

Aus der Professur für Geodäsie und Geoinformatik
der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät

**Semantische und organisatorische Interoperabilität kommunaler Geodaten
im Kontext von INSPIRE**

Dissertation

Zur Erlangung des akademischen Grades
Doktor der Ingenieurwissenschaften (Dr.-Ing.)

an der Agrar- und Umweltwissenschaftlichen Fakultät
der Universität Rostock

vorgelegt von: Dipl.-Ing. Falk Würriehausen
aus Nieder-Olm

Rostock, den 30. Juli 2015

Gutachter: 1. Prof. Dr.-Ing. Ralf Bill,
Universität Rostock, Agrar- und Umweltwissenschaftliche Fakultät,
Professur für Geodäsie und Geoinformatik

2. Prof. Dr.-Ing. Hartmut Müller,
Hochschule Mainz, Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik,
Fachbereich Technik – Geoinformatik & Vermessung

3. Prof. Dr.-Ing. habil. Theo Kötter,
Universität Bonn, Landwirtschaftliche Fakultät, Institut für Geodäsie und Geoinformatik,
Professur für Städtebau und Bodenordnung

Datum der Einreichung: 23. April 2015

Datum der Verteidigung: 07. Juli 2015

Zusammenfassung

Mit INSPIRE – der Geodateninfrastruktur der Europäischen Gemeinschaft – wird das Ziel verfolgt, umweltrelevante und harmonisierte Geodatenbestände für eine nachhaltige europäische Umweltpolitik und zur allgemeinen Bereitstellung für die Bürger der EU verfügbar zu machen. Die Konzeption und Umsetzung von Diensten der Behörden in Europa muss auf der Grundlage von vernetzten Datenbanken erfolgen. Zur Gewährleistung einer Interoperabilität zwischen den verschiedenen Ebenen und Systemen ist es zwingend notwendig, dass auf den verschiedenen Ebenen die Behörden und Systeme über gemeinsame Standards kommunizieren. Dabei sind sowohl semantische, syntaktische und organisatorische Rahmenbedingungen der Verwaltungen zu berücksichtigen. Diese spiegeln sich vor allem in den vorhandenen E-Government-Aktivitäten, Standardisierungen und Geo-Informationssystemen (GIS) der Verwaltung wieder. Zur Realisierung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft sollen die Mitgliedsstaaten ihre bereits vorhandenen Geodatenätze und -dienste stufenweise interoperabel verfügbar machen. Damit soll die Entscheidungsfindung in Bezug auf politische Konzepte und Maßnahmen, die direkte oder indirekte Auswirkungen auf die Umwelt haben können, unterstützt werden. Jedoch haben die gewachsenen Verwaltungsstrukturen mit ihren jeweiligen Besonderheiten zu heterogenen Datenbeständen geführt. Diese Heterogenität behindert wesentlich die interkommunale Zusammenarbeit. Eine Untersuchung, wie die reibungslose Zusammenarbeit auch in einer heterogenen Organisations- und Datenstrukturlandschaft stattfinden kann, ist daher zwingend.

Um einen wissenschaftlichen Beitrag zur Erfüllung der Aufgaben durch kommunale Stellen (Gemeinden, Städte und Landkreise) in der Geodateninfrastruktur des Bundeslandes Rheinland-Pfalz (GDI-RP) zu leisten, werden semantische Problemstellungen untersucht und Lösungen in Form eines Interoperabilitätsmodells für Geodateninfrastrukturen unter Berücksichtigung von INSPIRE aufgezeigt. In dem entwickelten E-Government-Modell einer Geodateninfrastruktur (Geo-Government) kann Interoperabilität auf allen Ebenen nachgewiesen werden. Die technische Interoperabilität wird über ein Netzwerk (Intranet, Internet) sowie eine (Server-) Hardware abgebildet. In Geodatennetzwerken bilden die GIS die Basis der syntaktischen Interoperabilität. Auf der anderen Seite werden aus technologischer Sicht Spezifikationen des Open Geospatial Consortium (OGC) wie der WebMapService (WMS) oder der WebFeatureService (WFS) unterstützt. Durch diese wird die Interoperabilität der Daten sichergestellt, beispielsweise durch die Austauschmöglichkeiten von Geodatenformaten (GML, etc.). Auf der semantischen Ebene wird der Austausch durch semantische Datenmodelle (XPlanung, ALKIS, etc.) sichergestellt. Gleichzeitig gibt es auf der semantischen Ebene Überschneidungen mit INSPIRE-Datenmodellen zu den Datenthemen Annex I bis III der Richtlinie. Um diese Überschneidungen aufzuheben werden sowohl Regeln für die Modelltransformation von kommunalen Daten als auch Dienste benötigt, die in der Lage sind, verschiedene, auch kommunale, Geodaten Themen zu integrieren. Basierend auf Untersuchungen kommunaler Datenmodelle im Zusammenhang mit geografischen Informationen, konnten Datentransformationen durch Nutzung von Standards des Semantic Web und Ontologien (RDF, OWL, etc.) implementiert werden. Zudem konnten verteilte, heterogene Geofachdaten im Europäischen Geoportal mit INSPIRE-Metadaten, Darstellungs- und Download-Diensten zugänglich gemacht werden. Damit konnte aufgezeigt werden, dass kommunale Daten und Wissen bis zur Ebene der Europäischen GDI interoperabel ausgetauscht werden können.

Schlagwörter: Interoperabilität, Semantik, GIS, Geodateninfrastruktur, Kommune, Geo-Government, INSPIRE

Abstract

The Infrastructure for Spatial Information in Europe (INSPIRE) requirements for environmental applications are referenced in the INSPIRE-directive. The framework for the implementation is given by key components specified through technical implementing rules. The rules enable sharing of environmental spatial information among public sector organizations and better facilitate public access to spatial information across the European Union. From the sharing of heterogeneous data in the context of cross-border SDI, new value creating insights are gained. The linkage of geographic references with other kinds of information in an interoperable way becomes very important within the context of e-government activities of municipalities in the Member States of the European Union. Special emphasis of data and language heterogeneity specifically is given to the integration of municipal data within the higher infrastructure levels. Cases of interoperability at the semantic and organisational level as well as results of data transformation and cartographic enhancement of local government data within the European Union spatial data infrastructure will be illustrated. Integrated data concepts and data models can help to guarantee for the smooth cooperation even in a heterogeneous environment of organization units. In depth analysis of data structures and organisational requirements, therefore, is imperative.

In order to make a scientific contribution to the tasks by municipal bodies (municipalities, cities and counties) in the spatial data infrastructure of the federal state of Rhineland-Palatinate (GDI-RP), semantic problems are investigated and solutions of an interoperability model for spatial data infrastructures, including INSPIRE requirements, are discussed. In the developed e-government model of a spatial data infrastructure (geo-government), interoperability can be demonstrated at all levels. Technical interoperability is tracked via a technical network (Intranet, Internet) and a (server-) hardware. In spatial data networks, the Geographic Information Systems (GIS) form the basis of syntactic interoperability. On the other hand specifications of the Open Geospatial Consortium (OGC) as the WebMapService (WMS) or WebFeatureService (WFS) are supported from a technological point of view. By this, the interoperability of data, for example by the exchanges of spatial data formats (GML, etc.) is ensured. On the semantic level, the exchange of semantic data models is enabled with XPlanung or by the use of ALKIS. At the same time at the semantic level there are overlaps with INSPIRE data models to the data subjects Annex I to III of the Directive. Particularly needed are agreed rules for the provision of municipal data, as well as for services which are able to process comprehensive spatial data based on different, even municipal, spatial data themes. Based on the current situation in the context of geographic information, data transformation and the usage of standards of the semantic web and ontologies (RDF, OWL, etc.) to solve heterogeneity problems in data management are discussed. It obviously makes much more sense to share existing records rather than to acquire new data for each application separately. The need to use heterogeneous and distributed data becomes evident particularly in current developments of existing European geo-portal with INSPIRE-Metadata, View- and Download-Services on the Internet. In that way, it can be demonstrated how extensive knowledge which is already available for local government data can be used at the European level.

Keywords: Interoperability, Semantic, GIS, Spatial Data Infrastructures, Municipalities, Geo-Government, INSPIRE

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	3
Abstract.....	5
Inhaltsverzeichnis	7
1. Zielstellung und Problemdefinition.....	11
1.1 Hintergründe und Problemstellung.....	11
1.2 Motivation und Handlungsbedarf.....	12
1.3 Untersuchungsrahmen	14
1.4 Zielsetzung und Hypothesen.....	15
1.4.1 Politische und institutionelle Zielstellung	16
1.4.2 Technologische und semantische Zielstellung.....	16
1.4.3 Zielsetzung auf strategischer und operativer Ebene.....	17
1.5 Methodisches Vorgehen	19
1.6 Aufbau der Dissertation.....	20
2. Referenzmodelle und Interoperabilität in Geodateninfrastrukturen	23
2.1 Geodateninfrastrukturen in der Europäischen Gemeinschaft.....	23
2.1.1 Terminologie der Geodateninfrastruktur	23
2.1.2 Dimensionen und Ebenen der Geodateninfrastruktur.....	25
2.1.3 Konzeption der Europäischen Geodateninfrastruktur	26
2.1.4 Aufbau und nationale Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie.....	29
2.2 E-Government und Standardisierung in Kommunen.....	35
2.1.1 Anforderungen im kommunalen E-Government.....	35
2.1.2 Dimensionen und Ebenen von E-Government.....	37
2.1.3 Service-Orientierte-Architekturen (SOA)	40
2.1.4 E-Government und Standardisierung (XÖV)	42
2.3 Referenzmodelle und Konzepte der Interoperabilität	46
2.3.1 Anforderungen der Interoperabilität.....	46
2.3.2 Dimension und Ebenen der Interoperabilität	48
2.3.3 Das Europäische Interoperabilitäts-Framework.....	51
2.3.4 Referenzmodell Geoinformation nach ISO19101	52

3. Technologien des Wissensmanagements und der Semantik	55
3.1 Wissensmanagement, Begriffe und Hierarchien	55
3.2 Konzepte und Technologien des Semantic Web	56
3.3 Ontologien als Wissensrepräsentation (Knowledge Representation)	57
3.4 Identifikation von Wissensressourcen im Web	58
3.5 Semantic Web: Software-Architektur und Technologiestandards.....	60
3.5.1 Technologiestandards.....	61
3.5.2 Resource Description Framework (RDF).....	62
3.5.3 Resource Description Framework Schema (RDF-S).....	64
3.5.4 Web Ontology Language (OWL)	64
3.5.5 Protocol and RDF Query Language (SPARQL).....	66
3.5.6 Geographic Query Language for RDF Data (GeoSPARQL).....	66
3.5.7 Semantic Web Rule Language (SWRL).....	68
3.5.8 Rule Interchange Format (RIF).....	69
4. Entwicklungsansatz für semantische und organisatorische Modelle.....	73
4.1 Semantische und organisatorische Betrachtung der Interoperabilität	73
4.2 Differenzierung von Daten und Georeferenz bei der INSPIRE-Umsetzung.....	79
4.3 Evaluierung der INSPIRE-relevanten Geofachdaten der Kommunen.....	81
4.4 Kriterien und Evaluierung von Geodateninfrastrukturen der Kommunen	89
4.5 Entwicklungsansatz eines Semantischen GIS in der GDI für Kommunen.....	92
4.6 Rolle der semantischen Modelle bei der INSPIRE-Umsetzung	94
4.6.1 Anwendungsstudie „GIS-Datenbestände“	94
4.6.2 Anwendungsstudie „XPlanung“	96
4.7 Spezifikationstest und Digitalisierung kommunaler Pläne.....	101
4.7.1 Szenario „Raster-Umring“.....	101
4.7.2 Szenario „Konvertierung/Vektorisierung“	104
4.7.3 Szenario „Neuplanung“.....	108
4.8 Mit „XPlanung“ zu „INSPIRE“	111
5. Entwicklungsansatz zur Implementierung der Interoperabilität mit Semantischem GIS.....	115
5.1 Integration von Konzepten, Schemata und Semantik	115
5.2 Korrespondenzen und Logisches Mapping	118
5.3 Implementierung von Modelltransformationsansätzen.....	121

5.3.1 Transformation auf Datenebene (ETL)	122
5.3.2 Transformation auf Serviceebene (CST-WPS).....	130
5.3.3 Transformation auf Wissensebene (OWL).....	136
5.4 Implementierung für Metadaten, Darstellungs- und Downloaddienste	146
6. Diskussion der gewonnenen Erkenntnisse und Empfehlungen.....	151
6.1 Semantische und organisatorische Interoperabilität	151
6.2 Aufwand-Nutzen-Betrachtung	154
6.3 Grenzen der Europäischen Geodateninfrastruktur.....	156
7. Schlussfolgerungen und Ausblick.....	159
Literaturverzeichnis	163
Tabellenverzeichnis	171
Abbildungsverzeichnis.....	173
Abkürzungsverzeichnis.....	177
Schriftenverzeichnis.....	181
Thesen der Dissertation.....	183
Danksagung.....	187
Anlage A: Erhebungsbogen kommunale Geodateninfrastrukturen.....	189
Anlage B: Erhebungsbogen kommunale Geofachdaten	193

1. Zielstellung und Problemdefinition

1.1 Hintergründe und Problemstellung

Das *Grundprinzip* in der Geoinformationswelt, zur Umsetzung der Interoperabilität offene modellbasierte Ansätze anstelle von proprietären Dateiformaten zu verwenden, ist nicht neu. Doch erst durch den Aufbau einer operativen Geodateninfrastruktur in einer Europäischen Region (RGDI) nach Rajabifard, Chan & Williamson (1999) wurde es notwendig, ein verbindliches und herstellerunabhängiges Referenzmodell auf organisatorischer bzw. konzeptueller Ebene der Europäischen Gemeinschaft festzulegen. Mit der Entwicklung von Modellen der *International Organization for Standardization* (ISO) sowie des *ORM-Referenzmodell* des Open Geospatial Consortium (OGC) stehen zudem formalisierte Regelungen aus dem Geoinformationssektor zur Verfügung. Doch gerade auf der unteren Ebene der Geodaten werden viele Formate, wie das Shape-Format (SHP), das Drawing Interchange Format (DXF), Rasterdaten in GeoTiff, Dokumente im Portable Document Format (PDF) oder unterschiedliche Fachprogramme für die Datenverarbeitung in Verwaltungen verwendet. Diese Vielseitigkeit der Datenformate sowie die gewachsenen Verwaltungsstrukturen mit ihren jeweiligen Besonderheiten haben zu heterogenen Datenbeständen geführt. Diese Heterogenität behindert wesentlich die interkommunale Zusammenarbeit auf der operationalen Ebene. Ein semantisches und organisatorisches Konzept, nach dem die reibungslose Zusammenarbeit auch in einer heterogenen Organisations- und Datenstrukturlandschaft stattfinden kann, ist daher zwingend. Zur Realisierung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE) sollen die Mitgliedsstaaten ihre bereits vorhandenen Geodatenansätze und -dienste stufenweise interoperabel verfügbar machen. Damit soll die Entscheidungsfindung in Bezug auf politische Konzepte und Maßnahmen, die direkte oder indirekte Auswirkungen auf die Umwelt haben können, unterstützt werden.

Um einen wissenschaftlichen Beitrag zur Erfüllung der Aufgaben durch kommunale Stellen (Gemeinden, Städte und Landkreise) in der Geodateninfrastruktur des Bundeslandes Rheinland-Pfalz (GDI-RP) zu leisten, werden folgende Problemstellungen im Rahmen der Dissertation untersucht und Lösungen erarbeitet:

- Durch Datenspezifikationen können auf semantischer Ebene die Art und Weise, wie die unter den Geltungsbereich der INSPIRE-Richtlinie (European Union, 2007) fallenden Geodaten bereitzustellen sind, definiert werden. Bisher fehlt es allerdings an einer Feststellung, wie die Geodaten und Metadaten der kommunalen Stellen unter Berücksichtigung der Rahmenbedingungen der rheinland-pfälzischen Geodateninfrastruktur interoperabel bereitgestellt werden können.
- Geodatenansätze, die in Bezug zu einem oder mehreren Themen stehen, müssen die in der INSPIRE-Richtlinie vorgesehenen Durchführungsbestimmungen erfüllen. Die Verordnungen zur Durchführung der INSPIRE-Richtlinie hinsichtlich der Interoperabilität von Geodatenansätzen und -diensten (Europäische Kommission, 2010b) enthält hierbei festgelegte Kriterien, wie daraus Interoperabilität im Rahmen einer Implementierung erreicht werden kann. Um dies umzusetzen, ist eine technische und inhaltliche Evaluierung vorhandener Geodatenmodelle notwendig, deren Anforderungen mit dem Ist-Zustand gegenüberzustellen ist. Zudem sind die in den Geltungsbereich der Durchführungsbestimmung bzw. INSPIRE-Richtlinie fallenden Geodaten für kommunale Stellen unter Berücksichtigung des rheinland-pfälzischen Landesrechtes bisher nicht definiert.

- Basierend auf den Erkenntnissen der Untersuchungen ist ein ganzheitliches Konzept für kommunale Geodaten und Metadaten der unteren Verwaltungsbehörden in Rheinland-Pfalz notwendig. Diese sollen exemplarisch für Geodatenätze mit Bezug zu den in Anhang I bis III der INSPIRE-Richtlinie (European Union, 2007) aufgeführten Themen mittels semantischer Modelltransformation erreicht werden.
- Gleichzeitig soll es durch geeignete Modellimplementierungen Kommunen ermöglicht werden, INSPIRE-konforme Geodaten und Metadatenätze zu schaffen, sowie diese zur Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben, die Auswirkungen auf die Umwelt haben können, interoperabel auszutauschen und zu nutzen.

Basierend auf umweltrelevanten Geodaten der Kommunen, deren Evaluierung im Rahmen der Arbeit eine Aufgabe darstellt, sollen Implementierungskonzepte entwickelt und Lösungen für Geodateninfrastrukturen aufgezeigt werden. Durch eine verwaltungsübergreifende *Status quo Untersuchung* soll der Bestand an umweltrelevanten Daten mit INSPIRE-Relevanz erkannt und über geeignete Dienste ein harmonisierter Datenbestand aufgebaut werden. Die Kombination von standardbasiertem Datenaustausch, wie es mit XPlanGML auf Anwenderebene realisiert ist, sowie der semantischen Modelltransformation ermöglicht ein hohes Maß an Interoperabilität. Die Realisierung der *semantischen Interoperabilität* auf Modellebene besitzt ein großes Potenzial, aber auch Grenzen, die in der vorhandenen Heterogenität der kommunalen Datenquellen gesehen werden können.

1.2 Motivation und Handlungsbedarf

Die *Idee zur Arbeit* entstand aufgrund des Fehlens eines Konzeptes zur Implementierung und Umsetzung der Europäischen INSPIRE-Richtlinie unter besonderer Berücksichtigung der vorhandenen Geo-Informationssysteme und der E-Government-Standards auf der kommunalen Ebene. Zudem sind Netzwerk- und Rahmentechnologien und die effektive Nutzung der Möglichkeiten des Internets eine besondere Herausforderung für Verwaltungen. Beispielhaft zu nennen ist der Stand der Nutzung elektronischer Signaturen für Antragsangelegenheiten, die Bereitstellung von elektronischen Daten und die Nutzung von WebServices für den Datenaustausch innerhalb und zwischen den Verwaltungen. Modelltransformation auf Service-Ebene sowie die Datenharmonisierung im Sinne von INSPIRE sind zur Erreichung einer Interoperabilität der Daten über Netzdienste sicherzustellen. Dies ist eine Möglichkeit die Anforderungen der INSPIRE-Richtlinie zu erfüllen. Die Entwicklung einer semantischen Transformation bedarf definierter Ausgangsdatenmodelle, wie es XPlanung für die Bodennutzung¹ darstellt. Es existieren auf kommunaler Ebene allerdings *viele Ausgangsdatenmodelle* auf die sich bei der Modelltransformation der INSPIRE-Datenspezifikation berufen werden soll.

Hier stellt sich die Frage, wie neben den Geobasisdaten der Kataster- und Vermessungsverwaltung der Bundesländer auch *umweltrelevante Geodaten der Kommunen* in den INSPIRE-Prozess eingebunden werden sollen bzw. teilweise sogar müssen. Dass grundsätzlich bei der Integration kommunaler Stellen in die Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) ein Handlungsbedarf besteht, ist im Architekturkonzept des

¹ im Sinne des Anhang III der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 14. März 2007 zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft (INSPIRE)

Arbeitskreis Architektur der GDI-DE und Koordinierungsstelle GDI-DE (2010) formuliert worden. Darin heißt es konkret:

„Zusätzlichen Handlungsbedarf gibt es bei der Einbindung der Kommunen in die GDI-DE. Aus der im Jahr 2009 ebenenübergreifenden und deutschlandweit abgefragten Betroffenheit von Annex I Themen der INSPIRE-Richtlinie kann der Schluss gezogen werden, dass GDI-DE und INSPIRE zum großen Teil abwartend und teilweise gar nicht wahrgenommen werden.“ (Arbeitskreis Architektur der GDI-DE und Koordinierungsstelle GDI-DE, 2010, S. 48)

Aufgrund dieser dargelegten Wahrnehmungsdifferenz wird die Einbindung der Kommunen als „besondere Herausforderung“ beschrieben:

„Die Einbindung der nach Größe, Aufgabenzuweisung und Leistungsfähigkeit zum Teil völlig unterschiedlichen Kommunen in die GDI-DE gestaltet sich demnach als eine besondere Herausforderung.“ (Arbeitskreis Architektur der GDI-DE und Koordinierungsstelle GDI-DE, 2010, S. 48)

Doch warum ist das so? Gibt es wirklich keine Möglichkeiten im Rahmen der GDI-DE und der GDI'n der Bundesländer die Einbindung der Kommunen zu fördern? Ist es nicht sogar mit der Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie verpflichtend im Rahmen der GDI-DE sich der Thematik kommunale Integration zu stellen? Fest steht, dass auf kommunaler Ebene eine Vielzahl von Daten existieren, die mehr oder weniger GDI-konform vorliegen. Zudem ist auch entscheidend unterschiedliche kommunale Verwaltungseinheiten zu betrachten, die aufgrund ihrer Flächengröße und Einwohnerzahl von der kleinen Ortsgemeinde bis zur Landeshauptstadt sehr stark variieren; selbiges gilt auch für kommunale Geodaten.

Ein Blick in die Praxis der *kommunalen Anwendung von Geo-Informationssystemen (GIS)* soll Aufschlüsse darüber geben, wie Heterogenität in großen Geodatennetzwerken sowohl auf Dateiformatbasis, als auch in den Ausprägungen der Speicherung und Verwaltung von Geoinformationen mit kommunalen Bezug gehandhabt werden kann. Erschwerend kommt hinzu, dass in Geo-Informationssystemen die Geodaten oft formatgebunden sind und nur innerhalb der softwarespezifischen Systemumgebung einer Verwaltungseinheit ausgetauscht und interpretiert werden können. Die Untersuchungen sollen einen Ansatz dafür bieten, das Datenaufkommen in einer Kommune, von der analogen Datenvorhaltung in Form von Akten und Plänen über die digitalen Microsoft- oder Postprint-Formate bis zur Speicherung in Datenbanken berücksichtigen zu können. Zudem ist zu klären, wie Bezugsdaten über Adressen oder oft fehlender elektronischer Georeferenz von PDF-Dokumenten, File- oder Datenbankbasiert überführt werden können. Zudem ist in den Untersuchungen zu prüfen wie kommunale Geodaten in GIS verarbeitet und verwaltet werden.

Aus der Geoinformationstheorie ergeben sich *Schranken und Grenzen der kommunalen Geodaten*, bezüglich deren Weiterverarbeitung und der Verwendung proprietärer Geodatenformate trotz vorhandener Referenzmodelle. Auf der einen Seite kann man behaupten, dass eine digitale Geoinformation ein wertvolles Gut ist und egal wie Hauptsache funktional realisiert werden muss. Auf der anderen Seite wird der Aufbau von Geodateninfrastrukturen als Service-Orientierte-Architektur (SOA) im weitesten Sinne vorgeschrieben, deren Realisierungen allerdings anders aussehen. Zudem kann eine Geodateninfrastruktur auf europäischer Ebene nur funktionieren, wenn alle Beteiligte einheitliche Standards in INSPIRE unterstützen.

Vor allem auch dessen modellbasierte Anwendung einer Transformation im Prototyp mit dem Rule Interchange Format (RIF) als Regelsprache (Beare, Payne & Sunderland, 2010) zeigt, dass die Hypothesen einer Nutzung von Standards des Semantischen Webs erfüllt werden. Die Verwendung des INSPIRE-Transformationsdienstes (Europäische Kommission, 2010c) vermag dabei im Zusammenhang mit der semantischen Interoperabilität zweitrangig erscheinen. Trotzdem ist der standardbasierte Datenaustausch bzw. -transfer über Regeldefinitionen von der kommunalen Ebene bis hin zu INSPIRE ein wesentlicher Bestandteil in einem ganzheitlichen Interoperabilitätskonzept einer Geodateninfrastruktur. Die Innovation dabei ist die Entwicklung eines modellbasierten Ansatzes bei heterogener Ausgangsdatenbasis durch standardbasierte Beschreibung von formalen Abbildungsregeln für Modelltransformationen.

Grundsätzlich kann der entwickelte Formalismus unabhängig von einem Service zum Datentransfer genutzt werden. Dabei soll ermittelt werden, dass auf Ebene der *Semantischen Interoperabilität* die Integration kommunaler Daten erfolgen muss. Auf der syntaktischen Ebene ist eine Überführung nur ohne die Übertragung der Bedeutung möglich, da die Anforderungen zur Kombination von Geodaten aufgrund Formatspezifikation und fehlender topologischer Bedeutungen nur für interne Prozesse geeignet sind. Oft geschieht die Prozessintegration nur in Form von Dokumentbereitstellungen, die elektronisch in PDF oder sogar noch in Aktenform verwaltet werden. Um diese im Sinne der vorgebrachten Defizite aufgrund der fehlenden elektronischen Georeferenz einzubinden, kann die Interoperabilität nicht über die Geodaten selbst, sondern über die beschreibenden Metadaten erreicht werden. Allerdings bleibt der Anspruch, nicht nur Metadaten sondern die Qualität im Sinne der Gesamtheit der in INSPIRE festgelegten Ziele für die kommunale Geodatenverarbeitung zu erreichen. Zudem wird auch der Begriff der Betroffenheit dahingehend verwendet, dass der eigentliche Nutzen einer Geodateninfrastruktur der Mitgliedsverwaltungen in Europa nicht wahrgenommen wird.

Im Ergebnis sollen basierend auf den Evaluierungen zahlreicher Kommunen in Rheinland-Pfalz Erkenntnisse über den Aufwand bzw. die Bereitschaft der *Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie* bei Kommunalverwaltungen abgeleitet werden. Exemplarisch soll zudem ein Prozess entwickelt und erprobt werden, wie bereitstellungspflichtige Geodaten der Bodennutzung in das INSPIRE-Datenmodell transformiert, durch INSPIRE-konforme Metadaten beschrieben und über einen generischen INSPIRE-Transformationsdienst im Rahmen der Geodateninfrastruktur bereitgestellt werden können. Die Realisierung eines INSPIRE-Transformationsdienstes bedient diese Anforderungen. Unabhängig davon sind weitere Untersuchungen notwendig, die das Verständnis über die Anwendung sowie den Nutzen von INSPIRE bei den Kommunen fördern. Auch erscheint es sinnvoll der Fragestellung nachzugehen, inwieweit eine gezielte Bewertung eines syntaktischen Strukturumbaus sowie der geometrischen Definition auf Formatebene gegenüber einer modellbasierten Transformation mehr Flexibilität, Eindeutigkeit und Vollständigkeit bietet.

1.3 Untersuchungsrahmen

Die vorliegende Arbeit ist thematisch und räumlich in die laufenden Projekte zum Aufbau der GDI-RP auf kommunaler Ebene eingebettet. Der Autor arbeitet hier in seiner Funktion als Projektverantwortlicher wissenschaftlicher Mitarbeiter der Hochschule Mainz eng mit den kommunalen Spitzenverbänden (Landkreistag Rheinland-Pfalz, Städtetag Rheinland-Pfalz, Gemeinde- und Städtebund Rheinland-Pfalz) sowie dem Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur Rheinland-Pfalz, dem Ministerium der Finanzen Rheinland-

Pfalz sowie für der Obersten Landesplanungsbehörde im Ministerium für Wirtschaft, Klimaschutz, Energie und Landplanung zusammen. Die sich hieraus ergebenden Aktivitäten zum Ausbau der GDI-RP auf kommunaler Ebene konnten im Rahmen von Forschungsprojekten durch den Autor seit dem Jahr 2008 wissenschaftlich begleitet werden.

Um die *rheinland-pfälzische Kommunalverwaltung* in den Aufbau der GDI-RP aktiv einzubeziehen, führen der Landkreistag Rheinland-Pfalz, der Städtetag Rheinland-Pfalz, Gemeinde- und Städtebund Rheinland-Pfalz gemeinsam mit der Hochschule Mainz verschiedenste GIS-Aktivitäten durch. Damit konnte mittlerweile neben umfangreichen "GIS Know-How" auch technische Grundstrukturen bei den Städten, den Kreisen und den angeschlossenen Gemeinden geschaffen werden. Gerade die Kommunalverwaltungen halten aufgrund ihrer Aufgaben vielfältige Geofachdaten vor, die sowohl für andere staatliche Stellen als auch für die Öffentlichkeit, wie z.B. für die Wirtschaft und die Bürger, von großem Interesse sind. Auf Ebene der Landkreise sind viele Geodaten fremder Verwaltungen vorhanden. Es werden sowohl Geobasisdaten als auch Geofachdaten benötigt, die in den unterschiedlichsten Formaten oder auch noch analog vorliegen. Im Sinne der Anforderungen der Geodateninfrastruktur ist der Einsatz von WebMapService (WMS), WebFeatureService (WFS) sowie dem WebCatalogueService (CSW) bei Kommunen im Untersuchungsgebiet umzusetzen. Sollen die digitalen Geodatenätze mit dem Land oder der Kreisverwaltung ausgetauscht werden, ist auf die Verwendung von Standards beim Austausch von Datenformaten zu achten.

Hier soll untersucht werden, wie eine Lösung zur Nutzung des neuen Standards für die Erfassung von Bauleitplänen (XPlanung) in der Geodateninfrastruktur implementiert werden kann. Dies ist auch im Sinne der Anforderungen des Projektes XPlanung Rheinland-Pfalz, den Standard zukünftig verbindlich als Austauschformat für Planungsdaten in Rheinland-Pfalz einzuführen. Zudem soll der Status quo der GIS-Landschaft Rheinland-Pfalz durch die *Analyse der Geo-Informationssysteme* erfasst und wissenschaftlich ausgewertet werden. Beispielsweise könnten Potentiale und Handlungsempfehlungen zur Einführung eines strategischen GIS-Managements nach Behr (2014) erkannt oder auch Best-Practice Initiativen (z.B. Umsetzung eines Bürger-GIS) im Rahmen der Projektgruppenaktivitäten als Lösung vorgestellt werden. Mittels Analyse der vorhandenen GIS-Software und der Daten in den Pilotverwaltungen Mainz, Ludwigshafen, Idar-Oberstein, Landau, Bingen am Rhein, Gau-Algesheim, Arzfeld, den Landkreisen Bad Kreuznach und Mainz-Bingen sollen die Anforderungen des kommunalen Geodatenmanagements beschrieben sowie technisch im Rahmen der GDI-RP umgesetzt werden. Die Integration von E-Government-Prozessen der Bauleitplanung unter Nutzung von INSPIRE zum Datenaustausch sowie die Konzeption einer Online-Komponente für heterogene Daten ist in Rheinland-Pfalz oder vergleichbaren Initiativen in Deutschland noch nicht ganzheitlich untersucht worden.

1.4 Zielsetzung und Hypothesen

Die Arbeit soll einen *wissenschaftlichen Beitrag* dazu leisten, die Integration kommunaler Geodaten aus verteilten heterogenen Datenquellen interoperabel in eine übergeordnete Infrastruktur, wie es INSPIRE auf europäischer Ebene für Geodaten darstellt, zu fördern. Dabei sollen die Anforderungen und der Status quo der kommunalen Stellen im Untersuchungsgebiet sowie deren Geodateninfrastruktur beurteilt werden. Zudem stellt sich auch die Frage mit welchen Instrumenten beide Systemwelten, die des kommunalen E-Government und die Rahmeninfrastruktur der GDI, auf einen gemeinsamen Nenner reduziert und darüber die Interoperabilität sowohl

technisch als auch organisatorisch in Kommunen erreicht werden kann. Für eine effiziente Umsetzung eines interkommunalen INSPIRE-Realisierungskonzeptes sind entsprechende Geodaten auf kommunaler Ebene erforderlich, da im Planungs- bzw. Umweltkontext so gut wie alle Daten räumlichen Charakter haben. Betrachtet man Lösungsansätze im Zusammenhang mit raumbezogenen Informationen, sind die auf allen Verwaltungsebenen in Europa, in Deutschland und Rheinland-Pfalz im Aufbau befindlichen Geodateninfrastrukturen zu berücksichtigen. Diese Geodateninfrastrukturen, insbesondere die rheinland-pfälzische GDI-RP, sollte sich im Sinne von INSPIRE auch für interkommunal abgestimmte kommunale Planungen und Umweltanalysen nutzen lassen. Auch die Verfügbarkeit, Qualität, Organisation, Zugänglichkeit und gemeinsamen Nutzung von Geodaten betreffen in gleicher Weise zahlreiche Bereiche der Politik und Information nahezu aller Verwaltungsebenen. Ihre Lösung erfordert konstituierende Maßnahmen zum Austausch, der gemeinsamen Nutzung, der Zugänglichkeit und Verwendung von interoperablen Geodaten und Geodatendiensten über die verschiedenen Verwaltungsebenen hinweg.

Unter besonderer Berücksichtigung der GDI-RP soll untersucht werden, wie die organisatorischen und technischen Maßnahmen zur Sicherstellung der interoperablen Bereitstellung von kommunalen Geodaten umgesetzt werden können. Hierfür wurden gemeinsam mit den Verwaltungsorganisationen im Bundesland Rheinland-Pfalz Zielsetzungen definiert, welche die organisatorische Grundlage zum Aufbau der GDI-RP bildeten.

1.4.1 Politische und institutionelle Zielstellung

Die GDI-RP, als gemeinsame Aufgabe der Ministerien des Landes und der kommunalen Spitzenverbände, hat das Ziel, die Integration und Weiterentwicklung kommunaler Infrastrukturen zu unterstützen. Auf operativer Ebene wurde unter Federführung des Landkreistages eine Projektgruppe GIS mit GIS-Beauftragten der Landkreise gegründet, die mit wissenschaftlicher Unterstützung eine Methodik zur Einführung bzw. zum Ausbau von GIS-Infrastrukturen am Beispiel der Landkreise in Rheinland-Pfalz entwickelt und in Projekten bei den Kreisverwaltungen erprobt wurde. Durch begleitende Kommunikation des Themas *GIS bei politischen Entscheidungsträgern* (Landrätekonzferenzen, Rundschreiben Landkreistag, GIS-Inspektionen) ist zudem die Notwendigkeit, personelle und finanzielle Ressourcen zur Einführung und Administration von GIS bereitzustellen, durch die politische Ebene erkannt worden. Die flächendeckende Verfügbarkeit von kommunalen Geo-Informationssystemen ist wesentliche Voraussetzung, um eine Flächendeckung von digitalen, kommunalen Geofachdaten in der GDI-RP zu erreichen.

1.4.2 Technologische und semantische Zielstellung

Schaut man auch auf die Anzahl und die Größe der kommunalen Gebietskörperschaften Rheinland-Pfalz, wird ein weiteres Problem ersichtlich. In Rheinland-Pfalz gibt es im Jahr 2013 insgesamt 12 kreisfreie Städte, 24 Landkreise, 36 verbandsfreie Gemeinden, 161 Verbandsgemeinden und 2.263 Ortsgemeinden (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2014). Die Geodaten der Kommunen jeweils über eine eigene Serverinfrastruktur GDI-konform als WMS im Internet bereitzustellen ist flächendeckend (auch langfristig) nicht realisierbar und daher am effektivsten in interkommunaler Kooperation umzusetzen.

Dies wurde auch von drei kommunalen Spitzenverbänden in Rheinland-Pfalz (Gemeinde- und Städtebund Rheinland-Pfalz, Landkreistag Rheinland-Pfalz, Städtetag Rheinland-Pfalz) als technologisches Defizit erkannt.

Ein kommunaler Server für die Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz soll die Bereitstellung kommunaler Geofachdaten in der GDI erleichtern. Die Landkreise, Verbandsgemeinden, Städte und Ortsgemeinden können über diese neue Internetplattform ihre digitalen Geofachdaten und Satzungen mit Raumbezug wie beispielsweise Bebauungspläne einem breiten Nutzerkreis zur Verfügung stellen. Für Bürger, Wirtschaft und die Verwaltung selber werden ganztags und ohne Wartezeiten die eingestellten Geofachdaten über www.GeoPortal.rlp.de sowie für INSPIRE nutzbar sein. Für Kommunen reizvoll ist der Server, da Geofachdaten außerhalb der internen Netzwerke sicher, schnell und ausgerichtet an internationalen Standards und Normen für GeoWebDienste bereitgestellt werden. Zur Lösung des semantischen Problems der Harmonisierung der Darstellungen und Sachattribute soll ein Leitfaden zur Bereitstellung INSPIRE-konformer kommunaler Geodaten in der GDI-RP verfasst werden. Dieser technische Leitfaden stellt sicher, dass unabhängig davon wo die INSPIRE-Daten erfasst werden, diese in einer einheitlichen Qualität (Darstellung, Grunddatenbestand, Metadaten) dem Nutzer der GDI-RP sowie für INSPIRE zur Verfügung gestellt werden. Dies soll unter strenger Beachtung der für den Aufbau von INSPIRE relevanten GDI-Prinzipien und den Zielstellungen auf strategischer und operativer Sicht geschehen.

1.4.3 Zielsetzung auf strategischer und operativer Ebene

Neben dem technischen und semantischen Nutzen soll eine kommunale GDI vor allem der Verwaltung, der Wirtschaft und den Bürgern von Nutzen sein. Bereits zu Beginn der Arbeit sollen einzelne strategische und operative Ziele für den Einsatz von Geodateninfrastrukturen in den Prozessen der Kommunen definiert werden, diese sind:

a) aus Sicht einer kommunalen Verwaltung:

- Vereinfachung des Datenaustausches (*Komplexität*) und der Datennutzung zwischen den und innerhalb der Verwaltungsebenen durch plattformunabhängige Datenschnittstellen (*Portabilität*).
- Beschleunigung des Aufstellungsprozesses (*Zeit*), da die Belange von beteiligenden Stellen online effizienter eingeholt werden können (*Effizienz*).
- Abgabe und Visualisierung von umweltrelevanten Fachdaten durch standardisierte GeoWebDienste (*Technologie*) über das Internet vermeidet den Aufbau von Sekundärdatenbeständen. Die Geodaten können so rund um die Uhr im Internet oder eigenen GIS abgerufen werden (*Verfügbarkeit*).
- Durch ständigen Rückgriff der GeoWebDienste auf die originären Daten, wird Tagesaktualität und Vollständigkeit gewährleistet (*Qualität*).

b) aus Sicht der Bürger sowie der Wirtschaft:

- Durch die Bereitstellung von umweltrelevanten Geodaten der Kommunen über Geoportale können diese zukünftig für jedermann online genutzt werden (*Benutzbarkeit*).
- Planübergreifende Recherche nach geometrischen und semantischen Kriterien über Web-Services (*Funktionalität*).
- Die Weiterverwendung in Geschäftsprozessen von Unternehmen wird durch GDI einfacher und wirtschaftlicher (*Effizienz*).
- Investitionsmaßnahmen werden beschleunigt, da wirtschaftliche entscheidungsrelevante Informationen elektronisch abgerufen werden können (*Verfügbarkeit*).

c) nach den Grundsätzen der INSPIRE-Prinzipien (European Commission, 2013b)

- Geodaten sollen nur dort erhoben werden und dort gepflegt werden, wo dies am effektivsten erfolgen kann (*Subsidiarität*).
- Es sollte möglich sein, dass Geodaten aus verschiedenen Quellen aus der gesamten Gemeinschaft auf kohärente Art kombiniert (*Kombination*) und von verschiedenen Nutzern und für unterschiedliche Anwendungen genutzt werden können (*Interoperabilität*).
- Es sollte möglich sein, Informationen, die auf einer Ebene erfasst wurden, auch von allen anderen Ebenen gemeinsam genutzt werden können - Detailinformationen für spezielle Fragen, generelle Informationen für strategische Fragen (*Skalierbarkeit*).
- Die für eine gute Regierungstätigkeit notwendigen Geoinformationen sollen auf allen Ebenen ohne Hindernisse zugänglich sein (*Datenpolitik*).
- Es soll leicht sein zu ermitteln, ob und welche Geodaten verfügbar sind, wie diese genutzt werden können und unter welchen Bedingungen diese erworben werden können (*Transparenz*).

