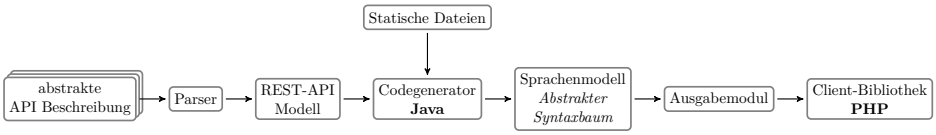


Abbildung 1.1: Aufbau des Generatorsystems

Abbildung 1.2: Spreadshirt Logo

Spreadshirt ist eines der führenden Unternehmen für personalisierte Kleidung und zählt zu den *Social Commerce*-Unternehmen. Dieser Begriff beschreibt Handelsunternehmen bei denen die aktive Beteiligung und die persönliche Beziehung sowie Kommunikation der Kunden untereinander im Vordergrund stehen. Spreadshirt hat Standorte in Europa und Nordamerika, der Hauptsitz ist in Leipzig.

Dem Nutzer wird eine Online-Plattform geboten um Kleidungsstücke selber zu gestalten oder zu kaufen, aber auch um eigene Designs, als Motiv oder in Form von Produkten, zum Verkauf anzubieten. Zusätzlich wird jedem Nutzer ermöglicht einen eigenen Shop auf der Plattform zu eröffnen und diesen 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.de* [Pas13] oder *soundslikecotton.com* [Ött13]. Spreadshirt bedient neben dem Endkunden- auch das Großkundengeschäft als Anbieter von Druckleistungen.

Die *sprd.net AG*, zu der auch der Leipziger Hauptsitz gehört, beschäftigt derzeit (Juni 2013) 178 Mitarbeiter, davon 29 in der IT.

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* und erhöhter Effizienz 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 Generats[1], da beispielsweise nicht mit Überraschungen bei den verwendeten Bezeichnern zu rechnen ist.

Zusätzlich zu dem bereits genannten allgemeinen Nutzen einer Codegenerierungslösung, entstehen für Spreadshirt noch die folgenden Vorteile:

- Vereinheitlichung bestehender Implementierungen in Form der generierten Bibliothek
- Vereinfachen der Authentifizierung durch Integration in Client-Bibliothek (siehe Abschnitt 4.3.4.2)
- Erleichterung der API-Nutzung für externe Entwickler

1.1 Anforderungen an die Client-Bibliothek

- Austauschbarkeit der Zielsprache
- Einfache Bedienbarkeit der Bibliothek
- gute Lesbarkeit des erzeugten Codes
- größtmögliche Typsicherheit
- hohe Testabdeckung der Bibliothek
- vollständige Generierung aller Methoden aus der API-Beschreibung

[1] Ergebnis des Codegenerierungsvorgangs

1.2 Typographische Konventionen dieser Bachelorarbeit

❶ – ❿:
: Für Verweise auf Elemente in Listings werden diese Symbole verwendet

Klassennamen:
: Namen von Klassen aus Listings oder Diagrammen werden im Text **fett** hervorgehoben

Schlüsselwörter:
: Schlüsselwörter werden im Text *kursiv* hervorgehoben

`Quelltext`:
: Zur Darstellung von Quelltext wird eine `Konstantschrift` verwendet

2 Web Services

»The purpose of computing is insight, not numbers.«

[HH73, Vorwort]
***Hamming und Hamming** (1973)*

In diesem Kapitel werden die Grundlagen zu HTTP, Dokumentbeschreibungssprachen, Webanwendungsbeschreibungsformaten und REST erläutert, welche für das Verständnis der Arbeit wichtig sind. Neben XML und JSON wird auch die Schemabeschreibungssprache XSD behandelt. Das Ende bildet die Einführung in REST und WADL.

2.1 HTTP

> **Definition 1** (HTTP)**.** *Das* Hypertext Transfer Protocol (HTTP) *ist ein allgemeines und* zustandsloses *Protokoll, zur Übertragung von Daten über ein Netzwerk, was durch Erweiterung seiner Anfragemethoden, Statuscodes und Header für viele unterschiedliche Anwendungen verwendet werden kann ([Fie+99, Abstract]).*

HTTP arbeitet auf der Anwendungsschicht (»Application Layer« des OSI-Modells) und ist somit unabhängig von dem zum Datentransport eingesetzten Protokoll. Über eindeutige URIs werden HTTP-Ressourcen angesprochen. Dabei sendet ein *Client* eine Anfrage (*request*) und erhält daraufhin vom Server eine Antwort (*response*). Anfrage und Antwort stellt dabei

eine HTTP-Nachricht dar, die aus den zwei Elementen *Header* und *Body* besteht. Letzterer trägt die Nutzdaten und kann, je nach verwendeter HTTP-Methode, auch leer sein.

»RFC 2616, Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1« ([Fie+99]) definiert einige HTTP-Methoden, wobei die gebräuchlichsten die folgenden sind:

- GET
- PUT
- POST
- DELETE

Eine Nachricht kann je nach verwendeter HTTP-Methode auch nur aus einem Header bestehen.

2.1.1 Header

Ein Header einer HTTP-Nachricht besteht aus einer *Request Line* (erste Zeile des Headers) und einer Menge von Schlüssel-Wert-Paaren. Listing 2.1 zeigt einen Beispiel-Header für die GET-Anfrage auf die Spreadshirt-API Ressource: `http://api.spreadshirt.net/api/v1/locales`.

```
1 GET ❶ /api/v1/locales ❷ HTTP/1.1 ❸
2 User-Agent: curl/7.29.0 ❹
3 Host: api.spreadshirt.net ❺
4 Accept: */* ❻
```

Listing 2.1: HTTP-Header von GET Request auf Spreadshirt-API Ressource `http://api.spreadshirt.net/api/v1/locales`

❶ Angabe der HTTP-Methode
❷ Ressource
❸ verwendete HTTP-Version
❹ *User-Agent*, Angabe zum Client-System, das die Anfrage versendet
❺ *Host*, der Server welcher die Anfrage erhält und der die Ressource ❷ verwaltet

❻ Angabe von *Content-Types*, die der Client als Antwort akzeptiert, in diesem Fall eine *Wildcard*, also alle Typen sind als Antwort erlaubt

Nachfolgend die *Response* auf den soeben beschrieben *Request*.

```
1  HTTP/1.1 200 OK ❶
2  Expires: Tue, 20 Aug 2013 19:05:25 GMT
3  Content-Language: en-gb
4  Content-Type: application/xml;charset=UTF-8 ❷
5  X-Cache-Lookup: MISS from fish07:80
6  X-Server-Name: mem1
7  True-Client-IP: 88.79.226.66
8  Date: Tue, 20 Aug 2013 07:20:25 GMT
9  Content-Length: 1659
10 Connection: keep-alive
```

Listing 2.2: HTTP-Header von GET Response aus Spreadshirt-API Ressource `http://api.spreadshirt.net/api/v1/locales`

❶ *Response Line*, Angabe der HTTP-Version am Anfang und danach der HTTP-Statuscode mit Kurzbeschreibung

❷ Angabe des Content-Types des Bodys der Nachricht

Welche Einträge der Header einer HTTP-Nachricht letztendlich enthält, ist abhängig von der Implementierung des Clients oder Servers und es können auch jederzeit eigene Einträge, die nicht in der HTTP-Spezifikation enthalten sind, hinzugefügt werden.

2.1.2 Body

Der Body enthält die eigentlichen Nutzdaten. Deren Format wird mit dem *Content-Type*-Eintrag des Headers angegeben. Listing 2.3 zeigt den Body der *response* von listing 2.2 in XML Format (siehe Abschnitt 2.2.1).

```
1  <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?>
2  <locales xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" xmlns="http://api.
       spreadshirt.net" xlink:href="http://api.spreadshirt.net/api/v1/locales
       " offset="0" limit="50" count="16" sortField="default" sortOrder="
       default">
3      <locale xlink:href="http://api.spreadshirt.net/api/v1/locales/de_DE" id
           ="de_DE"/>
```

```
4       ...
5       <locale xlink:href="http://api.spreadshirt.net/api/v1/locales/nl_BE" id
            ="nl_BE"/>
6   </locales>
```

Listing 2.3: HTTP-Body der Response aus der GET-Methode auf der Spreadshirt-API-Ressource `http://api.spreadshirt.net/api/v1/locales`

2.2 Dokumentbeschreibungsformate

In diesem Abschnitt werden die Dokumentbeschreibungsformate XML und JSON der Spreadshirt-API behandelt. Außerdem wird die Schemabeschreibungssprache XML *Schema Description* eingeführt.

2.2.1 XML

> **Definition 2** (XML). *Die* Extensible Markup Language, *kurz* XML, *ist eine Auszeichnungssprache (»Markup Language«), die eine Menge von Regeln beschreibt um Dokumente in einem mensch- und maschinenlesbaren Format zu kodieren [W3C08].*

Obwohl das Design von XML auf Dokumente ausgerichtet ist, wird es häufig für die Darstellung von beliebigen Daten benutzt [Wik13], 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 2.4: 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 Wurzelelement 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 2.3) 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.

2.2.2 JSON

> **Definition 3** (JSON)**.** Javascript Object Notation, *kurz* JSON, *ist ein leichtgewichtiges, textbasiertes und sprachunbhängiges 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

primitiv	strukturiert
Zeichenketten	Objekte
Ganz-, Fließkommazahlen	Arrays
Booleans	
null	

Tabelle 2.1: JSON Datentypen

JSON-Schema [GZ13] ist es möglich eine Dokumentstruktur vorzugeben und gegen diese zu validieren.

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

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

Listing 2.5: Die gekürzte Antwort der API-Ressource `users/userid/designs/designID` als Beispiel für eine JSON-Datei

2.3 XML Schemabeschreibungssprachen (XML Schema)

XML Schema bezeichnet XML-basierte Sprachen, mit denen sich Elemente, Attribute und Aufbau einer Menge von XML-Dokumenten — die dem Schema entsprechen — 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 existieren noch weitere Schemasprachen, die hier aber aufgrund ihrer geringen Relevanz nicht behandelt werden.

2.3.1 XML Schema Description (XSD)

XML Schema Description ist ein stark erweiterte Nachfolger der DTD (Document Type Definition), derzeit spezifiert 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 [Kapitel 3.2 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

```
1 <?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="yes"?> ❶
2 <xs:schema xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"  targetNamespace="
      http://api.spreadshirt.net" version="1.0" elementFormDefault="
      qualified"> ❷
```

```
3       <xs:import namespace="http://www.w3.org/1999/xlink" schemaLocation="
            xlink.xsd"/> ❸
4       ...
```

Listing 2.6: Beginn der XSD-Datei für die Spreadshirt-API

Eine XSD-Datei beginnt wie jede XML-Datei mit der XML-Deklaration ❶.

Das Wurzelelement der Schemadefinition zeigt ❷. Das Attribut *xmlns:xs= "http://www.w3.org/2001/XMLSchema"* führt den Namespace-Prefix *xs* ein und gibt außerdem an, dass die Elemente und vordefinierten Datentypen (siehe Abbildung 2.1) aus dem Namensraum *http://www.w3.org/2001/XMLSchema* verwendet werden. Durch das Attribut *targetNamespace* wird der Namensraum der Elemente festgelegt, die in dieser Schemadefinition definiert werden. *Version* gibt die XSD-Version an. Der Wert des Attributs *elementFormDefault* gibt an, ob Elemente des Schemas den *targetNamespace* explizit angeben müssen (»qualified«) oder ob dies implizit geschieht (»unqualified«), die Angabe ist optional.

Externe Schemadefinitionen lassen sich unter Angabe des Namensraumes und einer URI zu der XSD-Datei einbinden ❸.

