

# BIBLIOTHEKARISCHE KLASSIFIKATIONSSYSTEME IM SEMANTISCHEN WEB: ZU CHANCEN UND PROBLEMEN VON LINKED-DATA- REPRÄSENTATIONEN AUSGEWÄHLTER KLASSIFIKATIONSSYSTEME

Mirko Hanke

Staatsbibliothek zu Berlin – Preußischer Kulturbesitz / Bibliotheksakademie Bayern  
mh@mirkohanke.de

---

## 1. Einleitung

Das *semantische Web* wird schon seit geraumer Zeit als eines der nächsten großen Themen in der Entwicklung des Internets behandelt.<sup>1</sup> Gerade in Zeiten der intensiven Diskussion um Open Access und Open Science wächst das Interesse am Leitbild eines (offenen) „Web of Data“, von dem man sich nicht nur einen besseren Zugriff auf relevante Information verspricht, sondern auch die Möglichkeit zur computergestützten, automatischen Generierung neuen Wissens.<sup>2</sup>

Damit das Netz aus Daten Wirklichkeit werden kann, sind (offene und vernetzte) Datenangebote erforderlich. Auch im Bibliotheksbereich werden seit einiger Zeit die Chancen diskutiert, die mit den Möglichkeiten des Semantic Web einherge-

---

<sup>1</sup> Regelmäßig wird in diesem Zusammenhang mit dem Buzzword des „Web 3.0“ hantiert, vgl. z. B. <http://www.nytimes.com/2006/11/12/business/12web.html?ex=1320987600&en=254d%20697964cedc62&ei=5088> oder [http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Web\\_2.0&oldid=598528536#Web\\_3.0](http://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Web_2.0&oldid=598528536#Web_3.0) (abgerufen am 2014-03-08).

<sup>2</sup> Siehe z. B. <http://www.w3.org/standards/semanticweb/data> sowie <http://www.w3.org/standards/semanticweb/inference> (abgerufen am 2014-03-08).

hen.<sup>3</sup> Dazu gehört neben vereinfachtem Datenaustausch beispielsweise die Etablierung von Bibliotheken als vertrauenswürdige Kuratoren bzw. Lieferanten von Rohdaten. Bibliotheken und ihr Umfeld haben in den vergangenen Jahren damit begonnen, die dem semantischen Web zugrundeliegenden Technologien für ihre eigenen Daten einzusetzen. So werden inzwischen beispielsweise hochwertige Katalog- oder Normdaten im Netz zur Nachnutzung zur Verfügung gestellt.<sup>4</sup>

Eine besondere Anwendung stellt in diesem Zusammenhang die Repräsentation von bibliothekarischen Klassifikationssystemen wie etwa der Dewey-Dezimalklassifikation (DDC) als *Linked Data* dar. Dieser Aufsatz geht anhand exemplarisch ausgewählter bestehender Repräsentationen der Frage nach, welche technischen Aspekte bei der Umsetzung zu berücksichtigen sind, welche Probleme dabei gegebenenfalls auftreten können, und welche Anwendungsmöglichkeiten sich daraus ergeben. Nach einer Darstellung der technischen Grundlagen für das semantische Web im folgenden Abschnitt befasst sich Abschnitt 3 mit der Struktur und Semantik von Klassifikationssystemen, und was diesbezüglich bei der Repräsentation als *Linked Data* beachtet werden muss. In Abschnitt 4 werden exemplarisch ausgewählte Umsetzungen von Klassifikationssystemen für das semantische Web dargestellt, gefolgt von einer Diskussion der Anwendungsmöglichkeiten und Chancen in Abschnitt 5.

## 2. Bibliotheken und das semantische Web

### 2.1 Technische Grundlagen

#### *Semantic Web*

Die Idee für ein semantisches Netz als eine weitere „Schicht“ des Internets reicht bereits einige Jahre zurück,<sup>5</sup> bereits in den Anfangszeiten des World Wide Web zu Beginn der 1990-er-Jahre wurden entsprechende Konzepte diskutiert.<sup>6</sup> Von Men-

---

<sup>3</sup> Siehe etwa Fürste (2011), Zumstein (2012) oder Danowski und Pohl (2013).

<sup>4</sup> Vgl. Rumpf (2012).

<sup>5</sup> Als einer der „Väter“ der Idee wird für gewöhnlich Tim Berners-Lee zitiert, der Erfinder des World Wide Web; vgl. Berners-Lee et al. (2001).

<sup>6</sup> Shadbolt et al. (2006, S. 96).

schen lesbare Information wird für das Semantic Web durch Metainformation angereichert. Das heißt, Informationsbestandteile werden mit Identifikatoren beispielsweise für ihren Typ versehen (z. B. „28.6.1969“<Datum>, „Hans Müller“<Name>, „Internationales Dackelhandbuch“<Titel>). Ferner können Beziehungen zwischen so identifizierten Daten dargestellt werden (etwa: „Hans Müller“<Name> *ist-Autor-von* „Internationales Dackelhandbuch“<Titel>). Die formale Sprache, die für diesen Zweck definiert wurde,<sup>7</sup> ist so weit generalisiert, dass sich praktisch beliebige Aussagen über (mentale) Konzepte<sup>8</sup> treffen lassen, die wiederum für Sachverhalte in der realen Welt stehen: eine *Person* bezeichnet durch „Hans Müller“<Name> *ist-Autor-von* dem *Buch* bezeichnet durch „Internationales Dackelhandbuch“<Titel>.

Ziel des Ansatzes ist es, Information im Internet so aufzubereiten, dass ihre Bedeutung nicht nur für Menschen lesbar, sondern auch für Computer „interpretierbar“ ist. Interpretierbarkeit ist in diesem Zusammenhang als technischer Begriff zu verstehen:

Eines der größten Missverständnisse im Umgang mit dem Semantic Web ist es vielleicht zu glauben, dass Computer dadurch tatsächlich in die Lage versetzt würden, komplexe Konzepte wie 'Person' zu verstehen. Durch die eindeutige Zuordnung von URIs [uniform resource identifiers, d. h. Labels - M. H.] sind Konzepte tatsächlich klar identifiziert und man kann sie zur Beschreibung einer Vielzahl semantischer Beziehungen heranziehen – das inhaltliche Verständnis der kodierten Aussagen obliegt aber weiterhin dem menschlichen Nutzer.<sup>9</sup>

Maschinell interpretierbar werden entsprechend ausgezeichnete Daten dadurch, dass gleiche Typen von Objekten oder gleiche Typen von Beziehungen zwischen Objekten mit dem gleichen Label ausgezeichnet werden (jeweils auch als Objekt- oder Beziehungs-Klassen bezeichnet). Explizit formalisierte logische Beziehungen zwischen Klassen erlauben es wiederum, automatisiert neue Schlüsse aus Daten zu ziehen, die in dieser Form repräsentiert sind. Als einfaches Beispiel könnte man etwa die Klas-

---

<sup>7</sup> Genau genommen handelt es sich um einen „Stapel“ von Sprachen bzw. technischen Standards, die aufeinander aufbauen, siehe <http://www.w3.org/standards/semanticweb/> (abgerufen am 2014-02-26).

<sup>8</sup> Die Beziehung zwischen einem „Label“ und einer Entität in der realen Welt vermittelt eines Konzepts liegt auch gängigen Theorien der Semantik natürlicher Sprache zugrunde, etwa in Form des sog. semiotischen Dreiecks, siehe z. B. Löbner (2002), vgl. auch Stock (2008).

<sup>9</sup> Hitzler et al. (2008, S. 48).

sen *<Hund>* und *<Katze>* modellieren und in ihrer formalen Beschreibung festlegen, dass die Klassen disjunkt sind – d. h. ein Individuum kann nur eine Instanz einer von beiden Klassen sein, jedoch nicht von beiden gleichzeitig. Ein weiteres Beispiel wäre die Modellierung von Verwandtschaftsbeziehungen wie *<istMutterVon>*, die formal als inverses, asymmetrisches Gegenstück zu *<istKindVon>* definiert werden kann. Von der Aussage, dass eine Person X die Mutter von Person Y ist, lässt sich so z. B. automatisiert die Schlussfolgerung treffen, dass Person Y das Kind von Person X ist.

### *Resource Description Framework*

Technische Grundlage der Repräsentation von Daten für das Semantic Web ist das *Resource Description Framework*<sup>10</sup> (RDF). Es handelt sich dabei um ein Modell zur Beschreibung von Ressourcen und deren Eigenschaften bzw. Beziehungen untereinander. Bei Ressourcen kann es sich dabei um *alles* handeln: „Resources can be anything, including documents, people, physical objects, and abstract concepts.“<sup>11</sup> Aussagen in RDF sind stets in sogenannten Tripeln formuliert, die die Struktur einfacher Aussagesätze in natürlicher Sprache nachahmen: *Subjekt – Prädikat – Objekt*. Das Vokabular von RDF zur Verwendung in solchen Tripeln besteht vereinfacht gesagt aus Zeichenketten (Literele)<sup>12</sup> und aus Identifikatoren oder „Labels“, die dem Standard für *uniform resource identifiers* (URIs)<sup>13</sup> entsprechen. Ein solcher URI dient in einer Aussage in RDF als eindeutiger Identifikator für eine Ressource (beispielsweise für die Klasse von Personen, oder eine individuelle Person als sogenannte Instanz der Klasse von Personen) oder für eine Eigenschaft/Beziehung. Für gewöhnlich haben die Identifikatoren die Form von URLs (*uniform resource locator*, bezeichnet den Ort eines Dokuments im WWW). Dabei ist zu beachten, dass ein URI auch für ein Dokument mit Information über eine Person stehen könnte, was semantisch etwas anderes ist, als wenn ein URI für die Person selbst steht. Derartige Bedeutungsnuancen sind übli-

---

<sup>10</sup> Siehe World Wide Web Consortium (W3C, 2004, 2014).

<sup>11</sup> W3C (2014, Abschnitt 1).

<sup>12</sup> Literale können in einem Tripel nur in der Position des Objekts vorkommen.

<sup>13</sup> Am 25.2.2014 wurde die RDF-Version 1.1 als aktueller Standard des W3C veröffentlicht, vgl. W3C (2014). Eine der Neuerungen ist die Verwendung von internationalised resource identifiers (IRIs), die aus einem umfangreicheren Zeichensatz gebildet werden können als URIs. Für die in diesem Beitrag vorgenommene Betrachtung ist dieser Unterschied jedoch nicht weiter von Bedeutung.

cherweise in der (nur für Menschen interpretierbaren) Beschreibung von beispielsweise einer Klasse wie *<Person>* expliziert.