Die daraus abgeleitete Umsetzung der Ziele einer kommunalen GDI, welche die Anforderungen der Verwaltung, der Wirtschaft, der Bürger sowie INSPIRE erfüllt, soll als Anforderungskatalog der im Rahmen der Dissertation untersuchten Größen verstanden werden. Diese Ziele für ein kommunales E-Government wurden nicht nur aus Sicht der Anwender kommunaler Geodaten, sondern auch als strategischer und operativer Rahmen definiert.

Tabelle 1: Kategorisierung der strategischen und operationalen Ziele sowie des internen und externen Nutzens einer kommunalen GDI

Intern	Strategisch	Operational	Extern
Verwaltungs- handeln	Technologie	Funktionalität	Bürger, Wirtschaft
	Zeit / Termin	Qualität	
	Komplexität	Portabilität	
	Kosten / Budget	Effizienz	
	Rahmenbedingungen	Verfügbarkeit	
	Organisation / Personal	Benutzbarkeit	
E-Government	Datenpolitik	Kombination	INSPIRE
	Transparenz	<i>Interoperabilität</i>	
	Subsidiarität	Skalierbarkeit	

GIS-Technologie ist dabei ein strategischer Erfolgsfaktor für die Wertschöpfung der Verwaltung durch die in der Tabelle dargelegten strategischen und operationalen Ziele. Die GIS-Ziele der Verwaltung sind von den INSPIRE-Strategien abzuleiten. Im Umkehrschluss kann damit allerdings nicht nachgewiesen werden, dass durch die Einführung von Software grundsätzlich ein Nutzen für E-Government abgeleitet werden kann. Dies gelingt nur unter Beachtung von Organisationsstrukturen und Prozessen, die sicherstellen, dass GIS die E-Government-Strategie und -Ziele der Kommunen unterstützt.

Zudem können mit Zuordnung der *Interoperabilität* als operationales Ziel einer kommunalen GDI auch die Anforderungen der GIS-Infrastruktur in einer Kommune abgeleitet werden. Wie Interoperabilität im Kontext von INSPIRE definiert ist und welche Zusammenhänge daraus abgeleitet werden, wird in der Arbeit behandelt.

1.5 Methodisches Vorgehen

In der Dissertation soll methodisch untersucht werden, wie semantische und organisatorische Interoperabilität in der Europäischen Geodateninfrastruktur INSPIRE mit verteilten, lokalen Anwendungen von GIS im kommunalen Bereich erreicht werden kann. Auf welcher Ebene der Interoperabilität (technisch, syntaktisch, semantisch, organisatorisch) müssen Maßnahmen initiiert werden, die der Erreichung der Interoperabilität von der lokalen GIS-Anwendung bis hin zu INSPIRE dienen? Die Anforderungen der europäischen INSPIRE-Richtlinie zur Bereitstellung sowie der organisatorischen und semantischen Interoperabilität sind zu untersuchen und Lösungsansätze zu erarbeiten.

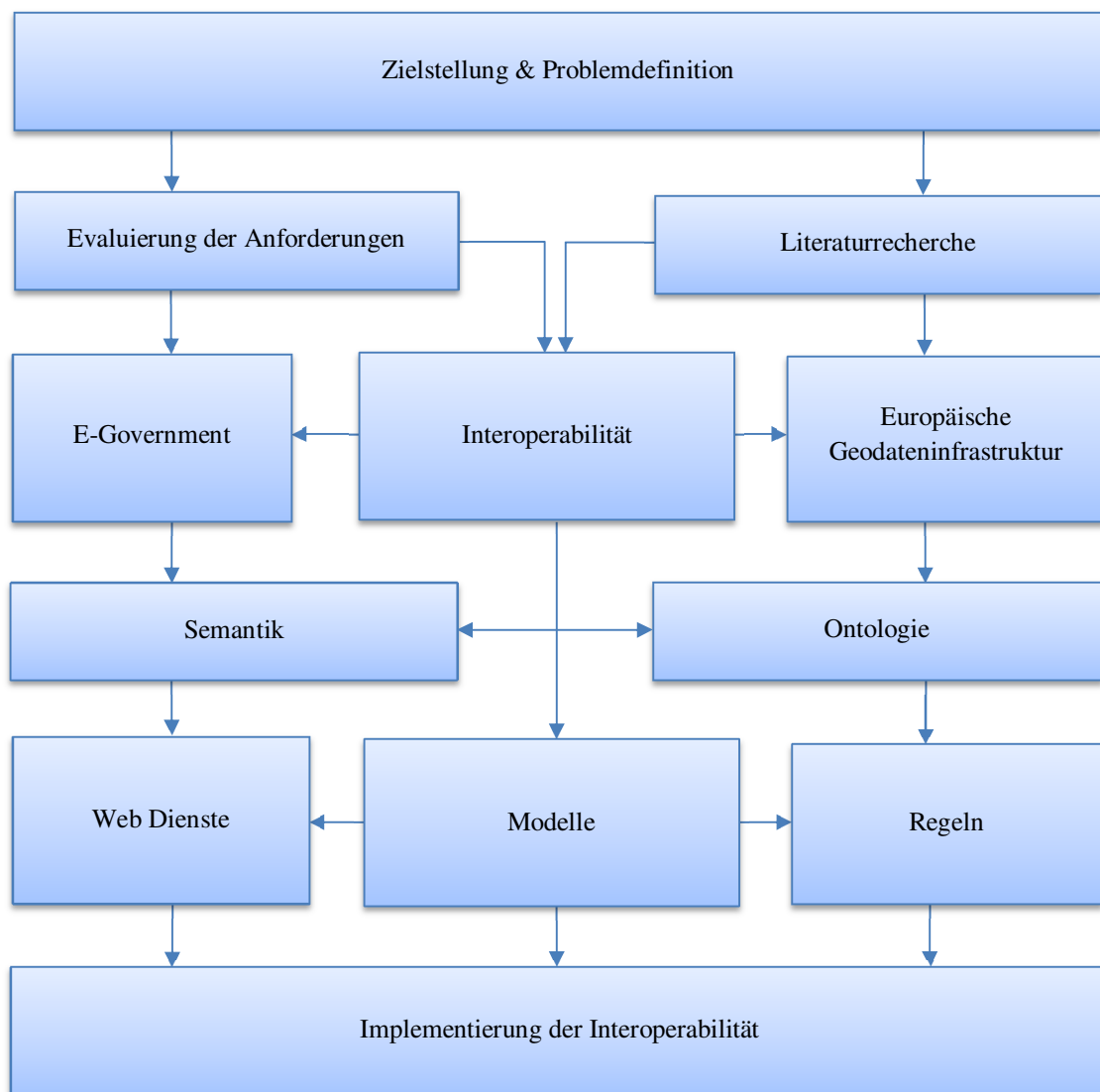


Abbildung 1: Methodisches Vorgehen in der Dissertation

1.6 Aufbau der Dissertation

Der Aufbau der Arbeit folgt dem methodischen Vorgehen, bei dem basierend auf der wissenschaftlichen Basis der Interoperabilität, dem E-Government sowie der Europäischen Geodateninfrastruktur INSPIRE eine methodische Untersuchung zu Modellen des Semantischen Web sowie zu Ontologien für den Anwendungsfall heterogener Daten der Kommunen diskutiert wird. Dabei werden in den definierten Anwendungsfällen zu Modellen und Transformationen die Konzeption, basierend auf Regeln sowie Webdiensten, für die Lösung zur Implementierung der Interoperabilität dargelegt. Die Implementierung wird mittels vorhandener umweltrelevanter Geodaten der Kommunen wissenschaftlich bewertet und Schlussfolgerungen der Anwendung des entwickelten wissenschaftlichen Modelles auf den verschiedenen Ebenen der Interoperabilität geschlossen. Die Darstellung der definierten Methodenziele wird mit dem Aufbau der Arbeit kapitelbezogen untersucht.

In Kapitel 1 wird auf die Ziele und Problemstellungen der Arbeit näher eingegangen. Es werden Hintergründe sowie die Motivation der Arbeiten des Autors vorgestellt, die zu einer besseren Verarbeitung der Geodaten im Untersuchungsgebiet führen soll. Das Untersuchungsgebiet wird in der Arbeit auf Kommunen der Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz beschränkt, da auch rechtliche Rahmenbedingungen, sowie politische, technologische, strategische und operative Zielstellungen eines Bundeslandes zu berücksichtigen sind.

In Kapitel 2 wird die Interoperabilität in Geodateninfrastrukturen aus der europäischen und der kommunalen Sichtweise untersucht. Diese basieren auf den Evaluierungen der Anforderungen der E-Government-Aktivitäten und Standardisierungen in Kommunen sowie Literaturrecherchen zu Referenzmodellen und Konzepten der Interoperabilität bzw. der Europäischen Geodateninfrastruktur INSPIRE. Damit können die Modelle und Anforderungen des E-Government und der Europäischen GDI bezüglich der Interoperabilität gegenübergestellt werden.

In Kapitel 3 werden die Konzepte und Technologien des Wissensmanagements und der Semantik beschrieben sowie hinsichtlich ihrer Eignung zur Anwendung überprüft. Ziel ist es, daraus Forschungs- und Entwicklungsansätze abzuleiten, die kommunales E-Government mit Semantik sowie INSPIRE und Ontologien in Verbindung setzt. Damit sollen Wissensressourcen der Kommunen einheitlich über das Internet identifiziert sowie Ressourcen und Regeln über Ontologien beschrieben werden.

In Kapitel 4 wird basierend auf Eignungen ein Forschungs- und Entwicklungsansatz für semantische und organisatorische Modelle vorgestellt, der auf den Grundlagen der Untersuchungen zu Kapitel 2 ein Modell eines kommunalen Geo-Governments diskutiert. Dieses Modell beinhaltet alle Ebenen der Interoperabilität, welches im Folgenden als Zielsystem der Weiterentwicklung kommunaler Geodateninfrastrukturen dient. Das Modell wird in dem Kapitel über Kriterien definiert, die auch Grundlage einer vergleichbaren Bewertung der Einführung bei den Kommunen im Untersuchungsgebiet sind. Da umweltrelevante Geodaten der Kommunen für INSPIRE bereitgestellt werden sollen, gibt der Autor eine Empfehlung, welche Geofachdaten der Kommunen eine INSPIRE-Relevanz besitzen. Um eine integrierte Bereitstellung zu ermöglichen, wird die Rolle der Georeferenz sowie des Semantischen GIS für die Modellbetrachtung zu XPlanung in Deutschland und der Anwendungsstudie zu GIS-Datenformaten gewählt.

In Kapitel 5 wird die Implementierung der Interoperabilität aus semantischer Sicht näher untersucht, da es eine Überschneidung der kommunalen Daten und Modelle (XÖV-Standards) mit den Datenspezifikationen der Europäischen Geodateninfrastruktur INSPIRE gibt. In diesem Kapitel werden Ansätze vorgestellt, wie Kommunen über WebDienste (WMS, WFS) sowie für INSPIRE einheitliche Transformationsregeln mit Ontologien definieren können. Dieser Forschungs- und Entwicklungsansatz basiert auf Ansätzen von Althoff (2011), Fichtinger (2011) sowie Fleischli (2012), die in dieser Arbeit zu einem Ontologie-basierten Schema-Mapping weiterentwickelt werden.

In Kapitel 6 werden basierend auf den gewonnenen Erkenntnissen zur semantischen und organisatorischen Interoperabilität Empfehlungen zum weiteren Vorgehen gegeben sowie kritisch der Aufwand und Nutzen sowie die Grenzen der europäischen Geodateninteroperabilität betrachtet. Hier werden eigene methodische Untersuchungen diskutiert, die basierend auf den Zielen (vgl. 1.4 Zielsetzung und Hypothesen) eine Aufwandsabschätzung durchführt. Erst nach einer positiven Bewertung kann eine Implementierung der Interoperabilität zu einem strategischen und operativen Mehrwert der Kommunen beitragen. Weiterhin sind basierend auf den umweltrelevanten Geodaten der Kommunen weitere Fragestellungen des Datenschutzes und der Datensicherheit zu untersuchen. Ohne Berücksichtigung dieser Aspekte kann die Granularität der INSPIRE-Themen nicht bis in die kommunale Ebene übertragen werden.

In Kapitel 7 werden differenziert Schlussfolgerungen auf Basis der Erkenntnisse der Arbeit gegeben. Hierzu zählen die Entwicklungsansätze eines SemanticGIS, mit dem eine wissensbasierte Verarbeitung heterogener Geodaten der Kommunen ermöglicht wird. Der Ansatz der Dissertation lässt sich auf alle geografischen Informationen übertragen, bei denen auf verteilte INSPIRE-Datenquellen zugegriffen werden muss. In der Arbeit konnten Modelltransformation durch Nutzung von Standards des Semantic Web und Ontologie implementiert werden. Mit dem Ausblick soll es zukünftig möglich sein, die wissensbasierte Verarbeitung heterogener Datenquellen für verschiedene, auch kommunale Anwendungsfälle abzuleiten.

Die Anlage A beinhaltet den Erhebungsbogen der Geodateninfrastruktur und Systeme in den Kommunen, vgl. 4.4 Kriterien und Evaluierung von Geodateninfrastrukturen der Kommunen. Als Anlage B ist der Erhebungsbogen kommunale Geofachdaten beigefügt, vgl. 4.3 Evaluierung der INSPIRE-relevanten Geofachdaten der Kommunen. Die Untersuchungen der Arbeit wären ohne Beteiligung der kommunalen Stellen bei der Evaluierung der Anforderungen nicht möglich gewesen. Diese Anforderungen und Ergebnisse werden im Folgenden näher beschrieben.

2. Referenzmodelle und Interoperabilität in Geodateninfrastrukturen

2.1 Geodateninfrastrukturen in der Europäischen Gemeinschaft

Zur Realisierung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft sollen die Mitgliedsstaaten ihre bereits vorhandenen Geodatenätze und -dienste stufenweise interoperabel verfügbar machen. Damit soll die Entscheidungsfindung in Bezug auf politische Konzepte und Maßnahmen, die direkte oder indirekte Auswirkungen auf die Umwelt haben können, unterstützt werden. Um einen wissenschaftlichen Beitrag zur Erfüllung der Aufgaben durch kommunale Stellen (Gemeinden, Städte und Landkreise) in der Geodateninfrastruktur des Bundeslandes Rheinland-Pfalz (GDI-RP) zu leisten, werden Problemstellungen der Interoperabilität in der Europäischen Geodateninfrastruktur (INSPIRE) methodisch untersucht und Lösungen erarbeitet.

2.1.1 Terminologie der Geodateninfrastruktur

Mit der Initiative 'INSPIRE' ("Infrastructure for Spatial Information in the European Community") hat sich ein Begriff etabliert, der übersetzt werden kann mit "Infrastruktur für raumbezogene Informationen in der Europäischen Gemeinschaft" oder „Europäische Geodateninfrastruktur“. Hier haben Geodateninfrastrukturen im Besonderen das Ziel Informationen bzw. Daten mit „Raumbezug“, sogenannte Geodaten, die in den öffentlichen Verwaltungen oder Wirtschaft heute weitgehend isoliert voneinander betrieben werden, zu vernetzen und über Portale (sog. Geoportale) möglichst einfach verfügbar zu machen. Im Sinne des Artikel 3, Absatz 1 der Richtlinie (European Union, 2007) bezeichnet der Ausdruck „*Geodateninfrastruktur*“:

„Metadaten, Geodatenätze und Geodatendienste, Netzdienste und -technologien, Vereinbarungen über gemeinsame Nutzung, Zugang und Verwendung sowie Koordinierungs- und Überwachungsmechanismen, -prozesse und -verfahren, die im Einklang mit dieser Richtlinie geschaffen, angewandt oder zur Verfügung gestellt werden;“ (European Union, 2007, S. 4f)

In dieser Definition sind die Komponenten einer Geodateninfrastruktur formuliert, die mit Metadaten, den Geodatenätzen, den Geodatendiensten sowie weiteren Prozessen und Verfahren in Einklang mit der INSPIRE-Richtlinie (European Union, 2007) umzusetzen sind. In der Formulierung im § 3 Abs. 6 des Landesgeodateninfrastrukturgesetzes (Landtag Rheinland-Pfalz, 2010) heißt es in der Definition:

„Die Geodateninfrastruktur ist die Grundeinrichtung, über die Geodaten verschiedener Herkunft interoperabel verfügbar gemacht werden. Sie besteht aus Geodaten, Metadaten, Geodatendiensten und sonstigen Netzdiensten, Netztechnologien, Normen und Standards, Vereinbarungen über die gemeinsame Nutzung, über den Zugang und die Verwendung sowie über die Koordinierungs- und Überwachungsmechanismen, -prozesse und -verfahren.“ (Landtag Rheinland-Pfalz, 2010, S. 549)

In der länderspezifischen Definition der Geodateninfrastruktur in Rheinland-Pfalz ist die Rolle der Geodateninfrastruktur als Grundeinrichtung mit dem Ziel der Interoperabilität und der Verfügbarmachung formuliert. In den Definitionen in wissenschaftlicher Fachliteratur von Bill (2010) wird neben den technischen,

organisatorischen und rechtlichen Regelungen, auch der Begriff der Kooperation sowie der Bündelung von Geoinformationsressourcen verwendet.

„GDI ist eine aus technischen, organisatorischen und rechtlichen Regelungen bestehende Bündelung von Geoinformationsressourcen, in der Anbieter von Geodaten und Geodiensten mit Nachfragern solcher Dienste kooperieren. (...) Bestandteile einer Geodateninfrastruktur sind die Geodatenbasis (...) und deren Metadaten, ein Geoinformationsnetzwerk, Dienste und Standards“ (Bill, 2010, S. 232)

Dieser sehr nutzerbezogene Ansatz von Bill (2010), findet sich auch in der etwas weitergefassten Begriffserläuterung der globalen Initiative „*Global Spatial Data Infrastructure*“ (GSDI, 2012) wieder. Hier heißt es:

“The term “Spatial Data Infrastructure” (SDI) is often used to denote the relevant base collection of technologies, policies and institutional arrangements that facilitate the availability of and access to spatial data. The SDI provides a basis for spatial data discovery, evaluation, and application for users and providers within all levels of government, the commercial sector, the non-profit sector, academia and by citizens in general.” (GSDI, 2012)

Im Grunde genommen lassen alle Definitionen einer GDI gewisse Freiräume, wenn es um die konkreten informationstechnologischen Systeme und *anerkannten Regeln* geht, die es zu implementieren gilt. Um auf den verschiedenen Ebenen die geforderte Interoperabilität zu erreichen, sind diese Freiräume durch verbindliche und implementierbare Vorgaben zu beseitigen, von INSPIRE- bis auf „lokaler Ebene“ bei den Kommunen selbst.

Die Geodateninfrastruktur schafft dabei sowohl für Nutzer und Datenanbieter eine gemeinsame Basis für die Suche, Bewertung und Verwendung auf allen Ebenen der Verwaltung, Wirtschaft, non-profit Organisationen, der Wissenschaft und den Bürgern. Sie ist allgemein anwendbar und räumlich nicht begrenzt. Betrachtet man daher die kommunale Geodateninfrastruktur aus einer europäischen Perspektive beruht die Grundeinrichtung auf den Geodateninfrastrukturen der nationalen Mitgliedsstaaten bis hin zu den lokalen GDI als ein Teil der übergeordneten Geodateninfrastruktur des föderalen Bundeslandes, in dem sich die Kommune befindet. Die INSPIRE-Initiative der Europäischen Kommission mündete in der Richtlinie 2007/2/EG vom 14. März 2007 (European Union, 2007), die die rechtliche Grundlage bildet, Geodaten öffentlicher Stellen der EU-Mitgliedsstaaten miteinander zu vernetzen und der Öffentlichkeit, der Wissenschaft und der Wirtschaft standardisiert verfügbar zu machen. Durch INSPIRE wird die Vernetzung und Standardisierung für die Geodaten Themen der Annexe I-III der INSPIRE-Richtlinie verbindlich vorgegeben. Konkret bedeutet dies, dass durch INSPIRE bestimmte Geodaten mit den zugehörigen Metadaten und Diensten von allen EU-Mitgliedsstaaten interoperabel und hierarchieübergreifend zur Verfügung gestellt werden müssen, um eine nahtlose Integration der Daten in die jeweiligen nationalen Datenbestände zu gewährleisten. Bisher war dies nicht der Fall, da zahlreiche Faktoren einen verlust- und medienbruchfreien Datenaustausch behinderten, wie beispielsweise: unterschiedliche Datenmodelle, Datenformate, Semantik, Terminologien, Bezugssysteme, Zuständigkeiten und Rechtsgrundlagen. In den Erwägungsgründen der INSPIRE-Richtlinie (European Union, 2007) heißt es:

„Die Probleme bei der Verfügbarkeit, Qualität, Organisation, Zugänglichkeit und gemeinsamen Nutzung von Geodaten betreffen in gleicher Weise zahlreiche Bereiche der Politik und Information und nahezu alle Verwaltungsebenen. „ (European Union, 2007, S. 1, Erwägungsgrund 3)

Die Probleme der Verfügbarkeit, Qualität, Organisation, Zugänglichkeit sind nachvollziehbar, da mit der Entwicklung von Personal Computern (PC) oft auch technisch isolierte Lösungen entstanden sind. Wurden in der Anfangszeit alle Funktionen der räumlichen Datenverarbeitung (Prozessierung, Datenhaltung, Darstellung, Analyse, Auswertung) durch eine lokal installierte, nicht vernetzte GIS-Software durchgeführt, so werden diese Funktionen in einer Geodateninfrastruktur (GDI) auf einzelne Komponenten in einem Netzwerk verteilt. Die zunehmende Datenmenge, hohe Komplexität und wachsende Einsatzbreite machen diesen Schritt der Vernetzung (Christl, 2008), unter Berücksichtigung aller Verwaltungsebenen notwendig:

„Ihre Lösung erfordert Maßnahmen für den Austausch, die gemeinsame Nutzung, die Zugänglichkeit und die Verwendung von interoperablen Geodaten und Geodatendiensten über die verschiedenen Verwaltungsebenen und Sektoren hinweg. Deshalb sollte in der Gemeinschaft eine Geodateninfrastruktur geschaffen werden.“ (European Union, 2007, S. 1, Erwägungsgrund 3)

Diese Zielrichtung passt sich nahtlos in die Bemühungen auf nationaler Ebene (GDI-DE), der Ebene der Bundesländer (z.B. GDI-RP) sowie der lokalen Ebene ein. Auch der Nutzen, die bisher oft unbestimmten Initiativen auf europäischer Ebene in Einklang mit rechtlichen Regelungen sowie auf technischer und organisatorischer Rahmenbedingungen zu vereinigen, ist essentiell für eine GDI. Weitere Vorteile, die sich durch die Schaffung einer GDI ergeben, sind Wiederverwendbarkeit, Interoperabilität, höhere Leistungsfähigkeit durch einen besseren Leistungsaustausch, sowie Entscheidungsfindungen über Zuständigkeits- und Fachbereichsgrenzen hinweg. GDI ist besonders bei einem ad-hoc-Zugriff geeignet, da die Daten permanent und zu einheitlichen Bedingungen beim Datenerheber aktuell vorliegen (Bernard, Fitzke & Wagner, 2005). Die Vorteile sind vielfältig, wenngleich die Schaffung einer GDI auf europäischer Ebene erst durch Aktivitäten vor gut 10 Jahren zu Beginn des Jahrtausends begann.

2.1.2 Dimensionen und Ebenen der Geodateninfrastruktur

Über die Zeit hat die folgende *Klassifizierung einer GDI* allgemeine Anerkennung gefunden, die auf den Hierarchieebenen von Rajabifard, Williamson, Holland & Johnstone (2000) begründet sind:

- Globale Geodateninfrastruktur (GSDI)
- Regionale Geodateninfrastruktur (RSDI)
- National Geodateninfrastruktur (NSDI)
- Staatliche bzw. Bundesländer Geodateninfrastruktur (SSDI)
- Lokale bzw. Kommunale Geodateninfrastruktur (LSDI) und
- Korporative bzw. Unternehmens-Geodateninfrastruktur (CSDI).

Unter Betrachtung dieser hierarchischen Differenzierung kann die INSPIRE-Initiative als Modellprojekt zum Aufbau einer operativen Geodateninfrastruktur in einer Europäischen Region (RSDI) definiert werden. Auf nationaler Ebene sind viele Anstrengungen der EU-Mitgliedsstaaten notwendig, um eine eigene „Nationale Geodateninfrastruktur“ innerhalb des INSPIRE-Rahmens in Einklang mit den spezifischen Bedürfnissen ihrer

jeweiligen Länder auszurichten. Hinzukommen die Strukturen, die innerhalb der Länder unterschiedlich organisiert sind.

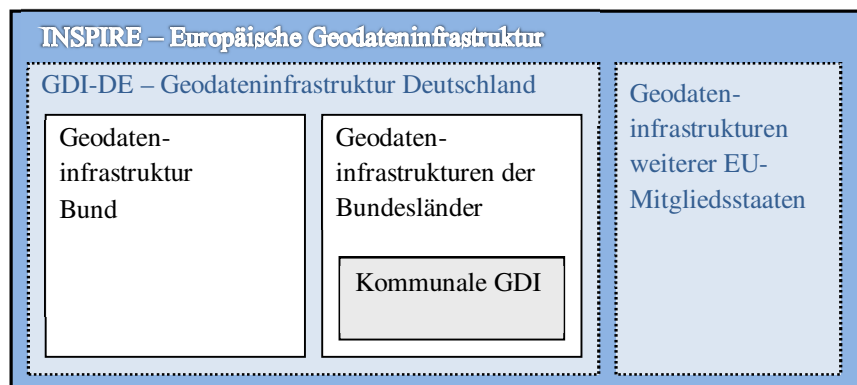


Abbildung 2: Einbettung einer kommunalen GDI in die Europäische Geodateninfrastruktur INSPIRE (Schilcher, et al., 2009)

Die Zusammenhänge der verschiedenen Initiativen sind in der Abbildung 2 zusammengefasst. Insbesondere sind zu nennen: INSPIRE auf europäischer Ebene, die Geodateninfrastruktur Deutschland (GDI-DE) als Kooperation von Bund, Ländern und Kommunen auf nationaler Ebene (VV GDI-DE, 2013) sowie die Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz (GDI-RP) auf Landesebene bis hin zur kommunalen Ebene in Rheinland-Pfalz. Die genannten Initiativen greifen integrativ ineinander und bedingen sich gegenseitig, von INSPIRE auf europäischer Ebene als Rahmen bis hin zu der kommunalen GDI an der Basis.

2.1.3 Konzeption der Europäischen Geodateninfrastruktur

Die ersten Bemühungen zur Konzeption einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft stammen bereits aus dem Jahr 2001, mit der Sitzung der ersten INSPIRE oder zu diesem Zeitpunkt der *Environmental European Spatial Data Infrastructure (E-ESDI)*-Expertengruppe in Brüssel. Es wurde eine Reihe von Beobachtern - Regierungsstellen sog. Government Organization (GO) und auch Nichtregierungsorganisationen (NGO) - zur Teilnahme eingeladen. Mitglieder waren unter anderem die Generaldirektion Umwelt der Europäischen Union (EEA), das Statistische Amt der Europäischen Gemeinschaften (EUROSTAT), sowie die Gemeinsame Forschungsstelle der Europäischen Kommission (JRC). Als Ergebnis der Aktivitäten wurde im Dezember 2001 ein Aktionsplan E-ESDI und ESDI-Organisation von der Europäischen Kommission veröffentlicht (European Commission Directorate General Environment, 2001). Dieser diente als Referenzdokument zur Herstellung eines E-ESDI-Rechtsrahmens, der Schaffung der notwendigen organisatorischen Einheiten und für die Umsetzung des globalen Aktionsplans. Zudem wurden Arbeitsgruppen gegründet, um die verschiedenen technischen und organisatorischen Themen zu bearbeiten, unter anderem zu Daten und Metadaten, zu Architekturen und Standards, Rechtsfragen und Politik, sowie der Finanzierungs- und Umsetzungsstrukturen. Zudem wurden Ziele definiert, die Zugänglichkeit, die Harmonisierung und Qualität von raumbezogenen Informationen zu verbessern:

„The Environmental European Spatial Data Infrastructure initiative (E-ESDI) aims at making available relevant, harmonised and quality geographic information for the purpose of formulation, implementation, monitoring and evaluation of Community environmental policy making.“ (European Commission Directorate General Environment, 2001, S. 4)

Auch wenn bei der Initiative der Fokus auf *Community environmental policy making* liegt, zeigte sich welche Wichtigkeit der Raumbezug bei umweltpolitischen Überlegungen spielt. In den Ausführungen des Aktionsplans heißt es:

„This common spatial dimension is very important for environmental and other sector policies that need to integrate the environmental considerations. All interactions between the living environment of the citizens and the effects of the environmental policies occur at a specific location.“ (European Commission Directorate General Environment, 2001, S. 5)

Ersichtlich wird, dass der Nutzen einer „Umwelt-GDI“ auch in der Interaktion zwischen den Akteuren der Umweltplanung und den betroffenen Bürgern erfolgen muss. Betrachtet man auch die Ziele zur Umsetzung der Bürgerbeteiligung in Rheinland-Pfalz muss die Nutzung von GDI in Beteiligungsprozessen Einzug finden. Dies schafft Transparenz, Akzeptanz und Integrität politischer Maßnahmen in verschiedenen Bereichen der Umweltplanung (beispielsweise von Verkehr oder Energiepolitik) und den betroffenen Bürgern.

Bereits in dieser frühen Phase im Jahr 2001/2002 beim Aufbau einer Europäischen Geodateninfrastruktur findet man Indikatoren, die sich in der Zielsetzung der INSPIRE-Richtlinie (European Union, 2007) wiederfinden. Dazu zählen auch die sechs Prinzipien einer Geodateninfrastruktur (auch später INSPIRE-Prinzipien genannt) die bereits im Aktionsplan (European Commission Directorate General Environment, 2001) formuliert werden. Zwar gab es hier noch kleinere sprachliche Anpassungen, dennoch wurden in diesem Aktionsplan diese wichtigen Prinzipien einer GDI formuliert, die bis heute Bestand haben. Zudem wurde bereits erkannt, dass es thematische Arbeitsgruppen sowie eines gemeinsamen Koordinierungsmechanismus bedarf (European Commission Directorate General Environment, 2001).

Die Frage nach einer Formalisierung dieser Organisation fand im sog. *Memorandum of Understanding between Commissioners Wallström, Solbes Mira, Busquin* (Wallström, Solbes Mira & Busquin, 2002) seinen Ausdruck. Diese drei EU-Kommissare benennen auch erstmal diese Initiative mit dem Namen *INSPIRE*. Das Memorandum of Understanding (MoU) zwischen den EU-Kommissaren Wallström, Solbes Mira & Busquin (2002) gilt daher als Geburtsstunde der *Infrastructure for Spatial Information in Europe*. Zudem wurde mit dem MoU erstmals eine Zusammenarbeit formalisiert, die die Basis der Kooperation zwischen den Diensten des Directorate General (DG) Environment der Europäischen Kommission, EUROSTAT und des JRC definiert.

„This Memorandum of Understanding provides the basis for continued co-operation between the services of DG Environment, EUROSTAT and the JRC for developing the INSPIRE initiative.“ (Wallström, Solbes Mira & Busquin, 2002, S. 1)

Diese Organisationen waren bereits am Aktionsplan aus dem Jahr 2001 beteiligt (European Commission Directorate General Environment, 2001). Basis der Kooperation waren die Rollen der Organisationen, die aus dem losen Zusammenschluss der Beteiligten in dem MoU organisatorisch definiert sind.

Mit diesem Hintergrund kann die INSPIRE-Initiative als eine Fortentwicklung der Idee einer *Environmental European Spatial Data Infrastructure* (E-ESDI) angesehen werden. Zudem wurde der Auftrag formuliert, INSPIRE Working Groups zu relevanten Themen einzurichten. Daraus entstanden in der Folge sog. Positionspapiere.

- *“Common Reference Data and Metadata”* (INSPIRE RDM Working Group, 2002),
- *“Architecture and Standards”* (INSPIRE Architecture And Standards Working Group, 2002),
- *“Legal Aspects and Policy”* (INSPIRE DPLI Working Group, 2002),
- *“Funding and Implementation Structures”* (INSPIRE ISF Working Group, 2002) und
- *“Environmental Thematic User Needs”* (INSPIRE Environmental Thematic Coordination Group., 2002).

Mit den benannten Positionspapieren wurde der Austausch von Umweltdaten in eine definierte Architektur (hier INSPIRE) unter Einhaltung von Standards und gesetzlichen Rahmenbedingungen fokussiert. Zudem wurde erkannt, dass Umweltdaten nicht interoperabel sind, sie in unterschiedlichen Raumbezugssystemen vorliegen und nicht miteinander kombiniert werden können. Die INSPIRE-Arbeitsgruppe „Architektur und Standards“ sieht hier folgende Situation als Ursache:

“The situation on spatial information in Europe is one of fragmentation, gaps in availability of geographical information, duplication of information collection and problems of identifying, accessing or using data that is available.” (INSPIRE Architecture And Standards Working Group, 2002, S. 7)

Diese hier genannte Fragmentierung und Duplikation der Daten führt zu Mehrdeutigkeiten und Invalidität der Informationen. Fehlende Daten verschlimmern die Situation sogar. Dies heißt nicht, dass eine Information nicht vorhanden ist. Es fehlt oftmals das Wissen, wo diese Informationen gespeichert sind resp. welche Inhalte oder geografischen Objekte der realen Welt abgebildet sind. Dadurch, dass keine Metadaten, die die Geodaten genauer beschreiben, erfasst werden, ist ein Auffinden der entsprechenden Daten oft sehr schwierig. Als Folge werden auf den verschiedenen Ebenen Geodaten oftmals doppelt erfasst. Defizite in der Datenpolitik behindern ebenfalls einen Datenaustausch. Unklarheiten und unterschiedliche Auffassungen über Nutzungsbedingungen, Preispolitik und Nutzungsrechte beeinträchtigen einen Datentransfer (INSPIRE DPLI Working Group, 2002). Zudem gibt es unterschiedliche Zuständigkeiten zu umweltfachlichen Themen, wobei INSPIRE hier als eine Sektor übergreifende Initiative zur Lösung der Probleme beitragen kann.

“INSPIRE will initially focus on environmental policy needs but, being a cross-sectoral initiative, will gradually be extended to other sectors (e.g. agriculture, transport, ...) as other interested Commission services participate.” (INSPIRE Environmental Thematic Coordination Group., 2002, S. 7)

Mit einer breiten Beteiligung der Akteure wurde im Jahr 2003 eine offene Konsultation über den Entwurf gestartet. Ziel der Konsultation war die Unterrichtung der Beteiligten über die INSPIRE-Initiative und die Einholung von Ansichten und Bemerkungen zu zentralen Fragen, die durch die vorgeschlagene INSPIRE-Rahmenrichtlinie behandelt werden sollen (INSPIRE, 2003a). Mit der Beteiligung von 185 Organisationen an der Internetkonsultation konnte seitens der Mitgliedsstaaten eine Rückmeldung über die Initiative selbst sowie Anregungen zur Beteiligung gegeben werden. Die Ergebnisse (INSPIRE, 2003b) zeigen auch deutlich die Notwendigkeit, diesen querschnittsübergreifenden Ansatz über alle Ebenen hinweg weiter zu verfolgen. Ein Beispiel der großen Zustimmung zur Initiative zeigt die Frage 8 (INSPIRE, 2003b). Fast alle Befragten (95%) stimmen zu, dass die Festlegung gemeinsamer Spezifikationen nützlich für die Steigerung des Potenzials der Wiederverwendung der im öffentlichen Sektor vorhandenen räumlichen Daten darstellt. Auch mit der Folge, dass

“Member States would be required to make their spatial datasets compatible with these common dataset specifications” (INSPIRE, 2003b, S. 23)

damit Interoperabilität, nicht nur auf der Ebene der EU, sondern über alle Ebenen hinweg erreicht werden kann (INSPIRE, 2003b). Die große Zustimmung der Internetkonsultation bekräftigte die Bemühungen, über eine europäische Richtlinie (Direktive) die GDI in Europa aufzubauen (European Commission, 2011b).

Mit Aufstellung der Entwürfe der INSPIRE-Direktive (Commission of the European Communities, 2004) sowie der Fortschreibung des Memorandum of Understanding 2006 verstetigten sich die Bemühungen zur Konsolidierung der INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG). Mit Inkrafttreten am 15. Mai 2007 wurde der formale Abschluss der Europäischen Rahmengesetzgebung als Richtlinie geschaffen (European Union, 2007), der in Folge in nationales Recht der Mitgliedsstaaten zu überführen ist.

2.1.4 Aufbau und nationale Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie

Die INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG) verpflichtet in Artikel 24 (European Union, 2007) die EU-Mitgliedstaaten die Richtlinie innerhalb von 2 Jahren in das Recht der EU-Mitgliedstaaten umzusetzen. Das Ziel ist es, durch nationale Gesetze die Rechtsgrundlage zu schaffen, die Rahmenbedingungen in den einzelnen Mitgliedstaaten zu formalisieren. Aufgrund des föderalen Aufbaus in der Bundesrepublik Deutschland wurden dafür 16 Landesgesetze wie beispielsweise das rheinland-pfälzische Landesgeodateninfrastrukturgesetz (LGDIG, 2010) sowie das Geodatenzugangsgesetz (GeoZG, 2009) auf Bundesebene geschaffen. Diese bilden zusammen mit der Verwaltungsvereinbarung (VV GDI-DE, 2013) die rechtliche und organisatorische Grundlage für die Umsetzung von INSPIRE in Deutschland.

Um sicherzustellen, dass die Geodateninfrastrukturen der Mitgliedstaaten kompatibel in der Gemeinschaft und im grenzüberschreitenden Kontext sind, sieht die INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG) gemeinsame Durchführungsvorschriften vor. Diese werden von der Europäischen Kommission als Verordnung erlassen und wirken direkt in den Mitgliedsstaaten. Insgesamt sind von der Europäischen Kommission fünf verbindliche Durchführungsvorschriften (sog. Implementing Rules) mit technischen Regelungen zu spezifischen Bereichen einer GDI-Implementierung erlassen worden (European Commission, 2013a).

- *Metadaten* (Europäische Kommission, 2008)
- *Interoperabilität von Geodatenätzen und -diensten* (Europäische Kommission, 2010b), (Europäische Kommission, 2011a), (Europäische Kommission, 2013b)
- *Netzdienste* (Europäische Kommission, 2009b), (Europäische Kommission, 2010c)
- *Zugang der Organe und Einrichtungen der Gemeinschaft zu Geodatenätzen und -diensten der Mitgliedstaaten nach harmonisierten Bedingungen* (Europäische Kommission, 2010a)
- *Überwachung und Berichterstattung* (Europäische Kommission, 2009a)

Mit den Durchführungsvorschriften werden unter anderem die Erfordernisse für die Erstellung und Pflege von Metadaten über Geodatenätze, Geodatenatzreihen und Geodatendienste (Europäische Kommission, 2008), über die Interoperabilität und Harmonisierung der Geodatenätze und -dienste, sowie die Ermächtigungsgrundlage für Datenspezifikationen in Verordnungen (Europäische Kommission, 2010b), (Europäische Kommission, 2011a), (Europäische Kommission, 2013b) sowie Vorschriften über die technischen Spezifikationen und Verpflichtungen von Netzdiensten (Europäische Kommission, 2009b), (Europäische

Kommission, 2010c) erlassen. Hinzu kommt das Ziel der langfristigen Sicherung und Überwachung des Zustands der Umwelt durch die grenzübergreifende und qualifizierte Nutzung von umweltrelevanten Geodaten in Europa. Diese basiert auf einer Entscheidung (Europäische Kommission, 2009a), die die Vorgaben zur Überwachung (sog. Monitoring) und für die Berichterstattung (sog. Reporting) definiert. Die Verordnung (Europäische Kommission, 2010a) soll die gemeinsame Nutzung von Geodaten in den Mitgliedstaaten ermöglichen (Europäische Kommission, 2010a). Zusammen mit der INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG) bilden diese Vorschriften die Grundlage für die Bereitstellung von Geodaten über Netzdienste, wie Such-, Darstellungs-, Download- und Transformationsdienste sowie deren Beschreibung in Form von Metadaten zu Geodatenätzen bzw. Geodatenatzreihen und Geodiensten.

Betrachtet man die Verordnungen und Dokumente von INSPIRE, wird eine hierarchische Struktur der INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG), zu den Durchführungsverordnungen und den technischen Leitfäden (sog. Technical Guidance Documents) ersichtlich (siehe Abbildung 3).