XML-Schema Description erlaubt die Definition von simplen Typen (»SimpleType«) und Typen mit strukturiertem Inhalt (»ComplexType«).

```
1  <xs:simpleType name="unit">
2      <xs:restriction base="xs:string"> ❶
3          <xs:enumeration value="mm"/> ❷
4          <xs:enumeration value="px"/> ❷
5      </xs:restriction>
6  </xs:simpleType>
```

Listing 2.7: Beispiel für einen SimpleType anhand des Type »unit« der Spreadshirt-API

SimpleType-Definitionen dienen zur Beschreibung einfacher Typen wie *Enumeratoren*, oder *Listen* für Daten eines primitiven Typs. Ein Beispiel für die Definition eines Enumerators durch einen SimpleType zeigt Listing 2.7. Der Basisdatentyp des Enumerators wird dabei durch die Angabe

des Attributs *base* ❶ festgelegt. Zuordnung von Werten zu dem Enumerator zeigt ❷.

Durch einen SimpleType definierte Listen sind durch Leerzeichen separierte Strings, sie werden meist für den Wert eines Attributes einer XML-Datei verwendet.

```
1  <xs:simpleType name=colors>
2      <xs:list itemType="xs:string"/>
3  </xs:simpleType>
```

Listing 2.8: Beispiel für einen Listentyp definiert duch einen SimpleType

```
1  <test>red green blue</test>}
```

Listing 2.9: Beispielinstanz für Typ aus Listing 2.8

Die Definition eines strukturierten Typs zeigt Listing 2.10.

```
1  <xs:complexType name="abstractList" abstract="true"> ❶
2      <xs:sequence> ❷
3          <xs:element minOccurs="0" ❸ name="facets"> ❹
4              <xs:complexType> ❺
5                  <xs:sequence>
6                      <xs:element xmlns:tns="http://api.spreadshirt.net"
                           minOccurs="0" maxOccurs="unbounded" ref="tns:facet
                           " ❻ />
7                  </xs:sequence>
8              </xs:complexType>
9          </xs:element>
10     </xs:sequence>
11     <xs:attribute xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink" ref="
           xlink:href"/> ❼
12     <xs:attribute type="xs:long" name="offset"/> ❽
13     <xs:attribute type="xs:string" name="query"/>
14     ...
15 </xs:complexType>
```

Listing 2.10: Beispiel für eine Schemabeschreibung mit XSD anhand des »abstractList«-Typs der Spreadshirt-API

Das *ComplexType*-Tag ❶ umschließt die Definiton des strukturierten Typs. XML-Schema Description erlaubt das Definieren von abstrakten Typen, nur

Ableitungen davon dürfen als Instanzen in einem Dokument auftreten. Abgeleitete Typen dürfen dabei den abstrakten Typ *erweitern* o. *einschränken* (»derivation by extension/restriction«).

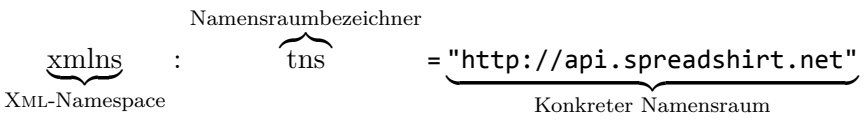
Mit *Reihenfolgeindikatoren* ❷ kann die Ordnung von Elementen festgelegt werden. Elemente unterhalb eines *Sequence*-Tags dürfen nur in der Abfolge auftreten, in der sie unterhalb des Sequence-Tag definiert worden sind. Das *All*-Tag ❹ hingegen erlaubt das Auftreten ohne festgelegte Reihenfolge. Der Reihenfolgeindikator *Choice* erlaubt das Auftreten nur eines der Elemente, die unterhalb dieses Tags vorkommen.

Durch die optionale Angabe von *Häufigkeitsindikatoren* ❸ kann festgelegt werden wie oft ein Element an der definierten Stelle vorkommen darf. Entfällt dies, entspricht der Wert von *min-, maxOccurs* "1", das heißt, das Element darf genau einmal an dieser Stelle vorkommen.

Elemente einer XML-Datei werden durch das gleichnamige *Element* ❹ im XSD definiert. Ein Element benötigt die Angabe eines Namens und Typs. Die Angabe des Typs kann dabei als Referenz auf die Typdefinition ❻ oder als Definition unterhalb des Element-Tags erfolgen ❺.

Attribute eines XML-Tags werden durch das *Attribute*-Element definiert. Dies geschieht durch Angabe von Name und Typ ❼ oder durch eine Referenz auf eine Attributdefinition ❻.

Referenzen haben die Form *Namensraumbezeicher*:*Elementname*. Wobei mit Elementname jedes Element der Schemabeschreibung gemeint ist, welches ein *name*-Attribut besitzt. Der konkrete Namensraum eines solchen Bezeichners wird vorher mit der Angabe eines Attributes in dieser Form eingeführt:



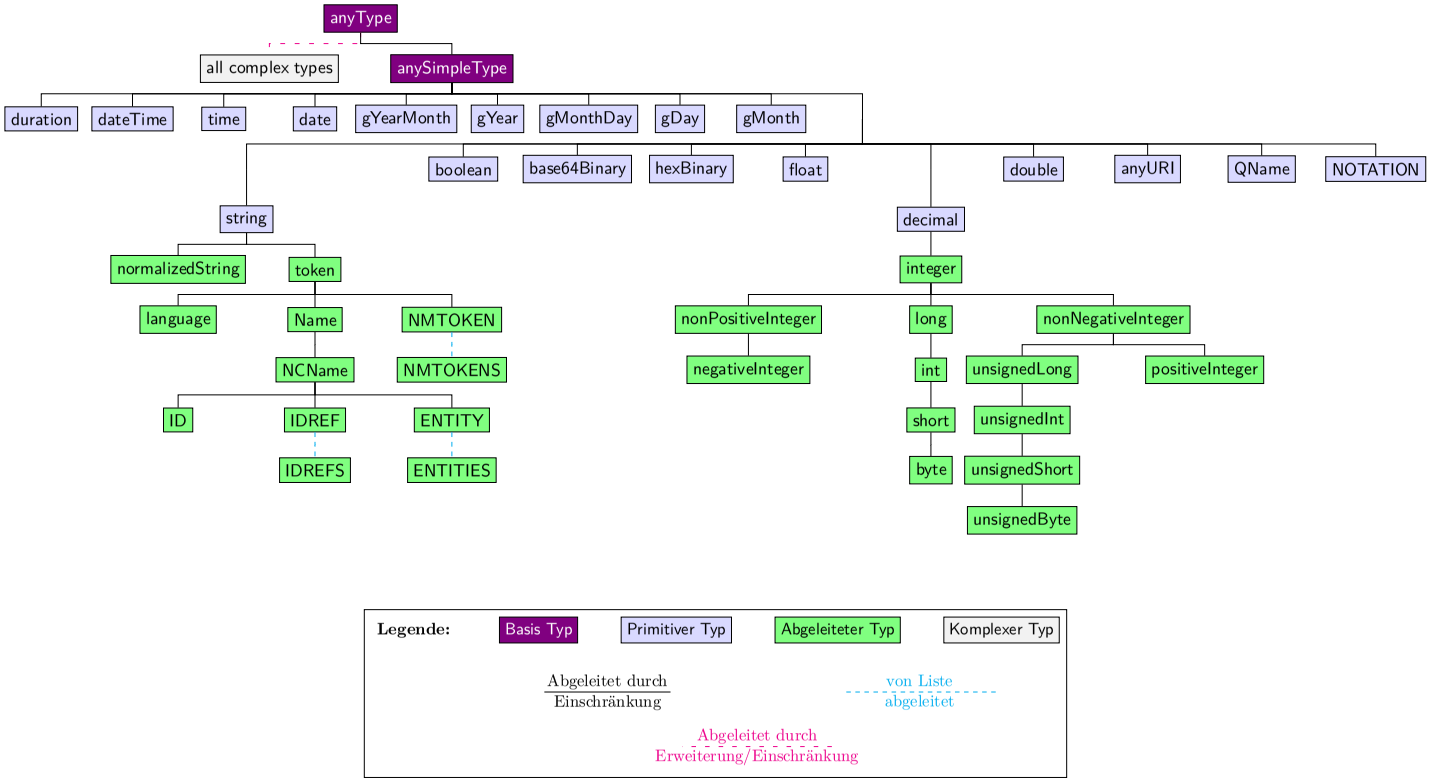


Abbildung 2.1: vordefinierte Xsd Datentypen nach [W3C12] Kapitel 3

§

2.4 Restful Web Service

Representational State Transfer (deutsch: »Gegenständlicher Zustandstransfer«) ist ein Softwarearchitekturstil für Webanwendungen, welcher von Roy Fielding[1] 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.

2.4.1 Elemente von Rest

Im folgenden werden die Grundbausteine einer REST-Anwendung erläutert. Abschnitt 2.4.1.4 beschreibt die Komponenten, die an einer Aktion auf einer *Ressource* beteiligt sind. Dieser Abschnitt basiert auf Kapitel 5.2 von [Fie00, S. 86 ff.].

2.4.1.1 Ressource

Eine Ressource stellt die wichtigste Abstraktion von Information im REST-Modell dar. Fielding definiert eine *ressource* 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 2.4.2.1), immer dieselbe Ressource, nicht aber deren Wert oder Zustand.

Ein Beispiel für eine Ressource in der Spreadshirt API `/users/{userid}`, wobei `{userid}` die Identifikationsnummer eines konkreten Nutzers bezeichnet. Diese Ressource enthält dabei eine Menge von Elementen, ein

[1] Roy Thomas Fielding, geboren 1965, ist einer der Hauptautoren der HTTP-Spezifikation

Beispiel für eine Ressource, die nur ein einziges Element enthält, ist `/serverTime`.

2.4.1.2 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 2.4.2.4. 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-Felder (siehe Abschnitt 2.1.1), 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 2.11: Beispiel zu Metainformationen für REST-Repräsentation aus WADL-Datei der Spreadshirt-API

Ein Beispiel für eine solche Angabe von Metainformationen ist in Listing 2.11 zu finden, ❶ zeigt dies in Form einer *Typangabe* und ❷ eines *mediaType*-Attributes.

2.4.1.3 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	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]

Konnektor bildet die Parameter der Schnittstelle auf das gewünschte Protokoll ab.

Eingangsparameter:

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

Ausgangsparameter:

- Antwort-Kontrolldaten
- · Metainformationen
- · Repräsentation der Ressource

· optionaler Parameter

2.4.1.4 Komponenten

Ursprungsserver:

Serverseitiger Konnektor, der die angeforderten Ressourcen verwaltet. Er ist die einzige Quelle für Repräsentationen sowie der endgültige Empfänger von Änderungsanfragen an seine Ressourcen (siehe Abschnitt 2.4.2.1)

Proxy:
: Zwischenkomponente, die explizit vom Client verwendet werden kann, aus Sicherheits-, Performance- oder Kompatibilitätsgründen

Gateway:
: dient als Schnittstelle zwischen Client- und Servernetzwerk und 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:
: clientseitiger *Konnektor*, der die Anfrage an die API startet und einziger Empfänger der Antwort ist. In den meisten Fällen ist dies einfach ein *Webbrowser*

2.4.2 REST-Prinzipien

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

- Ressourcen mit eindeutiger Indentifikation
- Verknüpfungen / Hypermedia
- Standardmethoden (siehe Abschnitt 2.4.2.3)
- unterschiedliche Repräsentationen
- statuslose Kommunikation

2.4.2.1 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 (Beispiel siehe Abbildung 2.2).

2.4.2.2 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.

Abbildung 2.2: Beispiel-URI, um den Artikel 42 aus dem Warenkorb 84 anzusprechen

2.4.2.3 Standardmethoden

Durch die Nutzung von *Standardmethoden* ist abgesichert, dass 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. Die gebräuchlichsten HTTP-Methoden sind folgende [2]:

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

Alle bis auf POST und OPTIONS sind *idempotent* ([Fie+99] Kapitel 9), d.h. eine Komposition[3] der Methode führt zu demselben Ergebnis wie ein einzelner Aufruf. Dies bedeutet das sich ein RESTful Web Service serverseitig ebenso verhalten muss.