Zur Veranschaulichung sei folgendes Beispiel gegeben: Angenommen die Firma „Exempl“ möchte Informationen über Ihre Mitarbeiter als RDF-Repräsentation veröffentlichen. Dazu gestaltet sie ein eigenes Vokabular und prägt dafür folgende URIs:

- <http://www.exempl.com/vokab#Mitarbeiter>  
(die Klasse aller Mitarbeiter)
- <http://www.exempl.com/vokab#gehörtZurKlasse>  
(semantische Beziehung, die Individuen als Instanz einer Klasse auszeichnet)

Für jeden Mitarbeiter prägt die Firma außerdem eine individuelle URI, die für die Person in der realen Welt steht. Unter der URI werden RDF-Tripel hinterlegt, die z. B. zum Ausdruck bringen, dass eine Person Mitarbeiter des Unternehmens ist:

<a href="http://www.exempl.com/personen#Hans_Mueller">http://www.exempl.com/personen#Hans_Mueller;</a>	(Subjekt)
<a href="http://www.exempl.com/vokab#gehörtZurKlasse">http://www.exempl.com/vokab#gehörtZurKlasse;</a>	(Prädikat)
<a href="http://www.exempl.com/vokab#Mitarbeiter">http://www.exempl.com/vokab#Mitarbeiter.</a>	(Objekt)

Die sprachlichen Möglichkeiten von RDF sind sehr allgemein gehalten und dienen eher als Framework für die Gestaltung von (Meta-)Sprachen, denn als Beschreibungssprache für konkrete Sachverhalte. Auf RDF aufbauend wurden daher verschiedene anwendungsbezogene Vokabulare entwickelt, die jeweils differenzierte Ausdrucksmöglichkeiten für die Beschreibung von Klassen von Ressourcen und Klassen von Eigenschaften gewähren. Die offene Architektur des WWW macht es dabei möglich, dass prinzipiell jedermann eigene Vokabulare für individuelle Anwendungszwecke definieren und die Definitionen (wiederum in Form von RDF-Tripeln) auch veröffentlichen kann. Das Resource Description Framework bildet damit die Grundlage für einen einheitlichen Standard zur Beschreibung von Datenmodellen und der modellierten Daten selbst.

*Linked (Open) Data*

Durch die Verwendung von URIs als Identifikatoren für Klassen, Individuen oder Beziehungen können andere Anwender sich auf bestehende Vokabulare beziehen, um sie nachzunutzen, zu erweitern oder zu verfeinern. Dazu wäre es im Grunde nicht nötig, sich tatsächlich funktionierender URLs zu bedienen, da es zunächst nur darum geht, Ressourcen eindeutig zu identifizieren. Zur Nachnutzung bestehender Vokabulare könnte man beispielsweise auch auf eine gedruckte Spezifikation zurückgreifen, die zwar eindeutige, aber nicht funktionierende Dummy-URLs verwendet. Der grundsätzliche Vorteil von URLs als Identifikatoren und der besondere Vorteil von funktionierenden („de-referenzierbaren“) URLs in RDF-Aussagen erschließt sich dann, wenn ein Identifikator für eine Ressource z. B. über das HTTP-Protokoll aufgerufen werden kann und ein Webserver über das gleiche Protokoll mit der Ressource verknüpfte Informationen zurückliefert<sup>14</sup> – wahlweise in einer für Menschen aufbereiteten Form (als HTML-Seite) oder in einem maschinenlesbaren Format (z. B. XML).

Auf diese Weise lässt sich der Zugriff auf verschiedenste, umfangreiche Datenbestände über das Web als einer Art „universelle Schnittstelle“ realisieren, die eine explizite Beschreibung des jeweils verwendeten Datenformats stets mitliefert.<sup>15</sup> Auf dieser technologischen Grundlage wächst ein Netz aus miteinander verknüpften Daten („Web of data“ bzw. „Linked Data“<sup>16</sup>). Stehen diese Daten zudem noch unter einer entsprechenden Lizenz für die Nachnutzung durch Dritte offen, spricht man von *Linked Open Data* (LOD).<sup>17</sup> Die Vision vom semantischen Web aus Linked

---

<sup>14</sup> Es ist dabei natürlich davon auszugehen, dass ein Webserver auch beim Aufruf einer URI, die für ein Objekt in der realen Welt steht, nur Daten zurückliefern kann, und nicht das Objekt selbst; vgl. Heath & Bizer (2011, Abschnitt 2.3).

<sup>15</sup> Vgl. Heath & Bizer (2011, Abschnitt 1.2.2); W3C (2009). Es handelt sich bei einer Auslieferung von Daten über das HTTP-Protokoll nur um eine Möglichkeit von mehreren, als RDF-Tripel repräsentierte Datenbestände ließen sich beispielsweise auch als komplette Datensammlung zum Download anbieten, in HTML-Dokumente einbetten, oder über andere Netzwerkschnittstellen zur Verfügung stellen, vgl. Heath & Bizer (2011, Abschnitt 5.2). Eine vergleichsweise häufig zu findende Schnittstelle, die gerade für umfangreichere Datenabfragen besser geeignet ist als Aufrufe über HTTP, sind sogenannte SPARQL-Endpoints, mit denen über eine SQL-ähnliche Sprache komplexe Abfragen über einen RDF-Datenbestand ausgeführt werden können; vgl. W3C (2013).

<sup>16</sup> Heath & Bizer (2011, Abschnitt 1.3), vgl. auch Heath & Bizer (2011), Kap. 2 für die sogenannten „Linked Data principles“.

<sup>17</sup> Auch in dieser Hinsicht können Daten in RDF selbstbeschreibend sein und explizite Lizenzinformation enthalten, vgl. <http://lod-cloud.net/#open> (abgerufen am 2014-03-01).

(Open) Data macht aus abgeschotteten „Datensilos“ eine prinzipiell unbegrenzt vernetzbare Gesamt-Datenbank.

### *Simple Knowledge Organization System*

Für den konkreten Anwendungszweck der Repräsentation von Wissensorganisationssystemen (engl. *knowledge organisation systems*, KOS) wie Thesauri, Schlagwortlisten oder Ähnlichem in RDF hat das World Wide Web Consortium (W3C) das Vokabular „Simple Knowledge Organisation System“ (SKOS)<sup>18</sup> entwickelt, das inzwischen auch relativ weite Verbreitung gefunden hat. Jeder Begriffseintrag in einem Wissensorganisationssystem wird mit SKOS als sogenanntes „Concept“ (dt. Begriff) modelliert. Ein entsprechendes RDF-Tripel könnte lauten: *ex:Hunde rdf:type skos:Concept*<sup>19</sup> und hätte ungefähr die natürlichsprachige Bedeutung: „die durch *Hunde* bezeichnete Ressource ist ein Exemplar der Klasse der *Begriffe*“. SKOS enthält außerdem Vokabeln zur Beschreibung von präferierten oder alternativen Benennungen für einen Begriffseintrag, mit denen z. B. Bezeichnungen aus verschiedenen Sprachen einem Begriff zugeordnet werden können.<sup>20</sup> Mit *skos:broader* (hat Oberbegriff), *skos:narrower* (hat Unterbegriff) und *skos:related* (ist verwandter Begriff von) können Begriffe außerdem in Beziehung zueinander gesetzt werden. Es ließen sich beispielsweise folgende Aussagen treffen: *ex:Hunde skos:broader ex:Tiere* oder *ex:Hunde skos:narrower ex:Dackel*. Damit erlaubt SKOS die Abbildung komplexer Begriffshierarchien und -netzwerke. Schließlich sieht SKOS Vokabeln dafür vor, um Begriffseinträge aus

---

<sup>18</sup> SKOS fehlen laut seinen Autoren genau genommen wesentliche Elemente einer formalen Wissensrepräsentation (Ontologie; W3C, 2009a, Abschnitt 1.3). Es wurde vielmehr als einfach anzuwendendes, „leichtes“ Datenmodell für die Repräsentation von Thesauri und ähnlichen kontrollierten Vokabularen entwickelt (W3C, 2009a, Abschnitt 1.3).

<sup>19</sup> Hierbei handelt es sich um eine konventionalisierte Kurzschreibweise. Die Präfixe vor dem Doppelpunkt stehen für Teile von URIs, die einen sogenannten Namensraum bilden:

- *ex:* → <http://www.example.com/> (*Beispielnamensraum, ohne vordefinierte Identifizier*)
- *rdf:* → <http://www.w3.org/1999/02/22-rdf-syntax-ns#> („*Basisvokabular*“ von RDF)
- *skos:* → <http://www.w3.org/2004/02/skos/core#> (*SKOS-Vokabular*)

<sup>20</sup> Vgl. folgendes Beispiel aus der SKOS-Dokumentation (W3C, 2009a, Abschnitt 2.2.1):

```
ex:animals rdf:type skos:Concept;
skos:prefLabel "animals"@en;
skos:prefLabel "animaux"@fr.
```

verschiedenen KOS zueinander in Beziehung zu setzen und dabei zugleich den Grad der semantischen Ähnlichkeit zwischen zwei Begriffseinträgen darzustellen.<sup>21</sup>

## 2.2 Linked-Data-Anwendungen in Bibliotheken

Das Potential von Linked (Open) Data wurde im Bibliotheksbereich bereits recht früh erkannt und es existieren inzwischen eine ganze Reihe von (gegenwärtig oft noch experimentellen) Anwendungen der Semantic-Web-Technologien und -Prinzipien zur Veröffentlichung von Daten. Zu den Anwendungsmöglichkeiten<sup>22</sup> gezählt werden beispielsweise erweiterte Suchfunktionen in Katalogen, die Veröffentlichung von Katalogdaten und deren Anreicherung mit externen Daten<sup>23</sup>, erweiterte Metadaten für Dokument- und Datenrepositorien, sowie der (internationale) Datenaustausch.<sup>24</sup> Die Deutsche Nationalbibliothek beispielsweise liefert (vereinfachte) Titeldaten als Linked Open Data aus, und sieht in RDF eine langfristig bedeutsame Schnittstelle für ihre Datendienste.<sup>25</sup> Auf internationaler Ebene erarbeitet derzeit die Bibliographic Framework Initiative (BIBFRAME) RDF-basierte Spezifikationen für ein bibliographisches Datenaustauschformat, das langfristig als Nachfolger von MARC 21 dienen soll. Bereits veröffentlicht sind die für den innerdeutschen Datenaustausch interessanten Empfehlungen der DINI AG *Kompetenzzentrum für Interoperable Metadaten* (KIM) zur RDF-Modellierung von Titeldaten.<sup>26</sup> Im Gegensatz zu BIBFRAME setzen sie auf die ausschließliche Nachnutzung bestehender Vokabulare und beschränken sich weitestgehend auf die Modellierung von Formalerschließungsdaten.