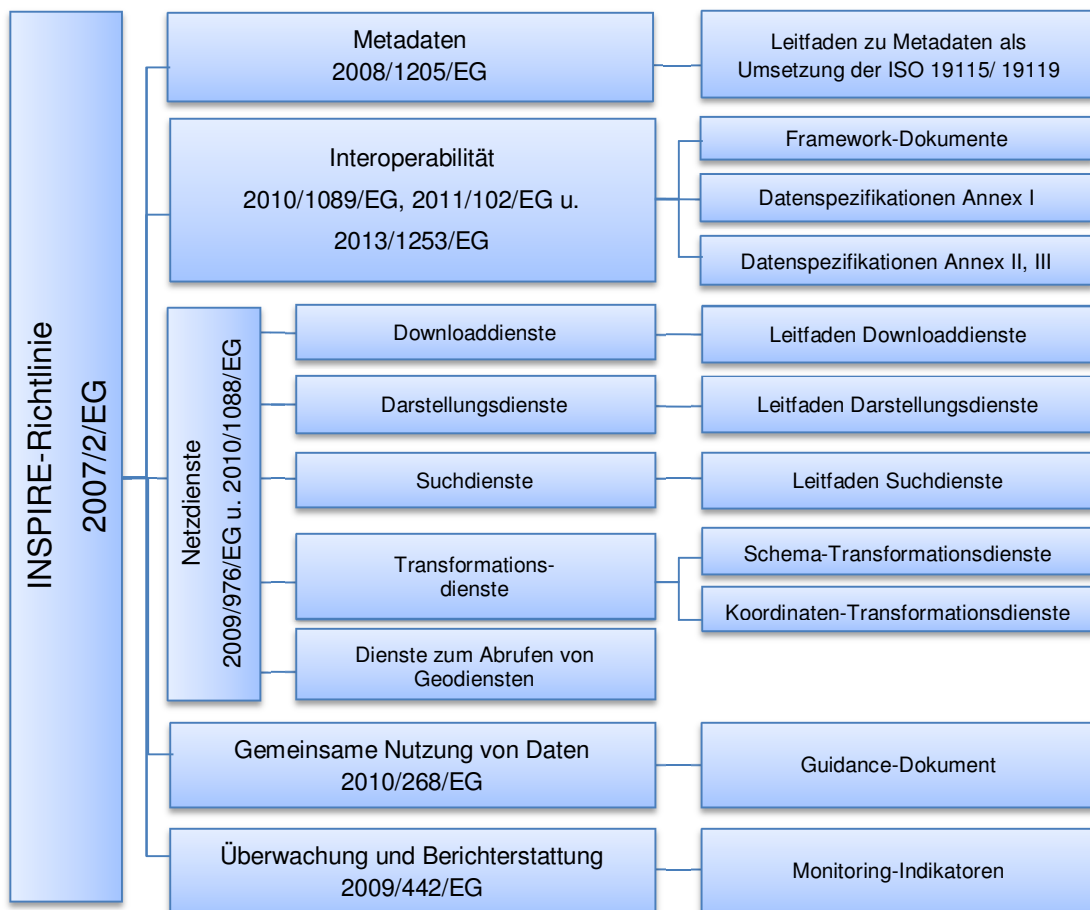


Abbildung 3: INSPIRE-Dokumentenhierarchie, abgeleitet (European Commission, 2013a)

An übergeordneter Stelle befindet sich die INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG). Sie enthält ausschließlich allgemeine Bestimmungen, Definition und Inhalte, die folglich durch weitere Verordnungen rechtlich konkretisiert werden. Hierzu zählen die verbindlichen Durchführungsverordnungen, die wiederum durch technische, nicht rechtsverbindliche Leitfäden die Grundlage der technisch-konformen Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG) bilden. Diese sind für die gewünschte Interoperabilität der Geodaten unersetzlich und somit ein wichtiger Baustein zur Implementierung.

Auf der unteren Dokumentenebene bilden vor allem die Datenspezifikationen zu den Themen des Annex I und zu den Themen Annex II und III (European Commission, 2014d) sowie Framework-Dokumente (European Commission, 2014d) die Grundlage einer einheitlichen Umsetzung der Durchführungsbestimmung zur Interoperabilität. Weitere technische Leitfäden beziehen sich vor allem auf internationale Normen und Standards, wie der Leitfaden zu Metadaten als Umsetzung der ISO 19115/ 19119 (Drafting Team Metadata and European Commission Joint Research Centre, 2013), die Realisierung von View Services (Initial Operating Capability Task Force Network Services, 2013b), Download Services (Initial Operating Capability Task Force for Network Services, 2013a) und Discovery Services (Initial Operating Capability Task Force Network Services, 2011), Leitfäden für Schema-Transformationsdienste (Howard, Payne & Sunderland, 2010) und Koordinaten-Transformationsdienste (Network Services Drafting Team, 2010), die Guidance-Dokumente zur gemeinsamen Nutzung von Daten (Drafting Team Data and Service Sharing, 2013) sowie die Monitoring-Indikatoren (Monitoring and Reporting Drafting Team and European Commission - Eurostat, 2012) als technische Richtlinien zum INSPIRE-Monitoring und -Reporting. Weitere beschreibende Dokumente wie beispielsweise zu den Datenspezifikationen (European Commission, 2014d) bilden den Rahmen für die technische Implementierung der INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG).

Die INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG), deren Durchführungsbestimmungen und technischen Leitfäden können somit in der Europäischen Union einen Beitrag dazu leisten, dass Mitgliedsstaaten ihre bereits vorhandenen Geodatenätze und -dienste stufenweise interoperabel verfügbar machen. Zudem sollten auch kommunale Prozesse, Dienstleistungen sowie die Entscheidungsfindung in Bezug auf politische Konzepte und Maßnahmen, die direkte oder indirekte Auswirkungen auf die Umwelt haben können, unterstützt werden. Um einen wissenschaftlichen Beitrag in der Geodateninfrastruktur in unteren Verwaltungsbehörden in Europa, zur Erfüllung der Aufgaben durch kommunale Stellen (Gemeinden, Städte und Landkreise) zu leisten, werden auch rechtliche Problemstellungen für diese Geodaten methodisch untersucht und Empfehlungen zu folgenden Themen gegeben:

- In der INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG) ist in Artikel 7 festgelegt, dass die Art und Weise wie die unter den Geltungsbereich der Richtlinie fallenden Geodaten interoperabel bereitzustellen sind, in einer Durchführungsbestimmung geregelt wird. Die in den Geltungsbereich der Durchführungsbestimmung bzw. INSPIRE-Richtlinie fallenden Geodaten sind unter Berücksichtigung des rheinland-pfälzischen Landesrechtes für kommunale Stellen bisher nicht definiert.
- Nach Artikel 8 Absatz 1 der INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG) müssen Geodatenätze mit Bezug zu einem oder mehreren Themen die in Artikel 7 Absatz 1 vorgesehenen Durchführungsbestimmungen erfüllen. Die Verordnung (EG) Nr. 1089/2010 zur Durchführung der INSPIRE-Richtlinie hinsichtlich der Interoperabilität von Geodatenätzen und -diensten enthält Kriterien, wie die Interoperabilität erreicht werden kann.
- Gleichzeitig mit dem Inkrafttreten der Durchführungsbestimmung für Geodatenätze mit Bezug zu einem der in Anhang II oder Anhang III aufgeführten Themen, ist ein Zeitplan für die Umsetzung vorgegeben. Basierend auf den Erkenntnissen der Untersuchungen ist ein ganzheitliches Konzept der semantischen und organisatorischen Interoperabilität für Geodaten der unteren Verwaltungsbehörden in Europa notwendig.

- Im Artikel 17 der INSPIRE-Richtlinie (2007/2/EG) sind durch die Mitgliedstaaten Maßnahmen für die gemeinsame Nutzung von Geodatenbanken und -diensten zu ergreifen. Geeignete Maßnahmen sollen es diesen Behörden ermöglichen, Zugang zu Geodatenbanken und -diensten zu erhalten sowie diese Datenbanken und -dienste zur Wahrnehmung öffentlicher Aufgaben, die Auswirkungen auf die Umwelt haben können, auszutauschen und zu nutzen.

Grundlage weiterer Überlegungen soll auch sein, ein auf Basis der INSPIRE-Prinzipien abgestimmtes Konzept zu erstellen. Es soll ermöglichen, dass kommunale Stellen effektiv und interoperabel zusammenarbeiten und die Pflicht der INSPIRE-Bereitstellung erfüllen. Doch der Umgang mit den Ebenen, von der europäischen, nationalen bis zur lokalen GDI, ist auch eine sehr große Herausforderung, die mit INSPIRE zur effektiven und effizienten Verwaltung, Verarbeitung und Bereitstellung von Geodaten beitragen soll.

Alleine die Betrachtung der Anzahl der Mitgliedstaaten der Europäischen Union, der nationalen Strukturen sowie der unteren Verwaltungsebenen, führen zwangsläufig zu der organisatorischen Frage: *Wer macht was, und wenn ja wie?*

In der INSPIRE-Richtlinie (European Union, 2007, S. 2, Erwägungsgrund 6) werden hierfür die sog. INSPIRE-Prinzipien definiert. Gleichzeitig können aus den Prinzipien auch sechs Kenngrößen einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Geodateninfrastruktur abgeleitet werden, die die Grundlagen für das organisatorische und semantische Modell einer GDI in dieser Arbeit bilden (siehe Tabelle 2).

Tabelle 2: INSPIRE-Prinzipien nach INSPIRE-Richtlinie (European Union, 2007, S. 2, Erwägungsgrund 6); Ableitung von Kenngrößen einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft

„Die Geodateninfrastrukturen der Mitgliedstaaten sollten so ausgelegt sein, dass	Kenngrößen
- <i>Geodaten auf der optimal geeigneten Ebene gespeichert, zugänglich gemacht und verwaltet werden,</i>	Subsidiarität
- <i>aus verschiedenen Quellen aus der gesamten Gemeinschaft auf kohärente Art verknüpft</i>	Kombination
- <i>von verschiedenen Nutzern und für unterschiedliche Anwendungen genutzt werden können, dass</i>	Interoperabilität
- <i>Geodaten, die auf einer bestimmten Verwaltungsebene erfasst werden, von anderen Verwaltungsbehörden gemeinsam genutzt werden können, dass</i>	Skalierbarkeit
- <i>die Bedingungen für die Bereitstellung von Geodaten einer umfassenden Nutzung nicht in unangemessener Weise im Wege stehen, dass</i>	Datenpolitik
- <i>Geodaten leicht ermittelt und auf ihre Eignung hin geprüft werden können und dass die Nutzungsbedingungen leicht in Erfahrung zu bringen sind.“</i> (European Union, 2007, S. 2, Erwägungsgrund 6)	Transparenz

Die abgeleiteten Kenngrößen der *Subsidiarität*, der *Kombination*, der *Interoperabilität*, der *Skalierbarkeit*, der *Datenpolitik* sowie der *Transparenz* stellen die Prinzipien für den Aufbau einer jeden Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft dar, von der lokalen Ebene, zur Landesebene, für die Geodateninfrastruktur in Deutschland und Europa.

Zudem stellt sich die Frage: *Welche Daten müssen für die Europäische Kommission bereitgestellt werden?*

Ohne an dieser Stelle auf die konkrete Betroffenheit einzugehen, stößt man in den aktuellen Debatten in den Gremien zur Umsetzung von INSPIRE immer wieder auf offene Fragen zu dem Thema der „Bereitstellungspflicht für Geodaten“ aus den verschiedenen Verwaltungsebenen, den Kommunen, den Bundesländern, im Bund und in Europa. Es werden Handlungsempfehlungen herausgegeben (Koordinierungsstelle GDI-DE, 2013), Durchführungsbestimmungen und Datenspezifikationen (European Commission, 2013a) verfasst. Doch aus Gründen eines nicht unerheblichen Aufwandes muss auch kritisch die Frage gestellt werden, was denn eigentlich Geodaten sind, auf die diese Richtlinie mit den Durchführungsbestimmungen Anwendung findet.

Nach Legaldefinition in Artikel 3 der INSPIRE-Richtlinie sind „*Geodaten*“:

„*alle Daten mit direktem oder indirektem Bezug zu einem bestimmten Standort oder geografischen Gebiet;*“ (European Union, 2007, S. 5)

jedoch ohne thematische Zuordnung, diese sind in den Anhängen der INSPIRE-Richtlinie definiert. Das Anhang III Thema „*Bodennutzung*“ ist nach Definition eine

„*Beschreibung von Gebieten anhand ihrer derzeitigen und geplanten künftigen Funktion oder ihres sozioökonomischen Zwecks (z. B. Wohn-, Industrie- oder Gewerbegebiete, land- oder forstwirtschaftliche Flächen, Freizeitgebiete)*“ (European Union, 2007, S. 13)

Zudem heißt es in den entsprechenden Paragraphen der Richtlinie bzw. der Landesgesetzgebung

„*Dieses Gesetz gilt für Geodaten und Geodatendienste, die [...] in elektronischer Form vorliegen*“ (Landtag Rheinland-Pfalz, 2010, S. 549)

Es kann daher die Auffassung vertreten werden, dass ein kommunaler Flächennutzungsplan in analoger (Papier-) Form nicht vom Gesetz betroffen ist, währenddessen ein gescanntes Abbild allen INSPIRE-Regularien inklusive deren Bereitstellung von Metadaten und Fristen unterliegt. Die geografische Referenz und deren Vorhaltung (elektronisch, analog) ist bei der Entscheidungsfindung ein wichtiges Kriterium und wird daher näher definiert. Neben der Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie in nationales Recht – in Rheinland-Pfalz durch das Landesgeodateninfrastrukturgesetz (LGDIG) – wurden von der EU-Kommission Durchführungsbestimmungen (Implementing Rules) erlassen, die sowohl konkrete Vorgaben zu Dateninhalten als auch zur Interoperabilität bzw. Ausgestaltung von Geodaten bzw. Geodatendiensten umfassen. Die Durchführungsbestimmungen werden zum Großteil als EU-Verordnung mit unmittelbarer Rechtsbindung für die Mitgliedstaaten erlassen. Damit wird die Vernetzung und Standardisierung für die Geodaten Themen der Annexe I-III der INSPIRE-Richtlinie nun verbindlich vorgegeben. Zur Umsetzung wurde ein fest definierter Zeitplan mit Fristen festgelegt.

Tabelle 3: INSPIRE-Fristen im Überblick (GDI-DE, 2014)

03.12.2010	Metadaten zu den Themen der Anhänge I und II
09.05.2011	Anfangsbetriebsfähigkeit der Such- und Darstellungsdienste
09.11.2011	Volle Betriebsfähigkeit der Such- und Darstellungsdienste
28.06.2012	Anfangsbetriebsfähigkeit der Download- und Transformationsdienste
23.11.2012	Nach Verabschiedung der Datenspezifikationen neu erhobene oder weitgehend umstrukturierte Geodatenätze zu den Themen des Anhang I
28.12.2012	Volle Betriebsfähigkeit der Download- und Transformationsdienste
04.02.2013	Nach Verabschiedung der Datenspezifikationen neu erhobene oder weitgehend umstrukturierte Geodatenätze zu den Themen des Anhang I unter Beachtung der Codelisten
03.12.2013	Metadaten zu den Themen des Anhang III
21.10.2015	Nach Verabschiedung der Datenspezifikationen neu erhobene oder weitgehend umstrukturierte Geodatenätze zu den Themen der Anhänge II und III
23.11.2017	Zum Zeitpunkt der Verabschiedung der Datenspezifikationen vorhandene Geodatenätze zu den Themen des Anhang I
04.02.2018	Zum Zeitpunkt der Verabschiedung der Datenspezifikationen vorhandene Geodatenätze zu den Themen des Anhang I unter Beachtung der Codelisten
21.10.2020	Zum Zeitpunkt der Verabschiedung der Datenspezifikationen vorhandene Geodatenätze zu den Themen der Anhänge II und III

Alle von INSPIRE benannten Geodaten und Geodatendienste einschließlich deren Metadaten sollen innerhalb der verbindlichen Fristen aufbereitet und über ein zentrales europäisches Geoportal zugänglich gemacht werden. Mittlerweile wurde bereits unter <http://inspire-geoportal.ec.europa.eu> ein erster Prototyp implementiert, der in den kommenden Jahren weiterentwickelt wird. Über dieses Portal sollen Geodaten von der europäischen bis hinab zur lokalen Ebene auf einheitliche Weise zugänglich sein. Die INSPIRE-Initiative setzt dazu ausdrücklich auf den Geodateninfrastrukturen der Mitgliedstaaten auf.

Aufgrund der unterschiedlichen Zuständigkeiten für die von INSPIRE geforderten Geodathemen, werden innerhalb der Mitgliedstaaten für regionale Einheiten eigenständige Geodateninfrastrukturen aufgebaut; so auch im föderalen Deutschland, wo sowohl auf Bundes- als auch auf Landes- und kommunaler Ebene Geodateninfrastrukturen im jeweiligen Verantwortungsbereich eingerichtet werden. Eine partnerschaftliche organisationsübergreifende Zusammenarbeit gewährleistet hier einen wesentlichen Beitrag, ein abgestimmtes Vorgehen – auch hinsichtlich der Erfüllung der Anforderungen aus INSPIRE – sicher zu stellen. Dabei besteht allerdings für jeden Akteur die Anforderung, dass *Web-basierte Geoinformationssysteme* (WebGIS) für die Geodatenverarbeitung in den kommunalen Verwaltungen vorhanden sind.

Wichtig ist auch zu erkennen, inwieweit eine Betroffenheit zur Bereitstellung umweltrelevanter Geodaten besteht, die sich den Themen des Anhang I bis III zuordnen lassen.

Tabelle 4: INSPIRE-Themen im Überblick (European Union, 2007)

ANNEX I-Themen	ANNEX III-Themen	
1. Koordinatenreferenzsysteme	1. Statistische Einheiten	11. Bewirtschaftungsgebiete, Schutzgebiete, geregelte Gebiete und Berichterstattungseinheiten
2. Geografische Gittersysteme	2. Gebäude	12. Gebiete mit naturbedingten Risiken
3. Geografische Bezeichnungen	3. Boden	13. Atmosphärische Bedingungen
4. Verwaltungseinheiten	4. Bodennutzung	14. Meteorologisch-geografische Kennwerte
5. Adressen	5. Gesundheit und Sicherheit	15. Ozeanografisch-geografische Kennwerte
6. Flurstücke oder Grundstücke	6. Versorgungswirtschaft und staatliche Dienste	16. Meeresregionen
7. Verkehrsnetze	7. Umweltüberwachung	17. Biogeografische Regionen
8. Gewässernetz	8. Produktions- und Industrieanlagen	18. Lebensräume und Biotope
9. Schutzgebiete	9. Landwirtschaftliche Anlagen und Aquakulturanlagen	19. Verteilung der Arten
ANNEX II-Themen	10. Verteilung der Bevölkerung - Demografie	20. Energiequellen
1. Höhe		21. Mineralische Bodenschätze
2. Bodenbedeckung		
3. Orthofotografie		
4. Geologie		

Eine Anforderung ist es daher, bei den Kommunen eine wissenschaftliche Analyse der Systeme und umweltrelevanten Geodaten im kommunalen Umfeld durchzuführen. Auf Basis dessen sollen Empfehlungen gegeben werden, wie und auf Basis welcher Geodaten die Weiterentwicklung der Dienstleistungen zur Umsetzung der Anforderungen der EU-Richtlinie zur Schaffung einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft organisatorisch und informationstechnisch bei den Kommunen umgesetzt werden kann. Die umweltrelevanten Geodaten sind zu dokumentieren und auf ihre Betroffenheit bezüglich INSPIRE zu bewerten. Eine Konzeption soll auch hinsichtlich der semantischen und organisatorischen Modelle erfolgen, wie eine effektive Bereitstellung für alle Kommunen eines Bundeslandes erfolgen kann. Hier können auch die Rahmenbedingungen der Europäischen Geodateninfrastruktur helfen, zur Harmonisierung lokaler Geodateninfrastrukturen beizutragen.

2.2 E-Government und Standardisierung in Kommunen

2.1.1 Anforderungen im kommunalen E-Government

Anforderung ist es, die Geoinformationen der *verschiedenen kommunalen Stellen* durch Internet-Dienste miteinander zu vernetzen und allgemein verfügbar zu machen. Das steigert die Transparenz von Verwaltungsentscheidungen und vereinfacht Bürgerbeteiligungen. Von besonderer Bedeutung sind in diesem Zusammenhang auch umweltrelevante Geodaten, die mit Blick auf die Europäische Geodateninfrastruktur

INSPIRE von den Kommunen bereitzustellen sind. Allerdings mangelt es sowohl an einer flächendeckenden internetbasierten Bereitstellung, als auch an der einheitlichen Verwendung eines Austauschstandards für diese digitalen Geodaten. Obwohl beispielweise kommunale Bauleitpläne häufig durch beauftragte Planungsbüros mit einer CAD-Anwendung erarbeitet werden und digital vorliegen, werden diese an die Verwaltung nur in Papierform oder im PDF-Format weitergegeben.

Hierfür ist es zweckmäßig einen technischen Standard zur Verfügung zu stellen, auf dessen Grundlage kommunale Geodaten produkt- und plattformunabhängig erstellt und verarbeitet werden können. Durch die zunehmende Nutzung von GIS bei Verwaltungsaufgaben und -entscheidungen werden auch kommunale Geodaten ebenenübergreifend sowohl im horizontalen als auch im vertikalen Prozess elektronisch benötigt. Vor diesem Hintergrund ist die Festlegung eines anzuwendenden Fachstandards der beispielsweise im Planungsprozess entstehenden Daten von besonderer Bedeutung. Sie führt im Sinne eines E-Government-Prozesses zu Transparenz und Effizienz, aber auch zur Interoperabilität in der Aufgabenerledigung nicht nur der Verwaltung, sondern auch für die Bürger. Inwieweit der Ansatz des E-Government zu Geodateninfrastrukturen in Beziehung gesetzt werden kann und inwieweit die INSPIRE-Interoperabilität darin Berücksichtigung finden kann, ist Untersuchungsgegenstand der Anforderungsdefinition.

Electronic Government (kurz E-Government) ist nach der Definition von Schedler (2001) eine

„Organisationsform des Staates, welche die Interaktionen und Wechselbeziehungen zwischen dem Staat und den Bürgern, privaten Unternehmungen, Kunden und öffentlichen Institutionen durch den Einsatz moderner Informations- und Kommunikationstechnologien integriert.“ (Schedler, 2001, S. 35)

Dabei steht vor allem die Nutzung elektronischer Medien, insbesondere des Internets, im Vordergrund um Verwaltungsvorgänge für Bürger, die Wirtschaft und öffentliche Institutionen per Mausklick erledigen zu können. Das Kernziel dabei ist das Entstehen einer digitalen Verwaltung, deren Online-Angebot im Hinblick auf bereitgestellte Information, die Kommunikation, Online-Dienstleistungen und Online-Beteiligungen, so weit möglich und rechtlich zulässig, über das Internet realisiert wird. Wird es den Bürgern beispielsweise ermöglicht, Formulare online auszufüllen oder geforderte Unterlagen online einzureichen, so können diese Informationen bei entsprechend angepassten Verwaltungsverfahren und ausreichender technischer Ausstattung der Behörde unmittelbar in die laufende Bearbeitung übernommen werden. Zeitraubende und personalintensive Tätigkeiten, die nur der Vor- oder Nachbereitung dienen und erhebliche Lauf- und Liegezeiten verursachen, können vollständig entfallen, wie z. B. die Übernahme von Daten aus Schriftstücken in den Datenbestand (sog. Medienbruch), Registrar- bzw. Archivtätigkeiten, Aktentransporte usw.

Viele Unterbrechungen der Bearbeitung durch Anfragen können zudem von vornherein vermieden werden, wenn die gewünschten Informationen (Grundinformationen, Formulare, Bearbeitungsstände usw.) unmittelbar im Internet abrufbar sind (Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik, 2005).

Für die Bürger ist der Einsatz moderner Kommunikationsmittel wie E-Mail, Mobiles Internet oder Online-Banking, inzwischen oft eine Selbstverständlichkeit. Sie verlangen Online-Angebote, die es erlauben, Behörden-Dienstleistungen schnell und unkompliziert zu nutzen, Verwaltungsvorgänge einfach zu verfolgen und Entscheidungen möglichst einfach nachzuvollziehen, d. h. sie verlangen mehr Service und mehr Transparenz der öffentlichen Verwaltung. Bei entsprechender Berücksichtigung in den Verwaltungsabläufen kann E-Government

diese Bedürfnisse erfüllen. Ziel muss es sein, alle online-fähigen Dienstleistungen, unabhängig von der zuständigen Verwaltungsebene, im Internet anzubieten. Um den Erwartungen dabei gerecht zu werden, müssen die sich hieraus ergebenden Möglichkeiten auf allen Ebenen zügig umgesetzt werden. Dabei wird man feststellen, dass E-Government nur im Rahmen eines ganzheitlichen Lösungsansatzes realisiert werden kann, da sich die traditionellen, bisher oft noch papiergestützten Verwaltungsabläufe nicht unverändert in die digitale Welt übertragen lassen. Stattdessen ist es oft notwendig, im Zuge der Einführung von E-Government Prozesse und Strukturen zu reorganisieren. Stichpunkte in diesem Zusammenhang mit der Umsetzung sind nach Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (2005):

- die Optimierung von internen und externen Geschäftsprozessen,
- das Informations- und Wissensmanagement,
- die Personalführung und -entwicklung
- sowie ein neues und verändertes Selbstverständnis der Verwaltung im Sinne zunehmender Kundenorientierung.

Wird der Prozess aktiv vorangetrieben, so besteht die einmalige Chance, die mit E-Government verbundene Effizienzsteigerung zur nachhaltigen Qualitätsverbesserung zu nutzen. Resultierend aus der zunehmenden Kundenorientierung im E-Government und der wachsenden Transparenz ergibt sich zwangsläufig ein Image-Gewinn für die Verwaltung, der langfristig auch zu einem verbesserten Miteinander von Verwaltung und Bürgern führen wird. Bisher gelingt es oft nicht, die Medienbrüche in Verwaltungsprozessen grundsätzlich auszuschließen. Dies liegt zum einen daran, dass Verwaltungsprozesse auf Basis fehlender technologischer Möglichkeiten (z.B. des Internets) entstanden sind. Zum andern erzwingen aber oft auch die gesetzlichen Grundlagen einen Medienbruch, z.B. bei der Planoffenlage in der Gemeinde oder bei Bekanntmachungen in der Zeitung. Daher besteht nicht nur für den Bereich der Geodaten ein Bedarf an Normung und Standardisierung, sondern auch für die Verlinkung der Vorgangsbearbeitung.

Eine enge Zusammenarbeit von Landes- und kommunaler Verwaltung ist Voraussetzung für ein ebenenübergreifendes E-Government. Dieses ist darauf ausgerichtet, Nutzen für Landesverwaltung, Kommunalverwaltung, sowie die Bürger zu erzielen. Die kommunale Verwaltung ist dabei aufgefordert, ihre Geschäftsprozesse transparenter zu gestalten, zu verzahnen und durch elektronisch übermittelte Informationen einen effizienteren Arbeitsablauf zu ermöglichen. Standards für Daten und Datenkommunikation sind die Voraussetzung, um eine medienbruchfreie Verarbeitung zu ermöglichen. Zudem muss ein strategischer und operativer Nutzen im Rahmen des E-Government-Verfahrens generiert werden.

2.1.2 Dimensionen und Ebenen von E-Government

Die Gestaltung des Nutzens im Rahmen der elektronischen Unterstützung durch E-Government erfordert eine differenzierte Betrachtung der Dimensionen und Ebenen von E-Government. Ein Ansatz der Systematisierung geht auf Krömer & Lenk (2004) zurück. Darin wird versucht, die Gesamtebenen von IT-Infrastrukturen bis zur Policy-Ebene wissenschaftlich aufzuarbeiten, sowie die Ebenen-begleitenden Fragen von *Strategien, Rahmenbedingungen, dem Design und Change-Management* bis zu *Wissensmanagement* und *Qualifizierung*.

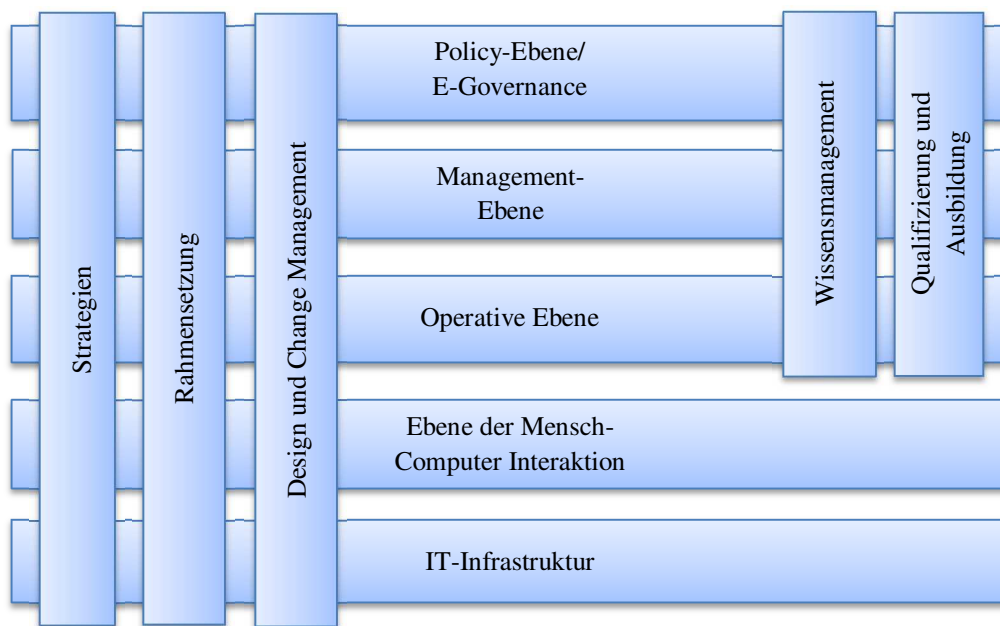


Abbildung 4: Terminologie und Komponenten von E-Government (Krcmar & Lenk, 2004, S. 6)

Interessant ist hier die Darstellung von Dimensionen und Ebenen, die ähnlich der Interoperabilität auch systematisiert im Sinne wissenschaftlicher Arbeitsfelder dargestellt werden kann. Bei der höchsten Ebene der *E-Governance/E-Policy* ist festzuhalten, dass die Ansprüche einer höheren Transparenz des Verwaltungshandelns und die Unterstützung der politischen Arbeit durch Informations- und Kommunikationstechnik gestellt werden. Dies zielt vor allem auf die Verbesserung der Integration aber auch Partizipation der Bürger an den politischen Gestaltungs- und Willensbildungsprozessen ab.

Auf der *Management-Ebene* geht es um die Unterstützung des Verwaltungsmanagements durch aktuelle Führungsinformationen und damit die Integration von E-Government und Verwaltungsmodernisierung. Im Vordergrund steht hier vor allem die Frage der Reorganisation der innerhalb der Verwaltung liegenden Prozesse. Aufgaben des Managements sind die Herstellung einer durchgängigen Vision und Strategie und die Vorgabe von an die Entwicklungsstufe angepassten Bewertungs- und Zielkriterien.

Die sog. *operative Ebene* im Modell von E-Government nach Krcmar & Lenk (2004) befasst sich mit dem einfachen Zugang zu Informationen auf der Basis verbesserter Kooperationsmöglichkeiten. Die Aufgaben der operativen Ebene ihrerseits sind die Analyse und Anpassung von Vorgängen bzw. Prozessen, die Überwachung sowie die konkrete Implementierung des Paradigmenwechsels von der Funktional- zur Prozessorganisation. Die Aufgaben auf der Ebene der *Mensch-Computer-Interaktion* konzentrieren sich auf das Management der Zugänglichkeiten von Diensten und Informationen. In diesem Zusammenhang erfordert die Digitale Spaltung der Gesellschaft eine Bereitstellung über verschiedene Zugangskanäle, um alle Bevölkerungsgruppen gleichermaßen zu erreichen.

Auf der Ebene der *IT-Infrastrukturen* ist die Frage der zur Verfügung stehenden und zu nutzenden „Standards“ zu klären und die Frage inwieweit eine Restrukturierung der Bereitstellung von IT-Leistungen im Sinne interorganisatorischer Leistungsverbünde sinnvoll und umsetzbar ist. Strategie, Design und Changemanagement wirken zusammen auf alle Ebenen des E-Government ein. Angesichts der großen Zahl von Mitarbeitern im

öffentlichen Dienst sind Fragen der Qualifizierung und Ausbildung ebenso wie Fragen des Wissensmanagement und Management des Wandels von ganz entscheidender Bedeutung (Krcmar & Lenk, 2004). Darüber hinaus ist das Gesamtmodell des E-Government von dem Erfordernis der entsprechenden Rahmensetzung begleitet. Dies gilt vor allem für solche Fragen, in denen Überlegungen der Policy-Ebene, z.B. Zuständigkeiten im föderalen Staat, auf das Design von IT-Infrastrukturen durchschlagen (Stiller, 2014).

Die *Anforderungen von E-Government* im Untersuchungsgebiet wurden im sogenannten „*Aktionsplan E-Government*“ (Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur, 2005) formuliert: mehr Service für die Bürger, mehr Effizienz für die Verwaltung und einen Mehrwert für die Wirtschaft. Grundsätzlich soll der Einsatz von moderner Technik Information, Kommunikation, Austausch und Verwaltung innerhalb der Behörden sowie zwischen Verwaltung und Bürgern oder Unternehmen einfacher machen. Neben der Beschreibung von Zielen erfolgt zu jeder einzelnen Stufe des sogenannten *rlp-Dreiecks* zur Umsetzung von E-Government-Vorhaben im Folgenden eine Bestandsaufnahme.

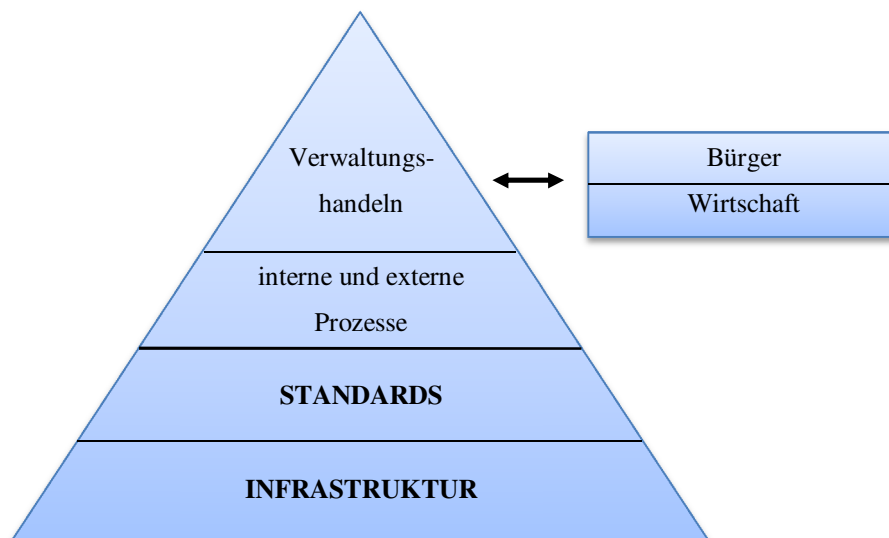


Abbildung 5: Die strategischen Elemente des „rlp-Dreiecks“ zur Umsetzung von E-Government-Vorhaben in Rheinland-Pfalz (Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur, 2005)

An der Spitze des Dreiecks steht die Evaluierung des *Verwaltungshandelns* sowie der internen und externen Prozesse. Zukünftige E-Government-Realisierungen dürfen in Anlehnung an den Aktionsplan E-Government der Landesregierung (Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur, 2005) sich nicht mehr in erster Linie aus den technischen Grundlagen, sondern aus einem vorher definierten Verwaltungshandeln ableiten. Vielmehr ist die Einführung als durchgreifender E-Government-Prozess für Verwaltung, die Wirtschaft und für die Bürger zu betrachten.

Es wird nicht mehr zentral nach dem „Wie“, sondern nach dem „Warum“ gefragt. Es ist vorgesehen, Dienstleistungen der staatlichen Verwaltung, die Art und Weise des Verwaltungsablaufs sowie die rechtlichen und organisatorischen Rahmenbedingungen im Wege einer strukturierten Bestandsaufnahme zu analysieren und diese Leistungen dann auf ihre E-Government-Tauglichkeit zu hinterfragen. Zudem soll das Verwaltungshandeln priorisiert und eine E-Government-Umsetzung in Abhängigkeit von dem Verhältnis von Nutzen und Aufwand betrieben werden.

Bei den *internen und externen Prozessen* wird unterschieden, ob mit E-Government intern die Effizienz der Verwaltung mittels IT erhöht wird, ob die Serviceangebote der Verwaltung unmittelbar gegenüber Bürgern und Wirtschaft durch Online-Angebote (z.B. durch Informationen und Angebote im Internet) verbessert oder ob Verwaltungsprozesse verändert (z. B. Veränderung von Genehmigungsverfahren) werden. Auf der Ebene der *Standards* und einer *Basisinfrastruktur* werden die entsprechenden Anforderungen beschrieben; es zeigt sich, dass die Standardisierung auf Basis einer Infrastruktur ein unverzichtbares Mittel bei der Erstellung von E-Government-Verfahren ist, die nicht nur zur Erhöhung der Wirtschaftlichkeit und Effizienz der Verfahrensentwicklung beiträgt, sondern vielfach die Verfahrensentwicklung erst ermöglicht. Die strategischen Elemente des rlp-Dreiecks (Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur, 2005) werden abgerundet mit *operativen Ausführungen*, wie zentrale technische Funktionalitäten gewährleistet werden sollen. Die Grundlage für eine integrative E-Government-Strategie ist gelegt.

2.1.3 Service-Orientierte-Architekturen (SOA)

Grundsätzlich ist zu ermitteln, wie eine *SOA (Service-Orientierte-Architektur)* im Anwendungsfall einer Geodateninfrastruktur die Aufgaben eines E-Government in idealer Weise unterstützen kann. Die Behörden sollen ihre Online-Services für die Bürger möglichst effizient und gebrauchstauglich verfügbar machen. Unterschiedlichste Systeme zahlreicher Anbieter müssen hierfür miteinander interagieren. Dies setzt außerdem voraus, dass die dabei verwendeten Daten zueinander kompatibel sind. Die Services selbst müssen überschneidungs- und widerspruchsfrei angeboten werden. Auch bezüglich der Flexibilität stellt das E-Government besonders hohe Anforderungen, die grundsätzlich durch SOA erfüllbar sind. Die sich regelmäßig ändernde Lage bei Gesetzen und Vorschriften erfordert eine hohe Anpassungsfähigkeit und Änderbarkeit sowohl der angebotenen Services als auch der dafür im Hintergrund eingesetzten Funktionen. Daher ist es für das Verständnis sinnvoll, einen Blick auf die SOA-Elemente zu werfen, die die Architektur im Wesentlichen beschreibt.

Warum muss nun aber SOA implementiert werden, um die komplexe Sachlage von Planungsservices zu unterstützen? Weil SOA auf einem höchst effizienten Konzept der *Komplexitätsbeherrschung* beruht, nämlich vom Grundsatz eine *Architektur* bereitzustellen. Diese Essenz von SOA aus Anwendungssicht wird häufig vernachlässigt, sodass zwar Services wie z.B. WMS oder WFS definiert und implementiert werden, die architektonischen Vorbedingungen, Abhängigkeiten und Auswirkungen aber völlig unbearbeitet bleiben. Diese Art der Qualitätssicherung kann diese Verknüpfung zwischen SOA und Architektur sicherstellen. Hierzu wurde in Studien (Würriehausen & Müller, 2012) ganz konkret ein Anwendungsfall für Planungsservices definiert, nämlich die Bürgerbeteiligung im Planungsverfahren. In Anlehnung an die SOA-Definition wurde ein Konzept erarbeitet und praktisch implementiert. An dieser Stelle wird noch nicht auf die Verfahren an sich eingegangen, sondern nur deren Modell und zu implementierende Ebenen im Sinne einer *Service-Orientierten Architektur*.