2.4.2.4 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 (siehe Abschnitt 2.1.1) das gewünschte Format angeben und erhält

[2] Kapitel 9 des HTTP 1.1 RFC2616 beschreibt diese inklusive TRACE und CONNECT umfassend [Fie+99]
[3] Ausführung der Methoden hintereinander

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

2.4.2.5 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 Sitzungstatus 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.

2.5 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. Aug. 2009 [Had09a]. Im weiteren beziehe ich mich aber auf die in der Spreadshirt-API verwendeten Version, datiert am 9. November 2006. Die Unterschiede zwischen beiden Revisionen können unter [Had09b] nachvollzogen werden.

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

Set of resources:

Analog einer Sitemap, also 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

Resource representation formats:

die unterstützten MIME-Typen und verwendeten Datenschemata (Abschnitt 2.3.1)

```
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              <doc>Catalog XML Schema.</doc>
6          </include>
7          ...
8      </grammars>
9      <resources base="http://api.spreadshirt.net/api/v1/"> ❹
10         <resource path="users/{userId}"> ❺
11             <doc>Return user data.</doc>
12             <method name="GET"> ❻
13                 <doc>...</doc>
14                 <request> ❼
15                     <param
16                         xmlns:xsd="http://www.w3.org/2001/XMLSchema"
17                         name="mediaType"
18                         style="query"
19                         type="xsd:string">
20                     <doc>...</doc>
21                     </param>
22                     ...
23                 </request>
24                 <response> ❽
25                     <representation
26                         xmlns:sns="http://api.spreadshirt.net"
27                         element="sns:user"
28                         status="200"
29                         mediaType="application/xml">
30                     <doc title="Success"/>
31                     </representation>
32                     <fault status="500" mediaType="text/plain">
```

```
33                          <doc title="Internal␣Server␣Error"/>
34                      </fault>
35                      ...
36                      }
37                  ...
```

Listing 2.12: 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* weggelassen.

Abbildung 2.3 zeigt die Struktur einer WADL-Datei.

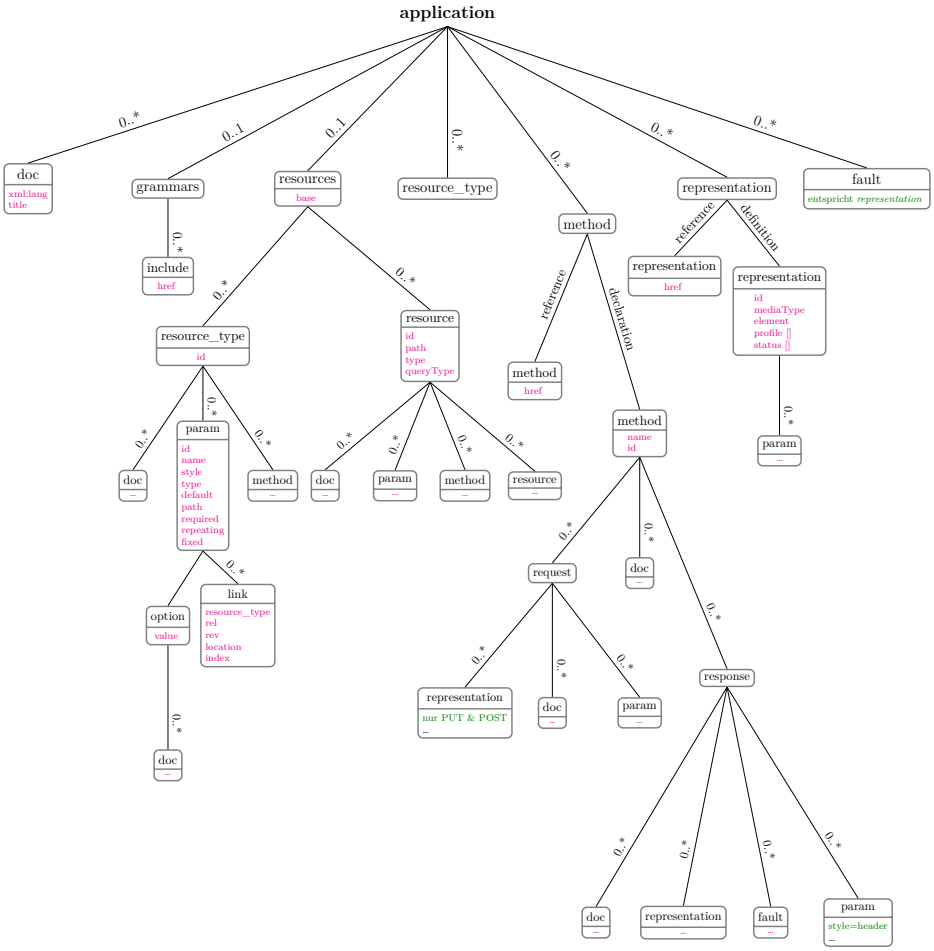


Abbildung 2.3: Struktur einer WADL-Datei, nach Kapitel 2 [Had06]

3 Codegenerierung

»All problems in computer science can be solved by another level of indirection.«

[WO08, Kapitel 17]
***Wilson und Oram** (2008)*

Im folgenden Kapitel werden grundlegende Begriffe im Zusammenhang mit Codegeneratoren und Datenmodellen definiert, zusätzlich wird eine Übersicht über gebräuchliche Generatorformen, dessen Aufgaben und Arten der Optimierung durch den Generator, gegeben.

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 4** (Codegenerator)**.** *Ein* Codegenerator *ist ein Programm, welches aus einer höhersprachigen Spezifikation[1] 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 Schemata[2] 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.

3.1.1 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 3.2.1).

3.1.2 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 domänenspezifischen Modell gebündelt, das dem Generator als Eingabe

[2] siehe Abschnitt 2.2

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 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.

3.1.3 Generatorformen

Die folgende Tabelle[3] 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

[3] Tier, zu deutsch »Stufe«

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 Tier-Generators entspricht der des Partial-Class Generators, mit der Ausnahme das vollständiger Code erzeugt wird, der keiner Nacharbeit bedarf.[4]

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.

3.1.4 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« und kann teilweise

[4] Der im Laufe dieser Arbeit entwickelte Generator entspricht diesem Schema.

ohne Abhängigkeiten der Zielsprache optimieren (*domain-specific optimization*).

3.2 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] folgenderweise[5]:

> **Definition 5** (Datenmodell)**.** *Ein Datenmodell ist im Grunde die Darstellung eines Informationsmodells unter Berücksichtigung einer Menge von Mechanismen für die Darstellung, Organisierung, 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) odder 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.

Bei einem Codegenerator entspricht das Datenmodell der internen Darstellung der Spezifikation. Neben den direkt in der Spezifikation enthaltenen Informationen kann der Generator im Analyseschritt (siehe Abschnitt 3.1.1) bspw. Datenabhängigkeiten erkennen und diese zur Optimierung nutzen oder das interne Datenmodell damit anreichern. Das *erkennen von Semantik* im Eingabemodell ist aber nicht auf Datenabhängigkeiten beschränkt sondern kann auf beliebige Beziehungen ausgeweitet werden.

Wie man in Abbildung 2.3 erkennen kann, entspricht die Struktur einer WADL-Datei einem Baum. Aus diesem Grund eignet sich eine Baumstruk-

[5] eigene Übersetzung

tur für das Datenmodell des Generators besonders gut. Um die Zielsprache (siehe Abschnitt 4.1.4) im internen Datenmodell abbilden zu können, wird ein Abstract Syntax Tree als Datenstruktur gewählt.

3.2.1 Abstract Syntax Tree (AST)

Eine anschauliche Definition bietet [Aho+06, S. 69] (eigene Übersetzung):

> **Definition 6** (Abstract Syntax Tree – Aho u. a.)**.** *Ein Abstrakter Syntaxbaum ist die Darstellung eines Ausdrucks, wo jeder Knoten einen* Operator *und dessen Kindknoten die* Operanden *repräsentieren. Im Allgemeinen kann für jedes Programmierkonstrukt ein Operator erzeugt werden, dessen semantisch bedeutsamen Komponenten dann als Operanden gehandhabt werden.*

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

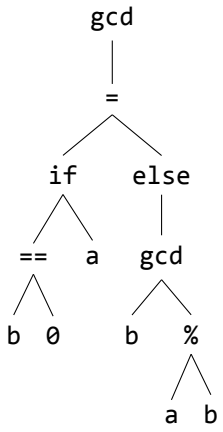


Abbildung 3.1: Beispiel AST für den rekursiven euklidischen Algorithmus

3.3 Objektorientierte Sprachen

Ziel des Generators ist die Erzeugung von Code in einer Objektorientierten[6] Sprache. Aus diesem Grund werden die elementaren Konzepte solcher Sprachen in diesem Abschnitt näher erläutert, sowie die Besonderheiten der Generatorzielsprache (PHP) beschrieben.

Im Gegensatz zu *Prozeduralen Sprachen* (z.B. C), in denen ein Programm eine Liste von Funktionen ist, wird dieses im OO-Programmierparadigma aus der Interaktion von *Objekten* gebildet.

OO-Sprachen stellen eine Teilmenge der Imperativen Sprachen dar. Programme aus einer Imperativen Sprache bestehen dabei aus einer Folge von *Anweisungen* (»Statements«). Anweisungen sind Befehle formuliert in der Syntax der Programmiersprache, bspw. Zuweisungen, Unterprogrammaufrufe oder Schleifen. *Ausdrücke* (»Expressions«) unterscheiden sich zu Anweisungen, indem sie nebenwirkungsfrei sind und nach der Auswertung einen Wert zurückliefern. Viele Programmiersprachen vermischen beide Konstrukte, ein Beispiel dafür ist das Inkrement-Operator (**++**), er inkrementiert den Wert einer Variable und liefert ihn zurück, ist also nicht nebenwirkungsfrei. Ein Operator ist ein Operationssymbol der Programmiersprache mit einer bestimmten Stelligkeit und Notation (Post-, Prä-, Infix). Listing 3.1 zeigt den Aufbau eines Ausdrucks dargestellt durch eine EBNF.

```
Ausdruck ::=  Wert
            | Bezeichner
            | [ Operator ] Ausdruck
            | Ausdruck  [ Operator ]
            | Ausdruck  Operator  Ausdruck
```

Listing 3.1: Aufbau eines Ausdrucks einer Imperativen Programmiersprache als EBNF

`[]` optional, `|` Auswahl, `::=` Definition.

3.3.1 Elemente

Die Beschreibung der Elemente einer OO-Sprache basiert auf [PK12].

[6] nachfolgend nur noch OO

Objekte:

Elementare logische Einheit, kapselt Variablen und *Methoden* (Kapselung) und schützt private Daten vor äußerem Zugriff (Data-Hiding). Der Zugriff auf die Elemente des Objektes wird über *Access Modifier* geregelt. Bilden einen Namensraum und schützen davor das Änderungen an privaten Daten sich auf andere Objekte auswirken.

Klassen:

Klassen beschreiben die Variablen und Methoden für Objekte die aus ihnen erzeugt werden. Ein Objekt ist eine *Instanz* einer Klasse. Eine Klasse kann ein aus ihr erzeugtes Objekt mit bestimmten Vorgabewerten initialisieren. Objekte einer Klasse werden erzeugt oder auch instanziiert durch den Aufruf der Konstruktormethode der Klasse. Die meisten OO-Sprachen bieten Möglichkeiten der Vererbung, d.h. das Klassen gewisse Eigenschaften und Methoden von einer Klasse »erben« können. Weiterhin können Klassen auch abstrakt sein, also die in ihnen enthaltenen Klassen und Methoden sind nur Bezeichner aber besitzen keine Definition. Diese müssen dann von den klassen definiert werden die diese Abstrakten Klassen *implementieren*.