Eine weitere Anwendungsmöglichkeit im Bereich der Bibliotheken ist die Modellierung und Veröffentlichung von Wissensorganisationssystemen (KOS) nach den Prinzipien des Semantic Web. Aufgrund des Normdaten-Charakters vieler KOS bietet sich eine RDF-Implementierung und Veröffentlichung an, da mit einer nicht unerheblichen Nachnutzung gerechnet werden kann. Die DINI-AG *KIM* hat einen

---

<sup>21</sup> Zu den sogenannten „Matching Properties“ von SKOS gehören die Eigenschaften `skos:exactMatch`, `skos:closeMatch`, `skos:broaderMatch`, `skos:narrowerMatch` sowie `skos:relatedMatch`, vgl. W3C (2009a, Abschnitt 10).

<sup>22</sup> Vgl. auch die Arbeiten von Fürste (2011), Rumpf (2012) und Zumstein (2012), sowie den Artikel von Krabo und Knitel (2011).

<sup>23</sup> Christoph (2013) spricht von „Anreicherung (...) durch Datenverknüpfung“ (S. 139).

<sup>24</sup> Vgl. <http://www.loc.gov/bibframe/> (abgerufen am 2014-03-01).

<sup>25</sup> Siehe <http://www.dnb.de/lds>, (abgerufen am 2014-03-01).

<sup>26</sup> DINI (2013).



Ratgeber mit Best-Practice-Empfehlungen zur Modellierung von Wissensorganisationssystemen herausgegeben.<sup>27</sup> Zu den dort vorgeschlagenen Schritten für die Umsetzung gehört neben einer anwendungsbezogenen Zieldefinition die genaue Analyse der Struktur des KOS, um die darin verwendeten Elemente und Beziehungen auf ein RDF-Vokabular abbilden zu können.<sup>28</sup>

### 3. Klassifikationssysteme als Linked Data

#### 3.1 Klassifikationssysteme

Im Bereich der Wissensorganisationssysteme (engl. knowledge organisation systems, KOS) wird zwischen verschiedenen Typen unterschieden: Nomenklaturen/ Schlagwortsysteme, Klassifikationen, Thesauri. Stock (2008) zählt außerdem noch „Folksonomien“/„Tag“-Systeme und Ontologien zu den KOS.<sup>29</sup> Klassifikationssysteme sind demzufolge eine spezielle Art von Wissensorganisationssystemen. Je nach Umfang und Anwendungszweck unterteilen sie ein Wissensgebiet (bzw. alles Wissen im Falle von Universalklassifikationen) *a priori* in Kategorien oder Klassen, die wiederum durch (typischerweise formalsprachliche) Notationen benannt werden.<sup>30</sup> Buchanan (1989) unterscheidet dabei deutlich zwischen der Klassifikation an sich, d. h. der gegebenenfalls hierarchischen Unterteilung und Ordnung von Wissensgebieten in Klassen, und deren Bezeichnung und Sortierung mittels eines Notationssystems.<sup>31</sup> Nota-

---

<sup>27</sup> Dellschaft & Hachenberg (2011).

<sup>28</sup> Für die Erstellung von Thesauri und ähnliche *begriffsbasierten* Wissensorganisationssysteme existieren bereits seit länger Zeit Normen (z. B. ISO 25964, ANSI Z39.19; die entsprechende deutsche Norm DIN 1463 ist inzwischen als veraltet zurückgezogen worden). Für klassenbasierte Systeme sind diese Normen nur zum Teil aussagekräftig. Die konzeptionellen und strukturellen Unterschiede zwischen verschiedenen Typen von KOS machen unterschiedliche Herangehensweisen bei deren Modellierung erforderlich. Die weitere Darstellung im Rahmen dieses Beitrags wird sich dabei schon aus Platzgründen beispielhaft auf bibliothekarische Klassifikationssysteme fokussieren.

<sup>29</sup> Zur Unterscheidung der verschiedenen KOS-Typen hinsichtlich etwa der Explizitheit der Relationen zwischen Begriffen, der Anzahl von kodierten Relationen und der Eigenschaften dieser Relationen (Transitivität, Reflexivität und Symmetrie), siehe Stock (2008). Man beachte allerdings, dass Stocks Charakterisierung von Klassifikationen (Stock, 2008, Tabelle 2 auf S. 416) offenbar nicht immer auf bibliothekarische Klassifikationssysteme und ihr (historisch gewachsenes) Inventar von Beziehungen zwischen Klassen zutrifft: Wie Green & Panzer (2011) zeigen, enthält auch die DDC beispielsweise Teil-Ganzes-Beziehungen (Meronymien), laut Stock (2008) eigentlich ein Kriterium zur Abgrenzung zwischen Klassifikation (Stock: *keine* Meronymie) und Thesaurus.

<sup>30</sup> Vgl. z. B. Gantert & Hacker (2008, S. 184ff.).

<sup>31</sup> Vgl. Buchanan (1989, S. 75).

tionssysteme können hierarchie- bzw. strukturabbildend gestaltet sein, oder enumerativ, auch Mischformen sind möglich.<sup>32</sup>

Allein im bibliothekarischen Bereich existieren verschiedenste Klassifikationssysteme mit sehr unterschiedlicher Struktur und z. T. sehr unterschiedlichen Zielrichtungen. Zugleich werden die Informationen über die Struktur der Systeme in unterschiedlichster Form repräsentiert, z. B. als gedrucktes Handbuch, in (proprietären) Online-Darstellungen, als Normdatensätze, etc. Die Analyse der (typischerweise historisch gewachsenen) Bedeutungsstruktur eines KOS im Rahmen eines Modellierungsvorhabens wirft mitunter sehr grundsätzliche Fragen auf. Dies beginnt bereits bei der Frage nach der „Bedeutung“ (Ontologie) von Klassen eines Klassifikationssystems.

Im Unterschied zu Schlagwortsystemen oder Thesauri decken die Klassenbezeichnungen gerade nicht notwendigerweise den vollständigen Bedeutungsumfang einer Klasse ab.<sup>33</sup> Insbesondere angesichts der möglichen Komplexität von Klassenbedeutungen stellt sich die Frage, was als „atomarer“ Baustein der Modellierung eines Klassifikationssystems dienen soll: eine Klasse, deren einzelne Bedeutungskomponenten, oder beides?<sup>34</sup> Eine weitere Frage, die für die Modellierung eines Klassifikationssystems in RDF beantwortet werden muss, ist die nach den (hierarchischen) Beziehungen zwischen den Klassen des Systems und ob sich die Beziehungen einheitlich typisieren lassen.<sup>35</sup>

---

<sup>32</sup> Buchanan (1989, S. 78ff.)

<sup>33</sup> Vgl. Green & Panzer (2010).

<sup>34</sup> Auf einem sehr abstrakten Niveau beschäftigen sich beispielsweise die Functional Requirements for Subject Authority Data (FRSAD; IFLA, 2010) mit der Beziehung zwischen Begriffskonzepten (die FRSAD sprechen hier von „Thema“) und möglichen Bezeichnungen für Begriffskonzepte („Nomen“ in der FRSAD-Terminologie; dabei könnte es sich z. B. um Klassenbezeichnungen handeln) bei der Beschreibung eines Werks. Trotz ihrer Abstraktheit modellieren die FRSAD in erster Linie den Gebrauch von Schlagwortsystemen und Thesauri. Sie lassen sich zwar eventuell auch auf den Gebrauch von Klassifikationssystemen übertragen (vgl. Mitchell et al., 2011), allerdings ist das in den FRSAD modellierte Konzept eines „Thema“ zu ungenau oder grob, um eventuelle Unterschiede zwischen beispielsweise einem Deskriptor in einem Thesaurus und einer Klasse in einem Klassifikationssystem abbilden zu können. Diese begriffliche Unschärfe war eine bewusste Entscheidung der Verfasser der FRSAD und ist deren konzeptuellem Charakter geschuldet: „(...) It is virtually impossible to define what the universal ‘atomic’ level of a thema might be, because any thema can be fragmented further. The argument can be reversed: simple themas may be combined or aggregated, resulting in more complex thema(s). In each particular implementation the atomic level is specified and rules guide the creation of nomens for complex themas. (...)“ (IFLA 2010, S. 17).

<sup>35</sup> Vgl. Green & Panzer (2011).

Die Dewey-Dezimalklassifikation (DDC) ist in den vergangenen Jahren hinsichtlich grundsätzlicher ontologischer Fragen recht genau untersucht worden, Anlass war auch hier die Implementierung einer RDF-Repräsentation des Klassifikationssystems. Die DDC soll daher an dieser Stelle als Modell dienen um darzustellen, welche strukturellen bzw. semantischen Eigenschaften eines Klassifikationssystems bei der Modellierung relevant werden können.

### 3.2 Modellfall: Die Semantik der DDC

Für die DDC wird angenommen, dass es sich bei der Klassenhierarchie um einen gerichteten Graphen handelt,<sup>36</sup> bei dem die Knoten des Graphen jedoch nicht atomar sind,<sup>37</sup> sondern eine semantische Binnenstruktur aufweisen: Klassen stellen „Nachbarschaften“ von assoziierten Begriffen dar.<sup>38</sup> Die Bedeutung von DDC-Klassen wird allerdings durch die Klassenbezeichnung oder in Anmerkungen enthaltene Begriffslisten nicht vollständig expliziert, stattdessen werden explizit erwähnte Bedeutungsaspekte einer Klasse als sogenannte „Fokusbegriffe“<sup>39</sup> aufgefasst. Die DDC-Klassen stellen somit „broad buckets“ dar, die verwandte Begriffe gruppieren.<sup>40</sup> Explizite Erwähnung finden neben Begriffen in der Klassenbezeichnung auch Begriffe in „Einschließlich“-Hinweisen („including note“) und „Hier-auch“-Anweisungen („class here note“), die Fokusbegriffe hinzufügen.<sup>41</sup> Zusätzlich können Fokusbegriffe aus der Klassenbedeutung ausgeschlossen werden, mittels von „Klassifiziere-in“-Anweisungen („class elsewhere note“) oder „Siehe“-Verweisungen („see reference“).<sup>42</sup> Schließlich wird der Bedeutungsraum einer Klasse Green und Panzer (2010) zufolge noch durch die *Extension* der Klassenbezeichnung erweitert, d. h. die Menge der konkreten Instanzierungen eines Begriffs wie (liturgische) „Gesänge“ (DDC-Klasse 782.292).<sup>43</sup> Auch Indexbegriffe können den Begriffsraum einer

---

<sup>36</sup> Green & Panzer (2010, S. 171).