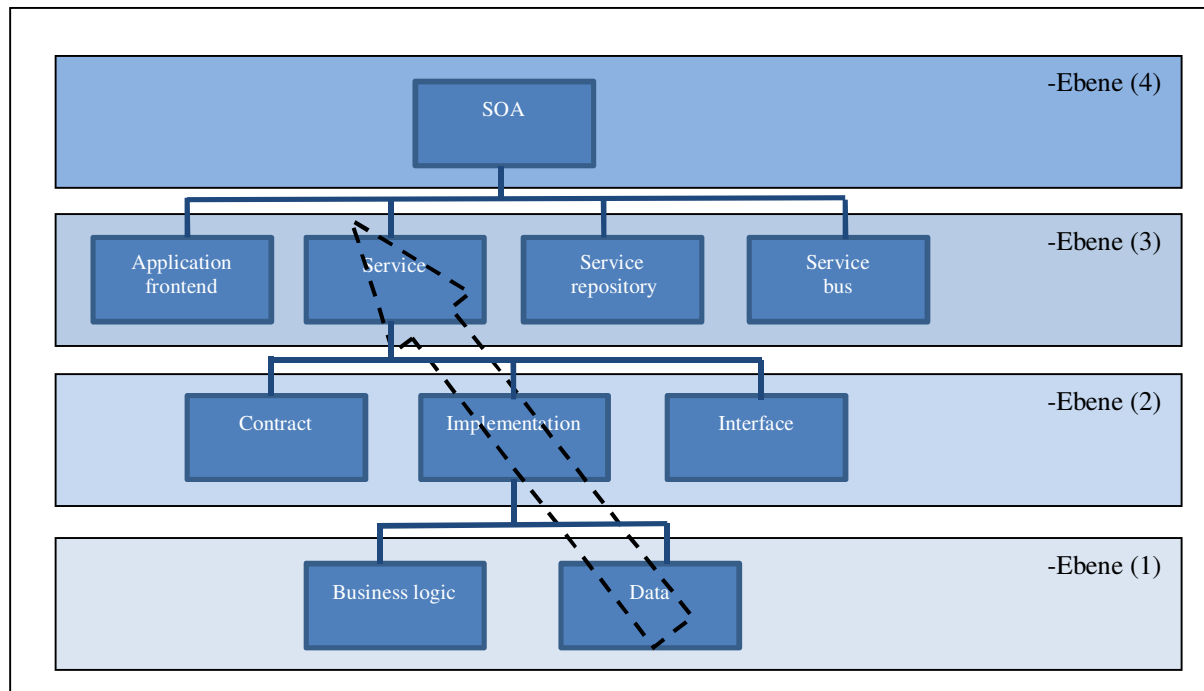


Abbildung 6: Aufbau und Elemente von Service nach SOA-Modell (Wikimedia Deutschland e.V., 2013) und die Anforderungen einer Service-Implementierung

Aus der SOA-Abbildung ist zu erkennen, dass die Daten mit einer sogenannten *Business Logic* verknüpft werden müssen, die die Verwendung bzw. Nutzung von *Data* beschreibt. Diese Business Logic kann am einfachsten über ein Modell beschrieben werden. In Kombination mit standardisierten *Datenformaten*, wie es XPlanGML für die Bauleitplanung darstellt, wird ein einfacher und verlustfreier Austausch von Daten ermöglicht. Im weiteren Sinne müssen hier auch die OGC-Standards (WMS, WFS) bereits auf Datenebene mit betrachtet werden, die für das Zielmedium Internet eingesetzt werden können. Von einer *Implementation* spricht man, wenn die Datenaustauschbeziehungen als Netzdienste mit berücksichtigt werden.

Dieser Begriff eines *Netzdienstes* (z.B. View- und Downloaddienste) wird im INSPIRE-Kontext häufig genannt, sodass diese durch die Mitgliedstaaten verpflichtend bereitzustellen sind. Hierfür existieren für INSPIRE auch Implementation Rules, die auf dieser Ebene einer SOA einzuordnen sind. Betrachtet man die weiteren Elemente in der Ebene der Implementation fällt auf, dass auch der *Contract* und vor allem *Interface* auf selbiger Ebene sich befinden.

Das *Service-Modul* selbst ist eingebunden in eine *Applikation* z.B. auf der Homepage oder im übertragenen Sinne die Zeitung oder das Verwaltungsgebäude der Gemeinde, in dem die Pläne bisher ausgelegt bzw. bekannt gemacht wurden. An die *Service-Ebene* an sich werden drei weitere Anforderungen ersichtlich. Benötigt werden für einen nach SOA abgeleiteten Planungsservice neben dem Service-Modul der Ebene 3 ein:

1. Application Frontend
2. Service repository, und
3. Service bus

Alle drei Anforderungen werden im Anwendungsfall für Geodaten durch eine *Geoportal-Applikation* (siehe Abbildung 7) mit GDI/SDI als *Service bus*, mit *Service-Providern* und einem *Catalog* als *Service repository* beschrieben.

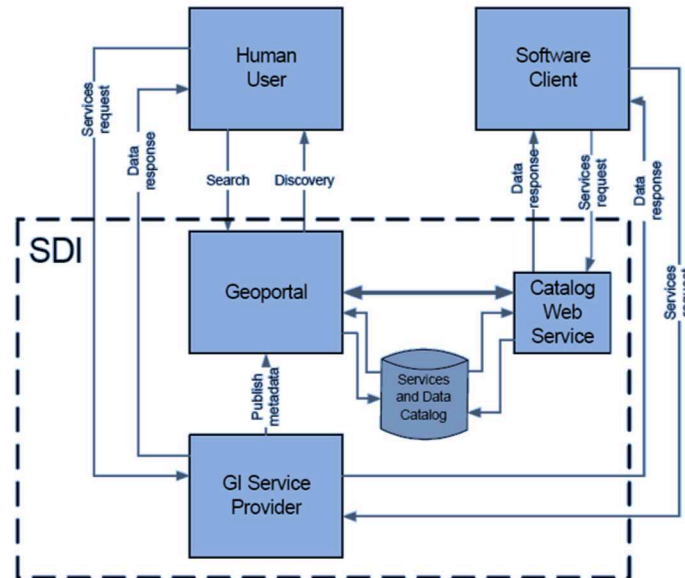


Abbildung 7: Lokale Geodateninfrastrukturen (GDI/SDI) basierend auf einer Service-Orientierten Architektur (Davis & Alves, 2005)

Ein besonderer Schwerpunkt für Geodateninfrastrukturen wird deswegen neben der Einführung von *GI-Services* und *Katalogdiensten* auch die *Kreierung eines Nutzens* durch Erstellung standardisierter Entwicklungsinstrumente einer Geodateninfrastruktur, als breit einsetzbare Basis von E-Government-Verfahren, sein. Welche Anforderungen an Verwaltung und Standardisierung damit verbunden sind, soll nachfolgend diskutiert werden.

2.1.4 E-Government und Standardisierung (XÖV)

E-Government hat somit das Potenzial, die Effizienz der Verwaltungsprozesse deutlich zu verbessern. Es ist schwierig die horizontale und vertikale Integration der Verwaltungsprozesse umzusetzen, weil verschiedene heterogene IT-Systeme, Service-Anbieter und Verfahren existieren. Das Problem wird deutlicher, wenn man die Anzahl der Organisationen auf Ebene der 16 deutschen Bundesländer und schließlich der Systeme auf kommunaler Ebene, mit mehr als 300 Landkreisen sowie 13.000 Gemeinden, betrachtet. Verschiedene Initiativen haben gezeigt, wie die integrierte elektronische Unterstützung der Arbeitsabläufe verbessert und die deutschen E-Government-Anforderungen umgesetzt werden können. Ein Beispiel dafür war die Initiative Deutschland-Online, eine von Bund, Ländern und Kommunen getragene E-Government-Strategie, die nach Abschluss sogar durch den IT-Planungsrat eine gesetzliche Verankerung im Artikel 91c Grundgesetz erfährt (Bundesministerium des Innern, 2010).

Zudem konnte die Initiative die Anforderungen und Ziele aufzeigen, die ein E-Government in Verwaltungen hat, nämlich die *Erreichbarkeit* der Verwaltung zu verbessern, eine *Verlässlichkeit* zu haben, denen Bürger *Vertrauen* können, aber die vor allem einen breiten *Nutzen* durch ein Online-Verfahren der Verwaltung haben, siehe nachfolgende Abbildung 8.

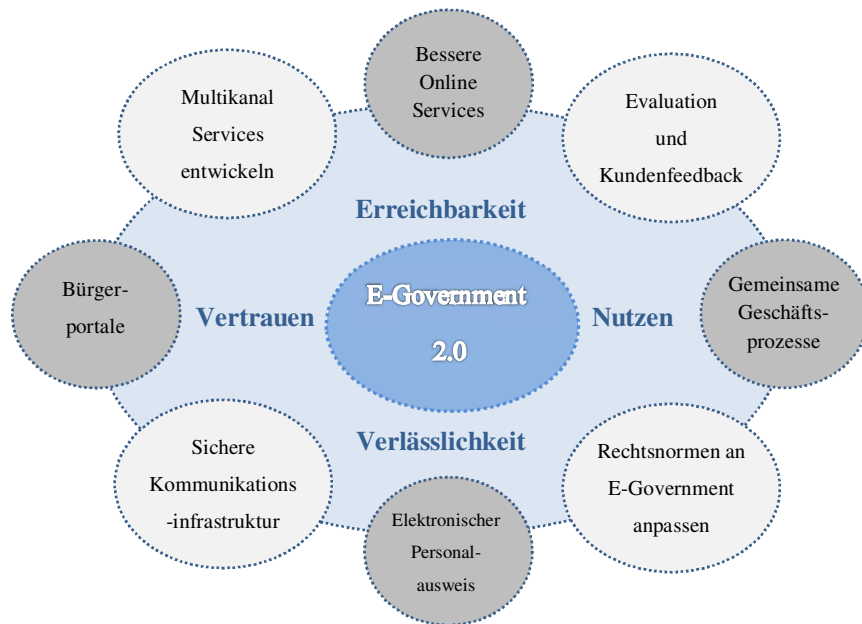


Abbildung 8: Komponenten und Anforderungen des E-Government 2.0 (Bundesministerium des Innern, 2010)

Die Abbildung 8 definiert nicht nur die Komponenten sondern auch Ziele und Anforderungen an ein E-Government für Bund, Land und Kommunen. Hier stehen *Bürgerportale* im Vordergrund, aber auch die Anforderung *Multikanal Services* zu entwickeln, ein *Feedback* einzuholen, *gemeinsame Geschäftsprozesse* zu initiieren sowie zu prüfen, inwieweit *Rechtsnormen* wie das BauGB den Anforderungen des E-Government für Kommunen genügt. In diesem Programm *E-Government 2.0* wird auch ein wichtiges Ziel definiert,

“die verwaltungsebenenübergreifende Realisierung von Onlinedienstleistungen, die Einführung von gemeinsamen Standards sowie die Harmonisierung der Angebote – z. B. im Rahmen einer gemeinsamen, erstmals nationalen E-Government-Strategie – zu nutzen.” (Bundesministerium des Innern, 2010, S. 41).

Im Kontext zu dieser Arbeit wurden im Sinne der nationalen E-Government-Strategie des IT-Planungsrates (IT-Planungsrat, 2010) explizit nationale und internationale Standards angewendet bzw. mitentwickelt. In den Zielen heißt es:

“Ziel 19: Internationale Standards, insbesondere zur Interoperabilität, werden angewandt und in der EU sowie international aktiv mitgestaltet” (IT-Planungsrat, 2010, S. 15)

Mittlerweile wurden mehr als 20 Standards, die sog. XÖV- oder X-Type-Standards der öffentlichen Verwaltung unter Verwendung von XML-Encoding (siehe Abbildung 9) mit kommunalem Bezug modelliert. Dies sind Standards des Meldewesens (XMeld), des Personenstandes (XPersonenstand), der Vorgangsbearbeitung (XDomea) aber auch im Bereich Bauverwaltung (XBau) und Planung (XPlanung). Die Einführung der angewandten Standards kann helfen die vertikale Integration der Prozesse, von der Bundesebene über die Landesebene bis zur kommunalen Ebene zu definieren. In nachfolgender Abbildung 9 ist ein Auszug aus den XStandards für kommunale Verwaltungen dargestellt, in der für mehr als 20 verschiedene Verwaltungsvorgänge Schnittstellen erarbeitet wurden (KoSIT, 2014).

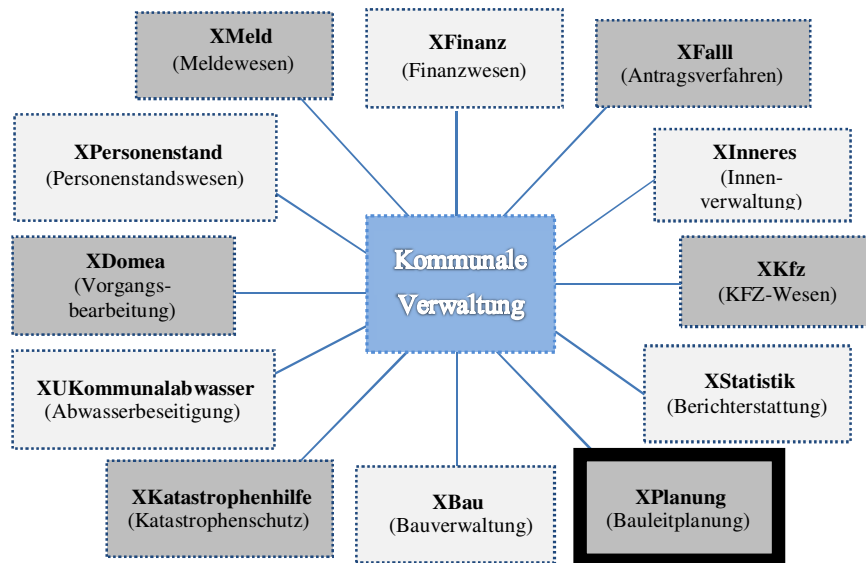


Abbildung 9: Auszug von XStandards für kommunale Verwaltungen in XML-Format (KoSIT, 2014)

Einer dieser Standards *XPlanung* ist auch vertiefender Untersuchungsgegenstand der Arbeit. *XPlanung* befasst sich speziell mit dem Thema der Regional- und Bauleitplanung und ist daher von besonderer Bedeutung für die Diskussion über die Interoperabilität im Zusammenhang mit den Prozessen und kommunalen Diensten. Die Anwendung von Standards ermöglicht Interoperabilität der Verwaltungen in Deutschland, die auch in der Digitalen Agenda auf europäischer Ebene fundamentale Bedeutung hat.

„Für den Aufbau einer wirklich digitalen Gesellschaft brauchen wir die effektive Interoperabilität aller IT-Produkte und –Dienste.“ (Europäische Kommission, 2010, S. 17)

In diesem Zusammenhang spiegelt das Europäische Interoperabilitätsframework (EIF) eine wichtige Rolle. Dieses ist durch die Mitgliedstaaten ab spätestens 2013 anzuwenden (Europäische Kommission, 2010, S. 18). Über die Anwendung der Interoperabilität, von der EU-Ebene bis zur kommunalen Verwaltung, wird in folgenden Abschnitten näher diskutiert, auch wie die kommunale Verwaltung mit *XStandards* bzw. konkret dem Standard *XPlanung* für kommunale Bauleitplanung einen Beitrag zur Interoperabilität in Europa leisten kann.

Zudem soll es zukünftig ermöglicht werden, alle Geodaten der Verwaltungen im Untersuchungsgebiet über Geodateninfrastrukturen für Bürger abrufbar und nutzbar zu machen. Neben der Visualisierung von Geodaten, die bereits umgesetzt ist, sollen dem Nutzer zukünftig Funktionalitäten eines Geo-Informationssystems über das Internet eröffnet werden. Dazu zählen neben dem reinen Darstellen auch das Erfassen, Speichern sowie Analyse und Transaktion mit Geodaten. Diese Form der Interaktion in Planungsprozessen zwischen Verwaltung, Öffentlichkeit, den Planungsbüros und den Trägern öffentlicher Belange ist kohärent mit der E-Government-Strategie des Landes. Zudem muss im Sinne eines E-Government-Service für die Verwaltung selbst (Entscheidungsfindung) die Bereitstellung für die Bürger (Mitwirkungsrecht) über die reine Informationsfindung auf der Internetseite der Gemeinde hinausgehen.

Dies ist notwendig, weil vermehrt die Öffentlichkeit an kommunalen Daten und damit verbundenen E-Government-Prozessen interessiert ist. Durch die Bereitstellung von Planungsdaten lediglich durch eine XML-Datei wird die Beteiligung der Öffentlichkeit ohne die Nutzung einer zentralen Visualisierungsplattform sogar erschwert. Hierbei galt es zu evaluieren, über welche Wege eine Inwertsetzung realisiert werden kann, die nicht nur der Kreisverwaltung, sondern auch weiteren Nutzern von Planungsdaten in Deutschland zugutekommt. Dieser Punkt war auch eine wesentliche Aufgabe im Rahmen des Projektes (Müller & Würriehausen, 2013a), nämlich einen Mehrwert durch Planungsservices zu generieren, der über die Nutzung reiner PDF-Pläne zum Download hinausgeht. Beispielhaft ist zu nennen, dass zur Erreichung der semantischen Interoperabilität bei Geodaten auch ein semantisches Modell, wie es z.B. mit XPlanGML für die Bauleitplanung realisiert wurde, notwendig ist. Zudem ist zu beschreiben, wie mit XPlanGML-Daten, die auf kommunaler Ebene vorhanden sind, eine Transformation für *INSPIRE* auf der semantischen Ebene erfolgen kann. Das Ziel sollte auch hier sein, eine Integration der kommunalen Daten zu erreichen. In Anlehnung an die Datenaustauschbeziehungen kann hier die Geodateninfrastruktur zur Generierung einer Wertschöpfung beitragen.



Abbildung 10: Mit GDI zur Wertschöpfung von XPlanung, eigene Entwicklung

Die GDI schafft die Voraussetzung für die Wertschöpfung durch viele Nutzer in Verwaltungen sowie im kommerziellen und nichtkommerziellen Bereich. Aus ihr können sich neue *Services* entwickeln.

„Man muss also davon ausgehen, dass sich in der GDI komplexe Produktionsketten etablieren werden.“ (Bill, 2008)

Informationsanbieter und Informationsnutzer treten nicht mehr direkt miteinander in Verbindung, sondern bedienen sich möglicherweise gestufter *Services* zur Identifikation und Aufbereitung der gewünschten Informationsprodukte. Es war wichtig zu differenzieren, wie und auf welcher Ebene diese Anforderung erreicht werden kann. Zudem ist zu untersuchen, wie *Informationen* die auf kommunaler Ebene über die Daten vorhanden sind, auf der semantischen Ebene modelliert und in der Europäischen Geodateninfrastruktur *INSPIRE* ausgetauscht werden können.

2.3 Referenzmodelle und Konzepte der Interoperabilität

2.3.1 Anforderungen der Interoperabilität

Die *Interoperabilität* ist in einer komplexen Infrastruktur, wie es die Geodateninfrastruktur der Europäischen Gemeinschaft INSPIRE darstellt, von grundlegender Bedeutung. Konzepte wie Metadaten nach ISO19115 zur Beschreibung von Geodaten bzw. ISO19119 für Geodienste, geben Nutzern eine Beschreibung der Datensätze, Informationen zu Nutzungsbedingungen sowie welche Verwaltung technisch bzw. organisatorisch verantwortlich ist. Des Weiteren werden aus technologischer Sicht in nahezu allen Geo-Informationssystemen (GIS) Spezifikationen des Open Geospatial Consortium (OGC) wie der WebMapService (WMS) oder der WebFeatureService (WFS) unterstützt. Verschiedene Geodatenformate wie Shape, GeoTiff oder die Normbasierte Austauschschnittstelle (NAS) können ausgetauscht, importiert und auch verarbeitet werden. Die gewachsenen Verwaltungsstrukturen mit ihren jeweiligen Besonderheiten haben zu heterogenen Datenbeständen geführt. Diese Heterogenität behindert wesentlich die interkommunale Zusammenarbeit auf der operationalen Ebene.

Die Probleme bei fehlender Interoperabilität und Nutzungsmöglichkeiten von Geodaten betreffen in gleicher Weise zahlreiche Bereiche in Verwaltung, der Wirtschaft, der Wissenschaft. Interoperabilität erfordert dabei konstituierende Maßnahmen, die nicht nur auf Datenaustausch und der gemeinsamen Nutzung zielen, vielmehr ist die Zugänglichkeit von Geodaten und Geodatendiensten über die verschiedenen Ebenen hinweg zu gewährleisten.

Mit INSPIRE wird in Europa erstmals ein Modell einer Geodateninfrastruktur vorgestellt, welches die Anforderung der Interoperabilität für alle Mitgliedstaaten der Europäischen Union definiert. Da auch konkret die Interoperabilität von Geodatensätzen im rechtlichen Kontext von INSPIRE erreicht werden soll, ist es notwendig ein gemeinsames Verständnis der Ziele und Begriffe aufzubauen. Im Sinne des Artikel 3, Absatz 7 der INSPIRE-Richtlinie (European Union, 2007) bezeichnet der Ausdruck „*Interoperabilität*“

„im Falle von Geodatensätzen ihre mögliche Kombination und im Falle von Diensten ihre mögliche Interaktion ohne wiederholtes manuelles Eingreifen und in der Weise, dass das Ergebnis kohärent ist und der Zusatznutzen der Datensätze und Datendienste erhöht.“ (European Union, 2007, S. 5)

Es werden dabei die vielen Facetten der Interoperabilität verdeutlicht, die Kombination für den Fall der Geodatensätze und die Interaktion für Geodatendienste. Ergänzt wird diese Anforderung für Geodienste mit dem entscheidenden Beisatz *„ohne wiederholtes manuelles Eingreifen“* (European Union, 2007, S. 5). Hier muss der Service auch im Sinne einer benutzerfreundlichen Bereitstellung interpretiert werden, inklusive der Forderung der Kohärenz und eines erhöhten Zusatznutzens.

Abweichend davon wird in der Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie in deutsches Recht bzw. Landesrecht eine andere Legaldefinition gewählt. Nach § 3, Absatz 5 des rheinland-pfälzischen Landesgeodateninfrastrukturgesetzes (LGDIG) wird Interoperabilität verstanden als

„die Fähigkeit zur Kombination und Interaktion verschiedener Systeme, Techniken oder Daten unter Einhaltung gemeinsamer Standards.“ (Landtag Rheinland-Pfalz, 2010, S. 548)

Bei den Definitionen kann man Unterschiede in Begrifflichkeit und Ausprägungen erkennen. Während die länderspezifische Definition wieder allgemeinere Begriffe wie Systeme, Techniken und Daten thematisiert, wird in der INSPIRE-Definition hauptsächlich der Benutzeraspekt bzw. Zusatznutzen durch Interaktion mit Diensten hervorgehoben. Im Wesentlichen kann aber eine Sinngleichheit der beiden Definitionen festgestellt werden, die allerdings keine konkrete Umsetzungsanforderung für kommunale Interoperabilität für INSPIRE und die Kommunen im Fallbeispiel Rheinland-Pfalz ableiten lassen.

Betrachtet man weiterhin die Anforderung INSPIRE und LGDIG in Bezug auf Datenspezifikation und Interoperabilitätsmodell wird deutlich, dass es eher einer Konkretisierung und nicht einer Verallgemeinerung der Definition bedarf. Hilfreich dabei ist vor allem die Erfahrung, dass in kommunalen Gremien nicht über den Nutzen von Interoperabilität in Ausführlichkeit debattiert werden muss. Der Nutzen von Interoperabilität kann weitestgehend als bekannt gesehen werden, lediglich die Ausprägung bzw. die Anwendung der Interoperabilität ist eine Fragestellung, die einer genaueren Betrachtung in diesem Bereich bedarf.

Als *Handlungsnotwendigkeit* wird daher erkannt, ein auf Komponenten basiertes Modell herauszuarbeiten, mit dem Interoperabilität beschrieben werden kann. Dies ist gesetzlich lediglich zur Interoperabilität der Metadaten im § 7 des LGDIG mit Mindestangaben, z.B. die Schlüsselwörter, die Klassifizierung von Geodaten und Geodatendiensten oder die Qualitäts- und Gültigkeitsmerkmale der Geodaten und Geodatendienste festgelegt. In § 8 LGDIG werden diese Metadaten sowie die Daten und Dienste direkt in Zusammenhang mit der Interoperabilität und Zugänglichkeit gebracht.

„Geodaten, Geodatendienste und Metadaten sind von den öffentlichen und privaten Geodaten verarbeitenden Stellen interoperabel zugänglich zu machen.“ (Landtag Rheinland-Pfalz, 2010, S. 550)

Die Handlungsnotwendigkeit wird daher auf breiter Basis bei den Kommunen in Rheinland-Pfalz erkannt und im Rahmen der Untersuchungen zur Dissertation unterstützt.

In Wikipedia, der freien Online-Enzyklopädie (Wikimedia Deutschland e.V., 2013) existieren ebenfalls zu dem Begriff Interoperabilität zwei weitestgehend sinngleiche Definitionen:

1. *„Als Interoperabilität bezeichnet man die Fähigkeit zur Zusammenarbeit von verschiedenen Systemen, Techniken oder Organisationen. Dazu ist in der Regel die Einhaltung gemeinsamer Standards notwendig. Wenn zwei Systeme miteinander vereinbar sind, nennt man sie auch kompatibel.“*
2. *Interoperabilität ist die Fähigkeit unabhängiger, heterogener Systeme, möglichst nahtlos zusammenzuarbeiten, um Informationen auf effiziente und verwertbare Art und Weise auszutauschen bzw. dem Benutzer zur Verfügung zu stellen, ohne dass dazu gesonderte Absprachen zwischen den Systemen notwendig sind.“* (Wikimedia Deutschland e.V., 2013, S. Interoperabilität)

Unterschiede in den Definitionen sind lediglich in der Ausprägung z.B. unabhängig, heterogen bzw. effizient in der Bereitstellung für den Benutzer in der zweiten Definition zu sehen. Zudem bringt die erste Definition neben der Zusammenarbeit verschiedener Systeme und Techniken auch Organisationen, zusammen mit der Einhaltung gemeinsamer „Standards“ bei Interoperabilität in Beziehung. Das Ziel wird hierbei in Definition 1 als „Kompatibilität“ beschrieben, während Definition 2 die effiziente und verwertbare Art und Weise des Datenaustauschs und zwischen Benutzer und Systemen, ohne „Absprachen“ anspricht. In den weiteren

Ausführungen in Wikipedia (Wikimedia Deutschland e.V., 2013) wird Interoperabilität nicht nur im Bereich der Informatik sondern auch in anderen Bereichen als sehr wichtig eingestuft, darunter die Telekommunikation, die Medizintechnik, in Transport- und Verkehrssystemen, militärischen Systemen und der industriellen Automatisierungstechnik. Zudem wird auch der Begriff des E-Government explizit genannt, in dem Interoperabilität eine Schlüsselrolle einnimmt. Oftmals wird auch zwischen verschiedenen Formen von Interoperabilität, allerdings nur beispielhaft zwischen der in der Arbeit betrachteten semantischen und organisatorischen Interoperabilität unterschieden. Im Artikel selbst wird nicht näher auf eine Unterscheidung eingegangen. Neben den Anwendungsfeldern wird auch der Hintergrund zur Interoperabilität betrachtet. Dabei ist als sehr interessant einzustufen, warum Interoperabilität vor allem für die Wirtschaft sehr große Konsequenzen hat, da durch Patente, Geschäftsgeheimnisse oder Fehler in der Koordination auch Monopolstellungen erreicht oder ausgebaut werden können. Für die Regierungen kann es deshalb von Vorteil sein, Interoperabilität zu unterstützen und zu fördern. Es kann bereits aus den oben genannten Ausführungen erkannt werden, dass die Interoperabilität oft in unterschiedlichen Zusammenhängen betrachtet werden kann. Zum einen aus Sicht der Daten, Metadaten und Dienste oder aber die Interoperabilität der Systeme und Anwendungen. Letzteres ist besonders interessant, da derzeit quasi keine *Kompatibilität der GIS-Anwendungen* auf Systemebene erkannt werden kann.

2.3.2 Dimension und Ebenen der Interoperabilität

Im Bereich der GIS-Software gibt es sehr viele auf den Markt existierende Systeme, basierend auf unterschiedlichen Programmierungen. Es ist vor allem auf kommunaler Ebene der Geo-Informationssysteme schwerlich vorstellbar, dass in naher Zukunft Systeme von ESRI ArcGIS² mit Caigos³- oder MapInfo⁴-Systemen interoperabel eingesetzt werden können. Daneben sind verschiedene OpenSource-Systeme aus dem Bereich der MapServer und Geodatenbanken z.B. in der Implementation des GeoPortal.rlp⁵ im Einsatz. Betrachtet man zudem Trends der Geoinformationswelt, wie das Mobile Mapping, Sensor Web oder auch WebServices im Internet, wird man mit klassischen, dateibasierten Geodatenkonzepten mittelfristig an seine Grenzen stoßen. Anwendungsfälle für Bürgerdienste im Internet, sowie die Tatsache einer sich ständig wandelnden realen Welt sowohl aus Datensicht, aber auch seitens der Internet- und mobilen Technik müssen sich in geeigneter Weise in Geodateninfrastrukturen wiederfinden. Die Handlungsnotwendigkeit die Interoperabilität herstellerunabhängig, d.h. über die Syntax, die Semantik sowie auf der Konzeptebene zu betrachten, ist in wissenschaftlicher Literatur klar formuliert. In Grundlagen der Geo-Informationssysteme beschreibt Bill (2010) die Interoperabilität mit der

„Möglichkeit, verschiedenartige Systeme und Daten in einen einzelnen Arbeitsablauf zu integrieren. Dies setzt voraus, dass Syntax und Semantik der Daten und Systeme dem Anwender in einheitlicher Form zur Verfügung gestellt werden. Interoperabilität erlaubt den transparenten Zugang zu mehreren raumbezogenen Daten- und Verarbeitungsressourcen innerhalb eines einzigen Arbeitsablaufes, ohne sie in einen Datenbestand zu überführen. Vom Anwender werden dabei wenige oder gar keine Kenntnisse über die Besonderheit dieser Ressourcen verlangt. Auf Konzeptebene bedeutet Interoperabilität, dass zwischen den Beteiligten ein gemeinsames Verständnis über die Sachverhalte besteht (gemeinsames Weltbild).“ (Bill, 2010, S. 218f)

² Das Geo-Informationssystem ArcGIS der ESRI Unternehmensgruppe

³ Das Geo-Informationssystem CAIGOS-GIS, der Firma CAIGOS GmbH aus Kirkel, Deutschland

⁴ Das Geo-Informationssystem MapInfo Professional der Pitney Bowes Software GmbH

⁵ Das Geoportal des Landes Rheinland-Pfalz

Zudem wird in den Ausführungen von Bill (2010) auf die Arbeiten von Staub (2009) verwiesen, der die Interoperabilität in mehrere Bereiche einteilt, die wiederum zwei Hauptbereichen der Interoperabilität kategorisiert und zugeordnet werden: der technischen und der organisatorischen Interoperabilität.

Zur technischen Interoperabilität gehören nach Staub (2009) Datentransfer/Services, Profile/Datenmodellierung und semantische Transformation, wobei die Datenmodellierung auch wieder auf Normen und Standards aufbaut. Zudem wird hier unter technischen Gesichtspunkten zwischen syntaktischer, semantischer und einer Meta-Interoperabilität unterschieden. Zur organisatorischen Interoperabilität gehören in den Ausführungen von Staub (2009) die Richtlinien/Gesetze sowie Normen/Standards, wobei durch Normen und Standards die Interoperabilität überhaupt erst ermöglicht wird. Dies kann durch standardisierte Datentransformate, durch standardisierte Schnittstellen oder Datenbeschreibungssprachen realisiert werden (Staub, 2009).

Vor allem im Bereich der GDI und den Modellen kann festgestellt werden, dass ein für die *organisatorische Interoperabilität* wichtiger Faktor der *Dynamik*, wie ihn auch Rajabifard et al. (2002) in „*The Cultural Aspects of Sharing and Dynamic Partnerships within an SDI Hierarchy*“ als externen Einflussfaktor beschreibt, in den der Normung der ISO (International Organization for Standardization, 2005) und auch im EIF 2.0 (European Commission, 2010), bisher nicht berücksichtigt wurde.

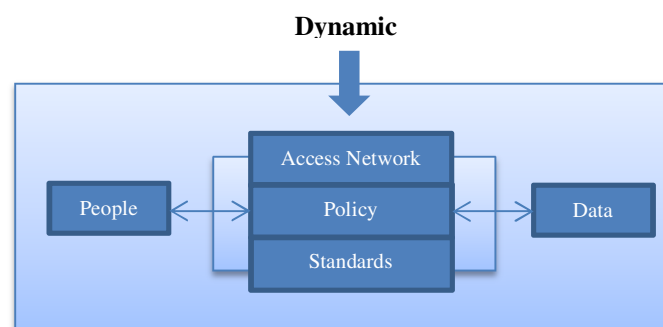


Abbildung 11: Die Dynamik und Beziehungen zwischen den GDI-Komponenten (Rajabifard, Feeney & Williamson, 2002, S. 3)

Auch aus der Darstellung der Beziehungen einer GDI von Rajabifard, Feeney & Williamson (2002) ist erkennbar, dass es einer organisatorischen Betrachtung der Interoperabilität bedarf. Unter Bezugnahme der erweiterten Anforderung zur Definition eines Interoperabilitätsmodells für Geodateninfrastrukturen, wurde das von Tolk & Muguira (2003) und Wang, Tolk & Wang (2009) beschriebene *Level of Conceptual Interoperability Modell (LCIM)* untersucht, welches ursprünglich als Rahmen für die konzeptuelle Modellierung entwickelt wurde. Das Modell von „Ebenen der konzeptuellen Interoperabilität“ wird dabei sowohl als beschreibendes als auch als ein normatives Modell verwendet. Damit kann die Interoperabilität nicht nur im ursprünglich angestrebten Kontext der Modellierungs- und Systemsimulation angewendet, sondern auch als allgemeines Framework für die „Interoperabilität von Systemen“ oder, genauer gesagt, von Computer-Systemen beschrieben werden. Durch diese konzeptuelle Beschreibung der Systeme, die auch Metadaten über die Daten, die Prozesse und Nutzungsbedingungen enthält, wird ein maschinenlesbares Verständnis des Systems, der Attribute und Relationen erzeugt. Zudem sind folgende Begriffe in diesem Zusammenhang differenziert, die als Ziele eines Modells der Systeme betrachtet werden kann (Wang, Tolk & Wang, 2009).

- *Integrierbarkeit*: beschreibt die physikalisch/technischen Verbindungen der Systeme, einschließlich der Hardware, Firmware, Protokolle, etc.
- *Interoperabilität*: befasst sich mit den Systembeziehungen und der Implementierung, einschließlich des Austauschs von Daten sowie einer gemeinsamen Interpretation der Daten, usw.
- *Kombinierbarkeit*: befasst sich mit der Überlagerung von Themen und der Angleichung auf der Modellierungsebene. Die zugrunde liegenden Konzepte und Modelle, als Abstraktion der Wirklichkeit, sind durch die beteiligten Systeme umzusetzen.

Die Systeme und Daten untereinander sind dabei oft in Abhängigkeit, indem Änderungen von Attributen bzw. deren Entitäten sich auf andere (benachbarte) Systeme auswirken. Beispielfhaft kann an dieser Stelle die Änderungen von IP-Adressen oder des Domainnamens genannt werden. Die Geodatenverarbeitung unterliegt ebenfalls Beziehungen, deren Dynamik und Pragmatik in der konzeptuellen (Geo-) Modellierung und Interoperabilitätsbetrachtung zwingend berücksichtigt werden muss. Deshalb erscheint es angemessen, nicht nur die Hauptbereiche sondern die sieben LCIM-Interoperabilitätsebenen, von "keine Interoperabilität" bis „konzeptionelle Interoperabilität" näher zu betrachten und auf die Anforderungen der raumbezogenen Informationsverarbeitung zu adaptieren. Die Herausforderung der Anwendung des Interoperabilitätsmodells nach Tolk & Muguira (2003) und Wang, Tolk & Wang (2009) besteht darin, die rein formalen Beschreibungen der Ebenen in einen Anforderungskatalog für raumbezogene Daten und Metadaten zu überführen. Die LCIM-Ebenen mussten dahingehend untersucht werden, welche Auswirkungen dieses Modell auf die Geomodellierung unter besonderer Berücksichtigung der Geodaten und Metadatenaspekte besitzt. Geodaten müssen, um eine Konformität zu dem Modell zu erlangen, die raumbezogenen Anforderungen der jeweiligen Ebene strukturell und konzeptuell erfüllen. In nachfolgender Tabelle sind die Interoperabilitätsebenen des LCIM nach Wang, Tolk & Wang (2009) sowie deren Ebenen bezogene Anforderungen an eine raumbezogene Implementierung nach Müller & Würriehausen (2013b) zusammenfassend dargelegt.

Tabelle 5: Interoperabilitätsmodell nach Wang, Tolk & Wang (2009), ergänzt um Anforderungen an raumbezogene Informationen und deren Implementierung (Müller & Würriehausen, 2013b)

Level	Type of Interoperability	Spatial Data Requirements
0	No interoperability	Unstructured analogue data
1	Technical Interoperability	Unstructured digital data
2	Syntactical Interoperability	Syntactic based digital data
3	Semantic Interoperability	Semantic model based
4	Pragmatic Interoperability	Implementing rules
5	Dynamic Interoperability	Monitoring and Reporting
6	Conceptual Interoperability	Generic Conceptual model

Betrachtet man zudem das LCIM-Framework, welches auf die Anforderungen im Sinne von INSPIRE angewendet wurde, kann man umgekehrt auch für die Ebenen wertvolle Schlussfolgerungen ziehen. Auf der Ebene 0 kann keine Systemverbindung zwischen Mitgliedsstaaten aufgebaut werden, da keine rechnerlesbaren Daten vorliegen. Auf Stufe 1 ist die technische und physische Konnektivität erreicht, bei der digitale, aber unstrukturierte Daten ausgetauscht werden. Auf Stufe zwei, der syntaktischen Ebene, können die Daten der

Mitgliedsverwaltungen in standardisierten Formaten, d.h. gleiche Dateiformate wie pdf, xls, shp, dxf, unterstützt und ausgetauscht werden.

Auf Ebene 3, der *semantischen Ebene*, können nicht nur Daten sondern auch der Kontext, d.h. semantische Informationen ausgetauscht werden. Die eindeutige Bedeutung von Daten ist von einem gemeinsamen semantischen Modell in Form von Datenspezifikationen definiert. Auf Ebene 4 und 5 - der pragmatischen / dynamischen Ebene - können Informationen und deren Verwendung und die Anwendbarkeit bei verschiedenen Mitgliedern erreicht werden. Die Anwendbarkeit der Informationen im Zusammenhang mit INSPIRE bedeutet verbindliche Durchführungsbestimmungen sowie ein regelmäßiges Monitoring und Reporting über die Zeit.

Die höchste Interoperabilitätsebene kann erreicht werden, wenn in allen Mitgliedsstaaten in Europa ein *Generisch Konzeptuelles Modell* (GCM) unterstützt wird. Dies kann als das übergeordnete Ziel der Interoperabilität in Europa angesehen werden. Mit der Stufe 6, die generische konzeptionelle Ebene, wird eine gemeinsame Sicht der Welt etabliert. Diese Ebene umfasst das implementierte Wissen und die Zusammenhänge zwischen den verschiedenen Elementen, Themen und Akteure. Unklar ist auch, auf welcher Ebene Regelungen vorhanden sein müssen, die innerhalb einer Organisation (Politisch) oder durch nationale oder internationale Rechtsnormen (Legislativ) ihre Wirkung entfalten.

2.3.3 Das Europäische Interoperabilitäts-Framework

Um diese Faktoren zu berücksichtigen soll insbesondere das sogenannte *European Interoperability Framework* (EIF 2.0) berücksichtigt werden (European Commission, 2010). Hier werden den Ebenen zusätzlich die politische Ebene übergeordnet sowie die legislativen Rahmenbedingungen als rechtliche Interoperabilität (engl. legal interoperability) näher beschrieben. Zudem wurden im EIF 2.0 (European Commission, 2010) detaillierte Anforderungen zur *organisatorischen Interoperabilität* verfasst, die folgende Aspekte nach Kubicek, Cimander & Scholl (2011) beinhaltet:

1. Integration der Geschäftsprozesse
2. Organisatorische Relationen, sowie ein
3. Change Management.

Hervorzuheben ist, dass die Geschäftsprozessunterstützung sowie ein Change Management innerhalb der organisatorischen Interoperabilität als Anforderung definiert ist. Unter Bezugnahme der Anforderungen der Geschäftsprozesse wurden von Kubicek, Cimander & Scholl (2011) die Auswirkungen prozessorientierten Handelns dahingehend gewertet, dass in einer IT-Governance und deren Implementierung, die Interoperabilität in den Modellen bisher keine Berücksichtigung findet. In diesem von Kubicek, Cimander & Scholl (2011) formulierten *Enhanced Interoperability Framework* werden die Ebene der *Technical interoperability*, *Syntactic interoperability*, *Semantic interoperability* und der *Business process interoperability* erweitert um die Komponente *IT-governance of interoperability* und der *Implementation of interoperability*. Zudem ist wichtig, dass es auch Regularien geben muss

“... how to establish a governance structure of interoperability is surprising in a document, which explicitly has been issued to provide guidance an coherence among NIFs of the Member States” (Kubicek, Cimander & Scholl, 2011, p. 59)

Dies ist - auch nach Meinung des Autors – entscheidend, weil hier erstmals in einem Modell ein Layer übergreifender Bezug, also eine Brücke zur Anwendung in einer Organisation geschaffen wurde. Das beschriebene *Erweiterte Interoperabilitätsframework* (Kubicek, Cimander & Scholl, 2011) ist nachfolgender Abbildung 12 zur Veranschaulichung der Zusammenhänge skizziert.