Methoden:

Methoden sind die *Funktionen* des Objektes, sie beschreiben sein *Verhalten*.

Felder:

Felder enthalten die Daten des Objektes. Ihr Inhalt repräsentiert den *Zustand* des Objektes.

Access Modifier:

Access Modifier regeln den Zugriff auf die Elemente eines Objektes, die gebräuchlichsten sind hierbei `public`, `private` und `protected`, durch deren Verwendung wird die Kapselung von Daten erreicht. Welche Arten der Zugriffskontrolle letztendlich vorhanden sind ist abhängig von der verwendeten Programmiersprache.

Namensräume:

Namensräume erlauben die Verwendung von gleichen Bezeichnern in unterschiedlichen Namensräumen. Wie im Punkt Objekte erwähnt, bilden diese bspw. einen eigenen Namensraum. Der Zugriff auf ein Element eines Objektes erfolgt über seinen Namensraum, will man auf das Element `bar` des Objektes `foo` zugreifen, geschieht dies z.B. in PHP folgendermaßen: `foo->bar`.

3.3.2 Typsystem

Markus Voelter definiert den Begriff »Typsystem« auf [Mar13, S. 253] so (eigene Übersetzung):

> **Definition 7** (Typsystem)**.** *Ein Typsystem ordnet den Programmelementen Typen zu und prüft die Konformität dieser Typen nach bestimmten vordefinierten Regeln.*

Der *Typ* ist eine Eigenschaft eines Programmkonstruktes, ein solches Konstrukt ist z.B. eine Konstante, Variable, Methode.

Es wird zwischen zwei grundlegenden Formen von Typsystemen unterschieden, *statisch* und *dynamisch*. Das Unterscheidungskriterium ist der Zeitpunkt der Typprüfung. Dynamische Typsysteme prüfen erst während der Laufzeit des Programms, bei statischen Typsystemen hingegen übernimmt der *Compiler* diese Aufgabe. Ein statisches Typsystem erfordert in den meisten Fällen die explizite Angabe des Typs durch den Programmierer. Programmiersprachen mit statischen Typsystemen welche *Typinferenz* bieten, können oft anhand des Wertes eines Konstruktes seinen Typ erkennen und ersparen in diesen Fällen dem Programmierer dessen explizite Angabe.

3.3.3 PHP

PHP ist eine General Purpose Language die aber vorwiegend auf die Entwicklung von serverseitigen Webapplikationen ausgerichtet ist. PHP Skrip-

te können in HTML-Dateien eingebettet werden, welche der Server bei einer Client-Anfrage verarbeitet, die PHP Elemente durch deren Ausgabe ersetzt und dem Client zurücksendet. Die Sprache gehört somit zu den *Server-Side Scripting Languages*. Die Verwendung ist aber nicht auf diesen Bereich beschränkt, denn PHP Anweisungen müssen nicht in HTML eingebettet sein sondern können auch unabhängig davon, als eigene Datei, ausgeführt werden. Im Gegensatz zu *Java* ist PHP nicht statisch typisiert und muss zur Ausführung auch nicht kompiliert werden. PHP ist *dynamisch typisiert* und wird von einem Interpreter — dem namensgebenden *Hypertext Preprocessor* — ausgeführt. Es werden mehrere Programmierparadigmen unterstützt, seit Version 5.0 neben Imperativer- auch Objektorientierte Programmierung. Version 5.3 fügte die Unterstützung von Closures hinzu.

```
1  <?php ❶
2     require_once('Dto.php'); ❷
3     require_once('OperationDTO.php'); ❷
4
5     class BatchDTO
6     {
7        private $operations = array(); // operationDTO
8
9        function __construct(operationDTO ❸ $operations)
10       {
11          $this->operations = $operations;
12       }
13
14       public function getOperations()
15       {
16          return $operations = $this->operations;
17       }
18
19       public function setOperations(operationDTO $operations)
20       {
21          $this->operations = $operations;
22       }
23
24       public function toJSON()
25       {
26          $json = json_decode(/* BatchDTO */ $this);
27          return $json;
28       }
```

```
29
30          ...
31
32          public static ❹ function fromXML(SimpleXMLElement $xml)
33          {
34              $operations = OperationDTO::fromXML(/* SimpleXMLElement */ $xml->
                    operations);
35              $BatchDTO =  new BatchDTO(/* operationDTO */ $operations);
36              return $BatchDTO;
37          }
38
39          ...
40      }
41
42  ?> ❶
```

Listing 3.2: Durch den Generator erzeugte BatchDTO Datenklasse der Spreadshirt-API als Beispiel für eine PHP-Datei

❶ Start- und Endtags eines PHP-Files, wobei letzteres optional ist. Deren Funktion ist die Abgrenzung vom umliegenden Markup, bspw. wenn der PHP-Code in eine HTML Datei eingebettet ist.

❷ PHP unterstützt das importieren von Quellcodefiles anhand verschiedener Befehle, in diesem Fall `require_once`.

❸ Nur in der Argumentliste einer Methodendefinition sind Typangaben erlaubt, solange der Typ kein primitiver ist, d.h. den sprachinternen primitiven Datentypen wie bspw. String oder Integer entspricht.

❹ Statische Methoden, können ohne Instanz der umgebenden Klasse aufgerufen werden, sind ebenfalls ünterstützt.

4 Generatorsystem für die Spreadshirt-API

»An abstraction is one thing that represents several real things equally well.«

[Dij07, zitiert von David Lorge Parnas]
***Dijkstra** (2007)*

Nachdem in den vorangegangen Kapiteln allgemeine Grundlagen über Webservices (Kapitel 2) und Codegenerierung (Kapitel 3) behandelt wurden, werden in diesem Kapitel die konkreten Datenmodelle, der Generator und der Aufbau der generierten Bibliothek für die Spreadshirt-API beschrieben.

4.1 Konkrete Datenmodelle

Die Datenmodelle welche die Informationen beinhalten aus denen der Generator ausführbaren Quellcode erzeugt, werden im folgenden Abschnitt erläutert. In Abschnitt 4.1.4.1 wird außerdem das in dem Sprachenmodell verwendete Kompositum-Muster erläutert.

4.1.1 REST-Modell

Zuerst muss die abstrakte Beschreibung der Spreadshirt-API von der XML-Form, bestehend aus einem WADL (Abschnitt 2.5) und einem oder mehreren Schemabeschreibungen (siehe Abschnitt 2.2), in ein für den Generator verarbeitbares Format überführt werden.

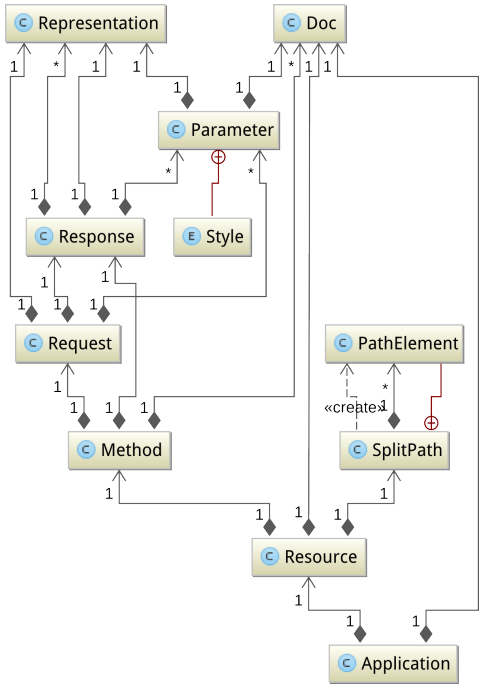


Abbildung 4.1: UML Klassendiagramm des REST-Modells

Die durch die WADL-Datei beschriebene Baumstruktur muss in ein Datenmodell bestehend aus Klassen und Objekten transformiert werden. Um effektiv mit der XML Darstellung arbeiten zu können wird diese zuerst mit einem Parser (siehe Abschnitt 5.1) in ein *Document Object Model* (kurz DOM) überführt welches im Arbeitsspeicher gehalten wird und damit einen schnellen Zugriff für nachfolgende Operationen darauf erlaubt. In einem nächsten Schritt wird das DOM, welches noch viele XML spezifische Informationen enthält, auf die wesentlichen API beschreibenden Merkmale reduziert. Im Gegensatz zu der in Abbildung 2.3 veranschaulichten Webanwendungsbeschreibung werden Referenzen durch deren Definition im Modell ersetzt. Die Klassenamen des Datenmodells orientieren sich an den WADL Elementnamen.

Wurzelelement des Modells (siehe Abbildung 4.1) ist die Klasse **Application**, sie enthält *Ressource*-Objekte und den Basisbezeichner der API bspw. `http://api.spreadshirt.net/api/v1/`.

Eine **Ressource**-Klasse enthält eine Menge von *Method*-Objekten, sowie einen Ressourcenbezeichner, dieser ist relativ zum Basisbezeichner des Wurzelelements. Die Ressourcenbezeichner können *Template-Parameter* enthalten, diese werden bei einer Anfrage durch einen konkreten Wert ersetzt. Beispielweise enthält der Bezeichner für die Ressource eines bestimmten Users den Template-Parameter `{userid}`, vollständiger Ressourcenbezeichner `users/{userid}`. Ressourcenbezeichner werden durch die Klasse **SplitPath** repräsentiert.

Jede **Method**-Klasse enthält ein *Request* und ein *Response* Objekt. Sie enthalten die nötigen Informationen für den Aufruf der Methode, bzw. über den Aufbau der Antwortnachricht.

Eine **Request**-Klasse enthält eine Liste von Query-Parametern sowie ein *Representation* und *Response* Objekt.

Parameter enthält Angaben zum *Style*, Typ, Vorgabewert und ob dessen Angabe »required«, also notwendig ist. Die Angabe des Typs ist eine Referenz auf einen Typ aus einer XML-Schemabeschreibung. Der *Style* gibt an wie der Parameter übermittelt wird, als Teil der Query `?mediaType=xml`, *Key-Value Pair* des HTTP-Header oder als *Template-Parameter* des Ressourcenbezeichners.

Die Klasse **Response** enthält eine Liste mit *Representation*-Objekten und Parameter-Objekten. Die Objekte vom Typ Representation enthalten die Beschreibung der Daten die bei einer erfolgreichen Anfrage an die Ressource zurückgesendet werden, sowie die der Fehlermeldung welche der Client anderenfalls erhält. Zwischen einer Fehlermeldung und einer erfolgreichen Anfrage kann anhand des Werts des HTTP-Statuscodes unterschieden werden. Erfolgreiche Anfragen liefern in der Antwort smeist einen Statuscode 200 **OK** oder 201 **Created** zurück, abhängig von der Anfragemethode. Die Response Parameter geben Einträge im HTTP-Header an, welche für den Client nützliche Informationen enthalten. Legt der Client z.B. via POST auf der Ressource `sessions` eine neue API-Session an, so enthält das Feld `Location` des HTTP-Headers der Serverantwort eine URL auf die Ressource der angelegten Session.

Die **Representation**-Klasse dient zur Beschreibung der Daten welche entweder zur API gesendet oder von dieser empfangen werden, sie besteht aus einer Angabe des *media-type*, des HTTP-Statuscodes und eine Referenz auf die Definition des Datentyps. Das *Representation*-Objekt des Request einer PUT- oder POST-Methode charakterisiert zum Beispiel den Aufbau der Daten welche der Ressource übermittelt werden, üblicherweise im HTTP-Body. Die Charakterisierung erfolgt dabei in Form einer Referenz auf einen Typ aus einer Schemabeschreibung sowie der Angabe des *media-type*. Beispielsweise enthält das *Representation*-Objekt der PUT-Methode auf Ressource `users/{userId}/designs/{designId}` den media-type `application/xml` und eine Referenz auf den Typ `sns:design`.