<sup>37</sup> Panzer & Zeng (2009, S. 7).

<sup>38</sup> Green & Panzer (2010, S. 171).

<sup>39</sup> „focal topics“, Green & Panzer (2010, S. 171).

<sup>40</sup> Green & Panzer (2010, S. 178).

<sup>41</sup> Green & Panzer (2010, S. 172).

<sup>42</sup> Green & Panzer (2010, S. 172).

<sup>43</sup> Vgl. Green & Panzer (2010, S. 175). Die Instanzierungen sind allerdings auch in der gedruckten Fassung der DDC nicht explizit als Topic aufgeführt, sondern *immer implizit*, andernfalls wären sie entweder sogenannte „Stehplatzbegriffe“ oder müssten eine eigene Notation erhalten.

Klasse abstecken, eventuell sogar unter Einbeziehung von weiteren Schlagwörtern aus normierten Vokabularen, die einzelnen Klassen zugeordnet wurden.<sup>44</sup>

Green und Panzer (2011) gehen ferner der Frage nach, welche hierarchischen Beziehungen zwischen Klassen der DDC existieren. Sie identifizieren im wesentlichen drei Typen von Beziehungen, die sich zum Teil noch weiter ausdifferenzieren lassen: Generische Beziehungen<sup>45</sup>, Instanz-Beziehungen<sup>46</sup> und Teil-Ganzes-Beziehungen<sup>47</sup>.

### 3.3 Implementierungsfragen

Sowohl die Bedeutungsstruktur einzelner Klassen als auch die Beziehungen zwischen Klassen müssen bei einer Modellierung in RDF expliziert werden. Neben diesen semantischen Aspekten sind bei der Modellierung außerdem noch technische sowie organisatorische Umsetzungsfragen zu bedenken.

#### *Semantik*

Für die Repräsentation von Klassifikationssystemen als eine spezielle Form kontrollierter Vokabulare hat sich der SKOS-Standard in den vergangenen Jahren als „leichtgewichtige“<sup>48</sup> Ausgangsbasis vieler Implementierungen etabliert.<sup>49</sup> Das SKOS-Vokabular wurde jedoch in erster Linie zur Repräsentation von Thesauri entwickelt,<sup>50</sup> wodurch sich für die Darstellung von Klassifikationssystemen in SKOS einige semantische Fragen ergeben. So ist das grundlegende („atomare“) Element des Vokabulars die Klasse der *Begriffe* (*skos:Concept*), die als mentale Einheiten<sup>51</sup> definiert sind. Schon für die sehr abstrakte Einheit *Thema* aus den FRSAD bezweifelt Panzer (2011), ob die Semantik von *Thema* und *skos:Concept* kompatibel ist, da ein *Thema* auch

---

<sup>44</sup> Green & Panzer (2010, S. 175).

<sup>45</sup> Typisches Beispiel wären Art-Unterart-Beziehungen in der Biologie z. B. Vögel (Oberbegriff) – Papageien (Unterbegriff; vgl. NISO, 2005, S. 47). Sowohl Ober- wie auch Unterbegriff bezeichnen Gruppen oder Klassen von Individuen.

<sup>46</sup> Bei Instanzierungs-Beziehungen ist der Unterbegriff eine Instanz einer Klasse, d. h. ein identifizierbares Individuum. Ein Beispiel: Eisbären (Oberbegriff) – Knut (Unterbegriff).

<sup>47</sup> Typische Teil-Ganzes-Beziehungen liegen etwa bei Gebietskörperschaften vor, z. B. Hessen – Frankfurt – Bornheim.

<sup>48</sup> W3C (2009a, Abschnitt 1)

<sup>49</sup> Vgl. z. B. Panzer & Zeng (2009, S. 13).

<sup>50</sup> Panzer & Zeng (2009, S. 3).

<sup>51</sup> „Concepts are the unit of thought (...) which underlie many knowledge organisation systems.“, W3C (2009a, Abschnitt 2.1).

komplex sein kann und weitere *Themas* enthalten kann – in der Semantik von skos:Concept ist diese Möglichkeit nicht vorgesehen.

Auch aufgrund der Definition von DDC-Klassen als Begriffs-Nachbarschaften stellt sich die Frage, ob ihre Klassen treffend als skos:Concept modelliert werden können.<sup>52</sup> Eine in dieser Hinsicht „optimale“ Modellierung der DDC enthielte Green und Panzer (2011) zufolge zwei grundlegende ontologische Entitäten: DeweyClass und Topic,<sup>53</sup> wobei letztere über spezielle Enthaltenseins-Beziehungen mit Dewey-Klassen verknüpft werden müssten. Weder für diese Beziehung noch zur Darstellung einer Hierarchie aus Klassen bietet SKOS allerdings von Haus aus geeignete Ausdrucksmittel, eine (anwendungsspezifische) Erweiterung des Vokabulars wäre in diesem Fall nötig.<sup>54</sup>

Gleiches gilt wohl für die verschiedenen Typen von Beziehungen zwischen Klassen in einem Klassifikationssystem: Green und Panzer (2011) stellen bei ihrer Untersuchung der in der DDC manifestierten Beziehungen zwischen Klassen fest, dass die vorhandenen Relationstypen zwar durchaus den normierten Möglichkeiten für Thesauri entsprechen. Bestehende gängige RDF-Vokabulare wie SKOS reichen allerdings nicht aus, um die verschiedenen Typen zu differenzieren (wenngleich dies wünschenswert wäre).<sup>55</sup>

### *Technische Umsetzung*

Wie zuvor dargestellt, ist SKOS eventuell nicht optimal geeignet, um Klassifikationssysteme zu beschreiben. Die Implementierung eines Klassifikationssystems in RDF steht vor der grundsätzlichen Frage, ob überhaupt auf existierende Vokabulare wie beispielsweise SKOS zurückgegriffen werden sollte, oder ob ein eigenes Vokabular entwickelt werden sollte, mit dem Spezifika der zu modellierenden Daten dargestellt werden können. Die Library of Congress beispielsweise ist letzteren Weg gegangen

---

<sup>52</sup> „The conceptual model associated with Dewey classes and topical neighbourhoods points in a different direction. Firstly, this notion of neighbourhood is akin to the notion of classes in OWL [steht für (*sic!*) Web Ontology Language, eine sehr mächtige (Meta-)Ontologie zur Repräsentation von Daten in RDF, M.H.] (or similar) semantics, where classes work as an abstraction mechanism for grouping resources with similar characteristics together.“ (Green & Panzer, 2010, S. 177).

<sup>53</sup> Green & Panzer (2010, S. 177).

<sup>54</sup> Panzer & Zeng (2009, S. 13)

<sup>55</sup> „[The] (...) stronger 'typing' of some DDC relationships could yield great rewards. Chains of DDC classes (...) could be more easily used for automatic classification, more sophisticated retrieval, automatic manipulation of captions, etc. (...)“ (Green & Panzer, 2011, S. 14).

und hat ein eigenes RDF-Vokabular auf Basis des Metadata Authority Description Schema (MADS) entwickelt, das eng an SKOS angelehnt ist.<sup>56</sup> Eine weitere Alternative wäre es, mit einem eigenen Vokabular SKOS um diejenigen Aspekte zu erweitern, die für eine optimale Repräsentation für nötig erachtet werden. Durch den modularen Charakter von RDF-Repräsentationen sind beide Optionen technisch gangbar. Mit dieser großen Offenheit einher geht allerdings auch eine gewisse Heterogenität der verwendeten Vokabulare – es besteht unter Umständen die Gefahr einer babylonischen Sprachenvielfalt.<sup>57</sup> Je mehr anwendungsspezifische aber ggf. redundante eigener Vokabulare entwickelt werden, um so größer wäre der Mapping- bzw. Übersetzungsaufwand bei der Nachnutzung von LD-Beständen.<sup>58</sup> Ziel der Modellierung sollte daher stets sein, möglichst weit verbreitete Vokabulare nachzunutzen.<sup>59</sup>

Ein weiterer technischer Aspekt ist der Aufbau von URLs, die für die Identifikation von Ressourcen genutzt werden. Die Nachnutzung durch Dritte wird erleichtert, wenn URLs eine einfach nachvollziehbare Struktur aufweisen und gegebenenfalls sogar strukturelle Merkmale der repräsentierten Daten sichtbar machen.<sup>60</sup> Für die Identifikation einer Ressource schlagen Heath und Bizer (2011) vor, „natürliche Schlüssel“<sup>61</sup> in den URLs zu verwenden, beispielsweise Datensatz-IDs; im Falle von Klassifikationssystemen bietet sich dazu die Notation einer Klasse an. Bei der Verwendung von Notationen ist die Klassenbedeutung zwar nicht direkt aus der URL einer Klasse ablesbar (der URI ist „opak“ bezüglich seiner Bedeutung<sup>62</sup>). Gerade in einem multilingualen Kontext ist dieser Verzicht auf natürlichsprachige Begriffe als Bestandteile des Identifikators jedoch eventuell sogar von Vorteil, da keine Präfe-

---

<sup>56</sup> Vgl. LoC (2012).

<sup>57</sup> Vgl. Dextre Clarke (2011, S. 91).

<sup>58</sup> Vgl. Christoph (2013, S. 149-150).

<sup>59</sup> Vgl. Heath & Bizer (2011, Abschnitt 4.4.4): „If suitable terms can be found in existing vocabularies, these should be reused to describe data wherever possible, rather than reinvented. Reuse of existing terms is highly desirable as it maximises the probability that data can be consumed by applications that may be tuned to well-known vocabularies, without requiring further pre-processing of the data or modification of the application.“

<sup>60</sup> Viele Webservers erlauben es, unter einer Domain praktisch beliebige virtuelle Pfadangaben zu realisieren. Die Abbildung der Struktur von Daten in URLs sollte allerdings nicht dazu führen, dass der Identifier unnötig lang wird. Die Darstellung der hierarchischen Beziehungen in einem Thesaurus wäre zwar beispielsweise in Form eines virtuellen Verzeichnisbaums denkbar, der Identifier würden bei den am tiefsten eingebetteten Begriffen jedoch auf eine Länge anwachsen, die der praktischen Nutzbarkeit der URLs deutlich im Wege stünden. Vgl. auch W3C (2008).

<sup>61</sup> Heath & Bizer (2011, Abschnitt 4.1.2).