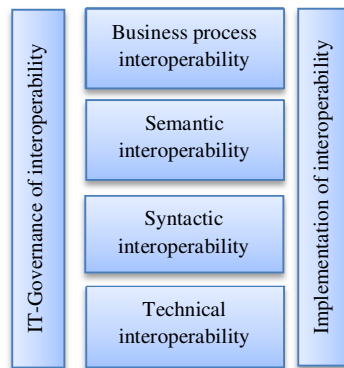


Abbildung 12: Erweitertes Interoperabilitätsframework (Kubicek, Cimander & Scholl, 2011)

Diese Diskussion in der Modellbetrachtung ist auch für das Verständnis der Implementierung der Interoperabilität auf kommunaler Ebene wichtig, wenn nicht sogar notwendig. Es kann damit aufgezeigt werden, dass die IT-Governance-Infrastruktur in der organisatorischen Interoperabilität mit berücksichtigt werden muss.

Gleichzeitig stellt sich die Frage welche Rolle Geo-Informationssysteme, beziehungsweise der *Raumbezug der Daten*, in diesem Zusammenhang spielen. Nachfolgend wird anhand des Referenzmodells Geoinformation der ISO19101 (International Organization for Standardization, 2005) zusammengestellt, welche Auswirkungen und welche Anforderungen der Raumbezug an ein Modell und die Interoperabilität der Daten stellt.

2.3.4 Referenzmodell Geoinformation nach ISO19101

Mit diesem Referenzmodell wird das Konzept der *Interoperabilität für Geoinformationen* (GI) beschrieben und die Grundsätze für die GI-Normung dargelegt. Die Beschreibung des Referenzmodells stützt sich auf ein Rahmenkonzept. Das Rahmenkonzept ist ein Mechanismus zur Strukturierung des Aufgabenbereichs der Normungstätigkeit in der Geoinformation in Übereinstimmung mit der Beschreibung der Interoperabilität. Es werden die verschiedenen Aspekte der Normung und die zwischen ihnen bestehenden Beziehungen bezeichnet. Es beschreibt die Rolle der Semantik und wie die neuen Technologien sowie das Semantische Web die Interoperabilität im Bereich der Geoinformation unterstützen können. Außerdem können weitere spezielle Referenzmodelle für bestimmte Aspekte der Normung der Geoinformation unterstützt werden, obwohl dieser in den Kontext der Informationstechnik und der Normen der Informationstechnik eingegliedert ist. Es ist nicht von einer Vorgehensmethode der Anwendungsentwicklung oder von einem Ansatz zur Implementierung der Technologie abhängig. Zudem wird darauf eingegangen wie die Begriffe der Interoperabilität in dem Modell formuliert sind um eine gemeinsames Verständnis der Umsetzung von Interoperabilität für GI zu haben. Die Norm ISO19101 beschreibt

“Interoperability is the ability of a system or system component to provide information sharing and inter-application co-operative process control. Standardization of geographic information can best be served by a set of standards that integrates a detailed description of geographic information concepts with the concepts of information technology.” (International Organization for Standardization, 2005, S. 13)

Der Fokus der Definition liegt wie zu vermuten auf der Standardisierung bzw. darauf, dass Interoperabilität nur mit Standards erreicht werden kann. Des Weiteren werden bei der Interoperabilität von Systemen verschiedene Aspekte aufgeführt, die unter anderem die Auffindbarkeit, das Verständnis, die Entwicklung, den Aufbau und Beteiligung am Markt ermöglicht. Der Datenaustausch ist in diesem Zusammenhang nicht speziell genannt, er kann allerdings in der Folge als Basis für eine Systeminteroperabilität betrachtet werden. Dieses Verständnis ist auch notwendig um die in der ISO19101 nachfolgend genannten Ebenen der Interoperabilität in Beziehung zu setzen. In der ISO19101:2005 sowie im aktuellen Norm Entwurf ISO19101-1:2012 werden folgende Aspekte zwischen Systemen beschrieben (International Organization for Standardization, 2005), (International Organization for Standardization, 2012).

- a) *Network Protocol interoperability*
- b) *File System interoperability*
- c) *Remote Procedure Calls*
- d) *Search and Access Databases*
- e) *Geographic Information Systems (GIS)*
- f) *Application Interoperability* (International Organization for Standardization, 2005, S. 14) /
Semantic Interoperability (International Organization for Standardization, 2012, S. 36)

Unter Punkt f) ist festzustellen, dass es hier eine Änderung der Beschreibung der Ebene in der Version ISO19101:2005 zur ISO19101:2012 gegeben hat. Während die Ausführungen zu dieser Ebene in der Version 2005 noch wie folgt lautet:

“Application interoperability refers to the ability for different GIS applications to use and represent data in the same manner. To do this, semantic interoperability is required.” (International Organization for Standardization, 2005, S. 14)

wird im Norm-Entwurf ISO19101-1:2012-06 die Semantische Interoperabilität hervorgehoben. Im Entwurfstext der Norm heißt es:

“Semantic interoperability is the highest level of interoperability in geographic information that deals with semantic heterogeneity issues. Typically, applications are defined with different views of the world,” (International Organization for Standardization, 2012, S. 37)

Festzustellen ist, dass die Semantische Interoperabilität als höchste Ebene der Interoperabilität für geografische Informationen beschrieben wird. Der Autor vertritt an dieser Stelle die Ansicht, dass diese Formulierung – auch aufgrund der bereits diskutierten Interoperabilitätsmodelle – unstimmig ist. Die Semantische Interoperabilität kann allerdings als höchste Stufe der Interoperabilität der ISO 191xx Normen und Standards angesehen werden, wenn in Anlehnung an Staub (2009) lediglich die technischen Komponenten der Interoperabilität betrachtet werden. Zweifelsfrei ist dies bei den ISO-Normen der Fall. Aussagen zu organisatorischen Komponenten oder der Implementierung sucht man vergebens. Zudem ist zu beschreiben wie *Wissen*, welches auf kommunaler Ebene über die Daten vorhanden ist, auf der semantischen Ebene modelliert werden kann.

3. Technologien des Wissensmanagements und der Semantik

3.1 Wissensmanagement, Begriffe und Hierarchien

Das *Wissensmanagement* ist vereinfacht dargestellt der Prozess der Identifikation, der Erstellung, sowie Vermittlung von Erfahrungen, Know-how und Erkenntnissen eines Einzelnen, einer Gruppe oder auch einer Organisation. Wissen wird üblicherweise von Daten und Informationen unterschieden (Zack, 1999). Daten werden aus Zeichen nach definierten Syntaxregeln gebildet, insbesondere Angaben zu Zeichenfolgen oder einzigartige Tatsachen, deren maschinelle Verarbeitung mit Zeichen (Bits- und Bytes) Grundlage jeglicher IT-Systeme darstellt. Diese maschinenlesbaren Daten sind allerdings bedeutungslos, wenn sie nicht in Zusammenhang mit beispielsweise dem Raum oder einem Ereignis gesetzt werden können. Daten werden zu Informationen, wenn ihnen eine Bedeutung (Semantik) zugeordnet wird (Bodendorf, 2005). Die Bedeutung der Daten und, ganz einfach, was es ist, stehen in Abhängigkeit zu einem tatsächlichen Inhalt und weniger auf Ergebnisse bzw. deren Interpretation. Die Information ist daher der Kontext der Daten, er ist relativ statisch und linear in seiner Natur (Bellinger, 2004). Wissen ist das Ergebnis der Interpretation, welches nach verbreiteter Auffassung (Bateson, 1979) durch Verknüpfung bzw. der Vernetzung von Informationen erreicht wird. Diese Strukturen repräsentieren Wissen in einer Hierarchie über Informationen und damit über Daten und Zeichen.

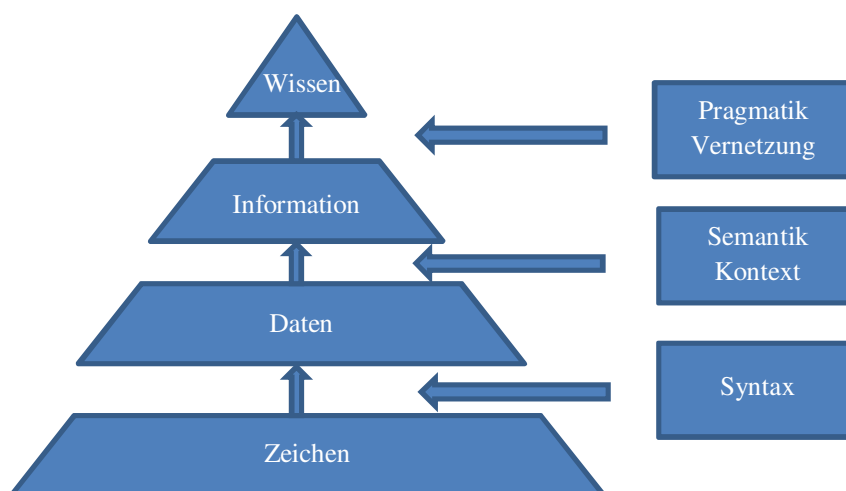


Abbildung 13: Begriffsbeziehungen Zeichen, Daten, Informationen, Wissen nach Bodendorf (2005)

Die vorstehende Abbildung 13 zeigt die Begriffsbeziehungen von Zeichen, Daten, Informationen und Wissen nach Bodendorf (2005). Hierbei entsteht ein hierarchisches Gefüge, das auf Zeichen aufbaut, und erst durch Vollständigkeit und Konsistenz der Beziehungen den eigenen Kontext und deren Vernetzung zu verkörpern hat. Dies erfordert Kenntnisse darüber, in welchem Zusammenhang die Informationen zueinander stehen und wie sich diese sinnvoll vernetzen lassen. Es lässt sich daraus erkennen, dass man einerseits Informationen über einen bestimmten Zustand der „Realen Welt“ benötigt, andererseits aber auch Wissen über die Zusammenhänge und deren Beziehungen. Diese Zusammenhänge und wie sich Informationen vernetzen lassen, sind meist zweckgerichtet (pragmatisch), d.h. wie sich ein bestimmter Zustand der Welt ergibt oder auch ändert (Bodendorf, 2005). Ein Begriff, der in diesem Zusammenhang verwendet wird, ist *Wissensmanagement*. Dieses auch als *Knowledge Management* bezeichnete Forschungsgebiet, umfasst die Erfassung, Verarbeitung und

Wiederverwendung von Wissen durch Integration der Zusammenhänge verschiedener Ebenen. Somit kann Wissen über Informationen und damit über Daten erzeugt und verwaltet werden.

Der Ausdruck des *Wissensmanagement* hat vor allem mit dem Aufstieg des World Wide Web (WWW) eine grundlegende Bedeutung erlangt. Es wird allgemein erkannt, dass diese riesigen Informationen nicht nur durch menschliche Anstrengung verwaltet und interpretiert werden können. In irgendeiner Form sollte es möglich sein, Informationen über das Web für die Menschen auf einfachem Weg zugänglich zu machen. Sollen Rechnersysteme die Menschen bei der Suche von Informationen unterstützen, muss die Informationen zuerst auch von den Rechnersystemen selbst verstanden werden. Dadurch soll im Allgemeinen das Internet mit Wissen aus der Information formalisiert und so besser zugänglich werden. In dem Beitrag von Berners-Lee, Hendler & Lassila (2001) wird diese Generation des Web auch als „*Semantic Web*“ bezeichnet. In diesem Web sind Informationen mit gut definierter Bedeutung gegeben, sodass Computer und Menschen besser und in Interaktion arbeiten sollen. Dadurch sollen intelligente Dienstleistungen wie Informationsbroker, Suchagenten und Informationsfilter, mehr Funktionalität und Interoperabilität bieten (Decker, et al., 2000).

Die Verbindung von Wissen mit den Ansätzen des Semantic Web hat den Forschungsbereich des Informationsmanagements hin zu einem Wissensmanagement erweitert. Wenn dafür eine Methodik wie Ontologie auch verschiedene Anwendungsszenarien des Informationsmanagements abbildet, könnte Semantic Web-Technologie eine Plattform für die Entwicklung von Wissensmanagementsystemen (Stojanovic, Stojanovic & Handschuh, 2002) bieten.

3.2 Konzepte und Technologien des Semantic Web

Der Begriff Semantisches Netz bzw. *Semantic Web* wurde durch Berners-Lee, Hendler & Lassila (2001) in ihrer Arbeit zu *“The Semantic Web. A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities“* geprägt. Während das World Wide Web eine Möglichkeit bietet Daten zu vernetzen, zeigt Berners-Lee einen Weg auf, um Informationen auf der Ebene ihrer Bedeutung miteinander zu verknüpfen. Das Semantische Web:

„... will bring structure to the meaningful content of Web pages, creating an environment where software agents roaming from page to page can readily carry out sophisticated tasks for users.“ (Berners-Lee, Hendler & Lassila, 2001)

Damit soll das Semantische Netz gleichzeitig die Software als auch die Nutzer von Webseiten unterstützen. Damit kann auch eine weitere Zielstellung hergeleitet werden, nämlich der Entwicklung des Semantic Web

„... is not a separate Web but an extension of the current one, in which information is given well-defined meaning, better enabling computers and people to work in cooperation. The first steps in weaving the Semantic Web into the structure of the existing Web are already under way. In the near future, these developments will usher in significant new functionality as machines become much better able to process and "understand" the data that they merely display at present.“ (Berners-Lee, Hendler & Lassila, 2001)

Durch neue Funktionen und Struktur der Inhalte soll das Ziel, ein besseres Verständnis der Daten im Netz zu gewinnen, unterstützt werden. Das semantische Web steht damit ebenfalls für die Idee, die Information von vornherein in einer Art und Weise zur Verfügung zu stellen, die deren Verarbeitung durch Maschinen ermöglicht (Hitzler, Krötzscher, Rudolph & Sure, 2008). Allerdings wird hier offen gelassen, mit welchen Funktionen und in welchen Modellen ein Semantic Web dargestellt werden muss. Dies geschieht mittels sog. Beschreibungslogiken (engl. description logics), durch die Wissen repräsentiert werden kann. Beschreibungslogiksprachen sind wissensrepräsentierende Sprachen, die zur strukturierten und formal gut nachvollziehbaren Repräsentation des Wissens einer Anwendungsdomäne eingesetzt werden können. Durch die formale, logikbasierte Semantik, beeinflussten Beschreibungslogiken wesentlich die Standardisierung von Semantic-Web Sprachen. Eine neue Dimension der Beschreibungslogiken ist die Fähigkeit, logische Schlussfolgerungen (engl. reasoning) zu ziehen und neues Wissen zu generieren (Baader, Calvanese, McGuinness, Nardi & Patel-Schneider, 2003).

3.3 Ontologien als Wissensrepräsentation (Knowledge Representation)

Die *Ontologie* wird in der Informatik dazu genutzt, *Wissen* in digitalisierter und formaler Form zwischen Anwendungsprogrammen und Diensten auszutauschen. Wissen umfasst dabei sowohl Allgemeinwissen als auch Wissen über spezielle Themengebiete oder Vorgänge. Hierbei werden die Konzepte, Technologien und Anwendungen der Ontologie beschrieben, die als „formale Beschreibung menschlichen Wissens“ angewendet werden. Dabei wird das Wissen nicht nur durch ein mehr an Informationen und deren Kombination erzeugt, sondern es ist die Basis der Modellierung (Stuckenschmidt, 2011). In der Literatur von Gruber (1993) wird der Begriff der Ontologie bestimmt:

"An ontology is an explicit, formal specification of a shared conceptualization. The term is borrowed from philosophy, where an Ontology is a systematic account of Existence. For knowledge-based systems, what 'exists' is exactly that which can be represented." (Gruber, 1993, S. 1)

Gruber sieht hier die Ontologie als explizite, formale Spezifikation einer gemeinsamen Konzeptualisierung, die für die Anwendung in wissensbasierten Systemen benötigt wird. Mit Ontologie werden Objekte definiert, die als Klassen, Relationen, Funktionen oder auch Entitäten mittels Vokabular beschrieben werden können. Mittels sog. Graphen ist eine Darstellung der Beziehungen, auch der realen Weltobjekte, möglich. Die Relationen werden durch sog. Objektknoten (engl. nodes) und Kanten (engl. arcs) wiedergegeben. Knoten stellen die einzelnen Objekte dar und Kanten die Beziehungen zwischen diesen Objekten. Jedes semantische Netz kann somit durch eine erklärende grafische Darstellung repräsentiert werden, die entweder zur Wissensrepräsentation oder zur Unterstützung automatisierter Systeme für wissensbasierte logische Schlüsse innerhalb eines semantischen Netzes dient (Sowa, 2013). Grundlage der Diskussion wird auch sein, welcher Nutzen dies für praktische Anwendungen der Wissensmodellierung realer Weltobjekte haben kann.

Die Integration der räumlichen Aspekte in eine Ontologieform sowie die Informationsobjekte selbst sind die Herausforderungen in der Geoontologie. Hier sollen explizit auch räumliche Regeln verwendet werden, um die Wissensebene mit Daten des Raumbezuges zu füllen. Der Ansatz wird von Bartelme (2005) auch in Zusammenhang mit einem wissensgestützten Geo-Informationssystem (engl. knowledge-based geographic

information system) angewendet, wenn ein Teilbereich des Wissens über die Geoinformation formalisiert und damit computertauglich gemacht wird. Es wird allerdings festgestellt, dass solche Expertensysteme auch nur dort sinnvoll eingesetzt werden können,

„...wo man das Wissen in einer Menge von Regeln abbilden kann, die dann sequentiell durchlaufen und getestet werden.“ (Bartelme, 2005, S. 260)

Dies ist insoweit interessant, da die Regeln in einer eindimensionalen Form erstellt und sequentiell abgearbeitet werden können.

Im Folgenden soll geklärt werden, wie eine Basis zu beiden Technologien methodisch definiert ist und Beziehungen der Daten, der Informationen und des Wissens darstellt. Die Ansätze der Nutzung heterogener Informationen aus unterschiedlichen Quellen, sowohl die Integration konkreter Daten als auch der Strukturen im Web sind zu untersuchen. Dafür ist es formal notwendig, die jeweiligen Quellen zu identifizieren und im Web auffindbar zu machen.

3.4 Identifikation von Wissensressourcen im Web

Jede *Wissensressource* ist im World Wide Web mit einem sog. *Uniform Resource Identifier* (URI) beschrieben und identifiziert damit jedes beliebige Objekt, seien es abstrakte oder physische Informationen einer Webseite im Internet. Durch URIs können damit nicht nur Webinhalte aufgefunden werden, sie identifiziert auch die web-basierten Ressourcen selbst mittels einer eindeutigen Bezeichnung. Der allgemeine Aufbau von URIs kann wie folgt kurz zusammengefasst werden:

<Schema> : <im Schema festgelegter Aufbau>

Jedes Schema wird in der URI referenziert und durch einen Doppelpunkt von der im Schema festgelegten Struktur getrennt. Oft gebrauchte URI-Schema sind das Hypertext Transfer Protocol (kurz HTTP), das File Transfer Protocol (kurz FTP), das File-Schema für Dateien (kurz FILE) oder auch zur Versendung von E-Mail Adressen (kurz MAILTO). Weiterhin sind noch die Zeichen Slash („/“), Fragezeichen („?“) und Raute („#“) als Begrenzungszeichen definiert, um signifikante Teile von URIs voneinander zu trennen. Dies ermöglicht es Parsern, URIs zu interpretieren (Hitzler, Kröttscher, Rudolph & Sure, 2008). Der spezielle Aufbau von URIs ist abhängig vom verwendeten URI-Schema. Viele Schemata besitzen einen hierarchischen Aufbau, wie beispielsweise das File Transfer Protocol (FTP), in denen unter anderem der Benutzername, ein Passwort, der Server und der Port in dieser Reihenfolge angegeben werden kann. Der Pfad ist oftmals in hierarchischer Form zusammengesetzt, der mit einer Anfrage und ggf. einem Fragment identifiziert werden kann. Syntaktisch lässt sich eine Abfrage auf Wissensressourcen wie folgt verallgemeinert darstellen:

<Schema>: <[/>[Benutzer[:Passwort]@Server[:Port]/Pfad][?Anfrage][#Fragment]

Wobei die Kombination aus URI und Fragment mit Raute („#“) im Rahmen des semantischen Web auch als URI-Referenz bezeichnet werden. Des Weiteren lassen sich URIs in zwei Untermengen unterteilen, in den sogenannten *Uniform Resource Locator* (URL) und dem *Uniform Resource Name* (URN) zur eindeutigen Identifizierung von Objekten, die keinen Locator im Internet haben. Ein Beispiel wäre urn:isbn:978-3-540-

33991-9, die die Literatur von Hitzler, Krötzscher, Rudolph & Sure (2008) durch eine ISB-Nummer repräsentiert. Dabei verweist der URN eindeutig auf ein Buch, ohne jedoch den Locator anzugeben, wo es im Internet zu finden ist. Diese direkte und indirekte Identifizierung wird im Rahmen des Wissensmanagements und der Modellierung eine besondere Bedeutung zuteil. Beispielhaft kann auch die Identifizierung durch die Verwendung von sogenannten *namespace* genannt werden. Dieser Namensraum kann ein Domain Namensraum sein wie es das Domain Name System (DNS) als einer der wichtigsten Dienste in vielen IP-basierten Netzwerken ist. Dieser wird dazu verwendet Anfragen zur Namensauflösung von Domains für IP-Serveradressen bereitzustellen. In der Programmierung werden diese Namensräume auch verwendet, um das Vokabular beispielsweise innerhalb eines Dokumentes eindeutig zu identifizieren. Auch dieser *namespace* kann mittels eines URIs dargestellt werden.

Des Weiteren ist bei der *Ressourcenidentifikation* nicht nur die URI-Referenz sondern auch die Suche nach Informationen zu berücksichtigen. Hierbei werden auch Ansätze der Geoinformatik in die Diskussion der Identifizierung eingebracht, da vermehrt WebServices oder auch GetCapabilities-URLs, sowie Suchdienste über Metadaten in Geodateninfrastrukturen angewendet werden. Aber werden diese Informationen im Internet auch ‚auf‘-gefunden, wenn Geoinformatik angewendet wird?

Um diese Problematik der *Suche* nach Informationen zu verdeutlichen, stellen wir einen Bebauungsplan einer Kommune im Internet bereit. Der Sachbearbeiter scannt den Plan ein, erzeugt ein PDF und verlinkt dieses auf der Homepage der Gemeinde. Über eine Suche beim Anbieter Google⁶ nach „Bebauungsplan Gemeinde XY“ werden alle Pläne als PDF bzw. der Link der Homepage gefunden. WebMapServices (WMS), die in einem Geoportal für die Gemeinde ebenfalls vorhanden sind, werden als Suchergebnis ohne Kenntnis der Begriffe oder des Portals selbst nicht aufgefunden. Auch die Suche innerhalb des Geoportals führt oft zu unzureichenden Suchergebnissen, da Suchparameter oder Suchfilter über die Bounding Box der Metadaten nur in dem externen Metadateninformationssystem auffindbar sind. In den Ausführungen von Heuel (2013) wird dies an einem Beispiel von Antennenstandorten in einem Schweizer Geoportal erläutert. Das Problem ist hierbei, dass Google und andere Suchmaschinen die Objekte in einer interaktiven Webkarte nicht indizieren und so die Daten erst nach einigen Klicks und weiteren Suchbegriffen gefunden werden. Daher sollte die Auffindbarkeit von Geoinformationen grundsätzlich im Web verbessert werden.

Dieser Ansatz wird mit der sog. *Semantischen Suche* (engl. semantic search) verfolgt. Durch die Verwendung dieses Hintergrundwissens wird bei einer semantischen Suchmaschine die inhaltliche Bedeutung von Texten und Suchanfragen in Form von Annotationen berücksichtigt. Die Annotation geschieht unter Einsatz von festgelegten Vokabularen und Ontologien, beispielsweise mittels RDF oder OWL. So können Inhalte, die sonst nur von Menschen verstanden werden, auch für Maschinen interpretierbar gemacht werden. Eine analoge Vorgehensweise gilt für die Vision des Semantic Grid, wo Grid Services semantisch annotiert werden, z. B. mit der sog. Web Ontology Language for Services (OWL-S). Hierbei ist nicht entscheidend, mit welcher Sprache die Services oder der Datensatz übersetzt ist, sondern dass die Annotation für die Ressource selbst (vgl. RDF) oder deren Beziehungen (engl. relations) in einer Sprache abgebildet werden. Dieser Vorteil ist zugleich eine Einschränkung, da nur Sequenzen und nicht komplexe Informationsinfrastrukturen und deren Beziehungen

⁶ Als Beispiel einer Suchmaschine im Internet, <http://www.google.de>

betrachtet werden können. Diese Möglichkeit, ein Modell für die Darstellung eines komplexen Wissens zu modellieren, wird erst durch das sogenannte *semantische Netz* (engl. semantic web) gegeben.

3.5 Semantic Web: Software-Architektur und Technologiestandards

Das *Semantische Web* bietet Lösungsansätze, die sich aus der Fülle von Informationen aus dem Web ergeben. Semantic Web kann nach Hitzler, Krötzscher, Rudolph & Sure (2008) für das Auffinden relevanter Informationen, die Integration verschiedener Informationen aus verschiedenen Quellen und das Problem des implizierten Wissens genutzt werden. Dabei werden Standards zur Repräsentation von Informationen eingefügt, die den Austausch ermöglichen sollen. Durch die Methoden zum automatischen Schlussfolgern, wie diese mit *reasoning* beschrieben werden, kann impliziertes Wissen erschlossen werden. Welches Architekturkonzept hierfür im Rahmen des Semantic Web eingesetzt werden kann, soll nachfolgend betrachtet werden.

Die Abbildung 14 zeigt Berners-Lee's Darstellung der Semantic Web software architecture, die Zusammenhänge sowie den Einsatz von Technologien (Berners-Lee T., 2009a).

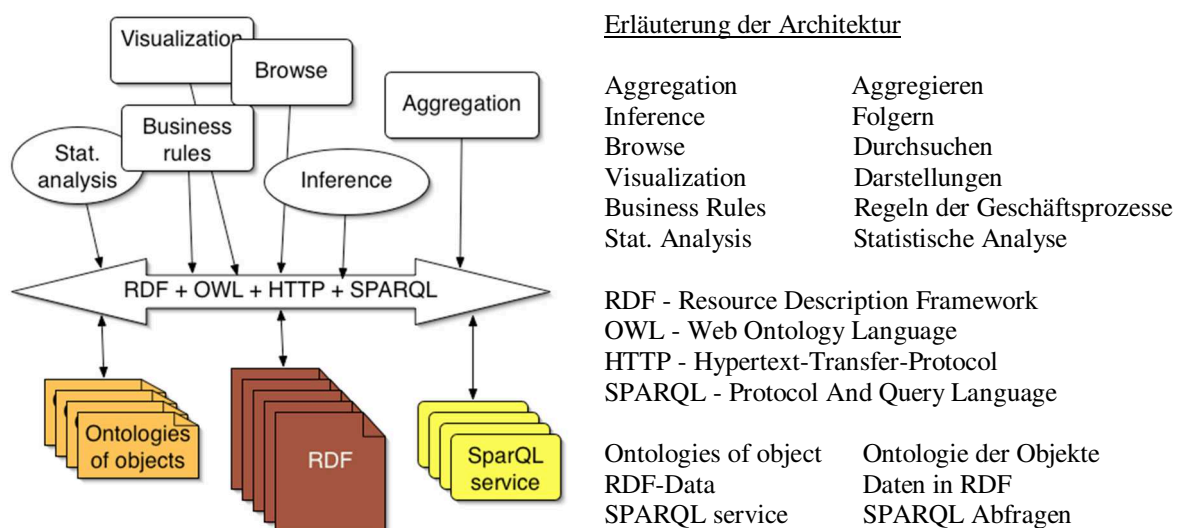


Abbildung 14: Darstellung der Semantic Web software architecture nach Berners-Lee T. (2009a)

Diese in Abbildung 14 gezeigte vereinfachte Darstellung stellt die Komponenten der Architektur, die auf das Semantic Web aufbaut, dar. Interpretiert man dies als Ebenen der Semantic Web Architektur, können damit die Anforderungen abgeleitet werden, für die:

- (1) *Semantic Web Anwendungen*: Literalbasiert (z.B. bei Aggregation) oder funktionsbasiert (für Ableitung)
- (2) *Semantic Web Bus*: basierend unter anderem auf RDF Resource Description Framework, OWL Web Ontology Language, HTTP Hypertext-Transfer-Protocol und SPARQL Protocol And Query Language
- (3) *Semantic Web Data*: Query und Update von RDF Daten, Ontologien der Objekte und SPARQL Services wobei letzteres auch als SPARQL-Endpoint definiert werden kann

Die Differenzierung in Semantic Web Application, Semantic Web Bus und den Semantic Web Data lässt sich mit dem Servicegedanken verbinden, der unter Anwendung bestimmter Regeln und Technologien für die Weiterentwicklung des Web als Semantic Web steht. Das semantische Web basiert auf verschiedenen

Technologien, die auf festgelegten Standards des World Wide Web Consortiums (kurz W3C) beruhen. Dazu zählen Standards des Internet wie z.B. HTTP für den Seitenabruf bzw. RDF und OWL, die bereits erwähnt wurden. Doch entscheidend ist nicht, dass Daten der Geoinformatik neu modelliert werden müssen, sondern dass mit der Einführung der Wissensverarbeitung, die Technologien des W3C für alle Internetanwendungen auch unterstützt werden. Vor allem in der Geodateninfrastruktur wo viele standortbezogenen Informationen im Internet verfügbar sind, sollten mehr denn je für Geodatenanwendungen auch die Potentiale der Wissenstechnologien wie SPARQL, RDF sowie OWL berücksichtigt werden. Auf diesem Standard aufbauende Ontologien ermöglichen die Formalisierung von Relationen bzw. den Ressourcen die als Basis der Wissenstechnologie im Rahmen des Semantic Web erforderlich sind.

3.5.1 Technologiestandards

Diese Sprachen bzw. Technologien sind auch Bestandteil des sog. *Semantic Web Stack* (Berners-Lee T., 2009a), ein hierarchisches Gefüge, vergleichbar auch mit den Begriffsbeziehungen aus Abbildung 13 nach Bodendorf (2005). Unicode-Zeichen der Identifizierung mit dem Uniform Resource Identifier sowie die syntaktische Ebene XML (eXtensible Markup Language) beschreiben Technologien, die schon vor der ersten Erwähnung des Semantic Web existierten. Die Schichten *Trust* und *Crypto* stehen für die Sammlung von Technologien, die zur Lösung von Sicherheitsproblemen eingesetzt werden können. Die sog. *Unifying Logic* ist eine neue Form der Beschreibungslogik, in der Wissen ausgedrückt in einer Sprache mit Regeln verknüpft und somit Beweise dargestellt werden können. Das Ziehen von begründeten und vernünftigen Schlüssen ist in der Ebene Proof anzusiedeln. Durch logische Schlussfolgerungen kann in Anwendungen auch ein Vertrauensnachweis durch Wissen verschiedener Datenquellen erbracht werden. Dies wird in der obersten Schicht des semantischen Schichtenmodells *User Interface & Applications*, dem Zugangspunkt des Benutzers, dargestellt. Hier werden all diejenigen Technologien und Sprachen angesiedelt, die zur Erstellung von Benutzer-Oberflächen oder kompletten Web-Applikationen zur Anwendung einer Semantic Web Software Architektur (vgl. Abbildung 14) benötigt werden (Ridder & Korenberg, 2009).

Die *Kernelemente* des Semantic Web bilden allerdings diejenigen Formate, die zur Speicherung und Verarbeitung von Wissensbasen eingesetzt werden können. Diese sind in der aktuellen Darstellung nach Berners-Lee T. (2009a) auch konkret benannt. Der Datenaustausch mit RDF, Schema mit RDF-S, Regeln mit RIF, Abfragen mit SPARQL sowie die konkreten Ontologiezusammenhänge, die in OWL zu modellieren sind (siehe Abbildung 15).

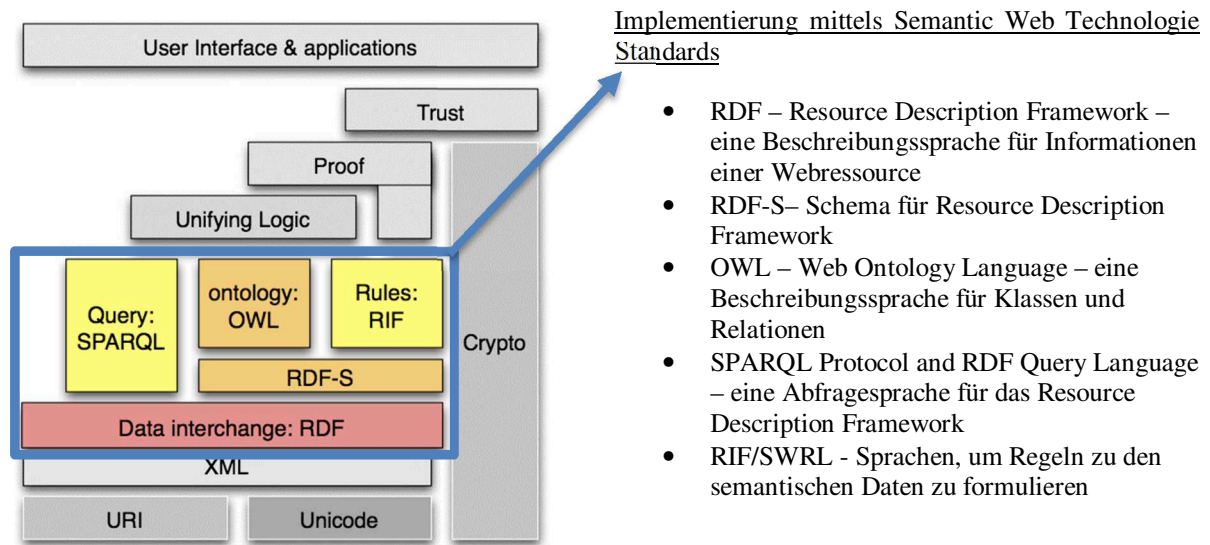


Abbildung 15: Kernelemente des Semantic Web Stack nach Berners-Lee T. (2009b)

Unter Anwendung dieser Technologien soll aufgezeigt werden, mit welchen Mitteln semantische Informationen einfach und wirksam für die *semantische Interoperabilität* implementiert werden können. Voraussetzung dafür ist das durch eine Anwendung die im Semantic Web Stack aufgeführten Technologiestandards des World Wide Web-Konsortiums in allen angewandten Fachbereichen die Web-Technologie für Datenaustausch einsetzt, auch berücksichtigt werden. Dies ist im Bereich der Geoinformatik mit dem OGC Standard GeoSPARQL (OGC, 2012a) für raumbezogene Funktionen und Geometrien bereits umgesetzt. Diskutiert soll aber werden, wie sich weitere Technologien des Semantic Web zur Lösung der semantischen Interoperabilität implementieren lassen.

Im Folgenden werden verschiedene Sprachen, die für den Aufbau der Wissensrepräsentation im Semantischen Web einsetzbar sind, erläutert.

3.5.2 Resource Description Framework (RDF)

Das *Resource Description Framework* (kurz RDF) stellt eine der Kernkomponenten der Wissenstechnologie im Semantic Web dar. Durch RDF sollen Anwendungen in die Lage versetzt werden, Daten im Netz auszutauschen, ohne dass die ursprüngliche Bedeutung verloren geht. Um dies zu realisieren müssen die Ressourcen formalisiert bzw. deren Beschreibung im Internet standardisiert werden. Dabei geht es nicht wie bei XML oder HTML um die Darstellung von Inhaltsseiten, sondern vielmehr um die Web-Ressourcen selbst. Während in den Anfängen der Entwicklung in den 1990er Jahren, das RDF zur Verwaltung von Metadaten über Web-Ressourcen konzipiert wurde, können diese auch für allgemeine Darstellung von semantischen Informationen als auch für die Web-Dokumente selbst, angewendet werden (Hitzler, Kröttscher, Rudolph & Sure, 2008).

RDF definiert eine einheitliche formale Syntax, welche eine automatische Informations- und Datenverarbeitung ermöglicht. Der Grundgedanke ist dabei, dass sich jede Aussage mit Hilfe der URIs identifizieren lässt (vgl. Abschnitt 3.4 Identifikation von Wissensressourcen). Die grundlegenden Konzepte von RDF werden in Ressourcen, Eigenschaften, Objekte und Aussagen klassifiziert. Dabei beschränkt sich RDF auf die Möglichkeit die einfachsten Sätze, bestehend aus Subjekt, Prädikat und Objekt, miteinander in Beziehung zu setzen (Antoniou & van Harmelen, 2008):

- Das *Subjekt* (*s*) ist die Ressource über die eine Aussage gemacht werden soll. Sie repräsentieren die im Interesse liegenden Objekte. Das heißt, Ressourcen können sich auf jegliche denkbaren oder real existierenden Objekte (z.B. in einer Webseite) beziehen. Jede Ressource wird durch eine URI (Uniform Resource Identifier) eindeutig identifiziert und benannt.
- Das *Prädikat* (*p*) beschreibt die Beziehungen zwischen den Ressourcen und stellen somit eine spezielle Art von Ressourcen dar, die ebenfalls eindeutig durch einen URI identifiziert werden. Das Prädikat wird auch als Eigenschaft des Subjektes bezeichnet.
- Das *Objekt* (*o*) bezeichnet den Wert des Prädikats. Das Objekt kann ein Literal (z. B. Zahl, String) oder der URI einer anderen Ressource sein.

Die *Aussagen* (*statements*) beschreiben die Ressourcen in Form von Tripeln (triples). Ein Tripel setzt sich immer aus dem *Subjekt* (*s*), *Prädikat* (*p*) und *Objekt* (*o*) zusammen und weist somit die Struktur eines einfachen Satzes auf. Jedes mögliche Wissen lässt sich damit in kleine Stücke zerlegen und miteinander verknüpfen, sodass eine gerichtete Graphenstruktur beliebiger Komplexität entsteht (Klyne & Carroll, 2004). Bei der Erzeugung von Ontologien ist RDF nur eine einfache Art der Beschreibung von semantischen Inhalten und Beziehungen der Objekte. Die Informationen werden in RDF als gerichtete Graphen abgelegt, in Form einer Menge von Knoten (engl. *nodes*), die durch gerichtete Kanten (engl. *arcs*) verbunden werden. Dabei werden in RDF die Knoten und die Kanten eindeutig durch sogenannte Uniform Resource Identifiers (URIs) identifiziert und benannt. Ausnahmen bilden die sog. leeren Knoten (engl. *blank nodes*) und die sog. Literale, die durch die Werte selbst identifiziert sind (Heath & Bizer, 2011).



Abbildung 16: Beispiel eines RDF-Triples, Lucy Hillebrand Geburtsdatum

An dem Beispiel der Lucy-Hillebrand-Straße in Mainz bzw. einer DBPedia-Quelle von Lucy Hillebrand⁷ als Person, kann die Aussage in der Form des Subjekt, Prädikat und Objekt dargestellt werden. Das Subjekt ist die URI der Ressource bzw. der Mainzer Architektin Lucy Hillebrand, welches in RDF beschrieben werden soll. In dem Fall ist das Subjekt „Lucy Hillebrand“ und das Objekt ein Wert (hier ein Datum). Ohne die Kenntnis der Beziehungen wäre die Bedeutung des Datums nicht auflösbar. Das Prädikat ist in diesem Beispiel definiert als `.../property/geburtsdatum` zwischen dem Subjekt und dem Objekt, die in RDF durch eine URI-Referenz identifiziert wird. Die Beziehung (property) ist das Geburtsdatum, welche mit Subjekt und Objekt einen einfachen RDF-Graphen nachbildet.

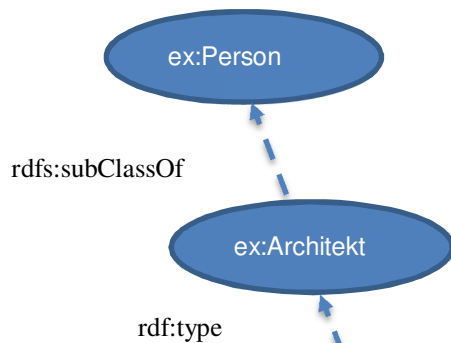
Komplexe Anwendungen großer Mengen von RDF-Graphen (sog. RDF-Stores oder Triple-Stores) oder Standards wie der RSS-Feed 1.0 (RDF Side Summary 1.0) oder die SPARQL Protocol And RDF Query Language bauen inzwischen darauf auf (Heath & Bizer, 2011). RDF ist eine Empfehlung des (W3C, 2004a).

⁷ In DBPedia, http://de.dbpedia.org/page/Lucy_Hillebrand

3.5.3 Resource Description Framework Schema (RDF-S)

Das Resource Description Framework Schema (RDF-S) erweitert RDF um die Möglichkeiten der Kategorisierung. Um dem Ziel der Erzeugung von Ontologien gerecht zu werden, ist in RDF nur eine einfache Art der Beschreibung von semantischen Inhalten über RDF-Tripel möglich (Klyne & Carroll, 2004). Der Klassenbegriff eines Konzepts ist nicht realisierbar, sodass die Erweiterung in dem RDF-Schema (RDFS) erfolgt. Es ist durch das Schema möglich, Klassen (engl. classes) und Subklassen (engl. subclasses) sowie Literale, Datentypen und Instanzen einer Eigenschaft festzulegen. Damit lässt sich einfaches Faktenwissen aus den RDF-Triples abstrahiert darstellen und erweitert somit das Wissen über diese Aussage des Tripels selbst. Weiteres Wissen über das Subjekt des Tripels können dargestellt und sehr komplexere Beschreibung von semantischen Zusammenhängen mit RDF-S-Definitionen und Hierarchien umgesetzt werden. Nachfolgendes Beispiel zeigt ein auf dem RDF-Tripel der Abbildung 17 aufbauende Schemadefinition mit `ex:Person` und einer Subklasse die `ex:Architekt`, die auf RDFS Schemaklassen definiert.