Referenzen auf Typdeklaration aus einer Schemabeschreibung werden nachfolgend im Modell durch die konkrete Deklaration des Typs aus der XML-Schemabeschreibung ersetzt, siehe Abschnitt 4.1.3.

Ein Objekt der **Doc**-Klasse enthält einen Titel und eine Kurzbeschreibung des zugehörigen Elements. Der Generator erzeugt daraus Quellcodekommentare für die Dokumentation der Bibliothek.

4.1.2 Schema-Modell

Wurzel des Schemadatenmodells ist die Klasse **Schema**. Ein Schema kann Objekte vom Typ *Complex-* und *SimpleType* sowie *Attribute* und *Element* enthalten.

XSD-Dateien (siehe Abschnitt 2.3.1) erlauben das importieren anderer Schemadefinitionen, die Klasse **Import** ermöglicht dies im Schemamodell. Sie besitzt ein Objekt des zu importierenden Schemas sowie eine URI auf die zugehörige XSD-Datei.

Primitive Schematypen werden durch die Klasse *SimpleType* abgebildet. Objekte dieser Klasse enthalten eine Kennzeichnung der Art des SimpleType (Enumerator, Liste, einfacher Wert) und bei Enumeratoren zusätzlich die einzelnen Enumeratorwerte, sowie die Angabe des Basisdatentyps.

Die **ComplexType**-Klasse repräsentiert die gleichnamigen strukturierten Typen aus der Schemabeschreibung. Ein ComplexType kann Attribute,

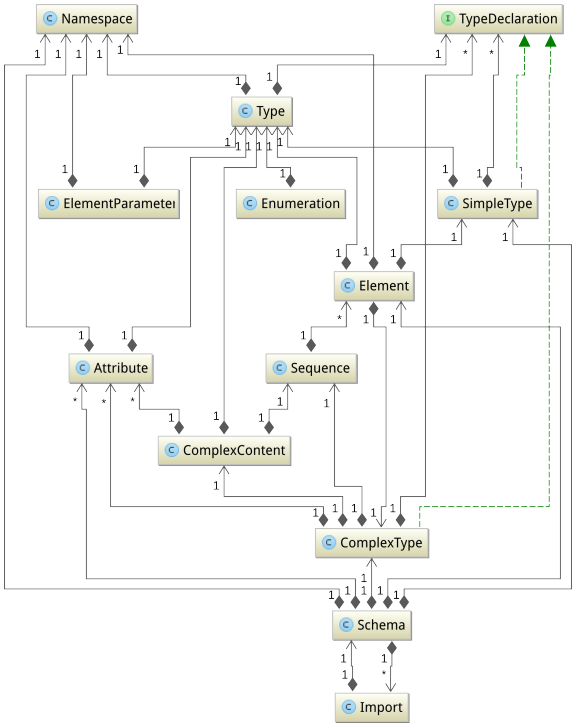


Abbildung 4.2: UML Klassendiagramm des Schemadatenmodells

Elemente, Elementsequenzen und strukturierten Inhalt (*ComplexContent*) enthalten.

ComplexContent kann die gleichen Objekte wie *ComplexType* enthalten, sowie einen Basistyp der Erweitert oder Eingeschränkt wird (»derivation by extension/restriction«).

Attribute werden durch die gleichnamige Klasse **Attribute** gekapselt, sie besitzen einen Attributnamen sowie eine Definition ihres Typs.

Elementsequenzen werden durch die **Sequence**-Klasse repräsentiert. Sie enthält einen Reihenfolgeindikator (siehe Abschnitt 2.3.1) und die Elemente der Sequenz.

Objekte der Klasse **Element** besitzen einen Bezeichner, sowie einen Complex- oder SimpleType und optional eine Angabe der Auftrittshäufigkeit. Die Klasse *ElementParameter* dient nur zur Kapselung der Daten welche an den Konstruktor der Elementklasse gegeben werden.

Durch die Klasse **Namespace** werden der Namensraumbezeichner und der konkrete Namensraum eines Typs aus dem Schema gekapselt.

```
<xs:element
    xmlns:tns="http://api.spreadshirt.net"
    type="tns:point" name="point"/>

<xs:complexType name="point">
    <xs:sequence>
        <xs:element type="xs:double" name="x"/>
        <xs:element type="xs:double" name="y"/>
    </xs:sequence>
    <xs:attribute
        xmlns:tns="http://api.spreadshirt.net"
        type="tns:unit" name="unit"/>
</xs:complexType>
```

Listing 4.1: Point Datentyp aus der Spreadshirt-API Schemabeschreibung

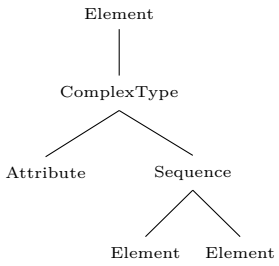


Abbildung 4.3: Klassendarstellung des Datentyps Point im Schemamodell

4.1.3 Applikationsmodell

Das Applikationsmodell ist die Gesamtheit des REST- und Schemamodells. Referenzen auf Typenbeschreibungen im REST-Modell werden durch deren Definition im Schemamodell ersetzt. Dieses gemeinsame Modell dient dem Generator als Eingabequelle.

4.1.4 Sprachenmodell

Die Aufgabe des Generators ist die Transformierung des Applikationsmodells in das Modell der Zielsprache.

Um die gewünschte Austauschbarkeit der Zielsprache zu gewährleisten wurde ein abstraktes Sprachenmodell entworfen welches die Konstrukte einer dateibasierten Objektorientierten Programmiersprache (siehe Abschnitt 3.3) abbildet. Die gewünschte Zielsprache muss dabei die Klassen und Methoden des Modells implementieren sowie eine *Language Factory* (siehe Abschnitt 4.2.1) bereitstellen um vom Generator genutzt werden zu können. Um Semantik und Syntax der Zielsprache im Modell zu trennen — abgesehen von Symbolen und Schlüsselwörtern — wird die Syntax in der Klasse

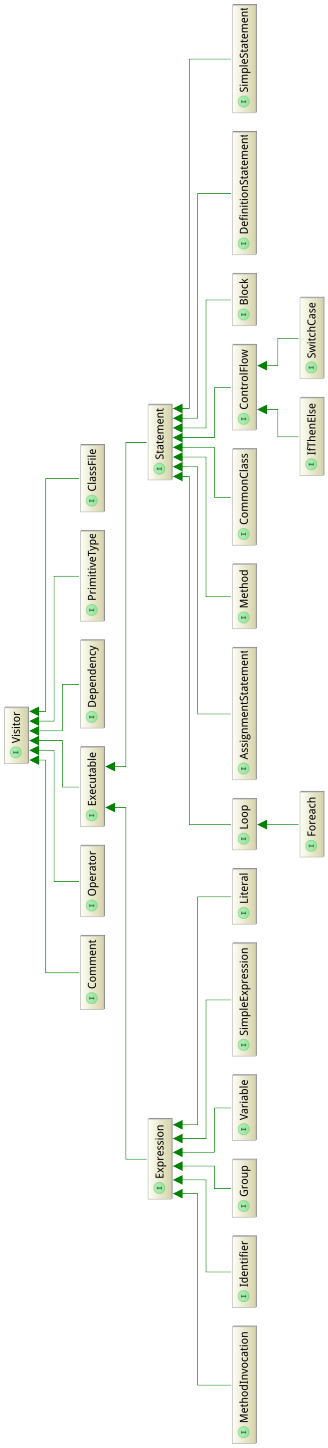


Abbildung 4.4: UML Klassendiagramm des Zielsprachenmodells

LanguageVisitor (siehe Abschnitt 4.2.1.1) gekapselt. Das Sprachenmodell kapselt somit die Semantik der Zielsprache.

Alle Interfaces des Modells (siehe Abbildung 4.4) erweitern das Interface **Visitor**, somit ist sichergestellt das alle Klassen die diese Schnittstellen implementieren eine *accept*-Methode für den *LanguageVisitor* bereitstellen.

Basis des Modells ist das Interface **ClassFile**, es abstrahiert eine Klassendatei mit den Eigenschaften:

- Dateiname
- Namensraum
- Liste von Abhängigkeiten (*Dependency*-Klasse)
- Klassendefinition

Die Liste von Abhängigkeiten der zu generierenden Klassen muss vorher aus dem Eingabemodell ermittelt werden, dies geschieht durch Analyse der in den Elementdefinitionen des Schemamodells enthaltenen Typen.

Dependency enthält das Schlüsselwort oder Methodenaufruf zum Import einer Quellcodedatei. In PHP werden solche Dateien bpsw. so importiert: `require_once("foo.php");`.

Executable implementieren alle Elemente der Zielsprache die »ausführbar« sind. Das Modell unterscheidet dabei zwischen *Ausdruck* und *Anweisung* (siehe Abschnitt 3.3).

Das Interface **CommonClass** dient zur Implementierung einer Klassendefinition. Da das Interface selbst *Statement* erweitert, kann eine Klasse weitere Klassendefinitionen beinhalten. Eine Klassendefinition besteht dabei aus einem Klassename, Modifiers und aus einer Menge von Statements:

- *DefinitionStatement* zur Einführung von lokalen Variablen.
- *Method* zur Definition von Methoden.

Das **Modifier**-Interface deklariert Methoden um die Schlüsselwörter für *Sichtbarkeitsmodifikatoren* (»Access Modifier«) und »Non Access Modifiers« wie `static` oder `final`, zu erhalten.

Durch das **Method**-Interface kann eine Methodendefinition implementiert werden. Eine Methode beinhaltet dabei:

- Modifier
- Methodenname
- Rückgabetyp
- Liste von Parametern (Parameter können dabei alle Klassen sein die *Expression* implementieren)
- *Block*

Block kapselt eine Menge von Statements.

Operatoren der Zielsprache müssen das Interface **Operator** implementieren, ein Operator ist durch seine Arität (Stelligkeit), Notation und sein Symbol gekennzeichnet. Zum Beispiel der Dereferenzierungsoperator in PHP ist *zweistellig*, *Infix* notiert und durch das Symbol `->` gekennzeichnet.

Keywords und **Symbols** dienen zur Kapselung der Schlüsselwörter und Symbole einer Sprache. Keywords enthält Methoden zur Abfrage typischer Schlüsselworte wie `class`, `import`, `new` oder `this`. Sprachspezifische Symbole wie *Verkettungs*- und *Scope*-Operatoren oder Präfixe für Variablennamen können über Methoden der Klasse Symbols vom Generator abgefragt werden.

4.1.4.1 Kompositum-Pattern im Sprachenmodell

Zweck des Composite- oder auch Kompositum-Patterns die Gleichbehandlung von Einzel- elementen und Elementgruppierungen in einer verschachtelten Struktur (z. B. Baum), sodass aus Sicht des Clients keine explizite Unterscheidung notwendig ist (nach [ES13, S. 102]).

Anwendung fand das Pattern an zwei Stellen im Modell, erstens in den Klassen welche **Expression** und zweitens welche **Statement** implementieren. Ein Beispiel für den Aufbau eines Ausdrucks durch Klassen des Interface *Expression* aus dem Sprachenmodell zeigt Abbildung 4.5. Von *Statement* abgeleitete Klassen können ebenso eine Baumstruktur bilden. *Block* kann bspw. selbst wieder Codeblöcke — also Statements vom Typ Block — enthalten.

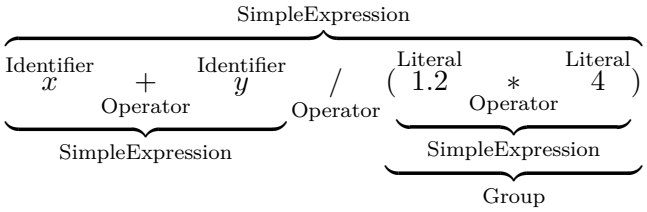


Abbildung 4.5: Beispiel für den Aufbau einer »Expression« im Sprachenmodell

4.2 Codegenerator

Nachdem in Abschnitt 4.1 die Datenmodelle des Generators betrachtet wurden, widmet sich dieser Abschnitt nur dem Aufbau des Codegenerators und den dort verwendeten Entwurfsmustern, *Factory* (Abschnitt 4.2.1) und *Visitor* (Abschnitt 4.2.1.1). Abbildung 4.6 zeigt ein Ablaufdiagramm des Generators.