<sup>62</sup> Dunsire (2011, S. 141).

renz für eine bestimmte Sprache unterstellt werden kann.<sup>63</sup> Bezeichnungen in unterschiedlichen Sprachen lassen sich in beliebiger Zahl in der RDF-Repräsentation einer Ressource unterbringen, die mittels eines URI identifiziert wird.

### *Organisation und Verantwortung*

URIs dienen in einer RDF-Repräsentation zunächst der Identifikation von Ressourcen. Um im Sinne der Linked-Data-Prinzipien<sup>64</sup> maschinen- oder menschenlesbare Informationen zu einer Ressource zu hinterlegen sollten URIs de-referenzierbar sein. Eine nicht zu vernachlässigende organisatorische Herausforderung in diesem Zusammenhang ist es, die De-Referenzierbarkeit dauerhaft zu gewährleisten.<sup>65</sup> Eine für Vokabular-Definitionen zuweilen genutzte Option besteht darin, auf Dienste zurückzugreifen, die persistente URLs bereitstellen.<sup>66</sup>

Schließlich bleibt noch die recht grundsätzliche Frage, ob die Einrichtung oder Organisation, die ein Klassifikationssystem pflegt, auch selbst für eine RDF-Repräsentation sorgen sollte. Es sollte deutlich geworden sein, dass durch die offene Struktur des „Web of data“ es prinzipiell für jedermann möglich wäre, eine Klassifikation in RDF zu modellieren und die Daten anzubieten, sofern dem nicht urheberrechtliche Gründe entgegen stehen. Auch stellt es technisch keinerlei Problem dar, für bestimmte Zwecke eine lokale RDF-Implementierung einer Klassifikation zu erstellen. Im Sinne einer Qualitätssicherung wäre es jedoch wünschenswert, wenn zumindest eine gewisse zentrale Koordination seitens der Rechteinhaber erfolgte, sei es nur durch die Autorisation von Repräsentationen, die durch Dritte erstellt wurden, oder durch Bereitstellung eines Namensraums und eines Datenmodells.

---

<sup>63</sup> Dunsire (2011, S. 141).

<sup>64</sup> Vgl. Heath & Bizer (2011, Kap. 2).

<sup>65</sup> Vgl. Berners-Lee (1998); vgl. auch den Hinweis der Library of Congress zur Änderung eines URI-Schemas für LoC Subject Headings; eine dauerhafte Weiterleitung vom alten zum neuen Schema wird von der Einrichtung nicht garantiert: <http://id.loc.gov/techcenter/> (abgerufen am 2014-02-24). Das Auftreten dieser Situation ist gerade in den Anfangsjahren der Entwicklung von Semantic Web-Anwendungen vermutlich nicht auszuschließen, sollte aber natürlich nach Kräften vermieden werden.

<sup>66</sup> Beispiele für solche Angebote wären der Dienst von OCLC/Zepheira unter [purl.org](http://purl.org), sowie [xmlns.com](http://xmlns.com) oder [vocab.org](http://vocab.org).

## 4. Implementierungsbeispiele

### 4.1 Dewey-Dezimalklassifikation

Vermutlich aufgrund der weiten Verbreitung der Klassifikation und dank der Entwicklungskapazität einer großen Organisation wie OCLC ist die Implementierung der DDC im Semantischen Web die vermutlich derzeit umfangreichste von allen Universalklassifikationen. Unter der Domain `dewey.info` publiziert OCLC bereits seit einigen Jahren die Klassenstruktur der DDC in RDF unter einer Creative Commons-Lizenz, die nichtkommerzielle Nachnutzung erlaubt. Seit 2012 sind die Haupttafeln der aktuellen, 23. Ausgabe der DDC mit englischen Klassenbezeichnungen komplett verfügbar.<sup>67</sup> Zusätzlich stehen die obersten drei Hierarchieebenen der 22. Ausgabe in insgesamt zwölf Sprachen zur Verfügung, außerdem die 14. *Abridged Edition* in drei Sprachen.<sup>68</sup> Unter Verwendung des Creative Commons-Vokabulars<sup>69</sup> wird für die RDF-Repräsentation jeder Klasse die Lizenz expliziert, unter der die Daten genutzt werden können.

Trotz der bereits angesprochenen Bedenken hinsichtlich der Angemessenheit einer Repräsentation von Klassen eines Klassifikationssystems als `skos:Concept` (also als „Begriff“)<sup>70</sup> sind die Autoren der Modellierung der DDC auf `dewey.info` pragmatisch vorgegangen und haben sich weitgehend auf das Vokabular von SKOS beschränkt. So sind bislang grundsätzlich keine „Topics“ („Fokusbegriffe“) modelliert. Damit wird die begriffliche Binnenstruktur (die „Begriffsnachbarschaften“) einer Klasse nicht expliziert<sup>71</sup> – angesichts des dafür erforderlichen Aufwands ist dies jedoch nachvollziehbar. Abgebildet werden dagegen unmittelbare hierarchische Beziehungen, die sich direkt in der Notation widerspiegeln.<sup>72</sup> Synthetische Notationen werden für die aktuellste englische Ausgabe nur insofern aufgeführt, als sie bereits in

---

<sup>67</sup> <http://ddc.typepad.com/025431/2012/06/ddc-23-released-as-linked-data-at-deweyinfo.html> (abgerufen am 2014-03-05).

<sup>68</sup> <http://dewey.info> (abgerufen am 2014-03-05).

<sup>69</sup> Vgl. <http://www.creativecommons.org/ns> (abgerufen am 2014-03-07).

<sup>70</sup> Siehe Abschnitt 3.3.1 dieses Beitrags.

<sup>71</sup> Vgl. Green & Panzer (2010, S. 177).

<sup>72</sup> Repräsentiert durch `skos:broader` bzw. `skos:narrower` für die jeweils übergeordnete bzw. die untergeordneten Klassen.



der offiziellen Ausgabe vorbelegt sind.<sup>73</sup> Durch das Fehlen der Repräsentation von „Siehe-auch“-Verweisen ist die Implementierung strikt monohierarchisch. Ein wesentlicher Vorteil einer RDF-Implementierung, nämlich die Darstellung von Polyhierarchie, wird auf diese Weise bislang verschenkt.<sup>74</sup>

Identifiziert werden Klassen über URIs, die die DDC-Nummer enthalten. Das Schema, anhand dessen die URIs für Klassen gebildet werden, ist für menschliche Leser einfach nachzuvollziehen und dennoch beachtlich flexibel. Es können optional Ausgabekennzeichen sowie Sprachcodes in den URI verwendet werden. So ist es möglich, Klassen gezielt nach Ausgabe und Sprache zu identifizieren,<sup>75</sup> die Voraussetzung für eine Versionskontrolle der Zuweisung von Notationen (siehe Kapitel 5). Der Aufruf einer Klassen-URI ohne Versions- oder Sprachangabe liefert dagegen alle im Datenbestand vorhandenen (Ausgabe- bzw. Sprach-)Versionen zurück.

#### 4.2 Library of Congress Classification

Die Library of Congress (LoC) arbeitet derzeit an der Bereitstellung von Teilen ihres Klassifikationssystems in RDF. Statt zunächst die obersten Ebenen der Klassifikation zu modellieren und schrittweise zu verfeinern, hat man sich bei der LoC dafür entschieden, die Hauptklassen („Buchstaben“) der Reihe nach zu bearbeiten und vereinfachte Darstellungen zu veröffentlichen. Gegenwärtig steht so eine Auswahl von fünf Klassen der obersten Hierarchieebene zur Verfügung.<sup>76</sup>

Die Klassifikation ist im Gegensatz zur DDC zweifach modelliert, zum einen mit dem MADS/RDF-Vokabular der LoC,<sup>77</sup> zum anderen mit dem SKOS-Vokabular. In der Umsetzung mit SKOS sind einzelne Notationen als `skos:Concept` modelliert. Möglicherweise um die zum Teil etwas arbiträre, historisch gewachsene

---

<sup>73</sup> Dies scheint vor allem Kombinationen aus Haupttafel-Notation mit Standardschlüsseln der Hilfstafel T1 zu betreffen, z. B. <http://dewey.info/class/230.082/e23/2012-10-24/about.en> (abgerufen am 2014-02-22).

<sup>74</sup> Vgl. Green & Panzer (2010, S. 175).

<sup>75</sup> Vgl. die Beispiele unter <http://dewey.info> (abgerufen am 2014-03-07). Die Information über die Zugehörigkeit einer Klasse zu einer bestimmten Ausgabe der DDC ist auch explizit in RDF-Tripeln kodiert.

<sup>76</sup> <http://id.loc.gov/authorities/classification.html> (abgerufen am 2014-03-05).

<sup>77</sup> LoC (2012).

Zusammenfassung von Fächern unter Hauptklassen auszudrücken, ist die oberste Hierarchieebene ist als sogenannte skos:Collection modelliert.<sup>78</sup>

Die URIs zur Identifikation von Klassen enthalten die Notation. Zum gegenwärtigen Stand ist nicht ersichtlich, ob das URI-Schema eine Versionierung vorsieht. Auch ob eine mehrsprachige Darstellung der Klassifikation beabsichtigt wird, ist zur Zeit nicht abzusehen.

#### 4.3 Universale Dezimalklassifikation

Das UDC-Konsortium macht unter der Domain [udcdata.info](http://udcdata.info) seit 2011<sup>79</sup> die englischsprachige UDC Summary, eine Auswahl von rund 2600 der etwa 70.000 UDC-Klassen als RDF-Repräsentation zugänglich. Die Website erlaubt sowohl den Abruf der Beschreibung einzelner Klassen, als auch den Download des kompletten Datenbestands in komprimierter Form.

Die UDC Summary ist mit SKOS modelliert, wobei jede Klasse als skos:Concept umgesetzt wurde. Das Vokabular wird mit eigenen Eigenschaften erweitert, mit denen beispielsweise „Einschließlich“-Hinweise in Textform repräsentiert werden. Weder in den RDF-Tripeln noch als Teil des URL-Schemas ist zum gegenwärtigen Zeitpunkt eine Versionierung der Klassen verfügbar. Bei der Bildung der URIs wurde für jede Klasse eine eigene Identifikationsnummern vergeben, die nicht mit der Notation der Klasse korrespondiert (d. h. die Notation ist nicht aus dem URI ablesbar). Diese Implementierung steht einem zukünftigen Angebot verschiedener Sprach- und Ausgabevarianten zwar nicht entgegen, die dann in den RDF-Daten modelliert werden müssten. Allerdings sind die URIs bei der gewählten Umsetzung für menschliche Nutzer nur mit Hilfsmitteln dekodierbar.