RDFS



RDF

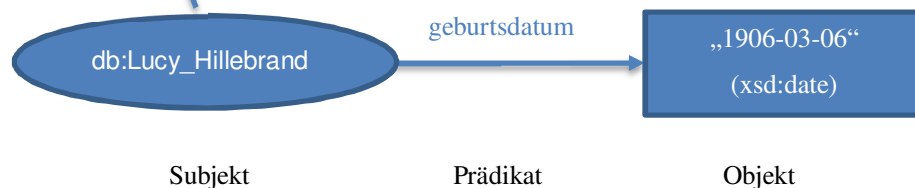


Abbildung 17: Abgrenzung RDFS von RDF-Triples, Lucy Hillebrand als Person

Das Resource Description Framework Schema (RDFS) ist wie das RDF eine Empfehlung des (W3C, 2004b).

3.5.4 Web Ontology Language (OWL)

Die Web Ontology Language (kurz OWL) ist eine Spezifikation des World Wide Web Consortiums (W3C, 2012), um die Ontologien zu Klassen und Relationen mittels einer formalen Beschreibungssprache erstellen, publizieren und verteilen zu können. Im Unterschied zu den RDF mit dem (S)ubjekt – (P)rädikat – (O)bjekt Tripel, besitzt OWL mehr Möglichkeiten Logik der Klassen und Beziehungen untereinander zu definieren. Basierend auf RDF-Ressourcen und aufgebauten Klassenhierarchien, können in OWL beispielsweise äquivalente Klassen mit `owl:equivalentClass`, äquivalente Eigenschaften mit `owl:sameAs`, äquivalente Beziehungen mit `owl:equivalentProperty` oder inverse Beziehungen mit `owl:inverseOf` spezifiziert werden.

Die Eigenschaften (engl. individuals) werden definiert durch eine Namensgebung (engl. label) und eine Spezifizierung. Diese können als Instanzen bzw. als Element mit owl:class, einer Subklasse von rdf:class, erstellt werden. Es gibt zwei vordefinierte Klassen, owl:Thing, die Oberklasse aller Klassen und owl:Nothing eine leere Klasse, die Unterklasse aller Klassen. Dies ermöglicht die Anwendung und Zuordnung der einzelnen Elemente der OWL Ontologie-Sprache (Stuckenschmidt, 2011) als

- Klassen, welche die Konzepte formalisiert,
- Eigenschaft der Klassen, die auch als Individuen bezeichnet werden,
- sowie Relationen, die auch als Property bezeichnet werden.

Im Prinzip bedeutet dies, dass mit der Klassifizierung von Objekten auch deren Bedeutung zueinander formalisiert werden kann. Dabei wird mit der Ontologie in OWL (W3C, 2012) ein standardisiertes Vokabular bereitgestellt, welches systemübergreifend verstanden und genutzt werden kann. Somit wird eine Kommunikation ohne Mehrdeutigkeiten gewährleistet, die für ein Maschinenverständnis entscheidend ist. Durch die Festlegung zusätzlicher Eigenschaften oder Kardinalitäten kann je nach Komplexität eine feinere Beschreibung von den Objekten und Klassen erreicht werden. Damit kann mit OWL beispielsweise für die Klasse Person eine Kardinalität festgelegt werden, dass eine Person ein Elternteil hat, das „Weiblich“ ist. Formalisiert in owl:qualifiedCardinality bildet dies in OWL2 (W3C, 2012) folgenden Ausdruck:

```
<owl:Class rdf:about="Person">
  <rdfs:subClassOf>
    <owl:Restriction>
      <owl:onProperty rdf:resource="hatEltern"/>
      <owl:qualifiedCardinality rdf:datatype="xsd:nonNegativeInteger">
        1
      </owl:qualifiedCardinality>
      <owl:onClass rdf:resource="Weiblich">
    </owl:Restriction>
  </rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
<owl:Class rdf:about="Person">
```

Dadurch können die in RDF definierten Sprachterme vielfältig in Beziehungen gesetzt und die definierten sog. *Inferenzen* (Berners-Lee T., 2009a) aufgebaut werden. Damit kann mit der Ontologie-Logik der passende Sprachraum für das sukzessive Erschließen und Aggregieren von Informationen, sowie der Wissensmodellierung im Semantic Web bereitgestellt werden (Stuckenschmidt, 2011), (Hitzler, Krötzscher, Rudolph & Sure, 2008). Durch die Möglichkeit der semantischen Definition und Abgrenzung der Beziehungen, kann die Web Ontologie Language (OWL) eine ideale Technologie zur Vermittlung von Interoperabilität sowie der Formalisierung heterogener Bedeutungen realer Weltobjekte darstellen.

3.5.5 Protocol and RDF Query Language (SPARQL)

Der Name SPARQL ist ein rekursives Akronym für die (S)PARQL (P)rotocol (A)nd (R)DF (Q)uery (L)anguage, eine Protokoll- und Anfragesprache für RDF-Daten. SPARQL (W3C, 2008) kann genutzt werden um verschiedene Datenquellen abzufragen, vorausgesetzt diese Daten liegen in einer strukturierten Form vor. Damit ist SPARQL in der Lage auch OWL-Ontologien, die RDF-Graphen verwenden, abzufragen. Zudem kann mit SPARQL auch Filter verwendet oder Daten gegen bestimmte Wertebereiche oder bestimmter Inhalte abgefragt werden. Damit wird es mit SPARQL ermöglicht, Webinhalte, die im Netz strukturiert bereitgestellt werden, für seine Anwendung zu selektieren. Als Beispiel zu nennen ist eine SPARQL-Abfrage aus DBPEDIA (DBPedia.org, 2014), eine Liste der zwischen dem 1.1.1906 und 31.12.1906 in Mainz geboren Persönlichkeiten abzurufen.

SPARQL Anfrage:

```
PREFIX dbpedia: <http://dbpedia.org/>
PREFIX owl: <http://www.w3.org/2002/07/owl#>
PREFIX foaf: <http://xmlns.com/foaf/0.1/>
PREFIX : <http://dbpedia.org/resource/>
PREFIX dbo: <http://dbpedia.org/ontology/>

SELECT ?name ?birth ?death ?person WHERE {
    ?person dbo:birthPlace :Mainz .
    ?person dbo:birthDate ?birth .
    ?person foaf:name ?name .
    ?person dbo:deathDate ?death .
    FILTER (?birth > "1906-01-01"^^xsd:date) .
    FILTER (?birth < "1906-12-31"^^xsd:date) .
}
ORDER BY ?name
```

SPARQL-Ergebnis:

name	birth	death	person
"Lucy Hillebrand"@en	1906-03-06	1997-09-14	http://dbpedia.org/resource/Lucy_Hillebrand

Als Ergebnis der SPARQL-Abfrage aus DBPEDIA⁸ wird „Lucy Hillebrand“, eine 1906 in Mainz geborene deutsche Architektin mit Geburtsdatum, Datum des Todes sowie der Ressource in DBPEDIA als Abfrageergebnis ausgegeben (DBPedia.org, 2014).

Soll in dem vorgenannten Beispiel die Suchanfrage nach Straßennamen in Mainz mit dem Namen „Lucy-Hillebrand“ gesucht werden, stößt man mit SPARQL in der Geoinformatik an die Grenzen.

3.5.6 Geographic Query Language for RDF Data (GeoSPARQL)

Eine Lösung für raumbezogene Anfragen liefert die Spezifikationen GeoSPARQL (OGC, 2012a), in der eine Reihe von SPARQL-Erweiterungsfunktionen sowie RDF/OWL-Vokabular der W3C-Standards für Geoinformationen definiert. Damit wird es ermöglicht Funktionen, die auf räumlichen Geometrien oder Topologien basieren, zu verwenden. In GeoSPARQL sind verschiedene Parameterklassen definiert: die eine

⁸ <http://dbpedia.org/sparql>

basiert auf der Well-Known-Text-Repräsentation (WKT) für Geometrietypen nach ISO 19125 Simple Features, die zweite auf der Geography Markup Language (GML) des Typs ISO 19107 Spatial Schema. Die Aufteilung ist auf den modularen Charakter der GeoSPARQL-Spezifikation zurückzuführen, die sich auf diverse standardisierte Geometrie-, Vokabular- und Topologieformate unterschiedlicher Versionen unterstützt. Abgesehen von der durch die Parameterklassen eher künstlich bedingten Aufteilung, setzt sich GeoSPARQL aus drei wesentlichen Inhaltsbestandteilen zusammen (OGC, 2012a):

- ein RDF/OWL-Vokabular für die Darstellung von räumlichen Daten im Einklang mit dem Simple Feature-Modell (OGC, 2011) sowie Geography Markup Language (OGC, 2012b)
- eine Reihe von SPARQL-Erweiterungsfunktionen für räumlich geometrische Berechnungen und
- eine Reihe von RIF-Regeln für die Transformation von Abfragen.

Das Vokabular definiert Klassen und Eigenschaften zur Beschreibung von räumlichen Daten, sowie um einfache SPARQL-Abfragen zu formulieren. Filterfunktionen für GeoSPARQL-Abfragen sollen räumliche Abfragen ermöglichen, womit gewisse Geoprocessingmöglichkeiten, wie Verschneidungen (engl. *intersection*) oder Pufferanalysen (engl. *buffer*), eingebunden werden (Battle & Kolas, 2012). Eine Reihe von Regeln des Rule Interchange Format (RIF) werden zur Transformation von Abfragen in GeoSPARQL sowohl attributiv als auch mittels der geometrischen Abfragen verwendet. Für die Beschreibung von topologischen Beziehungen werden unter anderem die Vokabulare von Simple Features übernommen (OGC, 2011). Die wichtigsten Klassen in GeoSPARQL bilden dabei das `geo:SpatialObject` mit den Unterklassen `geo:Feature` und `geo:Geometry`, wobei die beiden Letzteren durch die Beziehung `geo:hasGeometry` verbunden werden (siehe Abbildung 18).

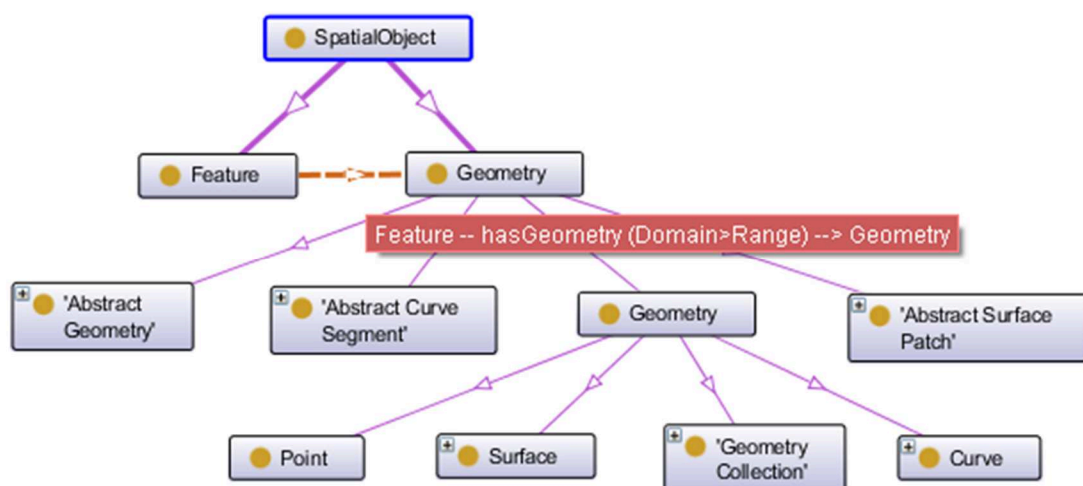


Abbildung 18: Darstellung des GeoSPARQL-Vokabulars und deren Beziehungen als Ontologie-Graph (Würrichhausen, Karmacharya & Müller, 2014)

Dieses konzeptuelle `SpatialObject` hat auch eine festgelegte Geometrie, die durch verschiedene Geometrietypen in GML `geo:asGML` oder WKT `geo:asWKT` repräsentiert wird (OGC, 2012a). Dies stellt Klassen für viele verschiedene Geometrietypen `geo:Geometry` als WKT sowie `geo:AbstractGeometry`, `geo:AbstractCurveSegment` und `geo:AbstractSurfacePatch` in GML bereit. Dieses `geo:asWKT` und `geo:asGML` Eigenschaften verknüpfen die Entitäten als eine sog. Literal-Darstellung

der Geometrie. Objekte, die eine dieser Eigenschaften besitzen, verwenden die `geo:wktLiteral` und `geo:gmlLiteral` bzw. die spezifischen Simple Feature bzw. GML-Datentypen.

Durch die Trennung der eigentlichen Beziehungen (Entitäten) und ihrer Standorte, kann GeoSPARQL mehrere Geometrien für unterschiedliche Zwecke zu einem Feature verknüpfen. Damit können kommende GeoSPARQL-Schnittstellen konform zum Geoformat GML der Version 3.2.x implementiert werden, um GML-Geometrien in Version 3.2.x einzulesen und zu analysieren (Tschirner, Scherp & Staab, 2011). Der raumbezogene Koordinatenbezug kann allerdings nur für die Geometrie und nicht für eine Aussagenlogik verwendet werden. Somit kann nur über Geometrie differenziert werden, ob ein raumbezogenes Objekt in einem bestimmten Landkreis liegt oder wie seine Entfernung zu einem beliebigen Punkt ist. Auch aus dieser für Geoobjekte typischen formalisierten Trennung „*Spatial Object*“ in „*Feature*“ und „*Geometry*“ (siehe Abbildung 18), soll für die Geo-Wissensmodellierung der semantischen Interoperabilität, die Regelsprache SWRL/RIF in dem Implementierungskonzept nur auf das „*Feature*“ angewendet werden. Diese Einschränkung ist zugleich ein Vorteil, wengleich für geometrische Transformationen (z.B. unterschiedlicher Koordinatensysteme) auch andere Netzdienste verwendet werden können.

Doch stellt sich gleichzeitig die Frage, wie Regeln für die Verwendung von GML in Semantic Web definiert werden können. Dies ist auch entscheidend, da mittels der Regelbeschreibungssprachen die Transformationen für GML in der Arbeit durchgeführt und mittels Ontologie bzw. Semantic Web Technologien ineinander überführt werden sollen.

3.5.7 Semantic Web Rule Language (SWRL)

Die *Semantic Web Rule Language (SWRL)* ist eine weitere Schlüsseltechnologie im Rahmen des Semantic Web. Mit SWRL kann Logik bzw. Regeln formalisiert werden, die auf Grundlage von Beobachtungen und Hypothesen gebildet werden. Diese Regelsprache beruht auf einer Kombination aus Teilen von OWL sowie der Rule Markup Language (RuleML). Grundlegende Bausteine sind dabei Klassen *C*, Rollen *R* und Individuale *I*, die durch Atome formalisiert werden. Hierbei werden eine Reihe formaler Klassenaxiome verwendet, die in sich die Logik bzw. deren Werte selbst repräsentieren. Zusammenhänge der Beziehung zwischen zwei Klassen oder zweier Rollen werden dargestellt beispielsweise als:

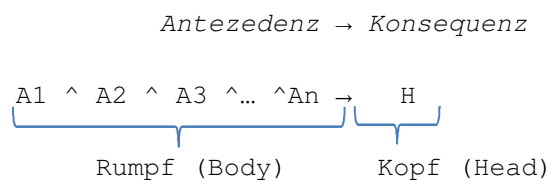
- Negation (\neg), A nicht B
- Konjunktion (\wedge), A und B
- Disjunktion (\vee), A oder B
- Implikation (\rightarrow) Wenn A – Dann B
- Äquivalenz (\leftrightarrow) Genau Dann A – Wenn B

Wichtige Beziehungen sind ebenfalls Klassenzugehörigkeiten $C(a)$, Rollenbeziehung $R(a,b)$, Negierte Rollenbeziehung $\neg R(a,b)$, wobei a und b jeweils eine Variable oder der Name selbst sind. Daher ist Voraussetzung, dass eine Wissensbasis gegeben ist, die im Sinne einer einfachen Formulierung mit Logik formalisiert werden kann. Eine regelbasierte Wissensbasis K kann in Anlehnung an Baader, Calvanese, McGuinness, Nardi & Patel-Schneider (2003) dargestellt werden als:

Regelbasierte Wissensbasis $K = (\Sigma, R)$ wobei Σ eine OWL-Wissensbasis
sowie R eine endliche SWRL-Regelmenge ist.

Damit kann durch *Logische Regeln* eine Erweiterung der Wissensbasis durch seine Regelbeschreibung umgesetzt werden. Jede Regel selbst trägt daher zur Erweiterung der Wissensbasis bei. Werden dabei prozedurale Regel in der Form If X Then Y Else Z angewendet, können Anweisungen dynamisch abgearbeitet und so ein operationaler Effekt bei der Ausführung von Regel erreicht werden.

SWRL selbst definiert Regeln in der Form einer Antezedenz als Rumpf (engl. Body) und einer Konsequenz als Kopf (engl. Head), wobei Antezedenz und Konsequenz jeweils Konjunktionen von Ausdrücken (Atomen) der Form $C(x)$, $R(x, y)$ bzw. $\text{sameAs}(x, y)$, $\text{differentFrom}(x, y)$ sind (Antoniou & van Harmelen, 2008).



Die Syntax ist angelehnt an die formale Prädikatenlogik. Die Hauptelemente (sog. Atome) sind Bezeichner in Form von Rollen/Klassen/Individuen, den darin enthaltenen Variablen und die Konjunktionen „ \wedge “ selbst. Variablen werden mithilfe vorangegangener Fragezeichen in Form von „ $?x$ “ für alle Werte als Variable indiziert, wobei die Atome jeweils für jedes Element durch URI-Verweise (kurz URIrefs) referenziert werden. Gleichzeitig werden die Zusammenhänge sichtbar. Die nachfolgende Regel modelliert beispielsweise eine Verwandtschaftsbeziehung, wenn eine Mutter einen Bruder hat, dieser gleichzeitig auch Onkel ist.

$$\text{hatMutter}(?x, ?y) \wedge \text{hatBruder}(?y, ?z) \rightarrow \text{hatOnkel}(?x, ?z)$$

Damit ist die Interpretation einer Regel immer auch abhängig vom Kontext, wobei über den Inhalt auch allgemeine Schlussfolgerungen gelingen, die für Menschen logisch sind, aber für Rechner innerhalb des Semantic Web auch interpretiert werden können.

Die Herausforderung ist es, diese Beziehungen zu definieren, die zum Beispiel Hypothesen oder Bedingungen für eine Aktion formalisieren (Antoniou & van Harmelen, 2008). SWRL ist ein Standard des World Wide Web Konsortiums (W3C, 2004c).

3.5.8 Rule Interchange Format (RIF)

Mit dem *Rule Interchange Format* (kurz *RIF*) wird das Ziel verfolgt, den Austausch von Regeln speziell für Webbasierte Rule Engines zu ermöglichen (W3C, 2013). Nach Howard, Payne & Sunderland (2010) ist RIF „... a good, vendor neutral format for interchange of mapping definitions“ (Howard, Payne & Sunderland, 2010, S. 26)

In RIF werden auch verschiedene Dialekte unterstützt, die den unterschiedlichsten Anforderungen einer Regelmodellierung genügen. Angefangen vom Basis-Dialekt, eine Art Kernsprache mit RIF-Core, wird auch ein Framework für Logik-basierte Dialekte (kurz RIF-FLD), eine Basis Logic Dialect (RIF-BLD) oder auch ein Production Rules Dialect (RIF-PRD) definiert. Mit dieser Vielseitigkeit ist RIF ein Werkzeug, welches bereits in über fünfzig verschiedensten Anwendungsfällen erfolgreich angewendet wurde. Von Paschke, et al. (2013) werden Beispiele aus dem Bereich der Business Regeln, des eBusiness, eCommerce, der Medical Care Applications, aber auch Vocabulary Mapping Anwendungen aufgeführt. Letzteres ist insofern wichtig, damit Regeln für Vokabularien auch auf Regeln in einem RIF-Dialekt ausgedrückt werden kann. Das Framework kann mit Angabe von Syntax und Semantik der Logik in RIF-Dialekt durch eine Reihe von Begriffen wie Signaturen, Symbol, Leerzeichen, semantische Strukturen usw. dargestellt werden (Boley & Kifer, 2013). Der Dialekt spezialisiert eine Rule-Engine um die eigene Syntax und Semantik, mit dem Ziel ein Semantik-erhaltendes Mapping (engl. *semantics-preserving mapping*) zwischen den Regelsystemen zu erreichen (siehe Abbildung 19).

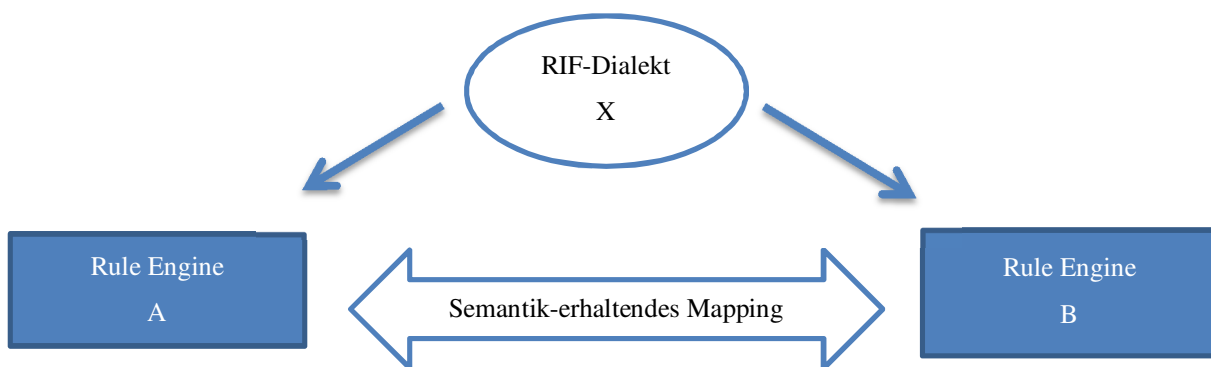


Abbildung 19: Semantik-erhaltendes Mapping zwischen zwei Regelsystemen, mit einem RIF-Dialekt X

Die Wahl des RIF-Dialektes ist abhängig von dem Regelsystem selbst. Betrachtet man die Logikbasis können für prozedurale Regeln der Production Rules Dialect (de Sainte Maria, Hallmark & Paschke, 2013) und für Logik-basierte Regeln das Framework für Logik-basierte Dialekte (Paschke, et al., 2013) angewendet werden. Aufgrund dieser logikbasierten Regeln können mit RIF nur die Äquivalente in der Semantik verglichen bzw. ineinander überführt werden.

Durch de Bruijn & Welty (2013) werden auch die Beziehungen von RIF, RDF und OWL dargelegt, sodass bei Modellierung von Regeln in OWL diese auch mit RIF kompatibel sind. Darin heißt es:

“Rules interchanged using the Rule Interchange Format RIF may depend on or be used in combination with RDF data and RDF Schema or OWL ontologies” (de Bruijn & Welty, 2013), Abstract

Unterschiede gibt es lediglich in der Ausdrucksweise, die ineinander zu überführen sind. Zudem muss untersucht werden, wie die verwendeten Logikausdrücke auf heterogene Datenquellen angewendet werden kann. In der Literatur von de Bruijn & Welty (2013) heißt es:

“Rules that are exchanged using RIF may refer to external data sources and may be based on data models that are represented using a language different from RIF.” (de Bruijn & Welty, 2013), Kapitel 1

Besondere Bedeutung wird dem Format RIF auch für einen INSPIRE TNS Schema Transformation Networking Services (Howard, Payne & Sunderland, 2010) zugesprochen. Mit RIF sollen nicht nur die funktionalen Anforderungen eines Schema-Mapping erreicht werden können, es bietet vor allem Vorteile durch seine Anwendungsneutralität und Austauschbarkeit des Formates. Im Prototype Report (Beare, Payne & Sunderland, 2010), der sich auf die technischen Richtlinien des TNS bezieht, wird das RIF auch in Kombination mit GML-Dokumenten und Applikationsschema betrachtet. Dabei heißt es:

“RIF, combined with GML application schema for source and target schemas, presents a strong candidate.”
(Howard, Payne & Sunderland, 2010, S. 66)

Dabei ist zu klären, wie die genannten Technologien des Semantic Web auf die Technologien der Geoinformation angewendet werden können. Dies wird auch Hauptaugenmerk der weiteren Analysen in der Arbeit sein, basierend auf dem Rule Interchange Format in Verbindung mit Web Ontology Language, Lösungsansätze der *Transformation heterogener Datenmodelle*, sowie der Wissens- und Datenintegration für Schema-Mapping Anwendung kommunaler Daten und INSPIRE zu untersuchen.

4. Entwicklungsansatz für semantische und organisatorische Modelle

4.1 Semantische und organisatorische Betrachtung der Interoperabilität

Um ein *Modell einer Interoperabilität* unter Berücksichtigung der Semantik und der Organisation zu entwickeln ist es notwendig, vorhandene Modelle gegenüberzustellen. Hierbei wurde eine Auswahl von Interoperabilitätsmodellen untersucht, die zur Realisierung der Interoperabilität auf der kommunalen Ebene angewendet werden können. Zudem wurde erkannt, dass es bisher keine ganzheitliche Betrachtung für Interoperabilität (technisch, syntaktisch, semantisch und organisatorisch) unter Berücksichtigung des spezifischen Gebezugs der Daten gibt. Versucht man beispielsweise das European Interoperability Framework (EIF) als Pendant für Geodateninfrastrukturen anzuwenden, stößt man sehr schnell an seine Grenzen. Deren Ursache liegt klar an der Handhabung von Geodaten.

In den nachfolgenden Ausführungen wird deshalb der Versuch unternommen, die verschiedenen Modelle der Interoperabilität in Beziehung zu bringen. Bereits festgestellt werden kann, dass eine Unterscheidung lediglich in technische Interoperabilität und organisatorische Interoperabilität eine zu beschränkte Sichtweise darstellt. Es bleiben in der Handhabung trotz oder aufgrund der fehlenden Semantik viele Fragestellungen unbeantwortet. Zudem ist eine Geodateninfrastruktur ein komplexes Gebilde zwischen Geo-Informationssystemen, den Anwendern und Datenbereitstellern unterschiedlicher Verwaltungsebenen.

In der Untersuchung werden die Modelle a) European Interoperability Framework (European Commission, 2010), b) das Modell von Kubicek, Cimander & Scholl (2011), c) das LCIM-Modell nach Wang, Tolk & Wang (2009) und d) ISO 19101-1:2012 (International Organization for Standardization, 2012) in nachfolgender Abbildung 20 in Beziehung gebracht.

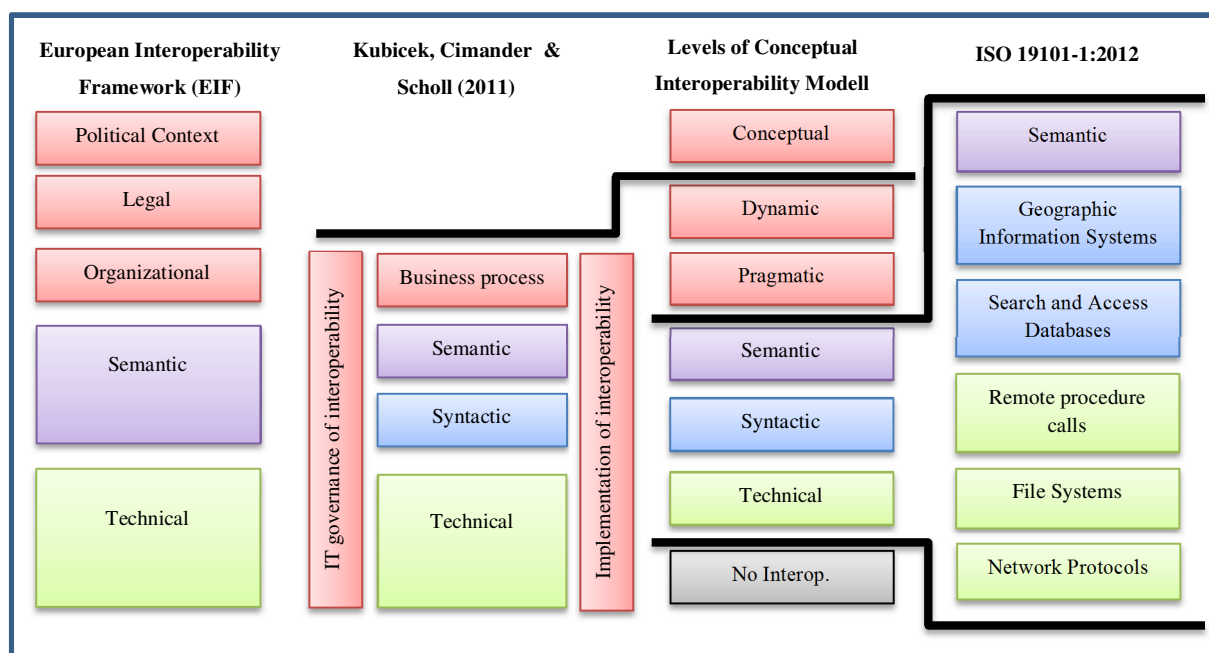


Abbildung 20: Gegenüberstellung der Interoperabilitätsmodelle a) European Interoperability Framework (European Commission, 2010), b) Modell von Kubicek, Cimander & Scholl (2011), c) das LCIM-Modell nach Wang, Tolk & Wang (2009) und d) ISO 19101-1:2012 (International Organization for Standardization, 2012)

In Abbildung 20 wurden zudem die sogenannten *Ähnlichkeiten* durch Farbdifferenzierung gekennzeichnet. Unterschieden wurde dabei in eine technische (grün), syntaktische (blau), semantische (lila) und eine organisatorische Komponente (rot). Letztere ist allerdings durch sehr verschiedene Aspekte wie Geschäftsprozesse oder auch die Implementierung differenziert. Zudem sind Konzepte, der politische Kontext oder auch eine dynamische Komponente zu berücksichtigen. Feststellen lassen sich dabei Gemeinsamkeiten wie die semantische Interoperabilität in allen Modellen sowie die Konkretisierungen der Interoperabilität in einzelnen Modellen. Die *Relationen* der Modelle sind durch Linien gekennzeichnet, die einen Vergleich der Zusammenhänge, deren Inhalte und potentiellen Anwendungsszenarien für die Modelle verdeutlicht. Jedes der Modelle hat in sich eine eigene Zielstellung und Historie erfahren, die die Anwendbarkeit in sich bestätigt.

Kann nun aber aus den Ähnlichkeiten und Relationen ein Mehrwert im Sinne einer INSPIRE-Interoperabilität abgeleitet werden? Bzw. kann mit dieser Darstellung sogar nachgewiesen werden, dass INSPIRE lediglich Anwendungsfall der Interoperabilität ist?

In den nachfolgenden Abschnitten werden die Untersuchungen der einzelnen Komponenten durchgeführt und hinsichtlich der Relevanz bzw. der Dimension von INSPIRE gewertet. Hier sind bisher keine einheitlichen Kriterien vorhanden wie *Organisation* abgegrenzt wird und welche Reichweite diese haben kann. Betrachtet man erneut die von Staub (2009) vorgebrachte Erörterung, so heißt es:

„Zur organisatorischen Interoperabilität gehören Richtlinien/Gesetze und Normen/Standards. Durch Normen und Standards wird die Interoperabilität überhaupt erst ermöglicht, sei dies durch standardisierte Datentransformate, durch standardisierte Schnittstellen oder Datenbeschreibungssprachen.“ (Staub, 2009, S. 21)

Es wird hier der organisatorische Rahmen mit Regelungen, Gesetzen, etc. im Sinne der von Rajabifard, Feeney & Williamson (2002) als *Policy* beschriebenen GDI-Komponente verstanden. Während zum Vergleich das European Interoperability Framework (European Commission, 2010) diese Ebene vielmehr als *Prozess-Workflow* der Organisationen definiert.

Beide Betrachtungen haben ihre Berechtigung, zeigen aber auch deren unterschiedliche Ausgestaltungen des Organisationsbegriffs. Aufgrund der unterschiedlichen Interpretationsmöglichkeiten werden in der Ausführung der Arbeit eine *Terminologie und Komponenten der INSPIRE-Interoperabilität* zugeordnet. Zudem soll damit der Weg geöffnet werden für die Implementierung in einer E-Government-Infrastruktur der kommunalen Verwaltungen.

Tabelle 6: Terminologie und Komponenten der organisatorischen Interoperabilität, eigene Betrachtung

Organisatorische Interoperabilität (INSPIRE)				
Regelungen (engl. policy)			Dynamik	Standards
Konzeptuelle Interoperabilität	Rechtliche Interoperabilität	Pragmatik Interoperabilität	Prozess Interoperabilität	Semantische Interoperabilität
Referenzmodelle	Richtlinien	IT-Governance	Change Management	Datenspezifikation
Technische Leitfäden	Gesetze	Register	Monitoring	Datenthemen
Normen	Verordnungen	Implementierung	Reporting	Klassifikation

Nach dieser angewendeten Terminologie versteht man im Sinne einer Europäischen Geodateninfrastruktur unter:

- *Semantischer Interoperabilität:* Interoperabilität die auf der semantischen Ebene im Kontext von INSPIRE durch die Datenspezifikationen, die Datenthemen der Anhänge I, II, III und definierte Klassifikationen wie z.B. HILUCS (Hierarchical INSPIRE Land Use Classification System) oder den Feature Type Codelisten erreicht wird.
- *Konzeptuelle Interoperabilität:* Interoperabilität, die durch eine gemeinsame Sichtweise auf die Welt in einem Konzeptuellen Modell, durch Normen, Standards und Guidelines (die keine rechtliche Bindungswirkung haben) erreicht wird.
- *Rechtliche Interoperabilität:* Interoperabilität, die durch die INSPIRE-Richtlinie, den Gesetzen der Länder und verbindlichen Durchführungsbestimmungen (Verordnungen) erreicht wird.
- *Dynamische Interoperabilität:* Interoperabilität, mit der die Veränderungen in den Daten und Prozessen über die Zeit, durch ein Monitoring und Reporting bzw. Change Management abgebildet werden.
- *Pragmatische Interoperabilität:* Interoperabilität, bei der auf Ebene der IT-Steuerung das Zusammenwirken der verschiedenen Institutionen und IT-Implementierungen, die Serviceintegration und -kombination für INSPIRE erreicht wird.

Diese Komponenten des Modells zur organisatorischen Interoperabilität lassen sich mit den GDI-Definitionen und den Regelungen in INSPIRE in Übereinstimmung bringen. Diese ist auf semantischer Ebene durch Datenspezifikationen der INSPIRE-Anhang-Themen, sowie die Handhabung der Dynamik durch Monitoring und Reporting sichergestellt. Die Interpretation einer Policy im Sinne von Rajabifard, Feeney & Williamson (2002) wird auf pragmatischer Ebene durch Implementierungsvorschriften, auf konzeptioneller Ebene durch das Generic Conceptual Model (GCM), sowie auf rechtlicher Ebene durch die INSPIRE-Richtlinie für alle Mitgliedsverwaltungen in Europa gewährleistet.

Hinzu kommen die Regulierungen der ISO und OGC bezüglich Interoperabilitäts-Level. Hier können die Themen GIS und syntaktische Interoperabilität sowie Netzwerk und technische Interoperabilität in Relation zueinander gebracht werden.

- *Syntaktische Interoperabilität*: Interoperabilität, bei der auf Ebene der Geo-Informationssysteme (GIS) die (E)rfassung, (V)erwaltung, (A)nalyse und (P)räsentation von INSPIRE-relevanten Geodaten erreicht wird.
- *Technische Interoperabilität*: Interoperabilität, bei der auf Basis offener Systeme, Netzwerke und Schnittstellen der Zugang zu Daten ermöglicht. Im Fall von Sicherheits- und personenbezogenen Daten sind Autorisierung und Authentifizierung Bestandteil der technischen Interoperabilität.

Bei der syntaktischen und der technischen Interoperabilität kann festgestellt werden, dass hierfür keine Vorgaben im Zusammenhang mit der INSPIRE-Interoperabilität gemacht werden. Dies ist auch nicht verwunderlich, wenn man in Betracht zieht, ein *konzeptuelles Framework* anstelle von herstellerabhängigen Formaten mit INSPIRE zu unterstützen. Nichts desto trotz sind auch auf Formatbasis Auswirkungen festzustellen, die in der Implementierung der sogenannten View- und Download-Services in INSPIRE zu finden ist. Zudem sind alle Geodaten in unterschiedlichsten Formaten mit Metadaten zu beschreiben und INSPIRE-konform als Suchdienst bereitzustellen.

Unabhängig von diesen Anforderungen immer auch Services zu generieren, kann durch die Anwendung der begrifflichen Differenzierung der Interoperabilität auf das Generisch Konzeptuelle Modellframework, die Auswirkungen der *INSPIRE-Interoperabilität* auch veranschaulicht werden (siehe Abbildung 21).

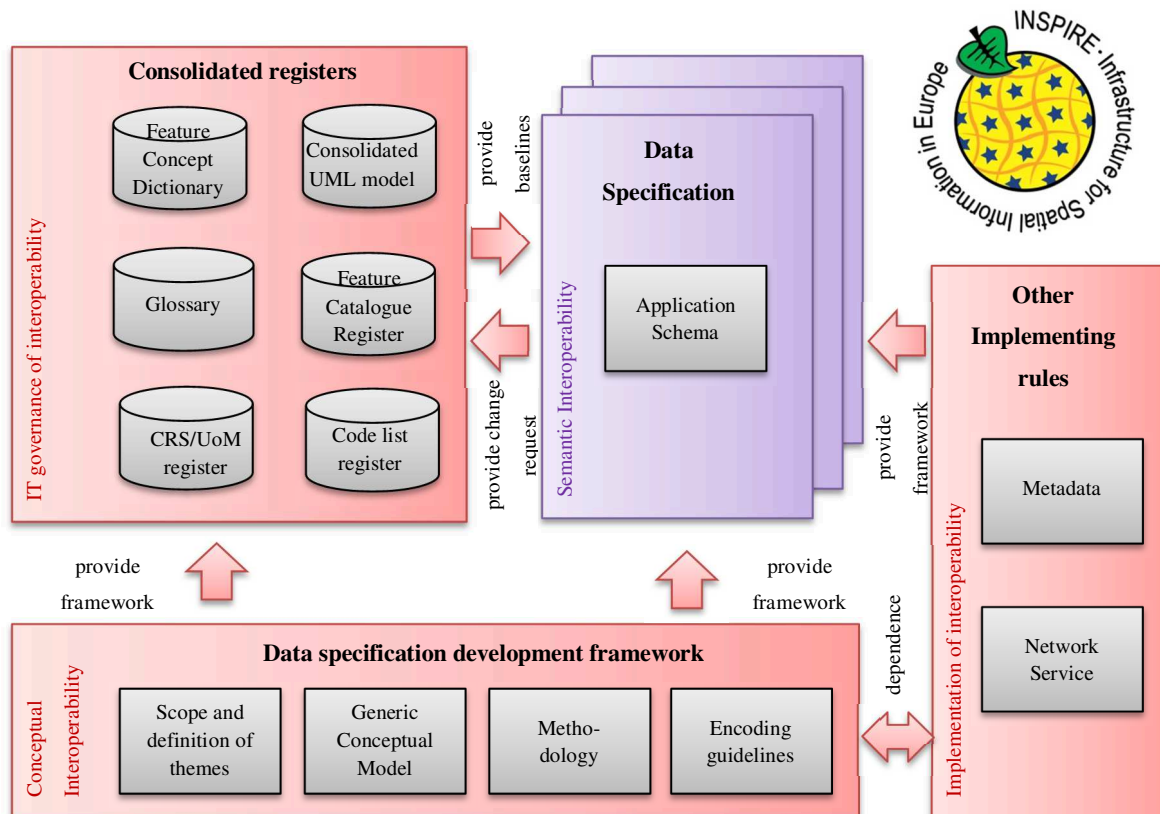


Abbildung 21: Das INSPIRE Generisch Konzeptuelle Modellframework (Drafting Team "Data Specifications", 2012) und deren Komponenten der Interoperabilität

In der Abbildung 21 wurden die durch Kubicek, Cimander & Scholl (2011) beschriebene *Pragmatik* der *IT Governance of interoperability* durch *Consolidated registers* sowie die *Implementation of interoperability* in

Ausprägung von *Implementing rules* für Metadaten oder Network Services übertragen. Zudem ist das Generic Conceptual Model, Teil des sog. *Data specification development framework* und somit eine Ausprägung der *Conceptual interoperability*. Zudem werden Datenspezifikationen zu jedem der 34 INSPIRE-Themen definiert, die als Ausprägung der *Semantic interoperability* zu bewerten sind.