4.2.1 Language Factory

Das *Factory*-Pattern behandelt das Problem Familien von Objekten erzeugen zu wollen ohne die konkreten Klassen zu spezifizieren, sondern nur Interfaces festzulegen [ES13, S. 26]. Um eine Zielsprachenunabhängigkeit zu erreichen, wird dem Generator bei der Erzeugung eine Factory übergeben die das Interface *Language Factory* des Sprachenmodells implementiert.

Der Generator erzeugt Sprachelemente nur über diese Factory. Ein Aufruf einer Factorymethode gibt ein Sprachelement der Zielsprache zurück, der Generator kennt aber nur den Interface-Typ. Für ihn ist die konkrete Implementierung somit transparent. Die *Language Factory* bildet damit die Schnittstelle zwischen dem Generator und der Implementierung des Zielsprachenmodells.

4.2.1.1 Language Visitor

Eilebrecht und Starke definieren den Verwenduszweck des Patterns in [ES13, S. 60] so:

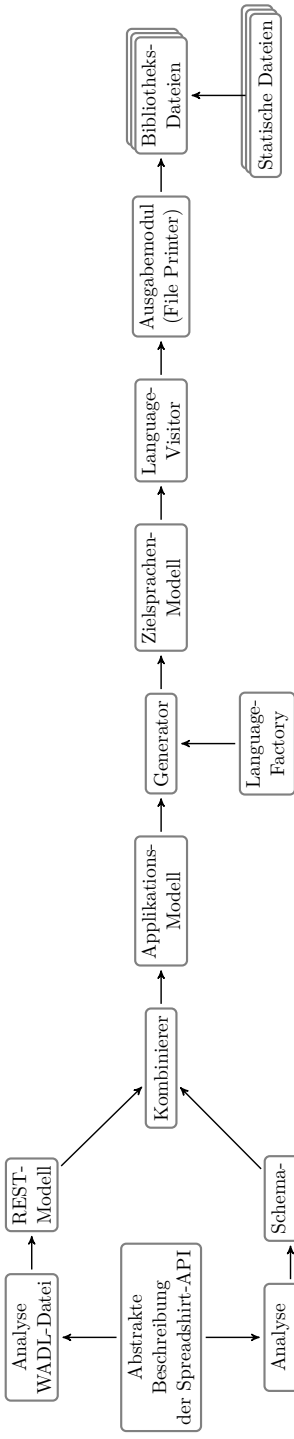


Abbildung 4.6: Ablaufdiagram des Generators

> *»Dieses Pattern ermöglicht es, neue Operationen auf den Elementen einer Struktur zu definieren, ohne die Elemente selbst anzupassen.«*

Die Aufgabe des *Language Visitor* im Generator ist die Transformation des Sprachenmodells in eine Zeichenketten-Darstellung. Wie in Abschnitt 4.1.4 schon erwähnt, enthält die Klasse die das *LanguageVisitor*-Interface implementiert, Regeln für eine syntaktisch korrekte Ausgabe des Sprachenmodells. Zusätzlich können in den LanguageVisitor »code conventions« implementiert werden, bspw. Einrückungstiefen, Zeilenlängen etc.

4.2.2 Ausgabemodul

Das Ausgabemodul beinhaltet Methoden zur Speicherung der Zeichenkettendarstellung aus dem *Language Visitor*. Üblicherweise ist dies die Speicherung in Dateiform, es ist aber ebenso die Ausgabe auf `stdout` oder die Speicherung in einer Datenbank möglich.

4.3 Client-Bibliothek

Die generierte Client-Bibliothek lässt sich in 2 verschiedene Arten von Klassen gliedern:

erstens Klassen die die Elemente und Typen aus der XML-Schemabeschreibung repräsentieren (*Datenklassen*);
zweitens solche die API-Ressourcen und deren Methoden abbilden (*Ressourcenklassen*).

Zusätzlich wurden für Aufgaben wie HTTP-Methodenaufrufe, die keiner Generierung bedürfen, manuell Klassen mit statischen Methoden erstellt. Dem Generator werden die Klassen als Abhängigkeiten im Eingabemodell bekannt gegeben und an enstprechender Stelle durch ihn als *Import*-Anweisungen in der Bibliothek eingefügt.

4.3.1 Datenklassen

Die Datenklassen sind die zielsprachenabhängige Repräsentation der Elemente und Typen aus der XML-Schemabeschreibung.

Der Name der Klasse entspricht dabei der Bezeichnung des Typs oder Elements. Die Variablen einer solchen Klasse sind die Attribute und Elemente aus der Schemabeschreibung des Typs. PHP bietet keine Enumeratoren, deshalb werden die einzelnen Enum-Werte als statische Variablen vom Typ `string` generiert. Für alle Variablen werden außerdem Getter- und Setter-Methoden durch den Codegenerator erzeugt.

Konstruktoren zur Erzeugung von Objekten aus den Datenklassen werden ebenfalls vom Generator erstellt. Dabei werden die *Häufigkeitsindikatoren* aus der Schemabeschreibung berücksichtigt. Bei einem `minOccurs`-Wert größer 1, wird das Element zu den Konstruktor-Parametern hinzugefügt. Somit ist sichergestellt das notwendigen Angaben auch Werte zugeordnet werden.

Methoden zur De-/Serialisierung (siehe Abschnitt 4.3.3) in eine der beiden von der Spreadshirt-API unterstützen Dokumentbeschreibungsformate (JSON, XML) sind ebenfalls Bestandteil einer Datenklasse.

Listing 4.2 zeigt einen gekürzten Ausschnitt der generierten Datenklasse zum Element `Point` aus der Schemabeschreibung der Spreadshirt-API.

```
1  <?php
2     require_once('Unit.php');
3
4     class Point
5     {
6        private $unit; // unit
7        private $y; // double
8        private $x; // double
9
10       function __construct(
11             /* double */ $y,
12             /* double */ $x
13          )
14       {
15          $this->y = $y;
16          $this->x = $x;
```

```
17          }
18
19          public function setUnit(
20                /* unit */ $unit
21             )
22          {
23             $this->unit = $unit;
24          }
25
26          public function toJSON()
27          {
28             $json = json_decode(/* Point */ $this);
29             return $json;
30          }
31
32          public function toXML()
33          {
34             $xml =  new SimpleXMLElement(/* Point */ '<login xmlns="http://api
                    .spreadshirt.net"/>');
35             $xml->addChild(/* string */ 'unit',/* unit */ $this->unit);
36             $xml->addChild(/* string */ 'y',/* double */ $this->y);
37             $xml->addChild(/* string */ 'x',/* double */ $this->x);
38             return $xml->asXML();
39          }
40
41          public static function fromXML(
42                /* SimpleXMLElement */ $xml
43             )
44          {
45             $unit = Unit::fromXML(/* SimpleXMLElement */ $xml->unit);
46             $y = $xml->y;
47             $x = $xml->x;
48             $Point =  new Point(/* double */ $y,/* double */ $x);
49             $Point->setUnit(/* unit */ $unit);
50             return $Point;
51          }
52
53          ...
54
55          public function getX()
56          {
57             return $x = $this->x;
58          }
59       }
60    ?>
```

Listing 4.2: Point-Klasse als (gekürztes) Beispiel für eine generierte Datenklasse

4.3.2 Ressourcenklassen

Ressourcenklassen sind die zielsprachenabhängige Abbildung der Ressourcenbeschreibungen aus WADL-Datei der Spreadshirt-API.

Eine Ressourcenklasse beinhaltet:

- ❶ ein Feld welches die Basis-URL der API beinhaltet;
- ❷ ein Feld in welches die komplette URL, inklusive der ersetzten Template-Parameter (siehe Abschnitt 4.1.1), der Ressource erhält;
- ❸ eine Menge von Feldern die jeweils einem Template-Parameter zugeordnet sind;
- ❹ einen Konstruktor dessen Argumente den Template-Parametern entsprechen und der aus diesen und der Basis-URL die Ressourcen-URL erstellt;
- ❺ Abbildungen der Methoden aus der Ressourcenbeschreibung. Methodenparameter die zur Authentifizierung an der API notwendig sind, werden durch einen Parameter der Klasse APIUSER (siehe Abschnitt 4.3.4.2) substituiert ❻.

Listing 4.3 beinhaltet die generierte Klasse zur Ressource `users/userId/products` der Spreadshirt-API.

```php
<?php
   require_once('Static/methods.php');
   require_once('Static/apiUser.php');

   /* Create or list products for user. */
   class UsersUserIdProducts
   {
      private $baseUrl = 'http://192.168.13.10:8080/api/v1/'; // string ❶
      public $userId; // string ❸
      private $resourceUrl = ''; // string ❷

      /*  */
      public function POST( ❺
            /* array */ $parameters,
            /* ApiUser */ $apiUser,
            /* ProductDTO */ $productDTO
         )
      {
```

```
19          $auth = $apiUser->getAuthentificationHeader(/* string */ 'POST',/*
                string */ $this->resourceUrl);
20          return Methods::post(/* string */ $this->resourceUrl,/* string */
                $auth,/* array */ $parameters,/* ProductDTO */ $productDTO);
21      }
22
23      /* Sample Url is:  http://192.168.13.10:8080/api/v1/users/40000/
            products?apiKey=123456789&sig=
            e8673f36a0747168deab4b5b1dd6e86667dfba73&time=1378985680084&
            sessionId=123Sample Url for full data is:  http
            ://192.168.13.10:8080/api/v1/users/40000/products?apiKey
            =123456789&sig=bf37a3ca1821ac477dfd4ebedaa40f2be0d9cc17&time
            =1378985680108&sessionId=123&fullData=true&limit=10 */
24      public function GET( ❺
25            /* array */ $parameters,
26            /* ApiUser */ $apiUser ❻
27          )
28      {
29          $auth = $apiUser->getAuthentificationHeader(/* string */ 'GET',/*
                string */ $this->resourceUrl);
30          return Methods::get(/* string */ $this->resourceUrl,/* string */
                $auth,/* array */ $parameters);
31      }
32
33      function __construct( ❹
34            /* string */ $userId
35          )
36      {
37          $this->userId = $userId;
38          $this->resourceUrl = $this->baseUrl . 'users' . '/' . $userId . '
                products';
39      }
40  }
41  ?>
```

Listing 4.3: Klasse zur Ressource `users/userId/products` als Beispiel für eine Ressourcenklasse

4.3.3 De-/Serialisierer

Um *Ressourcen-Repräsentationen* (siehe Abschnitt 2.4.1.2) mit der Spreadshirt-API transportunabhängig austauschen zu können müssen die strukturierten Datenklassen *serialisiert* werden. In umgekehrter Richtung müssen *Re-*

präsentation aus der API deserialisiert — also wieder in eine Datenklasse transformiert — werden.

Die Datenklassen-Methoden zur Serialiserung und Deserialiserung besitzen einheitliche Bezeichner, nach dem Schema `toXML`, `toJSON`, respektive `fromXML`, `fromJSON`. Die Deserialisierer-Methoden sind *statisch*, um das unnötige Instanziieren einer Datenklasse zu vermeiden, nur um ihre Klassendarstellung aus der serialisierten Form zu erhalten.

Beispiele für beide Arten finden sich in Listing 4.2.

4.3.4 Statische Klassen

Statische Klassen bedeutet in dem Codegenerierungskontext, dass diese *manuell* erstellt wurden.