#### 4.4 Weitere Klassifikationssysteme in Auswahl

Die Verbundzentrale des GBV hat eine Modellierung der im GBV-Verbundgebiet gebräuchlichen deutschen Variante der *Basisklassifikation*<sup>80</sup> (BK) vorgenommen und

---

<sup>78</sup> Siehe Ford (2013) für Details.

<sup>79</sup> <http://www.udc.org/index.php/news/viewAll?page=4> (abgerufen am 2014-02-25).

<sup>80</sup> Die niederländische *Basisclassificatie* (NBC), aus der die BK abgeleitet ist, scheint derzeit nicht als RDF-Repräsentation verfügbar zu sein. Im Rahmen eines Forschungsprojekts der Freien Universität Amsterdam wurde zwar offenbar eine RDF-Repräsentation entwickelt, die jedoch nicht frei zugänglich war bzw. ist; vgl. <http://www.cs.vu.nl/STITCH/repository/> (abgerufen am 2014-02-25).

als experimentelles Angebot auf seinem Terminologieserver veröffentlicht.<sup>81</sup> Die Implementierung der vergleichsweise grob strukturierten Klassifikation modelliert Klassen als skos:Concept mit hierarchischen Beziehungen zu über- und untergeordneten Klassen. Eine Versionierung ist bislang nicht implementiert.

Ebenfalls aus der Verbundzentrale des GBV stammt die RDF-Version der *Systematik der Leibniz-Bibliographie*,<sup>82</sup> einer Spezialklassifikation der Gottfried-Wilhelm-Leibniz-Bibliothek Hannover. Das Linked-Data-Angebot modelliert Klassen als skos:Concept und verwendet SKOS-Beziehungen *broader*, *narrower* und *related*. Mit der HTML-Darstellung der Systematik lässt sich die Bibliographie durchblättern, und es sind Links zu den jeweiligen Katalogausschnitten in den RDF-Daten enthalten. Eine Versionierung scheint auch bei diesem Klassifikationssystem nicht implementiert.

Die *Regensburger Verbundklassifikation* (RVK), das an wissenschaftlichen Bibliotheken im deutschsprachigen Raum am weitesten verbreitete Klassifikationssystem, ist bislang nicht als RDF-Implementierung verfügbar. Die Universitätsbibliothek der Universität Mannheim hatte die Notationen der RVK zu Testzwecken in RDF modelliert und publiziert,<sup>83</sup> diese Daten sind jedoch inzwischen nicht mehr online.<sup>84</sup> Laut der Redaktion der RVK ist die Nachfrage nach einer RDF-Version des Klassifikationssystems aktuell noch gering, die Redaktion sieht aber den zukünftigen Bedarf und ist technisch bereits für eine Implementierung gerüstet.<sup>85</sup> Für eine Implementierung der RVK in RDF war eine Versionskontrolle zumindest im Gespräch,<sup>86</sup> wie sie letztlich in RDF umgesetzt wird, ist aktuell noch offen.

---

<sup>81</sup> Die Implementierung war bis Anfang Februar 2014 unter <http://uri.gbv.de/terminology/bk/> (abgerufen am 2014-02-02) erreichbar.

<sup>82</sup> <http://uri.gbv.de/terminology/leibniz/> (abgerufen am 2014-02-02).

<sup>83</sup> [http://wiki.bib.uni-mannheim.de/linked-data/doku.php?id=dokumentation\\_de](http://wiki.bib.uni-mannheim.de/linked-data/doku.php?id=dokumentation_de) (abgerufen am 2014-02-04).

<sup>84</sup> <http://data.bib.uni-mannheim.de/prev.html> (abgerufen am 2014-02-04).

<sup>85</sup> Schöder, A., Universitätsbibliothek Regensburg (pers. Komm).

<sup>86</sup> Vgl. die Vorschläge in [http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/6477/06\\_Werr.pdf](http://www.qucosa.de/fileadmin/data/qucosa/documents/6477/06_Werr.pdf) und <http://www.slideshare.net/MagnusPfeffer/2011-rvk-anwendertreffen-rvk-3punkt0> zur Einführung von versionsstabilen Identifikatoren für die RVK-Notationen (abgerufen am 2014-02-21).

## 5. Anwendungen und Chancen

### 5.1 Pflege von Klassifikationssystemen

Gerade bei den umfassenden Universalklassifikationen wie DDC, UDC und der RVK handelt es sich um „lebende“ Systeme, und sie werden kontinuierlich fortgeschrieben. Dabei kann es zu teilweise weitreichenden Änderungen bei Klassenbedeutungen (bis zum Widerruf von Klassen) und Notationen kommen. Für die redaktionelle Pflege, Veröffentlichung und zum Sicherstellen der Nachvollziehbarkeit solcher Änderungen bietet eine Implementierung als RDF einige interessante Möglichkeiten.

Beispielsweise lassen sich Updates von RDF-Daten als RSS- oder ATOM-Feed veröffentlichen, die über die HTTP-Schnittstelle abgerufen werden können.<sup>87</sup> Außerdem bietet die Repräsentation als RDF ausgezeichnete Möglichkeiten zur Versionierung von Notationen, womit dem Problem des „Veraltens“ von Klassenzuordnungen entgegen gewirkt werden kann.<sup>88</sup> Neben der „diachronen“ Versionierung ist eine orthogonale „synchrone“ Differenzierung des Datenangebots möglich: es können beispielsweise abhängige Ausgaben (wie z. B. die gekürzte Fassung der DDC, die jeweils aus einer vollständigen Ausgabe abgeleitet wird) oder verschiedene Sprachversionen parallel angeboten werden, die bei Verwendung des gleichen Schemas einen homogenen Datenbestand bilden. Dazu wäre es im „Web of Data“ nicht einmal nötig, alle Daten bei einem Anbieter zu halten bzw. URIs für die verschiedenen Ausgaben im gleichen Namensraum zu prägen, vielmehr könnte die Pflege des Systems kooperativ umgesetzt werden.

Voraussetzung für die Modellierung eines Klassifikationssystems in RDF ist eine gute theoretische Durchdringung seiner semantischen Struktur. Wie die verstärkte Literaturproduktion zur DDC der vergangenen Jahre beispielhaft zeigt, können Modellierungsvorhaben interessante Impulse für eine vertiefte Beschäftigung mit einem Klassifikationssystem liefern. In allen begrifflichen Problemen, die z. B. bei der Nachnutzung bestehender Vokabulare wie SKOS auftreten können, sieht Panzer (2011) eine durchaus wertvolle Chance: Die explizite und vergleichsweise restriktive

---

<sup>87</sup> Ein Beispiel sind die Update-Feeds der LoC, mit denen sie Änderungen in der RDF-Version ihrer Schlagwort-Normdateien kommuniziert; vgl. <http://id.loc.gov/techcenter/> (abgerufen am 2014-03-07).

<sup>88</sup> Siehe Effenberger & Hauser (2011), sowie Effenberger (2011).

Semantik von Klassen in RDF-Vokabularen zwingt dazu, die ontologische Struktur eines Klassifikationssystems präzise zu analysieren. Unter Umständen könnte sich diese Analyse sogar auf die Fortentwicklung eines Klassifikationssystems auswirken. Wird die RDF-Repräsentation nämlich zur maßgebliche Version eines Klassifikationssystems bestimmt, sind zukünftige Änderungen und Erweiterungen durch die explizit formalisierte Semantik des verwendeten Vokabulars beschränkt, was der Konsistenz und Homogenität des Gesamtsystems förderlich sein dürfte.

## 5.2 Konkordanzerstellung

Eine naheliegende Anwendung für eine RDF-Version von Klassifikationssystemen ist die Erstellung von Konkordanzen. Mit SKOS steht nicht nur ein Framework zur standardisierten Beschreibung von KOS zur Verfügung,<sup>89</sup> mit den gleichen Mitteln können auch verschiedene KOS zueinander in Beziehung gesetzt werden.<sup>90</sup> Soergel (2011) beispielsweise schlägt ein Verfahren zur Abbildung von Begriffen und Klassen verschiedener KOS vermittelt eines „Hub“ vor, einer Art facettiertem Meta-Thesaurus an den andere KOS, darunter auch Klassifikationssysteme, angebunden werden können. Ein vergleichbarer Vorschlag stellt die „backbone“ oder „spine“-Architektur für das Mapping zwischen Vokabularen dar, die Hubrich (2011) beschreibt.<sup>91</sup>

Allerdings werfen Soergels und Hubrichs Vorschläge für hub-basierte Konkordanzsysteme beide vergleichbare Umsetzungsfragen auf: Soergels „Kernklassifikation“ ist als erweiterbar spezifiziert, was aber die Pflege erschwert, wenn in den „angedockten“ Klassifikationssystemen Änderungen erfolgen.<sup>92</sup> Soergel selbst weist außerdem auf den hohen Arbeitsaufwand für ein manuelles Mapping hin, bei dem jeder Begriff eines Klassifikationssystems in die Beschreibungssprache der Kernklassifikation

---

<sup>89</sup> Vgl. Bee, G. (2010, S. 22).

<sup>90</sup> Vgl. Dextre Clarke (2011, S. 91): „(...) resources have been written in a multiplicity of language, and indexed or classified with a large number of different thesauri, classification schemes, etc. It is tempting to suppose that the problem could be overcome by providing semantic mapping between these different vocabularies. The hope is that standardization of the mappings would enable and enhance exploitation of heterogeneous resources by the computer networks.“

<sup>91</sup> Vgl. Hubrich (2011, S. 86): „In the course of recent Semantic Web and Linked Data activities, the vision of a kind of universal knowledge organization system is indirectly pursued.“

<sup>92</sup> Laut Soergel (2011) ist es auch möglich, verschiedene KOS als „Kernklassifikation“ zu verwenden und aufeinander abzubilden (vgl. z. B. S. 26). Der intendierte Vorteil einer „Hub“-Architektur wäre damit allerdings praktisch wieder in Frage gestellt, da damit transitive Beziehungen zwischen Begriffen bzw. Klassen entstehen.

tion übersetzt werden müsste.<sup>93</sup> Als Alternative schlägt er u. a. automatisierte Verfahren und Crowdsourcing vor,<sup>94</sup> wobei gerade letzteres von der systemimmanent offenen Architektur von Linked-Data-Angeboten profitieren könnte. Einen ersten Schritt in diese Richtung könnte eventuell die derzeit im Aufbau befindliche Faktendatenbank „WIKIDATA“<sup>95</sup> darstellen. Die Datenbank enthält mehrsprachige Begriffseinträge, die aus den Titeln von Wikipedia-Seiten generiert werden. Zu jedem Begriff können Aussagen/Fakten versammelt werden, die in Eigenschaft-Wert-Paaren repräsentiert sind.<sup>96</sup> Zu den Eigenschaften, die einem Begriff zugeordnet werden können, gehören neben hierarchischen Beziehungen zu Ober- und Unterbegriffen auch verschiedene Identifikatoren und Notationen, beispielsweise aus der DDC, neuerdings auch aus der RVK und aus der LoCC.<sup>97</sup> Das Potenzial einer solchen „multiplen“ Konkordanzdatei sollte nicht unterschätzt werden,<sup>98</sup> auch wenn die Daten für bibliothekarische Geschmäcker derzeit eventuell noch zu ungenau bzw. unvollständig sind.