Hinzu kommen die *Regelungen* der INSPIRE-Richtlinie, der Gesetze der Mitgliedsverwaltungen und der Durchführungsbestimmungen, die zu der Ebene der gesetzlichen Interoperabilität zugeordnet werden können. Die Anforderungen an die Mitgliedsverwaltungen des INSPIRE Monitoring & Reporting sind eine Ausprägung der Dynamik in einem INSPIRE Generic Conceptual Model Framework.

Damit kann dargelegt werden, wie das INSPIRE Generic Conceptual Model durch verschiedene Ebenen des LCIM-Modells nach Wang, Tolk & Wang (2009) repräsentiert wird. Durch Ergänzung mit den rechtlichen Regelungen *Legal Framework* und des *Political Context*, sowie den Prozessen konnte ein erweitertes Interoperabilitätsmodell der Arbeit des Autors zugrunde gelegt werden.

Dieses Interoperabilitäts-Modell des Autors (vgl. Abbildung 22) hat in Anlehnung an das Modell einer Geodateninfrastruktur von Rajabifard, Feeney & Williamson (2002) folgende Darstellung:

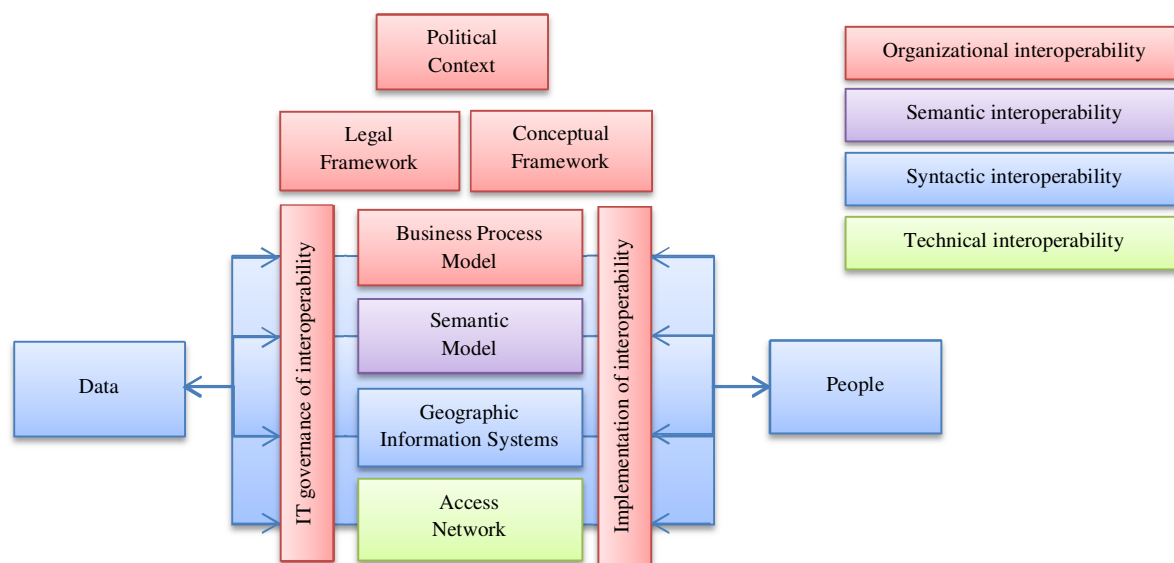


Abbildung 22: Interoperabilität als Rahmen einer kommunalen Geodateninfrastruktur, eigene Entwicklung

Die unterste Ebene des Modells einer kommunalen GDI bildet die technische Interoperabilität, die über ein technisches Netzwerk (Intranet, Internet) sowie einer (Server-)Hardware abgebildet werden. Bei Geodatennetzwerken bilden die Geo-Informationssysteme (GIS) die Basis der syntaktischen Interoperabilität. Je nachdem wie viele Ebenen das Interoperabilitätsmodell hat (z.B. technisch/organisatorisch), wird Syntaktik und Semantik zur technischen Interoperabilität zugeordnet. Wird zusätzlich syntaktische Interoperabilität beschrieben, wird immer auf die Interoperabilität der Systeme verwiesen (Staub, 2009, S. 25) sowie

“*Syntactic interoperability refers to the ability for different systems to interpret the syntax of the data the same way.*” (International Organization for Standardization, 2005, S. 16).

Dies wird bei GIS durch die Austauschmöglichkeiten von offenen Geodatenformaten (GML, etc.) auf der syntaktischen Ebene sichergestellt. Auf der semantischen Ebene wird der Austausch von Datenmodellen wie derzeit für die Kommunen mit XPlanGML oder auch durch die Nutzung von ALKIS in Deutschland definiert. Gleichzeitig gibt es auf der semantischen Ebene Überschneidungen mit INSPIRE-Datenmodellen zu den verschiedenen Datenthemen Annex I bis III. Die Prozessmodelle werden durch Verfahren oder zeitliche Änderungen abgebildet. Beispiele für diese Prozesse sind Bauleitplanverfahren (vom Aufstellungsbeschluss bis zur Rechtskraft) oder Antragsverfahren. Die in der Abbildung 22 dargestellten Punkte der *IT governance* bzw. der *Implementation of interoperability* bilden die Schnittstelle der Daten zu den Bürgern ab. Weitläufig wird dieser Punkt der *IT governance* auch oft als Voraussetzung für E-Government beschrieben. Zusammen mit den Regelungen auf rechtlicher, konzeptioneller und politischer Ebene bildet dies ein Modell als Rahmen einer kommunalen Geodateninfrastruktur allumfassend ab.

In diesem Modell können alle Ebenen der *technischen, syntaktischen, semantischen und organisatorischen Interoperabilität* nachgewiesen werden. Es ist kompatibel zu dem Modell nach Wang, Tolk & Wang (2009) sowie Kubicek, Cimander & Scholl (2011). Letzteres Modell ist wichtig zu berücksichtigen, da in den nachfolgenden Kapiteln die Implementierung im Rahmen der kommunalen E-Government-Architekturen untersucht und deren Kompatibilität mit INSPIRE erreicht werden soll.

Die Interoperabilität in der kommunalen GDI muss unter Berücksichtigung hierarchischer Ebenen beschrieben werden.

- Notwendigkeit einer *Netzwerk-Konnektivität* für die INSPIRE-Interoperabilität kann nachgewiesen werden. Für die Bewertung kann ein bidirektionales 2-Stufenmodell angewendet werden, die Intranet-Konnektivität und die Internet-Konnektivität, jeweils zur Datennutzung und Datenbereitstellung. Zur vollständigen Implementierung ist zwingend die bidirektionale Internet-Konnektivität in kommunalen Geodateninfrastrukturen erforderlich
- *Geo-Informationssysteme* sind für die INSPIRE-Realisierung auf syntaktischer Ebene von fundamentaler Bedeutung. Dabei sollten keine herstellerabhängigen Einflussgrößen auf die Erreichung einer INSPIRE-Interoperabilität mit GIS-Vektordaten festgestellt werden. Für Rasterdaten, die noch keine Georeferenz (z.B. Bebauungspläne in PDF-Format) haben, wäre die Georeferenzierung ein notwendiger Schritt, eine INSPIRE-Interoperabilität auf syntaktischer Ebene zu erreichen. Bezüglich eines Assessments einer INSPIRE-Interoperabilität ist eine stufenbasierte Einteilung der Anwendung in Desktop-GIS, WebGIS unter Berücksichtigung der Netzwerke Internet und Intranet notwendig. Im Internet kann die Anwendung eines GeoPortals im INSPIRE-Kontext als die höchste Ausbaustufe gewertet werden.
- Auf Ebene der *Semantischen Interoperabilität* kann eine Datenintegrität erreicht werden, wenn deren Bedeutung in den GIS-Daten harmonisiert verankert ist. Die semantische Interoperabilität kann ebenfalls erreicht werden, wenn semantische Datenmodelle auf kommunaler Ebene transformiert werden, wie diese durch XPlanGML oder mit AFIS-ALKIS-ATKIS für die Geobasisdaten repräsentiert werden. Bezüglich eines Assessments ist nicht nur die semantische Modellebene, sondern auch deren Datenrepräsentation zu evaluieren. Hier wird auf kommunaler Ebene die Unterscheidung in Geobasisdaten sowie unter Berücksichtigung der Nutzbarkeit von Geofachdaten und der kommunalen Bereitstellung für INSPIRE gemacht.

Die *Semantische Interoperabilität* ist das höchste Level, welches bisher mit Geo-Informationssystemen auf kommunaler Ebene erreicht werden kann. Dies ist zum einen begründet in der Reichweite des ISO 19101 Referenzmodell Geoinformation (International Organization for Standardization, 2012) und deren Repräsentation in Geo-Informationssystemen. Zum anderen beginnt auf Ebene der semantischen Interoperabilität auch der Einflussbereich der INSPIRE-Richtlinie, deren *Durchführungsbestimmungen*, der Implementation Rules und vor allem der INSPIRE-Datenspezifikationen. Hier gilt es zu klären, wie die semantische Interoperabilität von der lokalen Schemata bzw. den vorhandenen Geodaten erreicht werden kann. Da unterschiedliche Verarbeitungsformen und Tabellen mit indirektem Raumbezug bei Kommunen vorhanden sind, wird zur Klärung eine Differenzierung der Daten und der (elektronischen) Georeferenz bei der INSPIRE-Umsetzung vorgenommen.

4.2 Differenzierung von Daten und Georeferenz bei der INSPIRE-Umsetzung

Das klassische Verarbeitungsmodell (EVAP) in der Geoinformatik nach Bill (2010) beschreibt vier Verarbeitungsformen: Erfassung, Verwaltung, Analyse und Präsentation der Daten unter der Voraussetzung eines definierten Raumbezuges. Die Beschreibung der Position von Geoobjekten oder ihrer Bestandteile mit Hilfe von Koordinaten ist zudem Voraussetzung für räumliche Analysen (Ehlers & Schiewe, 2012). Aufgrund der Vielzahl der vorhandenen Geodaten kann bei der Beurteilung des Geodatums keine allgemeine Aussage über die Anwendbarkeit der Richtlinie auf Geodaten, die keinen spezifischen „digitalen“ Raumbezug haben, getroffen werden. Das Problem bei der Untersuchung von geografischen Informationen und Daten ist nach Longhorn & Blakemore (2008), dass Definitionen entweder viel zu allgemein oder zu spezifisch, zu einfach oder zu technisch GIS-orientiert sind. Teilweise variieren die Betrachtungen zu Information und Daten, je nachdem in welchem Zusammenhang z.B. deren Sammlung, Speicherung, Nutzung oder die Wertschöpfung von GI diskutiert wird.

Andere Definitionen sind mehr konkret, allerdings meist nur in einer Konkretisierung der Themen auf die sich Geoinformationen beziehen. Ein Beispiel dafür ist die Definition von Bill (2010). Hier wird der Raumbezug als das verbindende Element aller Anwendungen von GIS in den verschiedenen Fachdisziplinen bezeichnet. Dieser stellt sich allerdings je nach Fragestellung des Nutzers in einer sehr unterschiedlichen Ausprägung dar. In der Geodäsie werden die Objekte der realen Welt gemeinhin über Bezugssysteme als Koordinatenpaare abgebildet. Auf diesem Wege wird eine sehr hohe Lagegenauigkeit erreicht, was als primäre Metrik bezeichnet wird. In vielen Fällen ist diese Genauigkeit aber nicht notwendig und es wird z.B. über Kennziffern (sekundäre Metrik) agiert. Diese Ziffern können Postleitzahlen, Adressen, Amtsbezirksnummern oder Flurstücksnummern sein, die eine räumliche Gebietsgliederung in hierarchischer Form wiedergeben (Bill, 2010). Um den Raumbezug eines Objektes nutzen und auswerten zu können und es in das korrekte räumliche Verhältnis zu anderen Objekten zu setzen, werden in den Informationssystemen Geodaten benötigt. Von Zimmermann (2012) werden sogenannte Basismodelle der Geoinformatik beschrieben. Diese Modelle beschreiben den strukturellen Aufbau und die Funktionalität von Geodaten, mit denen die „Reale Welt“ in GIS abgebildet wird. Einen in diesen Modellen wichtigen Bestandteil stellen die raumbezogenen Komponenten dar, die aus geometrischen Figuren gebildet werden. Es wird dabei zwischen punktförmigen, linienförmigen, flächenhaften und Volumen-Objekten unterschieden. Daten, die keinen geometrischen Bezug besitzen, werden in der Geoinformatik auch als Sachdaten oder Attributdaten bezeichnet (Zimmermann, 2012).

Diese Sachdaten betrachtet Van Loenen (2006) aus Prozesssicht der Erstellung einer Karte, von *Data*, zu *Geographic data* als Link zur *Geographic reference*. Die Karte entsteht, wenn ein *visualisation model* auf *Geographic data* angewendet wird (Van Loenen, 2006).

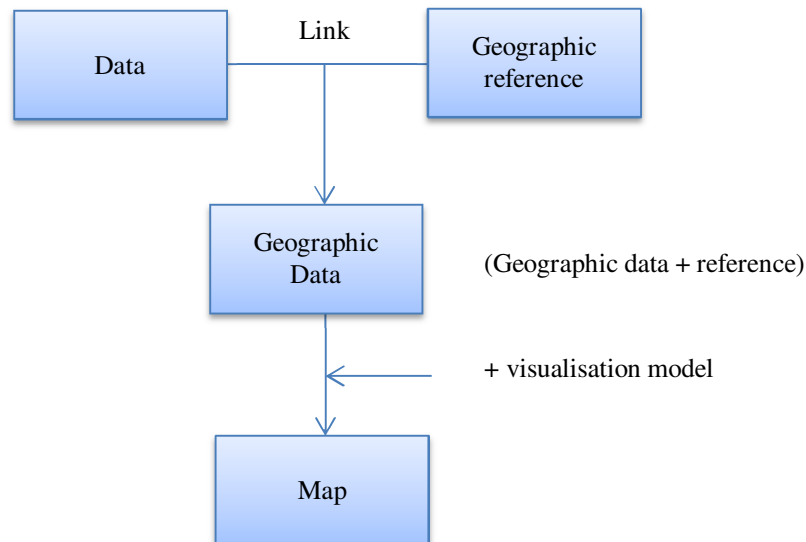


Abbildung 23: Prozess von den Daten zu einer Karte - die Rolle der Georeferenz (Van Loenen, 2006, S. 21)

Diese Trennung von *Data* und *Geographic reference* findet auch in den geografischen Formaten ihren Ausdruck. Beispielsweise benötigt eine rasterbasierte Tiff-Datei um referenziert werden zu können ein World-File mit den elektronischen Koordinaten des Raumbezuges. Ohne dieses World-File ist eine Verarbeitung und eine Weiternutzung in einem raumbezogenen Informationssystem nicht möglich. Selbiges gilt auch für die Denkmalliste in Textform, die als Sach-/ bzw. Attributdaten zu bewerten sind. Eine Denkmalkarte, in der alle Denkmäler über Punkte, Linien oder Flächen verortet und grafisch visualisiert sind, zählt zu den INSPIRE relevanten Schutzgebieten im Sinne des Annex I.

Diese Differenzierung zwischen beigefügten Daten (ohne Raumbezug) und Geodaten (mit direktem oder indirektem Raumbezug) wird nachfolgend auch ein wesentliches Unterscheidungsmerkmal sein, ob es sich bei umweltrelevanten Daten der Kommune nur um *Sachdaten* handelt, deren geometrisches Element nicht in GIS verwaltet wird. In Artikel 4 Absatz 4 der INSPIRE-Richtlinie (European Union, 2007) heißt es diesbezüglich:

„Diese Richtlinie schreibt nicht die Sammlung neuer Geodaten vor.“ (European Union, 2007, S. 5)

Daher ist die Differenzierung bei einer Neuerfassung von *Geodaten* (oder dem Geo-Bezug eines Elementes) wichtig, da die Neuerfassung für INSPIRE explizit nicht vorgeschrieben ist. Im Umkehrschluss kann festgestellt werden, dass Daten ohne (elektronische) Georeferenz (Sach- oder Attributdaten), auch wenn diese thematisch von INSPIRE betroffen sind, nicht in geometrische Figuren überführt werden müssen. Zudem muss in den Ausführungen auch klar differenziert werden zwischen organisatorisch, rechtlichen Parametern und den Parametern der technischen und semantischen Interoperabilität. Für die Bewertung sind auch diese Kriterien zu definieren.

4.3 Evaluierung der INSPIRE-relevanten Geofachdaten der Kommunen

Im Rahmen der Evaluierung bei Kommunen im Untersuchungsgebiet wurde definiert, welche Geofachdaten der Kommunen für die Europäische Geodateninfrastruktur INSPIRE konkret bereitzustellen sind. Hier wurde im Folgenden durch den Autor eine Bewertung der Geofachdaten durchgeführt, die es Kommunen ermöglicht, eine Aussage der INSPIRE-Betroffenheit abzuleiten. Letzteres ist für Kommunen besonders aufwendig, da zu jedem vorhandenen Datensatz auch eine rechtliche Bewertung durchgeführt werden muss. Dies ist notwendig, da für Geodaten der unteren Verwaltungsebenen deren Sammlung oder Verbreitung per Gesetz auf Bundes- oder Landesebene vorgeschrieben sein muss. In dem entsprechenden Paragraphen § 4 Abs.3 im LGDIG heißt es:

„Für Geodaten im Sinne des Absatzes 1, die bei einer öffentlichen Geodaten verarbeitenden Stelle auf der untersten Verwaltungsebene vorhanden sind oder für diese bereitgehalten werden, gilt dieses Gesetz nur, wenn deren Sammlung oder Verbreitung nach Bundes- oder Landesrecht vorgeschrieben ist.“ (Landtag Rheinland-Pfalz, 2010, S. 549)

Gleichzeitig wird im § 2 LDGIG definiert, für welche Behörden und Stellen das Geodateninfrastrukturgesetz gilt. Darin heißt es:

„Dieses Gesetz gilt für die Behörden des Landes, der Gemeinden und Gemeindeverbände sowie der sonstigen [...], soweit bei der Wahrnehmung ihrer öffentlichen Aufgaben Geodaten zugehen oder erhoben, gespeichert, genutzt, aktualisiert oder übermittelt werden und sie nicht in gerichtlicher oder gesetzgebender Eigenschaft handeln (öffentliche Geodaten verarbeitende Stellen)“ (Landtag Rheinland-Pfalz, 2010, S. 548)

Dies zusammen mit den Kriterien des § 4 Abs. 1 LGDIG bedeutet, dass Geodaten durch die Gemeinden und Gemeindeverbände bereitzustellen sind, wenn Geodaten und Geodatendienste:

1. *sich auf das Gebiet des Landes Rheinland-Pfalz beziehen,*
2. *in elektronischer Form vorliegen,*
3. *bei einer öffentlichen oder privaten Geodaten verarbeitenden Stelle vorhanden sind oder für diese bereitgehalten werden und*
4. *einen oder mehrere der Gegenstände nach den Anlagen 1 bis 3 betreffen.* (Landtag Rheinland-Pfalz, 2010, S. 549)

Sind die Bedingungen erfüllt, ist eine Bereitstellungspflicht der Kommunen gegeben.

Daher muss die wissenschaftliche Evaluierung der Geofachdaten auch diesen gesetzlichen Aspekt mitbetrachten. Dies ist auch für die Beurteilung der technischen Infrastruktur (Hardware, Netzwerk) entscheidend, da die Regelung § 4 Abs. 1, Nr. 3 LGDIG auch das Hosting von Geodaten auf Servern eines Dienstleisters beinhaltet. Wichtig ist auch die Bedingung, dass die Information immer in elektronischer Form vorliegen muss. Für den Anwendungsfall INSPIRE kann der Aufwand der Untersuchung dadurch reduziert werden. Die Untersuchung analoger Dokumente oder der Aktenarchive einer Kommune ist nicht erforderlich.

Methodisch wurde für die wissenschaftliche Untersuchung die *Vor-Ort-Begutachtung mit Erhebungsbogen* gewählt. Dieser ist als, der Arbeit beigelegt. An der Erhebung beteiligt waren sechs kommunale Gebietskörperschaften, zwei Oberzentren, zwei Mittelzentren, ein Grundzentrum sowie eine Kreisverwaltung in

Rheinland-Pfalz. Somit konnten alle Gemeindeebenen in der Untersuchung berücksichtigt werden. Zudem sollen Aussagen abgeleitet werden, welche Geofachdaten bei den Kommunen für INSPIRE bereitgestellt werden müssen. Für die Erhebung wurde nach definierten Kriterien durch den Autor ein Fragebogen erstellt, der die Eigenschaften jedes Geofachdatensatzes abfragt. Ziel war es, den Geodatensatz jeweils zu benennen, die Form der Datenhaltung (Raster, Vektor, Dokument), inkl. dem Geodatenformat z.B. Esri SHP, Mapinfo MIF, TAB oder das Rasterformat TIFF, JPG als Quelldatensatz für die INSPIRE-Bereitstellung zu erheben. Als weiteres wurde eine Kurzbeschreibung der Inhalte des Datensatzes erhoben, das verwendete Programm, ob Metadaten des Datensatzes vorliegen und auf Basis welcher gesetzlichen Grundlage der Datensatz erfasst wurde. Zudem wurde eine INSPIRE-Relevanz dokumentiert.

Forschungsprojekt Geo-Partizipation bei den Kommunen in Rheinland-Pfalz
 Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik, Hochschule Mainz,
 Lucy-Hillebrand-Straße 2, 55128 Mainz
 Prof.Dr.-Ing. Hartmut Müller, Tel: 09131 / 628 1438, Email: muelter@geoinform.hs-mainz.de
 Dipl.-Ing. Falk Würriehausen, Tel: 09131 / 628 1472, Email: wuerriehausen@geoinform.hs-mainz.de

Geofachdatenbestand (z. B. B-Plan, F-Plan, EWOIS, Ökotoxik, Biotoptkartierung, Gewerbeflächen, Statistiken, etc.):

Flächennutzungspläne

Art der Geofachdaten (z.B. Plan, Text, Tabelle, Sachtribute, Grafik, Punkte, Linien, Flächen etc.):

Plan und Text

Dokumente (analog, digital)

Art der Vorhaltung (z. B. XLS, PDF, DOC, analog):

Datenmenge Dokument (z. B. „2 Aktenordner“, „50 Dateien“):

Rasterdaten

Art der Vorhaltung (z. B. XLS, PDF, JPG, TIF, TIF+TFW):

Tiff

Datenmenge Raster (z. B. „50 Datensätze“):

ein Layer

Vektordaten

Datenformat (z. B. DXF, SHP, NAS, GML etc.) / Datenbank (Oracle, MS SQL Server, MySQL, PostgreSQL, etc.):

Caigos

Datenmenge Vektordaten (z. B. „50 Grafik-Dateien“, Tabelle / Datenbank: „2000 Datensätze“):

ein Layer im WebGIS, intern auch **Einzellayer**

Geben Sie eine **kurze inhaltliche Beschreibung des Datensatzes** (z.B. Statistiken zur Bevölkerungsentwicklung, etc.):

Flächennutzungsplan der Stadt Ludwigshafen, Stand 1999

Wie ist der **Raumbezug** gegeben (Anschrift / nur Straße, Hausnummer und Ort / Ortsnamen / Gemarkungsnamen / Flur, Flurstück / Koordinaten / textliche Beschreibung / etc.):

Plan

Eingesetzte **Software** zur Nutzung dieser Geofachdaten (z. B. ArcGIS, CAIGOS, AutoCAD, MS-Excel, Oracle, Micropro, etc.) Mehrfachnennungen möglich:

Caigos, FNP Fachschale

Erfassen oder pflegen Sie **Metadaten** zu den Geofachdaten? (z. B. Erstellungsdatum, Änderungsdatum, Ansprechpartner, Nutzungsrechte, Copyright, etc.):

bisher nicht vorhanden

Eingesetzte **Software** zur Nutzung der Metadaten (z. B. MS-Word, MS-Excel, GeoNetwork, TerraCatalog, etc.) Mehrfachnennungen möglich:

Word

Forschungsprojekt Geo-Partizipation bei den Kommunen in Rheinland-Pfalz
 Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik, Hochschule Mainz,
 Lucy-Hillebrand-Straße 2, 55128 Mainz
 Prof.Dr.-Ing. Hartmut Müller, Tel: 09131 / 628 1438, Email: muelter@geoinform.hs-mainz.de
 Dipl.-Ing. Falk Würriehausen, Tel: 09131 / 628 1472, Email: wuerriehausen@geoinform.hs-mainz.de

Gibt es eine **gesetzliche Grundlage**?
 Ja Nein Teilweise
 Falls ja, welche? (z. B. „BauGB“, „Landesplanungsgesetz“)
 §2, §6ff BauGB Flächennutzungsplan

Gibt es eine **INSPIRE Relevanz**?
 Ja Nein Teilweise
 Falls ja, zu welchem Thema? (z. B. „Bodennutzung“)
 III - Bodennutzung (PlannedLandUse)

Falls die Daten selbst erzeugt werden: Wer ist **zuständig** für die Daten? (z. B. „Referat Plänen und Bauen“)
 4-12 Stadtplanung

Falls die Daten nicht selbst erzeugt werden: Woher erhalten Sie die Daten? (z. B. VG, Planungsbüro, SGD, etc.)

Greifen **interne Stellen** auf den Datenbestand zu oder werden in Zukunft darauf zugreifen?
 Ja Nein Teilweise

Falls ja, welche internen Stellen? (z. B. „Referat / Fachbereich“)
 Raster, gesamte Verwaltung

Falls ja, welche Art der Bereitstellung? (z. B. WebGIS, DesktopGIS, Fileserver, etc.)
 Caigos

Geben Sie die Daten an **externe Stellen** ab bzw. werden Sie in Zukunft bereitstellen?
 Ja Nein Teilweise

Falls ja, an welche externen Stellen? (z. B. VG, Wirtschaft, Bürger, etc.)
 Nur hausintern einsehbar

Falls ja, welche Art der Bereitstellung? (z. B. CD, Download, WebMapService, GeoPortal, etc.)
 Wird z. Z. **nicht im Internet bereitgestellt**

Unterliegen die Daten dem **Datenschutz**?
 Ja Nein Teilweise

Falls ja, welche? (z. B. Personenbezogene Daten, Anschriften, etc.)

Gibt es **Zugangs- oder Nutzungsbeschränkung**?
 Ja Nein Teilweise

Falls ja, welche? (z. B. Lizenzen, Gebühren, interne Verwendung, keine Bearbeitung, etc.):
 Intern

Sonstige **Anmerkungen** (z. B. Bearbeitungsstand, Vollständigkeit, etc.):
 Neuaufstellung des Flächennutzungsplanes im Jahr 2015/2016
INSPIRE Identifiziert!!

Seite 3 von 102
6.3.2015
Seite 4 von 102
6.3.2015

Abbildung 24: Dokumentation des Geofachdatenbestandes, Beispiel eines Erhebungsbogens für Geofachdaten einer kreisfreien Stadt in Rheinland-Pfalz, eigene Erhebung (2014)

Weitere Erhebungsfragestellungen, die es zu beantworten gab, waren Fragen der Zuständigkeit innerhalb der Kommune oder ob es sich um einen Datensatz einer externen Stelle handelt. Die Verwendung der Daten wurde abgefragt, vorhandene Zugangs- und Nutzungsbeschränkungen (interne Verwendung, Lizenzen, etc.) oder auch Aspekte des Datenschutzes wie der Personenbezug erhoben. Zum Ende konnten weitere Anmerkungen zu jedem Datensatz gegeben werden, unter anderem zu Bearbeitungsstand und Vollständigkeit. Insgesamt wurden in der Untersuchung 144 Erfassungsbögen inklusive der kartografischen Darstellung dokumentiert. Bei der Auswertung der Bögen der Kommunen wurde der Erhebungsstand durch statistische Untersuchungen (vgl. Tabelle 7) erweitert.

Tabelle 7: Erhebungsstatistik der wissenschaftlichen Untersuchung zu den digitalen Geofachdaten in den Kommunen (tabellarisch), Stand: November 2014

	Stadtverwaltung Ludwigsh.	Stadtverwaltung Mainz	Stadtverwaltung Landau	Stadtverwaltung Idar-Oberstein	Kreisverwaltung Bad Kreuznach	Verbands gem. Arzfeld	Gesamtanzahl
Gesamtanzahl erhobener Geofachdaten, davon:	51 (100%)	35 (100%)	26 (100%)	12 (100%)	14 (100%)	6 (100%)	144 (100%)
Art der Vorhaltung (Dokumente, Rasterdaten, Vektordaten und Datenmenge)							
Dokumente	3 (6%)	5 (14%)	4 (15%)	3 (25%)	2 (14%)	5 (83%)	22 (15%)
Rasterdaten	6 (12%)	6 (17%)	4 (15%)	4 (33%)	1 (7%)	0 (0%)	21 (15%)
Vektordaten	44 (86%)	33 (94%)	24 (92%)	11 (92%)	13 (92%)	1 (16%)	126 (88%)
Gesetzlicher Auftrag (Bundes- oder Landesgesetz, INSPIRE-Thema und Zuständigkeit)							
Gesetzliche Grundlage	33 (65%)	15 (42%)	13 (50%)	7 (58%)	11 (78%)	6 (100%)	85 (59%)
INSPIRE-Relevanz	27 (53%)	24 (69%)	13 (50%)	6 (50%)	11 (78%)	6 (100%)	87 (60%)
Datenbereitstellung (intern, extern, Datenschutz- und Nutzungsbeschränkungen)							
Bereitstellung (intern)	43 (85%)	28 (80%)	26 (100%)	12 (100%)	10 (71%)	6 (100%)	125 (87%)
Bereitstellung (extern)	19 (37%)	23 (66%)	12 (46%)	9 (75%)	2 (14%)	3 (50%)	68 (47%)
Datenschutzbeschränkung	11 (22%)	3 (9%)	8 (31%)	0 (0%)	3 (21%)	4 (67%)	29 (20%)
Nutzungsbeschränkung	36 (71%)	16 (46%)	13 (50%)	3 (25%)	3 (21%)	1 (16%)	72 (50%)

Die Kriterien bilden zum einen die Gesamtanzahl der betrachteten Geofachdaten als Referenzwert, sowie die jeweilige Anzahl der Nennungen. An der Anzahl der erhobenen Geodaten und Dienste ist die Quantität der unterschiedlichen Geofachdaten ersichtlich, die bereits in einer Stadtverwaltung, Kreis- oder Verbandsgemeinde digital im GIS vorliegen. Zudem ist erkennbar, dass je größer eine Verwaltung ist, desto mehr Geofachdaten bereits digital vorhanden sind. Im Umkehrschluss lassen sich auch Rückschlüsse darüber geben, wie die Zusammenhänge von Größe einer Gemeindeverwaltung und der Nutzung von GIS zu bewerten sind. Daraus kann eine Aussage über den Stand der digitalen Geofachdaten im GIS einer Verwaltung abgeleitet werden. Für die INSPIRE-Identifizierung ist dies relevant, da gemäß § 4 Abs. 1 Nr. 2 LGDIG diese Geodaten auch durch die Gemeinden und Gemeindeverbände bereitzustellen sind, wenn Geodaten und Geodatendienste bereits in elektronischer Form vorliegen. Diese können auch prozentual aufbereitet werden, was eine relative Bewertung der Ergebnisse einzelner Kommunen zum Gesamtdurchschnitt ermöglicht. Zudem lassen sich Aussagen ableiten, wieviel Geodaten mit INSPIRE-Relevanz in den Kommunen vorkommen.

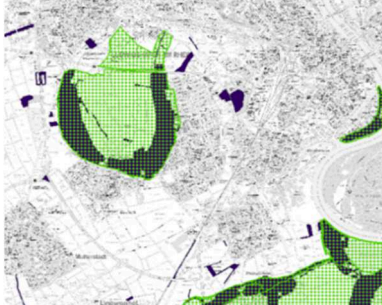

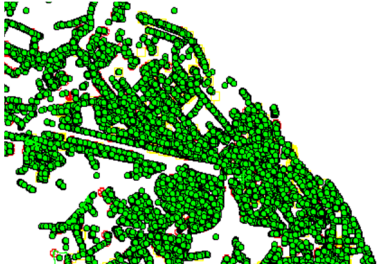


Die wissenschaftliche Untersuchung konnte nachweisen, dass Kommunen mit Geodaten vor allem einen gesetzlichen Auftrag erfüllen, welches bisher nicht in der Größenordnung (ca. 60 %) erkannt wurde. Eine ähnliche Größenordnung von 60 % findet sich bei vorhandenen Geodaten und Geodatendiensten mit INSPIRE-Relevanz nach Themen des Anhang I bis III wieder. Da allerdings erst die kombinierte Betrachtung von INSPIRE-Relevanz und gesetzlichem Auftrag zur Verpflichtung der Bereitstellung wird, ist auch hier eine Untersuchung zur *INSPIRE-Identifizierung* erfolgt. Wichtige Erkenntnisse konnten auch bezüglich der Art der Datenhaltung (Dokumente, Rasterdaten, Vektordaten und Datenmenge) gewonnen werden. Ein Beispiel ist, dass

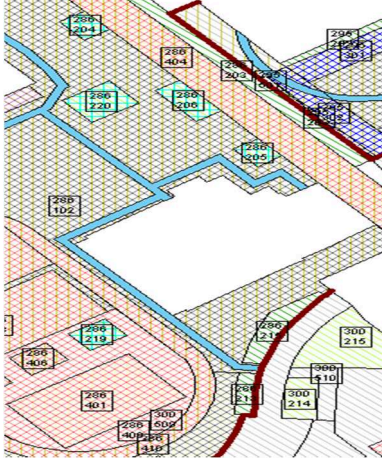


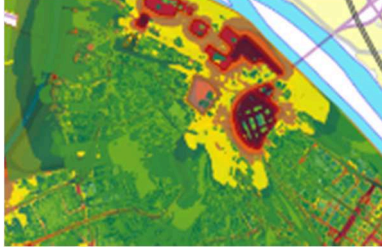
trotz vieler vorhandener Dokumente einer Kommune derzeit nur ca. 15 % im GIS verwaltet werden. Zudem ist auch für die Transformation wichtig, dass in der Untersuchung ca. 90 % der Daten im GIS als Vektordaten modelliert sind. Auch die Einzelauswertung der genutzten Programme und Datenformate ergab eine große Vielfalt bzw. große Datenmenge, aber auch eine sehr starke Heterogenität der Datenmodellierung. Kartografische Modelle eines Themas wie Feuerwehren oder Daten der Bauleitplanung sind sehr unterschiedlich durch die Kommunen umgesetzt. Letzteres spiegelt auch einen Forschungsschwerpunkt des Autors wieder, aus diesen unterschiedlichen Daten der Bauleitplanung über die Anwendung von XPlanung in Rheinland-Pfalz, eine Standardisierung von der Bauleit- bis zur Landesplanung zu erreichen (Müller & Würriehausen, 2013a).


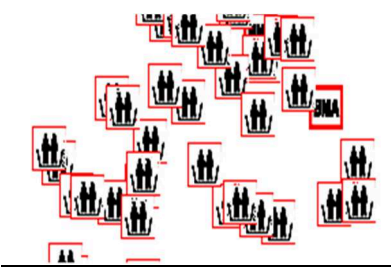



Des Weiteren konnte der Umfang der Datenbereitstellung (intern, extern, Datenschutz- und Nutzungsbeschränkungen) dokumentiert werden. Hervorzuheben ist, dass neben den zu berücksichtigenden Beschränkungen bereits jetzt sehr viele Geofachdaten extern über kommunale Geoportale für Bürger oder weitere Behörden bereitgestellt werden. Standards für Daten und Datenkommunikation unterstützen den Datenaustausch, wenngleich es einen Bedarf für die Berücksichtigung von Lizenzen und Nutzungsbeschränkungen auch für INSPIRE gibt. Zudem sollen aus dieser Erhebung auch Aussagen abgeleitet werden, welche Informationen meldepflichtige Daten im Sinne der INSPIRE-Richtlinie darstellen. Diese Ergebnisse der Erhebung (nach Themen) sind durch die Kommunen in Rheinland-Pfalz mit Metadaten zu beschreiben und – wenn kein Datenschutz bzw. Datensicherheit entgegenpricht – als öffentlicher Darstellungs- und Downloaddienst bereitzustellen (vgl. Tabelle 8).