Die Client-Bibliothek beinhaltet dabei zwei dieser Klassen:

1. zur Kommunikation mit der API über HTTP-Methoden
2. zur Kapselung von Authentifizierungsinformationen

Den Import beider Klassen zeigt Listing 4.3 in Zeile 2 und 3.

4.3.4.1 Nutzung der HTTP-Methoden

Um die generierten Ressourcenklassen nicht unnötig zu vergrößern wurde der *einheitliche* Vorgang zum Aufruf der HTTP-Methoden in eine manuell erstellte Klasse ausgelagert.

Listing 4.3 zeigt in Zeile 20 und 30 den Aufruf zweier solcher Methoden aus einer Ressourcenklasse.

4.3.4.2 API Authentifizierung

In der Spreadshirt-API sind geschützte und ungeschützte Ressourcen vorhanden. Eine Ressource kann dabei durch

Das zur Authentifizierung eines API-Nutzers verwendete Protokoll *SprdAuth* basiert auf »HTTPs Authorization Request Header« sowie dem »WWW-Authentificate Response Header« [BB13].

Die Spreadshirt-API unterstüzt dabei die Übergabe der nötigen Authentifizierungsparameter als Teil der URI-Query oder in Form des *Authentification-Header*. Die erzeugte Client-Bibliothek beschränkt sich dabei auf die Nutzung des *Authorization-Headers*, dieser besitzt folgenden Aufbau:

```
1 Authorization: SprdAuth apiKey="<apikey>", ❶
2                data="<method>␣<url>␣<time>",
3                sig="SHA1(<method>␣<url>␣<time>␣<secret>␣❷ )",
4                sessionId="<sessionId>" ❸
```

Listing 4.4: Aufbau des Spreadshirt Authentification Header

Die Klasse **ApiUser** kapselt die Daten die zur Authentifizierung an der API nötig sind und stellt eine Methode bereit die dem Nutzer das erstellen des Authorization-Headers erspart. Der Konstruktor der ApiUser-Klasse erwartet dabei die Angabe der folgenden Parameter:

- *UserID*, die Indentifikationsnummer des Spreadshirt-Nutzers
- *ApiKey* und *Secret* (❶, ❷), diese Informationen erhält der Nutzer wenn er sich als API-User bei Spreadshirt registriert
- *SessionID* (❸), die SessionID ist in der Response der POST-Methode auf Ressource `sessions` enthalten.

Alle Methoden die eine Authentifizierung benötigen erhalten vom Codegenerator einen Parameter vom Typ *ApiUser* wie ❺ in Listing 4.3 zeigt.

5 Implementierung

> »Hofstadter's Law: It always takes longer than you expect, even when you take into account Hofstadter's Law.«
>
> *[Hof99, S. 152]*
> ***Hofstadter** (1999)*

Dieses Kapitel begründet die Entscheidung für den gewählten XML-Parser anhand eines Vergleichs verschiedener Parser-Modelle in Java.

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.

Tabelle 5.1 enthält eine Übersicht zu den Parsing-Konzepten, ausgenommen TrAX da diese API vorwiegend für die Modifikation von XML-Dateien gedacht ist.

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 Standart DOM-Parser Implementierung verwendet.

	DOM	**SAX**	**StAX**
API-Typ	In-Memory Tree	push-streaming	pull-streaming
Speicherverbrauch	hoch	gering	< DOM
Prozessorlast	hoch	gering	gering
Elementzugriff	beliebig	seriell	seriell
Nutzerfreundlichkeit	niedrig	hoch	mittel
XML schreiben	ja	nein	ja

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

6 Evaluation

»There are two ways to write error-free programs; only the third one works«

[Per82]
***Perlis** (1982)*

Die Bewertung — oder auch Evaluierung — der generierten Client-Bibliothek gegenüber den Anforderungen (siehe Abschnitt 1.1) anhand von Anwendungsbeispielen ist Bestandteil dieses Kapitels.

6.1 PHP-Zielsprachenmodell

Das PHP-Zielsprachemodell ist die Implementierung der Schnittstellen die durch das Sprachenmodell vorgegeben sind.

Abbildung 6.1 zeigt die Gegenüberstellung von Listing 6.1 in Form des Abstract Syntax Tree der durch das Sprachmodell gebildet wird.

```
1  <?php
2     require_once('Dto.php');
3     require_once('OperationDTO.php');
4
5     class BatchDTO
6     {
7        private $operations = array(); // operationDTO
8        ...
9        public static function fromXML(
10             /* SimpleXMLElement */ $xml
11          )
12       {
13          $operations = OperationDTO::fromXML(/* SimpleXMLElement */ $xml->
                operations)
```

```
14  ;           ...
15          }
16          ...
17      }
18  ?>
```

Listing 6.1: Ausschnitt der Datenklasse BatchDTO

6.2 Nutzbarkeit

Quellcodefiles welche Bibliotheksfunktionalitäten nutzen müssen im Wurzelverzeichnis selbiger liegen. Dies ist damit begründet das der PHP-Interpreter bei Importanweisungen mit relativen Pfaden, den aktuellen Pfad der ausgeführten Datei als Basis nimmt.

Derzeit ist die Bibliothek noch eingeschränkt nutzbar, da die De-/Serialisier von strukturierten Typen noch nicht fehlerfrei generiert werden. Die Informationen die nötig sind um Datenklassen verlustfrei zu serialisieren bzw. deren XML-Repräsentation zu deserialisieren sind im Schema-Modell (siehe Abschnitt 4.1.2) vorhanden, der Algorithmus im Codegenerator zur Erzeugung dieser Methoden muss deshalb überarbeitet werden.

6.3 Leistungsbewertung

Im folgenden soll eine typischer Arbeitsablauf mit der Client-Bibliothek gezeigt werden. Der Client sollte zum Einstieg ein Objekt der Datenklasse **LoginDTO** anlegen ❶ und seine Login-Informationen eintragen, dies wird benötigt um über die Ressourcenklasse **Sessions** auf der gleichnamigen API-Ressource eine neue Sitzung (»Session«) anzulegen. Die *Response* der Session-Ressource enthält eine URI auf die Ressource der angelegten Sitzung. Diese URI enthält die *SessionID* welche durch ❸ aus der URI extrahiert wird.

Nun sind alle nötigen Informationen vorhanden um ein Objekt der Klasse **ApiUser** anzulegen ❹, welches die Authentifizierungsinformationen für gesicherte Ressourcen der Spreadshirt-API enthält.

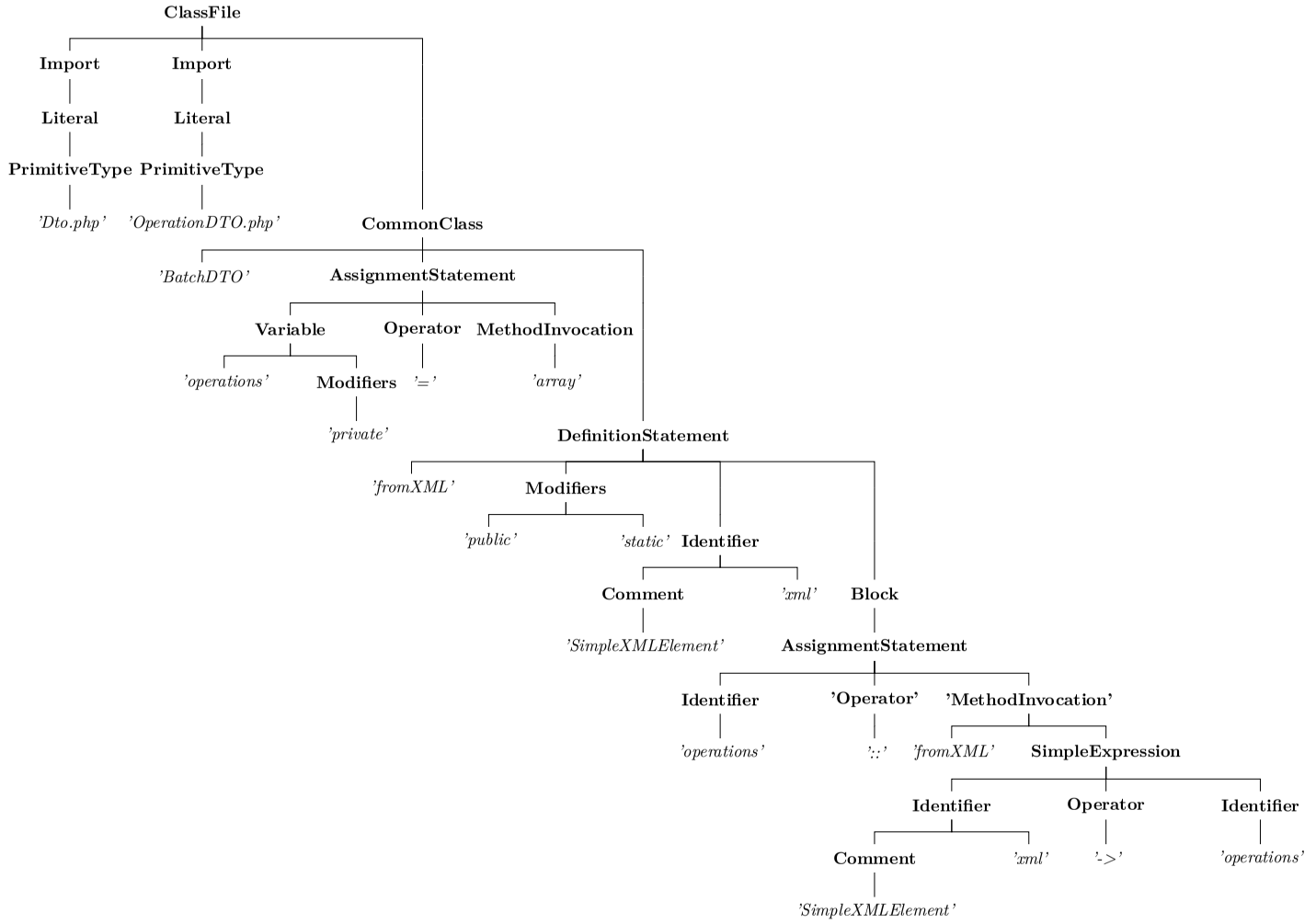


Abbildung 6.1: Darstellung von BatchDTO aus Listing 6.1 im Sprachenmodell [**Klasse**, *Zeichenkette*]

Nun kann über die Bibliotheksklassen auch auf geschützte API-Ressourcen zugegriffen werden, in diesem Fall werden bspw. die Produkte eines bestimmten Users abgefragt. Entegegen den vorherigen Aufrufen von Methoden der Ressourceklassen wird ein Parameter-Array erzeugt ❺ um den *mediaType* der Response festzulegen. Vor dem Zugriff auf die Ressource muss noch die entsprechende Ressourcenklasse instanziiert werden ❻.

```php
<?php

require_once("data/LoginDTO.php");
require_once("Static/apiUser.php");
require_once("resources/UsersUserId.php");
require_once("resources/UsersUserIdProducts.php");
require_once("resources/Sessions.php");

$loginDTO = new LoginDTO(); ❶
$loginDTO->setUsername("username");
$loginDTO->setPassword("password");
$resource = new Sessions();
$session = $resource->POST(null, $loginDTO); ❷
$sessionId = preg_replace('/.*\//',"",$session['header']['Location']); ❸

$apiUser = new ApiUser("userId", "apiKey", "secret", $sessionId); ❹

$parameters = array("mediaType"=>"json"); ❺
$resource = new UsersUserIdProducts($userId); ❻
$products = $resource->GET($parameters, $apiUser); ❼

?>
```

Listing 6.2: Beispiel für eine Interaktion mit der Spreadshirt-API über die generierte Client-Bibliothek (Authentifizierungsinformationen wurden anonymisiert)

7 Schlussbetrachtung

»Der Zauber steckt immer im Detail.«

[Fon+94]
Fontane u. a. *(1994)*

7.1 Ausblick

Der in dieser Arbeit dokumentierte Codegenerator bietet mehrer Ansatzpunkte für Erweiterungen oder Verbesserungen:

- Generierung eines *Fluent-Interface* Pattern. Dieses Entwurfsmuster wurde von Fowler in [Fow10] beschrieben und basiert auf der Technik des »method-chaining«, also der Hintereinanderausführung von Methoden, wobei jede Methode mit dem Resultat der vorangegangen arbeitet.
- Die Erzeugung von Parameterobjekten welche die Parametersignatur der jeweiligen Methode repräsentieren, wird verhindert das der Nutzer unerlaubte Parameter an eine Methode übergibt. Dies ist derzeit möglich, da vom Nutzer beliebiger Inhalt die Arrays eingetragen werden kann, die zur Übermittlung der Methodenparameter dienen.
- Implementierung weiterer Sprachenmodelle, bspw. zur Generierung einer Java-Bibliothek.
- Erzeugung von Tests durch den Generator um die generierte Bibliothek automatisch prüfen zu können.