Gerade auch organisatorisch stellt ein verteilter Ansatz zur Erstellung von Konkordanzen im semantischen Web keinerlei Hürde dar: Konkordanzen müssen nicht zentral gepflegt werden. Prinzipiell kann jedermann eigene URIs für Notationen münzen, diese über eine Identitätsbeziehung zur „offiziellen“ Repräsentation der Klassifikation verlinken und Äquivalenzaussagen zu beliebigen anderen Notationen treffen. Es wäre in diesem Fall allerdings langfristig wünschenswert, die Ergebnisse von Mapping-Arbeit externer Projekte nach Möglichkeit auch in die „offiziellen“ RFD-Repräsentationen von Klassifikationssystemen einzupflegen oder zumindest über entsprechende bilaterale Verlinkungen „entdeckbar“ zu machen.

---

<sup>93</sup> Vgl. Soergel (2011, S. 26).

<sup>94</sup> Soergel (2011, S. 29).

<sup>95</sup> <https://www.wikidata.org> (abgerufen am 2014-03-01).

<sup>96</sup> Diese Daten sind zwar derzeit nicht über eine öffentliche Schnittstelle in RDF verfügbar, es wird aber bereits mit Transformationen von Inhalten der Datenbank nach RDF experimentiert, vgl. <http://lists.w3.org/Archives/Public/semantic-web/2013Aug/0012.html> (abgerufen am 2014-02-25).

<sup>97</sup> <https://www.wikidata.org/wiki/Q36442?uselang=de> (abgerufen am 2014-02-25).

<sup>98</sup> Vgl. <http://infobib.de/blog/2014/02/24/wikidata-als-uber-klassifikation/> (abgerufen am 2014-02-25).

### 5.3 Kataloganreicherung

Ohne Zweifel eine der naheliegendsten Einsatzmöglichkeiten der RDF-Implementierung eines Klassifikationssystems ist die Anreicherung von Katalogdaten. Dabei wäre die Verknüpfung von Titeldatensätzen mit weiteren Notationen über eine Konkordanz nur ein erster – keinesfalls zu verachtender – Schritt. In einer ganzen Reihe von Bibliotheken, die Katalogdaten als Linked Data zur Verfügung stellen, ist dieser Schritt auch bereits umgesetzt, etwa beim gemeinsamen Katalog von BVB und KOBV (B3KAT)<sup>99</sup> oder in der britischen Nationalbibliographie (BNB)<sup>100</sup>. Die DNB repräsentiert DDC-Klassen als URI in den RDF-Versionen der GND.<sup>101</sup> Durch die DNB inhaltlich erschlossene Titeldatensätze enthalten zwar seit 2004 ebenfalls DDC-Notationen,<sup>102</sup> derzeit wird die DDC-Klasse in der RDF-Repräsentation der Titeldaten eines Werks jedoch nicht mit ausgegeben.<sup>103</sup>

Sind die Klassenbeschreibungen zu einer Notation über das Web referenzierbar, können weitere Informationen zur inhaltlichen Erschließung eines Werks, das mit einer Notation versehen wurde, automatisch bezogen und für das Online-Retrieval genutzt werden.<sup>104</sup> Bei multilingual repräsentierten Klassenbezeichnungen könnte man auf diese Weise sogar mehrsprachige sachliche Suchen anbieten.<sup>105</sup> Dieses Verfahren könnte auf weitere kontrollierte Vokabulare erweitert werden, die per Äquivalenzbeziehung mit einer Klasse verknüpft wurden. Ein Beispiel

---

<sup>99</sup> Vgl. <http://lod.b3kat.de> (abgerufen am 2014-03-08).

<sup>100</sup> Vgl. <http://bnb.data.bl.uk/> (abgerufen am 2014-02-24); die British Library dupliziert für ihre Titeldatensätze die Versions-/Editionsinformation in selbst geprägten URIs für DDC-Notationen, die wiederum über eine Identitätsbeziehung („same-as“) mit den von dewey.info bereitgestellten Daten verlinkt werden.

<sup>101</sup> Vgl. <http://d-nb.info/standards/elementset/gnd#relatedDdcWithDegreeOfDeterminacy1> (abgerufen am 2014-02-24).

<sup>102</sup> [http://www.ddc-deutsch.de/Subsites/ddcdeutsch/DE/Anwendung/Nationalbibliografie/nationalbibliografie\\_node.html](http://www.ddc-deutsch.de/Subsites/ddcdeutsch/DE/Anwendung/Nationalbibliografie/nationalbibliografie_node.html) (abgerufen am 2014-02-24).

<sup>103</sup> Die Spezifikation der DNB zur Modellierung der Titeldaten im Linked-Data-Service stellt für die Zukunft direkte Links zur deutschen Ausgabe der DDC auf dewey.info in Aussicht (DNB, 2014, S. 19). Bis zu deren Verfügbarkeit werden in den RDF-Repräsentationen von Titeldaten keine DDC-Klassen ausgegeben.

<sup>104</sup> Auf [lobid.org](http://lobid.org), dem Linked-Data-Angebot des hzb, wird die RDF-Repräsentation der Schlagwörter in der GND für eine Vorschlags-Funktion bei der Eingabe in ein Suchfeld verwendet. Eine entsprechende Anwendung wäre auch für Klassifikationssysteme denkbar.

<sup>105</sup> Vgl. Mitchell & Panzer (2013, S. 189). Christoph (2013) wendet dazu allerdings ein, dass für das Anbieten einer facettierten Suche üblicherweise ein lokaler Suchindex nötig sei. Für dessen Erzeugung genutzte Daten eines Linked-Data-Angebots müssten unter einer entsprechenden Lizenz stehen, um für solche Zwecke genutzt werden zu dürfen.

hierfür ist die Zuordnung von DDC-Klassen zu Schlagwörtern der ehemaligen SWD, die im Rahmen des Projekts „CrissCross“ vorgenommen wurde.<sup>106</sup>

In eine ähnliche Richtung zielt auch ein Vorschlag von Mitchell und Panzer (2013), die sich sowohl die Synthesemöglichkeiten in der DDC als auch die Definition von DDC-Klassen als „Begriffsnachbarschaften“ zunutze machen wollen: Würden die durch eine Klasse geclusterten Themen explizit *einzel*n in RDF modelliert, ließen sich Klassen semantisch dekomponieren und die Einzelbegriffe als thematische Schlagwörter dem Suchindex hinzufügen. Eine entsprechend detaillierte Repräsentation der DDC-Klassen würde einen fast fließenden Übergang zu einer Facettenklassifikation ermöglichen,<sup>107</sup> und deren Vorzüge für das Online-Retrieval und Browsing mit einer klassenbasierten Abstraktion kombinieren (die wiederum Voraussetzung für ein Notationssystem zur systematischen Aufstellung ist<sup>108</sup>). Allerdings ist eine solche Anwendung derzeit noch nicht absehbar, und angesichts des hohen Aufwands einer Implementierung ist vermutlich auch nicht zeitnah damit zu rechnen.

Weniger aufwändig in der Umsetzung erscheint schließlich ein weiterer Anwendungsvorschlag von Mitchell und Panzer, der zudem über das sogenannte „Mashup“ reiner bibliothekarischer Daten deutlich hinaus weist: Sie schlagen eine Verknüpfung von DDC-Klassen für Geografika mit eindeutigen Bezeichnern aus der GeoNames-Datenbank<sup>109</sup> vor, wodurch einerseits indirekte/implizite Verbindungen zu Ressourcen mit dem gleichen Bezeichner hergestellt werden können, andererseits die in GeoNames codierten Positionsinformationen und Informationen über benachbarte Entitäten zur Erzeugung neuer Such-Kontexte genutzt werden könnten.<sup>110</sup>

## 6. Fazit

Die Idee vom „Web of data“ ist nach wie vor faszinierend. Mit RDF steht eine flexible Technologie zur Verfügung, mit der selbstbeschreibende Datenformate definiert und publiziert werden können. Es sollte daher keine Übertreibung darstellen, in der Kombination aus RDF und HTTP eine mächtige, universelle Schnittstelle zu

---

<sup>106</sup> Bee, G. (2010, S. 21).

<sup>107</sup> Vgl. Mitchell & Panzer (2013, S. 190).

<sup>108</sup> Vgl. etwa die Arbeit am Projekt der nie umgesetzten „doppelt notierten Einheitsklassifikation“; Müller-Dreier (1994).

<sup>109</sup> <http://www.geonames.org/ontology/documentation.html> (abgerufen am 2014-02-24).

<sup>110</sup> „geospatial reasoning“; Mitchell & Panzer (2013, S. 193).



sehen. Auf dieser technologischen Basis können praktisch beliebige Daten modelliert werden.

Die Umsetzung von Klassifikationssystemen für das semantische Web wirft zuweilen einige strukturelle Fragen auf. Es sollte deutlich geworden sein, dass Klassifikationssysteme als Wissensorganisationssysteme eigener Art zu sehen sind, mit deutlichen Unterschieden zu beispielsweise Thesauri. Die von Green & Panzer (2010) vorgenommene Untersuchung der Semantik von DDC-Klassen etwa ruft ein Bild von im Grunde zwei Systemen hervor, die miteinander verschränkt bzw. koordiniert sind: einerseits der Begriffsraum, der prinzipiell wie ein Thesaurus organisiert ist, aber auch assoziative Beziehungen zu anderen Vokabularen enthalten kann und damit eine polyhierarchische oder geclusterte Struktur aufweisen kann. Andererseits die Klassenhierarchie, die nach einem strikt monohierarchischen (rein syntaktischen) Prinzip geordnet ist und unter anderem der Dimensionsreduktion bei der Notationsvergabe dient. Die Koordinierung beider Systeme erfolgt über Enthaltenssins- oder Spezifizierungs-Beziehungen<sup>111</sup>.

Die Beschäftigung mit diesen Fragen im Rahmen einer Modellierung in RDF kann jedoch dabei helfen, den Aufbau des zu modellierenden Systems besser zu verstehen. Unter Umständen kann der Modellierungsprozess damit sogar auf die Weiterentwicklung des Klassifikationssystems zurückwirken. Die unter der Domain *de.wey.info* veröffentlichte Repräsentation der DDC ist in dieser Hinsicht eine pragmatische und (zum gegenwärtigen Zeitpunkt) zugleich herausragende Umsetzung eines Klassifikationssystems in RDF.

Die Linked-Data-Version eines Klassifikationssystems eignet sich für verschiedene Zwecke. Außer als Grundlage für neue Such- und Browsingmöglichkeiten könnte die Repräsentation in RDF als offizielle, verbindliche Plattform für die Pflege und Publikation eines Systems dienen. Sie eignet sich außerdem als Anknüpfungspunkt für das Erstellen von Konkordanzen. Durch die offene Architektur des semantischen Web ist für ein solches Unterfangen eine dezentrale Organisation möglich. Damit sind die Hürden für anwendungsorientierte Konkordanz-Projekte mit begrenztem Skopus deutlich gesenkt, zugleich können die Ergebnisse leicht zur Nachnutzung zur Verfügung gestellt werden.

---

<sup>111</sup> Begriff *X* ist enthalten in Klasse *N* bzw. Begriff *X* beschränkt (ungef.) die Extension der Klasse *N*.

Sowohl hinsichtlich der technischen Umsetzung von Klassifikationssystemen in RDF als auch bezüglich der Anwendungsmöglichkeiten sind noch zahlreiche Entwicklungen zu erwarten. Es wird weiter mit Datenmodellen experimentiert werden und Szenarien für die Arbeit mit den angebotenen Daten werden erprobt. Bibliotheken und ihr Umfeld arbeiten damit ganz dicht am *state-of-the-art* für massentaugliche Anwendungen auf dem Gebiet des Semantic Web, worauf die beteiligten Akteure zurecht stolz sein dürfen.

## Literatur

- 10.11588/pb.2014.2.16815Bee, G. (2010). Concepts in context. *Dialog mit Bibliotheken*, 2010(2), 20-24.
- Berners-Lee, T. (1998). Cool URIs don't change. <http://www.w3.org/Provider/Style/URI> (abgerufen am 2014-03-03).
- Berners-Lee, T., Hendler, J. & Lassila, O. (2001). The semantic web. *Scientific American*, 284(5), 34-44.
- Buchanan, B. (1989). *Bibliothekarische Klassifikationstheorie*. München: Saur.
- Danowski, P. & Pohl, A. (2013). *(Open) Linked Data in Bibliotheken*. Berlin: De Gruyter Saur. <http://www.degruyter.com/view/product/181080> (abgerufen am 2014-03-01).
- Dellschaft, K. & Hachenberg, C. (2011). Repräsentationen von Wissensorganisationssystemen (KOS) im Semantic Web: Ein Best Practice Guide. Deutsche Initiative für Netzwerkinformation, AG Kompetenzzentrum Interoperable Metadaten. <http://www.kim-forum.org/Subsites/kim/SharedDocs/Downloads/DE/Berichte/repraesentationVonKosImSemanticWeb.pdf;jsessionid=16F91F7B2D517AA1397843CF43F3920A.prod-worker2?blob=publicationFile> (abgerufen am 2014-03-07).
- Dextre Clarke, S. G. (2011). In pursuit of interoperability: Can we standardize mapping types? In: F. Boteram, W. Gödert & J. Hubrich (Hrsg.), *Concepts in context* (S. 91-109). Würzburg: Ergon.
- Effenberger, C. (2011). Ein semantisches Netz für die Suche mit der Dewey-Dezimalklassifikation – Optimiertes Retrieval durch die Verwendung versionierter DDC-Klassen. *Mitteilungen der Vereinigung Österreichischer Bibliothekarinnen & Bibliothekare*, 64(2), 270-289.
- Effenberger, C. & Hauser, J. (2011). Would an explicit versioning of the DDC bring advantages for retrieval? In: F. Boteram, W. Gödert & J. Hubrich (Hrsg.), *Concepts in context* (S. 123-132). Würzburg: Ergon.
- Ford, K. (2013). Library of Congress Classification as linked data. *Italian Journal of Library and Information Science*, 4(1), 161-175. doi:10.4403/jlis.it-5465.
- Fürste, F. M. (2011). *Linked Open Library Data. Bibliographische Daten und ihre Zugänglichkeit im Web der Daten*. Wiesbaden: Dinges & Frick.
- Gantert, R. & Hacker, R. (2008). *Bibliothekarisches Grundwissen*. München: Saur.
- Green, R. & Panzer, M. (2010). The ontological character of classes in the Dewey Decimal Classification. In: C. Gnoli & F. Mazzocchi (Hrsg.), *Paradigms and conceptual systems in knowledge organization* (S. 171-179). Würzburg: Ergon.
- Green, R. & Panzer, M. (2011). Relationships in the notational hierarchy of the Dewey Decimal Classification. In: A. Slavic & E. Civallo (Hrsg.), *Classification and ontology: Formal approaches and access to knowledge* (S. 166-176). Würzburg: Ergon.
- Heath, T. & Bizer, C. (2011). *Linked data: Evolving the web into a global data space*. <http://linkeddatabook.com/editions/1.0/> (abgerufen am 2014-02-28).
- Hitzler, P., Krötzsch, M., Rudolph, S. & Sure, Y. (2008). *Semantic Web: Grundlagen*. Heidelberg: Springer.

- Hubrich, J. (2011). Intersystem relations: Characteristics and functionalities. In: F. Boteram, W. Gödert & J. Hubrich (Hrsg.), *Concepts in context* (S. 69-89). Würzburg: Ergon.
- International Federation of Library Associations and Institutions. (2010). Functional requirements for subject authority data (FRSAD). A conceptual model.  
<http://www.ifla.org/files/assets/classification-and-indexing/functional-requirements-for-subject-authority-data/frsad-final-report.pdf> (abgerufen am 2014-02-28).
- Krabo, U. & Knitel, M. (2011). Library linked data – Technologien, Projekte, Potentiale. *Mitteilungen der Vereinigung Österreichischer Bibliothekarinnen & Bibliothekare*, 64(1), 11-31.
- Library of Congress. (2009). MADS/RDF primer. Updated 10 May 2012.  
<http://www.loc.gov/standards/mads/rdf/> (abgerufen am 2014-03-07).
- Löbner, S. (2002). *Understanding semantics*. London: Arnold.
- Mitchell, J. S. & Panzer, M. (2013). Dewey linked data: making connections with old friends and new acquaintances. *Italian Journal of Library and Information Science*, 4(1), 177-199.  
doi:10.4403/jlis.it-5467
- Müller-Dreier, A. (1994). *Einheitsklassifikation. Die Geschichte einer fortwirkenden Idee*. Wiesbaden: Harrassowitz.
- National Information Standards Organization. (2005). ANSI/NISO Z39.19-2005. Guidelines for the construction, format, and management of monolingual controlled vocabularies. Bethesda, MD: NISO Press.
- Panzer, M. & Zeng, M. L. (2009). Modeling classification systems in SKOS: Some challenges and best-practice recommendations. In: *Proceedings of DCMI International Conference on Dublin Core and Metadata Applications*, Seoul, Korea, 12.-16. Oktober (S. 3-14).  
<http://dcpapers.dublincore.org/pubs/article/view/974> (abgerufen am 2014-03-07).
- Panzer, M. (2011). Two tales of a concept: Aligning FRSAD with SKOS. In: F. Boteram, W. Gödert & J. Hubrich (Hrsg.) *Concepts in context* (S. 157-168). Würzburg: Ergon.
- Pfeffer, M. (2013). Automatisches Generieren von Konkordanzen. Vortrag auf dem 5. Kongress Bibliothek und Information, Leipzig, 11.-14. März.  
<http://de.slideshare.net/MagnusPfeffer/automatisches-generieren-von-konkordanzen> (abgerufen am 2014-03-07).
- Rumpf, L. (2012). Open catalog: Eine neue Präsentationsmöglichkeit von Bibliotheksdaten im Semantic Web? *Perspektive Bibliothek*, 1(1), 56-80.
- Shadbolt, N., Hall, W. & Berners-Lee, T. (2006). The semantic web revisited. *IEEE Intelligent Systems*, 21(3), 96-101.
- Soergl, D. (2011). Conceptual foundations for semantic mapping and semantic search. In: F. Boteram, W. Gödert & J. Hubrich (Hrsg.), *Concepts in context* (S. 13-35). Würzburg: Ergon.
- Stock, W. G. (2009). Begriffe und semantische Relationen in der Wissensrepräsentation. *Information – Wissenschaft & Praxis*, 60(8), 403-420.
- World Wide Web Consortium. (2004). RDF primer. W3C recommendation 10 February 2004.  
<http://www.w3.org/TR/2004/REC-rdf-primer-20040210/> (abgerufen am 2014-02-28).
- World Wide Web Consortium. (2008). Cool URIs for the semantic web. W3C Interest Group note 3 December 2008. <http://www.w3.org/TR/cooloris/> (abgerufen am 2014-03-08).

- World Wide Web Consortium. (2009). The self-describing web. Technical Architecture Group finding 7 Februar 2009. <http://www.w3.org/2001/tag/doc/selfDescribingDocuments.html> (abgerufen am 2014-03-01).
- World Wide Web Consortium. (2009a). SKOS Simple Knowledge Organization System primer. W3C Working Group note 18 August 2009. <http://www.w3.org/TR/2009/NOTE-skos-primer-20090818/> (abgerufen am 2014-02-28).
- World Wide Web Consortium. (2012). OWL 2 Web Ontology Language primer (second edition). W3C recommendation 11 December 2012. <http://www.w3.org/TR/2012/REC-owl2-primer-20121211/> (abgerufen am 2014-02-28).
- World Wide Web Consortium. (2013). SPARQL 1.1 Overview. W3C recommendation 21 March 2013. <http://www.w3.org/TR/sparql11-overview/> (abgerufen am 2014-03-07).
- World Wide Web Consortium. (2014). RDF 1.1 Primer. W3C Working Group note 25 February 2014. <http://www.w3.org/TR/2014/NOTE-rdf11-primer-20140225/> (abgerufen am 2014-02-28).
- Zumstein, P. (2012). Die Rolle des Semantic Web für Bibliotheken: Linked Open Data und mehr: Welche Strategien können hier die Bibliotheken in die Zukunft führen? *Perspektive Bibliothek*, 1(1), 81-102.