7.2 Fazit

Der entwickelte Codegenerator zur Erzeugung einer Client-Bibliothek für die Spreadshirt-Api ...
Vorteile die sich daraus ergeben...
Probleme bei der Erstellung...

Glossar

API: *Application Programming Interface* (deutsch: »Schnittstelle zur Anwendungsprogrammierung«) spezifiziert wie Softwarekomponenten über diese Schnittstelle miteinander interagieren können . 2, 7, 9, 17, 28

DSL: *Domain Specific Language* (deutsch: »Domänenspezifische Sprache«) ist eine Programmiersprache die nur auf eine bestimmte Domäne oder auch Problembereich optimiert ist. . C, 2

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. *siehe* XSD

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. 6, 9, 22, *siehe* XML

MDE:
Model Driven Engineering. *siehe* MDSD

MIME:
Multipurpose Internet Mail Extensions dienen zu Deklaration von Inhalten (Typ des Inhalts) in verschiedenen Internetprotokollen. . 23

REST:
Representational State Transfer (deutsch: »Gegenständlicher Zustandstransfer«) ist ein Softwarearchitekturstil für Webanwendungen, welcher von Roy Fielding in seiner Dissertation [1] beschrieben wurde. Die Daten liegen dabei in eindeutig addressierbaren *resources* vor.

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

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` . 6, 17, 21

RESTful:
Als *RESTful* bezeichnet man einen Webservice der den Prinzipien von REST entspricht. 17, *siehe* REST

URI: *Unified Resource Identifier* ist ein Folge von Zeichen, die einen Name oder eine Web-Ressource identifiziert.. 6, 13, 17, 20, 24, 40, 54

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`. *siehe* URI

WADL:
Web Application Description Language ist eine maschinenlesbare Beschreibung einer HTTP-basierten Webanwendung. 6, 22, 27, 30, *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] . 6, 8, 9

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. 6, 10, 12, *siehe* XML

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.

[2] `http://www.w3.org/TR/REC-xml`

Der *AST* stellt für gewöhnlich nicht alle Details des Quelltextes dar, bspw. formatierende Element wie etwa Klammern werden häufig weggelassen. . 31, 57

Closure:
Eine *Closure* ist eine Funktion welche die besondere Eigenschaft besitzt auf Variablen aus ihrem Entstehungskontext zugreifen zu können. Die Funktion wird meist in einer Variablen gespeichert um den Zugriff darauf zu sichern. . 35

General Purpose Language:
Eine *General Purpose Language* bezeichnet eine Programmiersprache welche für den Einsatz in den verschiedensten Anwendungsbereichen verwendet kann, im Gegensatz zur einer Dsl, welche nur auf einen speziellen Bereich beschränkt ist. . 34

Abbildungsverzeichnis

1.1 Aufbau des Generatorsystems 2
1.2 Spreadshirt Logo 3

2.1 vordefinierte XSD Datentypen nach [W3C12] Kapitel 3 . . . 16
2.2 Beispiel-URI, um den Artikel 42 aus dem Warenkorb 84 anzusprechen 21
2.3 Struktur einer WADL-Datei, nach Kapitel 2 [Had06] 25

3.1 Beispiel AST für den rekursiven euklidischen Algorithmus . 31

4.1 UML Klassendiagramm des REST-Modells 38
4.2 UML Klassendiagramm des Schemadatenmodells 41
4.3 Klassendarstellung des Datentyps Point im Schemamodell . 42
4.4 UML Klassendiagramm des Zielsprachenmodells 43
4.5 Beispiel für den Aufbau einer »Expression« im Sprachenmodell 46
4.6 Ablaufdiagramm des Generators 47

6.1 Darstellung von BatchDTO aus Listing 6.1 im Sprachenmodell [**Klasse**, *Zeichenkette*] 59

Tabellenverzeichnis

2.1 JSON Datentypen 11
2.2 Beispiele für Konnektoren nach [Fie00] 19

3.1 Generatoren Klassifikation nach Generierungsmenge 28

5.1 Übersicht über die verschiedenen XML-Parsing Konzepte in JAXP 56

Listings

2.1 HTTP-Header von GET Request auf Spreadshirt-API Ressource `http://api.spreadshirt.net/api/v1/locales` . . . 7
2.2 HTTP-Header von GET Response aus Spreadshirt-API Ressource `http://api.spreadshirt.net/api/v1/locales` . . . 8
2.3 HTTP-Body der Response aus der GET-Methode auf der Spreadshirt-API-Ressource `http://api.spreadshirt.net/api/v1/locales` 8
2.4 Die gekürzte Antwort der API-Ressource `users/userid/designs/designID` als Beispiel für eine XML-Datei 9
2.5 Die gekürzte Antwort der API-Ressource `users/userid/designs/designID` als Beispiel für eine JSON-Datei 11
2.6 Beginn der XSD-Datei für die Spreadshirt-API 12
2.7 Beispiel für einen SimpleType anhand des Type »unit« der Spreadshirt-API 13
2.8 Beispiel für einen Listentyp definiert duch einen SimpleType 14
2.9 Beispielinstanz für Typ aus Listing 2.8 14
2.10 Beispiel für eine Schemabeschreibung mit XSD anhand des »abstractList«-Typs der Spreadshirt-API 14
2.11 Beispiel zu Metainformationen für REST-Repräsentation aus WADL-Datei der Spreadshirt-API 18
2.12 Beispielaufbau einer WADL-Datei anhand der Spreadshirt-API Beschreibung 23

3.1 Aufbau eines Ausdrucks einer Imperativen Programmiersprache als EBNF 32
3.2 Durch den Generator erzeugte BatchDTO Datenklasse der Spreadshirt-API als Beispiel für eine PHP-Datei 35

4.1 Point Datentyp aus der Spreadshirt-API Schemabeschreibung 42
4.2 Point-Klasse als (gekürztes) Beispiel für eine generierte Datenklasse 49
4.3 Klasse zur Ressource `users/userId/products` als Beispiel für eine Ressourcenklasse 51
4.4 Aufbau des Spreadshirt Authentification Header 54

6.1 Ausschnitt der Datenklasse BatchDTO 57
6.2 Beispiel für eine Interaktion mit der Spreadshirt-API über die generierte Client-Bibliothek (Authentifizierungsinformationen wurden anonymisiert) 60

Definitionsverzeichnis

1 Definition (Http) 6
2 Definition (Xml) 9
3 Definition (Json) 10

4 Definition (Codegenerator) 26
5 Definition (Datenmodell) 30
6 Definition (Abstract Syntax Tree – Aho u. a.) 31
7 Definition (Typsystem) 34

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.

[BB13] Martin Breest und Karsten Breit. *Spreadshirt-API Security*. 14. Sep. 2013. URL: http://developer.spreadshirt.net/display/API/Security.

[BD87] G.E.P. Box und N.R. Draper. *Empirical model-building and response surfaces*. Wiley series in probability and mathematical statistics: Applied probability and statistics. Wiley, 1987. ISBN: 9780471810339.

[CE00] K. Czarnecki und U. Eisenecker. *Generative programming: methods, tools, and applications*. Addison Wesley, 2000. ISBN: 9780201309775.

[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.

[Dij07] Edsger W. Dijkstra. »Forum«. In: *Commun. ACM* 50.6 (Juni 2007). Hrsg. von Diane Crawford, S. 7–9.

[ES13] Karl Eilebrecht und Gernot Starke. *Patterns kompakt*. Springer Vieweg, 2013. ISBN: 978-3-642-34717-7.

[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. »RFC 2616, Hypertext Transfer Protocol – HTTP/1.1«. In: (1999). URL: http://www.ietf.org/rfc/rfc2616.txt.

[Fon+94] T. Fontane u. a. *Briefe an Georg Friedlaender*. Insel Taschenbuch. Insel, 1994.

[Fow10] Martin Fowler. *Domain-Specific Languages*. Addison-Wesley Signature Series (Fowler). Pearson Education, 2010. ISBN: 9780131392809.

[GZ13] F. Galiegue und K. Zyp. *JSON Schema: core definitions and terminology*. 31. Jan. 2013. URL: http://tools.ietf.org/html/draft-zyp-json-schema-04.

[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.

[Had09a] Marc Hadley. *Web Application Description Language – Changes since November 2006 Publication*. 31. Aug. 2009. URL: http://www.w3.org/Submission/wadl.

[Had09b] Marc Hadley. *Web Application Description Language – Changes since November 2006 Publication*. 31. Aug. 2009. URL: http://www.w3.org/Submission/wadl/#x3-41000D.1.

[Her03] J. Herrington. *Code Generation in Action*. In Action Series. Manning, 2003. ISBN: 9781930110977.

[HH73] R.W. Hamming und R.W. Hamming. *Numerical Methods for Scientists and Engineers*. Dover Books on Mathematics Series. Dover, 1973. ISBN: 9780486652412.

[Hof99] D.R. Hofstadter. *Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid*. Basic Books. Basic Books, 1999. ISBN: 9780465026562.

[Mar13] Christian Dietrich Markus Voelter Sebastian Benz. *DSL Engineering - Designing, Implementing and Using Domain-Specific Languages*. dslbook.org, 2013. ISBN: 978-1-4812-1858-0. URL: http://www.dslbook.org.

[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. URL: http://doi.acm.org/10.1145/1111627.1111631.

[Ött13] Tim Ötting. *soundslikecotton.com*. 20. Juni 2013. URL: http://www.soundslikecotton.com/.

[Pas13] Kathrin Passig. *zufallsshirt.de*. 20. Juli 2013. URL: http://zufallsshirt.de/.

[Per82] Alan J. Perlis. »Special Feature: Epigrams on programming«. In: *SIGPLAN Not.* 17.9 (Sep. 1982), S. 7–13. ISSN: 0362-1340.

[PK12] Franz Puntigam und Andreas Krall. *Objektorientierte Programmiertechniken*. 2012.

[Til09] Stefan Tilkov. *REST und HTTP: Einsatz der Architektur des Web für Integrationsszenarien*. Heidelberg: dpunkt, 2009. ISBN: 978-3-89864-583-6.

[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. »RFC 3198, Terminology for Policy-Based Management«. In: (Nov. 2001). URL: http://tools.ietf.org/html/rfc3198.

[Wik13] Wikipedia. *XML — Wikipedia, The Free Encyclopedia*. 2013. URL: http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=XML&oldid=561587115 (besucht am 26. 06. 2013).

[WO08] G. Wilson und A. Oram. *Beautiful Code: Leading Programmers Explain How They Think*. O'Reilly Media, 2008. ISBN: 9780596554675.

BibTeX Eintrag

```
@phdthesis{AndreasLinz2013,
        type = {Bachelorarbeit}
        author = {Linz, Andreas},
        year = {2013},
        month = {9},
        day = {27},
        timestamp = {2013927},
        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
}
```