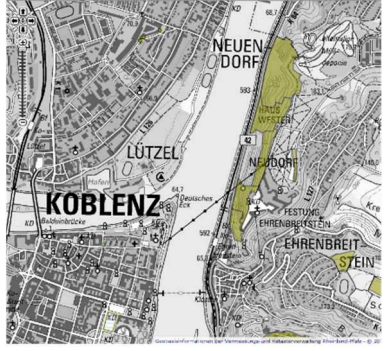



Tabelle 8: INSPIRE-Identifizierung, Ergebnis der Erhebung nach Anhang-Themen I bis III, eigene Auswertung

Anhang	Bewertung der INSPIRE-Relevanz für Geofachdaten im Untersuchungsgebiet	Datenauszug eines relevanten Geofachdatensatzes
Anhang I, 5. Adressen	<p><u>Geofachdaten:</u> Einwohner und Meldewesen, MESO, Adressverzeichnis, OSCI-XMeld, Meldeanschrift</p> <p><u>Gesetzl. Grundlage:</u> Meldegesetz, § 34 Melderegisterauskunft, OSCI-XMeld § 34 Abs. 3 MeldG vorgeschrieben</p> <p><u>Bemerkung:</u> Datenschutz</p>	
Anhang I, 7. Verkehrsnetze	<p><u>Geofachdaten:</u> Gemeindestraßen und Parkplätze, Parkzonen, Klassifiziertes Straßennetz, Nahverkehr, Bushaltestellen</p> <p><u>Gesetzl. Grundlage:</u> Nahverkehrsgesetz, Landstraßengesetz, untere Straßenbehörde, Straßenbaulast, Straßenreinigung und Widmung i.V.m. Verkehrssicherungspflicht</p>	
Anhang I, 8. Gewässernetz	<p><u>Geofachdaten:</u> Gewässer II. Ordnung und ggf. Badegewässer</p> <p>DigiWab und Wasserbuch</p> <p><u>Gesetzl. Grundlage:</u> Landeswassergesetz, unteren Wasserbehörde (§ 105 Abs. 1 LWG)</p> <p><u>Bemerkung:</u> Geometrie wird aus ATKIS übernommen (Originalversion)</p>	

Anhang	Bewertung der INSPIRE-Relevanz für Geofachdaten im Untersuchungsgebiet	Datenauszug eines relevanten Geofachdatensatzes
Anhang I, 9. Schutzgebiete	<p><u>Geofachdaten:</u> Landschaftsschutzgebiete, geschützte Landschaftsbestandteile, Naturdenkmal, Denkmalkataster</p> <p><u>Gesetzl. Grundlage:</u> Aufgaben der unteren Naturschutzbehörde, § 20, §22, §23 LNatSchG, sowie Aufgaben nach Denkmalschutzgesetz, Denkmalliste wird von der GDKE erstellt und geführt.</p>	
Anhang II, 1. Höhe	<p><u>Geofachdaten:</u> Höhenmodell, Höhenpunkte für Umweltschutz, Überschwemmungsgebiete, Vermessungswesen</p> <p>Dabei wird kein Nachweis der „Höhe“ gesetzlich nach Bundes- oder Landesrecht für Gemeinden gefordert. Der <u>gesetzlich Auftrag</u> liegt beim Vermessungs- und Katasterwesen (§ 9 LGVerm, Geotopografische Information; § 8 LGVerm, Vermessungstechnischer Raumbezug)</p>	
Anhang II, 2. Bodenbedeckung	<p><u>Geofachdaten:</u> Baumkataster, Baumkontrollen, Topografie, Grünflächen, Stadtplan</p> <p><u>Gesetzl. Grundlage:</u> Sicherheit und Ordnung, Verkehrssicherungspflicht (Baumkontrollen)</p> <p><u>Bemerkung:</u> Nur wenn nicht Objekte des Landschaftsmodells (ATKIS)</p>	
Anhang II, 3. Orthofotografie	<p><u>Geofachdaten:</u> Hochauflösende Orthofotos (10 cm), historische Luftbilder, Luftbildarchiv</p> <p><u>Gesetzl. Grundlage:</u> § 4 LGVerm Überlassung von Unterlagen und Unterrichtung über Maßnahmen (Übermittlungsverpflichtung, Anzeigepflicht)</p> <p><u>Bemerkung:</u> Datenschutzbelange bei hochauflösenden Luftbildern</p>	
Anhang III, 1. Statistische Einheiten	<p><u>Geofachdaten:</u> Statistische Einheiten der Gemeinden wie Wahlbezirke, Schulbezirke, kleinräumige Gliederung, Zensus, etc.</p> <p>Bereitzustellen wenn <u>gesetzliche Verpflichtung</u> nach Bundes- oder Landesrecht besteht z.B.</p> <p>§ 62 Abs.1 SchulG – Schulbezirke § 10 Abs.3 LWahlG - Einteilung in Stimmbezirke</p>	

Anhang	Bewertung der INSPIRE-Relevanz für Geofachdaten im Untersuchungsgebiet	Datenauszug eines relevanten Geofachdatensatzes
Anhang III, 2. Gebäude	<p><u>Geofachdaten:</u> Gebäudebewirtschaftung, geplante Gebäude, Gebäudepläne DXF, DWG, Gebäudemodelle, 3D Stadtmodelle, CityGML</p> <p><u>Gesetzl. Grundlage:</u> Gebäudeeinmessungspflicht, Gebäudeumring, Gesetzl. Auftrag liegt nur bei der Vermessungs- und Katasterverwaltung die Gebäude als Liegenschaftsinformation in ALKIS nachzuweisen</p> <p><u>Bemerkung:</u> Städtische Geodaten über Gebäude, Gebäudepläne oder Modelle, kein Auftrag nach Bundes- oder Landesrecht der Gemeinden in RLP</p>	
Anhang III, 3. Boden	<p><u>Geofachdaten:</u> Bodenschutzkataster, Bodeninformationssysteme Rheinland-Pfalz (BIS RP)</p> <p><u>Gesetzl. Grundlage:</u> § 9, § 10f f Landesbodenschutzgesetz, untere Bodenschutzbehörde (außer VAWS)</p> <p><u>Bemerkung:</u> Betreiber des Systems ist das LUWG</p>	
Anhang III, 4. Bodennutzung	<p><u>Geofachdaten:</u> Betrifft sowohl die tatsächliche Nutzung als auch die geplante Bodennutzung. Diese werden durch die kommunale Bauleitplanung in Bebauungsplänen und Flächennutzungsplänen festgesetzt.</p> <p><u>Tatsächliche Bodennutzung</u> (existing land use): Gesetzl. Auftrag liegt bei der Vermessungs- und Katasterverwaltung die tatsächliche Bodennutzung als Liegenschaftsinformation in ALKIS nachzuweisen</p> <p><u>Geplante Bodennutzung</u> (planned land use): Gesetzl. Grundlage: Baugesetzbuch Datenmodell: <u>XPlanung</u></p>	
Anhang III.5 Gesundheit und Sicherheit	<p><u>Geofachdaten:</u> Lärmkartierung (gemäß Umgebungslärmrichtlinie), Grundwasserpegel</p> <p><u>Gesetzl. Grundlage:</u> Wasserhaushaltgesetz Umgebungslärmrichtlinie, i.V.m. § 47e BImSchG</p> <p><u>Bemerkung:</u> In Zusammenhang mit Gesundheitsdaten</p>	

Anhang	Bewertung der INSPIRE-Relevanz für Geofachdaten im Untersuchungsgebiet	Datenauszug eines relevanten Geofachdatensatzes
<p>Anhang III, 6. Versorgungswirtschaft und Staatliche Dienste</p>	<p><u>Geofachdaten:</u> Geodaten zu Straßenbeleuchtung, der Abfallentsorgung (hier nicht: Deponien, vgl. Ziff. 11), öffentliche Verwaltung (Stadtverwaltung, Kreisverwaltung und Nebenstellen), Schulen und Krankenhäuser sind einzustellen. <u>Gesetzl. Grundlage:</u> u.a. § 76 SchulG Schulträger, § 67 Verarbeitung von Daten (Datenschutz), Kanalkataster (Abwasser), Trinkwasserversorgung § 46 LWG</p> <p><u>Katastrophenschutz</u> und Rettungsdienste: § 2ff LBKG Brand- und Katastrophenschutzgesetz <u>Feuerwehreinrichtung</u> (INSPIRE-identifiziert), Alarm- und Einsatzpläne sind Schutzgüter der öffentlichen Sicherheit (§ 12 Abs. 1 LGDIG)</p>	 
<p>Anhang III, 7. Umweltüberwachung</p>	<p><u>Geofachdaten:</u> Messstellen und Messungen der Umweltüberwachung von Schadstoffen (Luft, Boden, Wasserqualität, etc.) oder anderen Parametern des Ökosystems (Artenvielfalt, ökologischer Zustand etc.), Wasserentnahme auf Deponien</p> <p><u>Gesetzl. Grundlage:</u> Wasserhaushaltsgesetz, Bodenschutzgesetz</p>	
<p>Anhang III, 8. Produktions- und Industrieanlagen</p>	<p><u>Geofachdaten:</u> Heizöltank, Industrie- und Lageranlagen, Anlagen zum Umgang mit wassergefährdeten Stoffen, Betreiberdaten (ohne Altlasten, Umweltmessung), sowie Energieanlagen (ohne Energieversorgung, -potential)</p> <p><u>Gesetzl. Grundlage:</u> Anlagenverordnung - § 11 VAwS RP Anlagenkataster, sowie Genehmigungen</p>	
<p>Anhang III, 11. Bewirtschaftungsgebiete, Schutzgebiete, geregelte Gebiete und Berichterstattungs-einheiten</p>	<p><u>Geofachdaten:</u> Deponien, Kompensationsflächen</p> <p><u>Deponien</u> werden in der Definition des Anhangs explizit genannt. Diese, sofern in Trägerschaft der Landkreise und Gemeinden, sind vom Anwendungsbereich von INSPIRE erfasst.</p> <p>Für den Nachweis der Lage werden als Geotopografische Information die Daten des Landschaftsmodells in ATKIS verwendet. Objektart: AX_IndustrieUndGewerbeflaeche (IF) Deponie (oberirdisch) 2630 (G), Deponie (untertägig) 2640 (G)</p> <p>Der gesetzlich Auftrag liegt bei der Vermessungs- und Katasterverwaltung, i.V.m. § 4 Abs.4 LGDIG (Originalversion)</p>	

Anhang	Bewertung der INSPIRE-Relevanz für Geofachdaten im Untersuchungsgebiet	Datenauszug eines relevanten Geofachdatensatzes
	<p>Verzeichnis über Flächen der <u>Kompensation und Maßnahmen</u>,</p> <p>Führung des Kompensationsflächenkatasters in digitaler Form (§12 Abs. 2 LNatSchG), sowie diese dem Liegenschaftskataster mitzuteilen (§12 Abs. 3 LNatSchG), ALKIS Objektart AX_NaturUmweltOderBodenschutzrecht, Ausgleichs- oder Kompensationsfläche 1656</p>	
<p>Anhang III, 18. Lebensräume und Biotope</p>	<p><u>Geofachdaten:</u> Allgemeiner Schutz wild lebender Tiere und Pflanzen, Geodaten nach § 28 LNatSchG</p> <p><u>Bemerkung:</u> Es greift der § 12 Abs.2, Nr.7 LGDIG, Beschränkter Zugang auf Geodaten und Dienste, insbesondere die besonderen Schutzbestimmungen für bestimmte Gegenstände nach § 4 Abs.1 Nr. 4 (zum Beispiel Schutzgebiete, Lebensräume seltener Tier- und Pflanzenarten, Biotope).</p>	
<p>Anhang III, 20. Energiequellen</p>	<p><u>Geofachdaten:</u> Energieerzeugungsanlagen, Solaranlagen und Potentiale</p> <p>Solarpotentialkataster ist INSPIRE-relevant, es fehlt die gesetzliche Grundlage. Für den Fall, dass die Kreisverwaltungen Bioenergie-, Fotovoltaik-, Windenergie- sowie Geothermieanlagen genehmigt haben, greift die Ausnahme nach § 4 Abs. 3 LGDIG. Sofern die Städte und Kreise die Energieanlagen selbst betreiben, sind diese Daten für INSPIRE zugänglich zu machen.</p>	
<p>Anhang III, 21. Mineralische Bodenschätze</p>	<p><u>Geofachdaten:</u> Rohstoffabbau (Kiese, Sande) als untere Wasserbehörde zuständig. Für Genehmigungen greift die Ausnahme des § 4 Abs. 3 LGDIG.</p> <p><u>Bemerkung:</u> Für den Nachweis der Lage werden Daten des Landschaftsmodells in ATKIS verwendet, Objektart: AX_TagebauGrubeSteinbruch, sowie Geofachdaten beim Landesamt für Geologie und Bergbau (LGB) in Rheinland-Pfalz</p>	

Anhand dieser *wissenschaftlichen Untersuchung* nach Themen des Anhang I bis III lässt sich aufzeigen, dass sehr viele kommunale Geofachdaten eine INSPIRE-Relevanz nach Themen besitzen. Zudem werden auf der unteren Verwaltungsebene Geodaten in Form von Dokumenten, Raster- oder Vektordaten vorgehalten, die eine Sammlung oder Verbreitung nach Bundes- oder Landesrecht darstellt. Selbst wenn es wegen Datenschutz und

Datensicherheit keine öffentliche Bereitstellungsverpflichtung gibt, ist der beschränkte Zugang einzurichten. Der § 12 Abs. 2 LGDIG definiert dafür klar Beschränkungen, insbesondere die besonderen Schutzbestimmungen für bestimmte Gegenstände nach § 4 Abs. 1 Nr. 4 LGDIG (zum Beispiel Schutzgebiete, Lebensräume seltener Tier- und Pflanzenarten, Biotope). Dies betrifft allerdings nur die Darstellungs- und Downloaddienste, nicht aber die Verpflichtung zur Bereitstellung von Metadaten der Themen des Anhang I bis III.

Des Weiteren wird durch den Autor empfohlen, bei verschiedenen INSPIRE-Themen den subsidiären Datensatz als Quelldaten zu verwenden, da bereits auf Objekte der Lage aus ALKIS/ATKIS heraus oder auch die Fachverfahren selbst, eine Datenübermittlung begründen. Wichtig war hier zu erkennen, dass nicht nur die Sammlung sondern auch eine Übermittlungsverpflichtung, u.a. Ausgleichs- oder Kompensationsfläche (1656) in ALKIS-Objektart AX_NaturUmweltOderBodenschutzrecht gemäß § 12 Abs. 3 LNatSchG, die Bereitstellung von Darstellungs- und Downloaddiensten, inkl. Metadaten für INSPIRE rechtlich begründet. Dies gilt für alle öffentlich-rechtlichen Festsetzungen im Liegenschaftskataster nach Landesgesetz über das amtliche Vermessungswesen (LGVerm). Hier sind unter anderem Naturdenkmäler, Kulturdenkmäler oder auch die Denkmalzonen als öffentlich-rechtliche Festsetzung gemäß § 3 Abs. 3 LGVerm für das Liegenschaftskataster durch Kommunen mitzuteilen. Selbiges gilt wenn Kommunen hochauflösende Luftbilder (10 cm) als eigene Befliegung beauftragen. Hier besteht gemäß § 4 LGVerm eine Übermittlungs- sowie Anzeigepflicht an die Vermessungs- und Katasterverwaltung in Rheinland-Pfalz. Ähnliche Verpflichtungen gibt es auch im Bereich Umweltüberwachung, wie Messstellen auf Deponien oder die Lärmkartierungen nach Europäischer Umgebungslärmrichtlinie, die ebenfalls meldepflichtige Daten für INSPIRE darstellen.

Bei Betrachtung des Datenschutzes, der sonstigen Schutzbestimmungen oder der Anonymisierung, sind diese *INSPIRE-identifiziert*, und im Folgenden durch die Kommunen oder über ein zentrales Angebot (vgl. Prinzip der Subsidiarität) nach INSPIRE zu melden. Ein Beispiel bildet die organisatorische Regelung zur Bereitstellung der Daten des Denkmalkatasters über die Generaldirektion Kulturelles Erbe (GDKE) für Kommunen in Rheinland-Pfalz. Zudem wurde über die Kommunalen Spitzenverbände in Rheinland-Pfalz ein kommunaler Server eingerichtet, der Städten und Gemeinden eine Bereitstellung von Bauleitplänen für INSPIRE ermöglicht. Alleine aufgrund der Vielfalt der kommunalen Daten in Rheinland-Pfalz wird deutlich, dass kommunale Geo-Informationssysteme vielseitig eingesetzt werden.

4.4 Kriterien und Evaluierung von Geodateninfrastrukturen der Kommunen

Im Untersuchungsgebiet wurde im Rahmen der Dissertation in ausgewählten Kommunen zusätzlich der Status quo der Geodateninfrastrukturen bzw. der vorhandenen Geo-Informationssysteme erfasst (GIS-Check). Um diese Auswertung der kommunalen GIS bzw. der GDI durchzuführen, waren Kriterien zu definieren, die eine Vergleichbarkeit der Geodateninfrastrukturen ermöglichen. Der Autor wendet hier das neu entwickelte Modell einer kommunalen Geodateninfrastruktur unter Berücksichtigung der Komponenten der Interoperabilität an (vgl. Abbildung 22: Interoperabilität als Rahmen einer kommunalen Geodateninfrastruktur, eigene Entwicklung, Seite 77). Um im Gesamtzusammenhang den Status quo in der Verwaltung zu bewerten, wurden 23 Kriterien der GIS-Nutzung abgeleitet (vgl. Tabelle 9) und der jeweilige Stand der Einführung wissenschaftlich erhoben.

Diese wurden erneut in Vor-Ort-Begutachtungen bei den bereits genannten Kommunen im Untersuchungsgebiet angewendet. Mit diesen in der Tabelle 9 dargestellten Kriterien kann sichergestellt werden, dass eine Einführung

im Sinne der INSPIRE-Interoperabilität bewertet werden kann. In dem Interoperabilitätsmodell des Autors (vgl. Abbildung 22, Seite 77) werden technische Komponenten wie *Server* und *Netzwerk* aber auch die organisatorischen Rahmenbedingungen, wie der *Politische Kontext* sowie *Rechtliche Regelungen* berücksichtigt. Die *IT Governance of interoperability* ist durch Komponenten der IT-Steuerung über den Finanz- und Personalbedarf für GIS berücksichtigt. Die *Geobasisdaten*, *Geofachdaten*, *Metadaten* sind nicht nur digital zu verwalten sondern auch die *Auskunft* für Nutzer (engl. People) zu ermöglichen. Auch die Komponente der *Implementation of interoperability* ist über die Anbindung und Bereitstellung von *WebDiensten* für Verwaltung und Bürger berücksichtigt.

Tabelle 9: 23 Kriterien der GIS-Nutzung, abgeleitet aus Modell einer kommunalen Geodateninfrastruktur, Erhebungsergebnis in einer Stadtverwaltung, Stand November 2014

	Nicht vorhanden	Komponente geplant	Teilweise vorhanden	Vollständig eingeführt
Personal GIS (Abteilung Geoinformation)				X
Finanzen GIS (Ausbau und Betrieb sichergestellt)				X
Geobasisdaten (digital)				X
Geofachdaten (digital)				X
Metadaten (digital)		X		
Auskunft Geobasisdaten (abteilungsübergreifend)				X
Auskunft Geofachdaten (abteilungsübergreifend)				X
Auskunft Metadaten (abteilungsübergreifend)		X		
Standards (XPlanung)	X			
Hardware (GIS-Server)				X
Netzwerk (GIS-DMZ)				X
Software CAD (Erfassung)				X
Desktop GIS (Erfassung)				X
Mobiles GIS (Erfassung)		X		
Anbindung Fachprozesse (Bauanträge, etc.)	X			
Anbindung Politik (Ratsinformation, etc.)	X			
Organisatorische und rechtliche Regelungen (Nutzungsbedingungen)			X	
Anbindung Web-Dienste (WFS, WMS, CSW)			X	
<i>Bereitstellung Web-Dienste (INSPIRE)</i>	X			
WebGIS (Intranet)				X
GeoPortal (Internet)				X
GeoPartizipation (Internet)		X		
GeoGovernment (Internet)		X		

In Abgrenzung zu den IT-Services, stehen die Komponenten auf der syntaktischen und semantischen Ebene, die mit GIS/CAD basierend auf semantischen Modellen (XPlanung) die zentrale Komponente einer kommunalen GDI bilden. Die Geo-Informationssysteme lassen sich auch in verschiedene Ausbaustufen unterscheiden, wie *DesktopGIS*, *WebGIS* im Intranet, *Geoportal* im Internet oder auch ein *Mobiles GIS*. Zudem kann eine Erfassung von Geodaten über eine *CAD-Software* erfolgen, die in dem Modell mitberücksichtigt wird. Erweitert man zudem die Funktionen in Sinne einer Transaktion für Bürger, kann die *Geo-Partizipation* als Beteiligungsinstrument berücksichtigt werden. Selbiges gilt für *Fachprozesse und Politik*, die das Modell eines kommunalen *Geo-Government* im Internet vervollständigt. Aus einer Gesamtauswertung der untersuchten Kommunen lassen sich zudem Aussagen ableiten, die eine strukturierte Entwicklung einer Geodateninfrastruktur aus Sicht der Kommunen aufweist. Hierzu wurde eine Punktbewertung der Komponenten je nach Einführungsgrad durchgeführt (0 = nicht vorhanden, 1 = geplant, 2 = tlw. vorhanden, 3 = vollständig eingeführt).

Tabelle 10: Modalwertuntersuchung als Methodik zur strategischen Bewertung der Einführung von kommunalen Geodateninfrastrukturen

	ANZAHL	ANZAHL	ANZAHL	ANZAHL	SUMME	RLP	
	0	1	2	3		Mittelwert	Modalwert
Personal GIS	0	0	2	4	6	2,7	3
Finanzen GIS	0	0	2	4	6	2,7	3
Basisdaten digital	0	0	0	6	6	3,0	3
Fachdaten digital	0	1	2	3	6	2,3	3
Metadaten digital	1	3	2	0	6	1,2	1
Auskunft Basisdaten	0	0	1	5	6	2,8	3
Auskunft Fachdaten	0	1	0	5	6	2,7	3
Auskunft Metadaten	1	4	1	0	6	1,0	1
Standards XPlanung	4	1	1	0	6	0,5	0
Anforderung Hardware	0	0	1	5	6	2,8	3
Anforderung Netzwerk	1	0	2	3	6	2,2	3
Software CAD	2	0	0	4	6	2,0	3
Desktop GIS	0	0	1	5	6	2,8	3
Mobiles GIS	1	2	1	2	6	1,7	3
Anbindung Fachprozesse	2	2	2	0	6	1,0	1
Anbindung Politik	4	1	1	0	6	0,5	0
Organisatorische und rechtliche Regelungen	1	0	4	1	6	1,8	2
Anbindung Web-Dienste	1	0	5	0	6	1,7	2
Bereitstellung Web-Dienste INSPIRE	1	3	2	0	6	1,2	1
WebGIS Intranet	0	0	2	4	6	2,7	3
GeoPortal Internet	1	1	1	3	6	2,0	3
GeoPartizipation Internet	0	5	1	0	6	1,2	1
GeoGovernment Internet	3	3	0	0	6	0,5	0

Der Auswertung methodisch zugrunde gelegt wurde eine *Modalwertberechnung*, bei der nach Anzahl der Häufigkeiten der Nennungen, eine strategische Bewertung über das GIS-Potential abgeleitet werden soll. Aus der Tabelle 10 wird ersichtlich, welche Komponenten bei den sechs Pilotkommunen vollständig eingeführt sind (siehe Spalte Anzahl 3, vollständig eingeführt) und wo es kommunenübergreifende Potentiale für (gesteuerte) Maßnahmen gibt (Spalte Anzahl 0 und 1, nicht vorhanden oder geplant). Die Gesamtauswertung der Häufigkeit der Nennungen (siehe Spalte Anzahl) und die Berechnung des Modalwertes (siehe Spalte Modalwert) kann aufzeigen, dass auf Basis einer wissenschaftlichen Bewertung des Einführungsgrades auch strategische Handlungsempfehlungen gegeben werden können. Es kann anhand der Anzahl nicht vorhandener oder geplanter Komponenten (siehe Modalwert 0 und 1) empfohlen werden, das Thema Metadaten, den Standard XPlanung, die Anbindung der Politik und Fachprozesse sowie die Bereitstellung von WebDiensten für INSPIRE durch einen wissenschaftlichen Beitrag zu unterstützen. Zudem bietet die Semantik, die Geo-Partizipation und Geo-Government konkrete Entwicklungsansätze für Kommunen, die durch den Autor im Folgenden näher beschrieben werden.

4.5 Entwicklungsansatz eines Semantischen GIS in der GDI für Kommunen

Basierend auf den Erkenntnissen der *Evaluierung von kommunalen Geodateninfrastrukturen* im Untersuchungsgebiet wird in der Arbeit ein Ansatz vorgestellt werden, wie und mit welchen Maßnahmen ein modellbasiertes, semantisches GIS in der GDI für Kommunen aufgebaut werden kann. Hier ist zunächst zu beschreiben, was ein solches System ist und wie dieses in eine GDI integriert werden kann. Unter einem *Semantischen GIS* (engl. Semantic GIS) wird ein modellbasiertes Geo-Informationssystem verstanden, das unter Anwendung der Semantik (vgl. Kapitel 3. Technologien des Wissensmanagements und der Semantik) den Austausch und die Integration organisationsübergreifender Geodatenbestände auf kommunale Ebene ermöglicht. Bisher fehlen häufig solche Modelle, die eine einheitliche Anwendung lokaler Daten in einem GIS ermöglicht. Dies wird bei semantischen GIS über semantische Modelle realisiert.

Zudem soll in Anlehnung an den Begriff des E-Government eine Definition von *Geo-Government* in Verwaltungen gegeben werden, die auf Definitionen zur Interoperabilität sowie des Modells aus Abbildung 22 beruhen. Hierunter werden im Folgenden die E-Government-Prozesse subsumiert, bei denen der Raumbezug eine wichtige bzw. entscheidende Rolle spielt. Den zentralen Baustein im (Geo-)Government bilden die Geo-Informationssysteme (GIS), die es ermöglichen Geodaten zu erfassen, zu verwalten, zu analysieren und zu präsentieren. Über IT-Steuerung können Ressourcen, Prozesse und Standards für Geodaten, Metadaten, Datenkommunikation sowie semantische Modelle eingeführt werden, die Interoperabilität ermöglichen. Durch Einbindung der Politik, einer Produkt- und Dienstorientierung der Verwaltung, sowie unter Beachtung organisatorischer und rechtlicher Regelungen, können Bürger an Prozessen mit Raumbezug teilhaben. Zu nennen wären Prozesse für Bauen und Planung, der Umwelt, Kultur und Demografie, der Daseinsvorsorge mit Kindergärten, Schulen, Krankenhäusern und weiteren Diensten, die über den Raumbezug verwaltet, analysiert und mit Geoinformation präsentiert werden können.

Mit der *Implementierung der Interoperabilität* über interoperable Geo-Dienste wird für weitere Behörden, die Wirtschaft und den Bürger der Zugang zu diesen Geoinformationen der Verwaltung ermöglicht. Aus diesem Entwicklungsansatz für Geo-Dienste der kommunalen und staatlichen Verwaltungen kann bessere Bürger-

orientierung erreicht werden, die darauf ausgerichtet ist, einen einfachen Zugang zu Geodaten der Verwaltung zu ermöglichen. Eine Open-Data-Strategie kann helfen, den Ansatz des Geo-Government für Bürger und Verwaltung zu verwirklichen. Im Folgenden wird diese Definitionen in einem Modell eines *Geo-Government für Bürger und Wirtschaft* grafisch dargestellt. In Anlehnung an die Abbildung 22 auf Seite 77, wurde das Modell für die Anwendung in Deutschland übersetzt und der Begriff wie Regelung, E-Government, sowie der Begriff „Geo“-Daten verwendet.

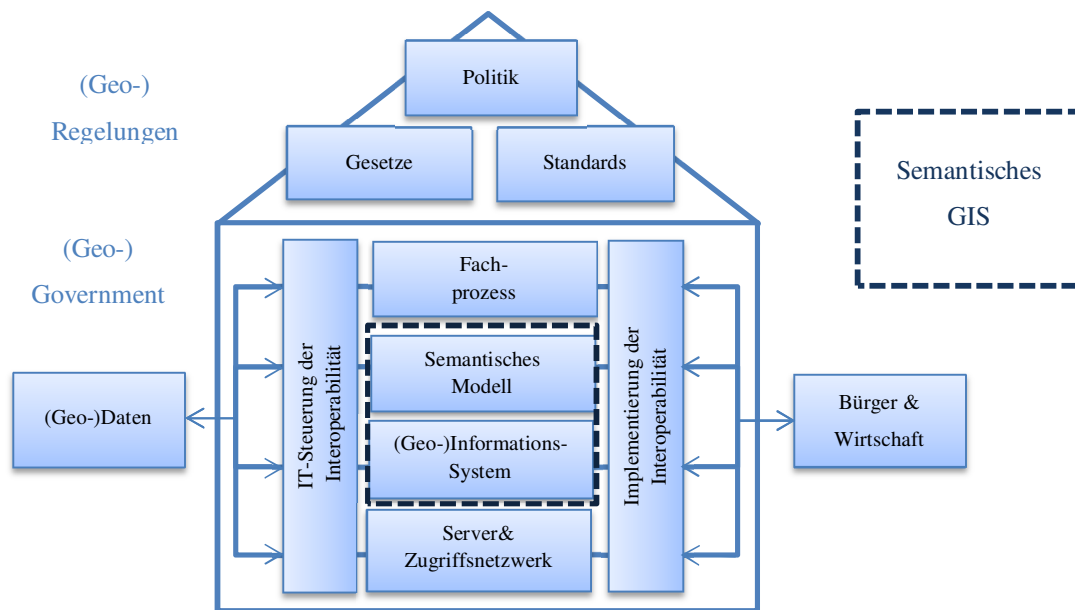


Abbildung 25: Einordnung des „Semantischen GIS“ in das Organisations-Modell GDI in Kommunen, eigene Entwicklung

Neben den bereits beschriebenen Komponenten des *Semantischen Modells* und des *Geo-Informationssystems*, die es ermöglichen ein *Semantisches GIS* aufzubauen, sind die Anforderungen des Bürgers, der Verwaltung und der Wirtschaft bei der Implementierung zu berücksichtigen. Hier soll das Ziel der Benutzbarkeit, der Funktionalität, der Effizienz und der Verfügbarkeit mit Geo-Government erreicht werden. Aus Sicht der Verwaltung soll mit Geo-Government eine Vereinfachung des Datenaustausches von Geodaten sowie die interne und externe Datennutzung durch Implementierung der Interoperabilität ermöglicht werden. Dies führt zu einer Beschleunigung der Verwaltungsprozesse, da die Belange von zu beteiligenden Stellen effizienter online eingeholt werden können. Zudem kann die Abgabe und Visualisierung von umweltrelevanten Fachdaten durch standardisierte Web-Services den Aufbau von Sekundärdatenbeständen in Verwaltungen reduzieren.

Durch die Bereitstellung von umweltrelevanten Geodaten der Kommunen über Geoportale können diese zukünftig durch jedermann online genutzt werden. Planübergreifende Recherche nach geometrischen und semantischen Kriterien über Web-Services sollen ermöglicht und damit in Geschäftsprozessen von Unternehmen und den Lebenslagen von Bürgern angewendet werden. Durch einfachen Zugriff und Verfügbarkeit werden Investitionsmaßnahmen beschleunigt, da wirtschaftliche entscheidungsrelevante Geoinformationen elektronisch abgerufen werden können.

4.6 Rolle der semantischen Modelle bei der INSPIRE-Umsetzung

In den vorangegangenen Abschnitten wurde definiert, wie INSPIRE-Interoperabilität als Modell beschrieben werden kann. Daraus wurden Anforderungen auf den verschiedenen Ebenen definiert, die zur vollständigen Implementierung der Interoperabilität von der lokalen Ebene bis hin zu INSPIRE notwendig sind. Im Wesentlichen lassen sich vier Hauptkategorien in allen Modellen nachweisen, die im Geodatenmanagement berücksichtigt werden müssen. Zudem sind, im Sinne einer Beschreibung durch Metadaten, entsprechende Kategorisierungen notwendig, die als INSPIRE-Profil bereitzustellen sind. Die Kategorisierung der Interoperabilität ist notwendig um die *semantischen Parameter* des Anwendungsschemas von den technischen bzw. syntaktischen Parametern zu unterscheiden. Ziel ist es, die semantischen und syntaktischen Parameter für Ausgangsdaten der Kommunen und die korrespondierenden Zieldatenmodelle in INSPIRE zu definieren.

Hier ist zu untersuchen, ob und in welcher Form Anwendungsschemata vorliegen. Vor allem die Ausgangsdatenbestände im Untersuchungsgebiet (vgl. Abschnitt 4.3, Seite 81) weisen eine hohe Heterogenität auf, die in dem Modellkonzept Berücksichtigung finden muss. Im Rahmen der Literaturrecherche zum Stand der Wissenschaft wurden in den Arbeiten von Staub (2009), Fichtinger (2011), Reitz & Templer (2012) bereits Modelltransformationen dargelegt und beschrieben. Die Neuheit ist dabei nicht, eine Methodik zur Transformation neu zu entwickeln, sondern diese im Kontext eines heterogenen kommunalen Ausgangsdatenbestandes anzuwenden. Dabei stoßen viele Grundideen an die Grenzen der Möglichkeiten, wenn man voraussetzt, dass Transformationen auf kommunale Modelle angewendet werden müssen. Hinzu kommt, dass Modellbeschreibungssprachen oder Datenmodelle wie sie mit XPlanGML für die Modellierung der Bauleitplanung vorhanden sind, eher eine Ausnahme kommunaler Geodaten darstellt.

Für viele verschiedene Dateiformate wie Shp, Mif oder PostgreSQL/PostGIS-Datenbanken sind Regeln zu erstellen, die jeweils individuell für das korrespondierende INSPIRE-Datenmodell abgeleitet werden müssen. Daher wird folgendes Vorgehen für umweltrelevante Geofachdaten präferiert und im Rahmen der Arbeit konsequent verfolgt:

- 1) Vorhandene digitale *GIS-Datenbestände* sind auf syntaktischer Ebene zu dokumentieren, wenn ein Datenbankschema als Ausgangsdatenmodell erkannt wurde.
- 2) Werden Geodaten in semantischen Modellen präsentiert, wie es mit dem AFIS-ALKIS-ATKIS-Modell für Geobasisdaten oder *XPlanGML* für Daten der Bauleitplanung vorhanden ist, sollen Modelltransformationen auf Basis von Diensten entwickelt werden.
- 3) Sind keine oder nur inhomogene Datenbestände im Einsatz, sollen die INSPIRE-Spezifikationen direkt auf Datenebene angewendet werden. Voraussetzung ist, das *nationale Codelisten* für die Themen der kommunalen Ebene abgestimmt vorliegen.

Um eine Bewertung der einzelnen Thesen vorzunehmen, wurden Anwendungsstudien zum Nachweis der verschiedenen Thesen durchgeführt und jeweils Vorschläge für die Implementierung gegeben.

4.6.1 Anwendungsstudie „GIS-Datenbestände“

Am ersten Anwendungsfall eines auf Datenbankebene oder auch Dateiebene repräsentierten *GIS-Datenbestandes* soll untersucht werden, welche Voraussetzung ein GIS-Datenbestand haben muss, um mit den

INSPIRE-Anforderungen kompatibel zu sein. Dieser Anforderungskatalog wird in der Implementierungsrichtlinie Nr. 1089/2010 (Europäische Kommission, 2010b) sowie in den technischen Leitfäden (European Commission, 2014f) formuliert, die bei der Umsetzung von INSPIRE-Datenmodellen über ein offenes Format Anwendung findet. Der Autor wird aufzeigen, wie ein in der kommunalen Praxis vorhandener Datenbestand mit einfachen Mitteln in einen INSPIRE-kompatiblen Datenbestand konvertiert werden kann. Entsprechende Arbeiten dazu finden sich von Staub (2009) oder Fichtinger (2011) die jeweils die Transformation unterschiedlicher Daten in Europa bewerten. Wichtig ist festzustellen, dass nicht nur in den Ländern der Europäischen Gemeinschaft eine Heterogenität vorzufinden ist, sondern auch innerhalb eines Bundeslandes. Betrachtet man kommunale GDI als die Basis der GDI-RP mit 24 Kreisverwaltungen, den 12 Kreisfreien Städten oder den 149 Verbandsgemeinden (Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz, 2014) zeigt sich, dass unterschiedliche semantische und syntaktische Daten vorliegen (vgl. Abschnitt 4.3, Seite 81). Dabei verstärken GIS-Dateiformate unterschiedlicher Hersteller auch innerhalb einer Stadt- oder Kreisverwaltung die Heterogenität in den Daten.

Es ist daher in der Anwendungsstudie *GIS-Datenbestände* zu diskutieren, ob eine einheitliche Basis der unterschiedlichen Formate gefunden werden kann. Zudem ist zu evaluieren, welche Formate in den Kommunen verwendet werden. Sie definieren zudem das Quellschema in der Transformation nach INSPIRE-Datenspezifikation (European Commission, 2014a) und sind daher detailliert zu untersuchen. Durch Vor-Ort-Untersuchungen konnte erkannt werden, welche Geofachdaten in den Kommunen vorhanden sind und welche Anwendungsschemata angewendet werden. Diese wurden im Rahmen der Untersuchung zu Entwicklungsansätzen der semantischen Interoperabilität (vgl. 4.5 Entwicklungsansatz eines Semantischen GIS in der GDI für Kommunen) sowie (Abschnitt 4.3, Seite 81) evaluiert. Am Beispiel der Evaluierung der Geodatenbestände in der Stadtverwaltung Mainz soll aufgezeigt werden, wie vielseitig Datenformate vorhanden sind und mit welchen Systemen die Daten erzeugt werden. Diese Softwareprodukte sind Mapinfo⁹, ArcGIS¹⁰, FME¹¹, Caigos¹², Mapbender¹³, Fachprogramme wie Tenado Trafic¹⁴, VectraCAD¹⁵ sowie CAD-Software auf AutoCAD¹⁶ Basis, wie LandCAD¹⁷ oder AutoCAD Map3D¹⁸. Eine Geodatenverarbeitung zur Erfassung von Geodaten ist daher umfangreich in der Stadtverwaltung eingeführt.

Erkennbar ist, dass aufgrund der Vielzahl von Systemen mit teilweise identischen Funktionen sehr unterschiedliche nicht kompatible GIS-Formate existieren, die über Schnittstellen wie:

- DXF, DWG als Autocad-Format,
- MBX, MIF, TAB als Mapinfo-Format,
- NAS, WMS als amtliches Format,
- SHP, MXD als ArcGIS-Format sowie
- PGR, PMF als Caigos-Format

⁹ Das Geo-Informationssystem MapInfo Professional der Pitney Bowes Software GmbH

¹⁰ Das Geo-Informationssystem ArcGIS der ESRI Unternehmensgruppe

¹¹ Das Programm Feature Manipulation Engine, FME der Firma Safe Software Inc. aus Surrey, Kanada

¹² Das Geo-Informationssystem CAIGOS-GIS, der Firma CAIGOS GmbH aus Kirkel, Deutschland.

¹³ Das Open-Source Content Management System für Kartenanwendungen und Dienste, Mapbender.

¹⁴ Die Software für das Verkehrswesen, Tenado Trafic der Tenado GmbH aus Bochum, Deutschland

¹⁵ Die Software Vectorworks CAD von Nemetschek

¹⁶ Die CAD-Software AutoCAD der Autodesk Foundation

¹⁷ Die AutoCAD und BricsCAD Applikation für Planung, WS LandCAD von Widemann Systeme aus Wiesbaden, Deutschland

¹⁸ Die Software AutoCAD Map3D der Autodesk Foundation

unterschiedliche Syntaktik und Semantik in den Daten erzeugen, die innerhalb der Stadtverwaltung mittelfristig abzubauen sind. Zudem werden standardisierte Schnittstellen, wie XPlanGML, oder auch der Austausch von Metainformationen in XML (noch) nicht unterstützt. Aber diese Vielzahl vorhandener Daten alleine in der Stadtverwaltung Mainz zeigt auf, welche differenzierte Syntaktik bei der Studie berücksichtigt werden muss.

Aufgrund des weitreichenden Fortschrittes in der Geodatenverarbeitung stellt es aktuell kein großes Problem mehr dar, diese Formate auf syntaktischer Ebene in ein offenes GML-Format zu überführen. Hierbei gibt es vorhandene OpenSource Tools wie GDAL¹⁹, bei der derzeit 80 Vektorformate wie ESRI Shapefile, ESRI ArcSDE, ESRI FileGDB, MapInfo (tab and mid/mif), GML, KML, PostGIS, Oracle Spatial, GeoPackage sowie 135 Rasterformate unterstützt werden. Zudem sind Tools vorhanden wie `ogrinfo` oder `ogr2ogr`, die Simple Features zwischen verschiedenen GIS-Dateiformaten konvertieren. Ein Beispiel zeigt die Konvertierung eines Shape-File in ein GML mit `ogr2ogr`

```
ogr2ogr -f "GML" naturschutz.gml data/naturschutz.shp naturschutz
```

Zudem haben einige Softwarelösungen auch Export-Funktionen, bei der beispielsweise aus QGIS²⁰ heraus ein GML-File exportiert werden kann. Anders können auch Shape- oder DXF-Daten in die Programme importiert werden. In FME können diese unterschiedlichen Quelldatenformate ebenfalls importiert und für die semantische Transformation (Vergleich nachfolgenden Abschnitt XPlanung) weiterverarbeitet werden. Auch wenn mit den Tools zur Konvertierung ein Problem der Kompatibilität zu INSPIRE-GML gelöst ist, bleiben die semantischen Unterschiede in den Daten selbst erhalten. Es ist daher notwendig, nicht nur die Definition eines offenen Formates, sondern auch ein Anwendungsschema abzuleiten, welches als Ausgangsmodell für eine INSPIRE-Transformation verwendet werden kann.

4.6.2 Anwendungsstudie „XPlanung“

In dieser Anwendungsstudie zu XPlanung soll untersucht werden, ob ein Anwendungsschema einen Mehrwert für die Transformation nach INSPIRE bietet. XPlanung mit seinem Standard „XPlanGML“ ist ein offenes, XML-basiertes Datenaustauschformat, das auf GML3 aufbaut, dem erweiterbaren Standard für raumbezogene Daten, entwickelt vom OGC und dem ISO TC211. XPlanGML orientiert sich technisch am ALKIS/NAS-Standard für Geobasisdaten, eine Kompatibilität ist somit gegeben.

Im *XPlanGML-Anwendungsschema* gibt es die an das AAA-Basisschema angelehnte abstrakte Basisklasse „XP_Plan“ für Pläne, von der alle konkreten Klassen von Fachplänen abgeleitet sind. In dieser Klasse werden alle Planinhalte modelliert, die sich keinem bestimmten Bereich zuordnen lassen oder in allen Plänen existiert. Dazu gehören z.B. die Geometrie des räumlichen Geltungsbereichs oder auch allgemeine Angaben wie Planname, Nummer oder Verweise auf verschiedene Dokumente (Begründungen, Umweltbericht) und textliche Festsetzungen.

Der Autor arbeitet seit dem Jahr 2008 an der *Entwicklung des Standard XPlanGML* 3.0, 4.0, 4.0.1, 4.0.2 sowie der aktuellen Version 4.1 aktiv mit. Durch die aktive Beteiligung in der AG Modellierung und AG kommunale Implementierung des Projektes XPlanung im Rahmen von Deutschland-Online, Vorhaben Geodaten, konnte der

¹⁹ Die GDAL - Geospatial Data Abstraction Library

²⁰ Das freie Geo-Informationssystem QGIS (ehemals Quantum GIS)

Austausch von „Landesebene“ zur Initiative auf „Bundesebene“ sichergestellt werden. Das Modell konnte unter Mitwirkung des Autors entwickelt werden, auf dessen Grundlage in Deutschland Planwerke der kommunalen Bauleitplanung produkt- und plattformunabhängig erstellt und verarbeitet werden können. In der Modellierung sind die bestehenden Vorgaben des Baugesetzbuches (BauGB), der Baunutzungsverordnung (BauNVO) und der Planzeichenverordnung (PlanzV90) EDV-technisch so umgesetzt, dass verschiedene IT-Systeme problemlos miteinander Plandaten austauschen können.

Die *fachplanerischen Inhalte*, die spezifisch nur für den jeweiligen Plan gelten, werden in BP_Plan für Bebauungspläne, FP_Plan für Flächennutzungspläne, RP_Plan für Regionalpläne oder LP_Plan für Landschaftspläne abgespeichert. Selbiges Vererbungsschema gilt auch für Plan-Bereiche (XP_Bereich) und Plan-Objekte (XP_Objekt), die jeweils die konkreten Festsetzungen des Planes (BP_Objekt, etc.) oder den Geltungsbereich definieren und die Objekte z.B. über ein verknüpftes Symbol präsentieren. Die Komplexität des deutschen Planungsrechts ist nicht nur an diesem XPlanGML-Anwendungsfall ersichtlich, sondern auch bei Blick in die insgesamt rund 70 Seiten umfassende Spezifikation des XPlanGML-Datenmodells der Version 4.1.

Für vorhandene *Rasterpläne der kommunalen Verwaltungen* wurde ebenfalls ein Modellierungsschema (XP_RasterplanBasis, XP_RasterplanÄnderung) entwickelt, das heißt auch der Anwendungsfall „Rasterplan“ ist in XPlanGML modelliert (siehe auch nachfolgende Abbildung 26).

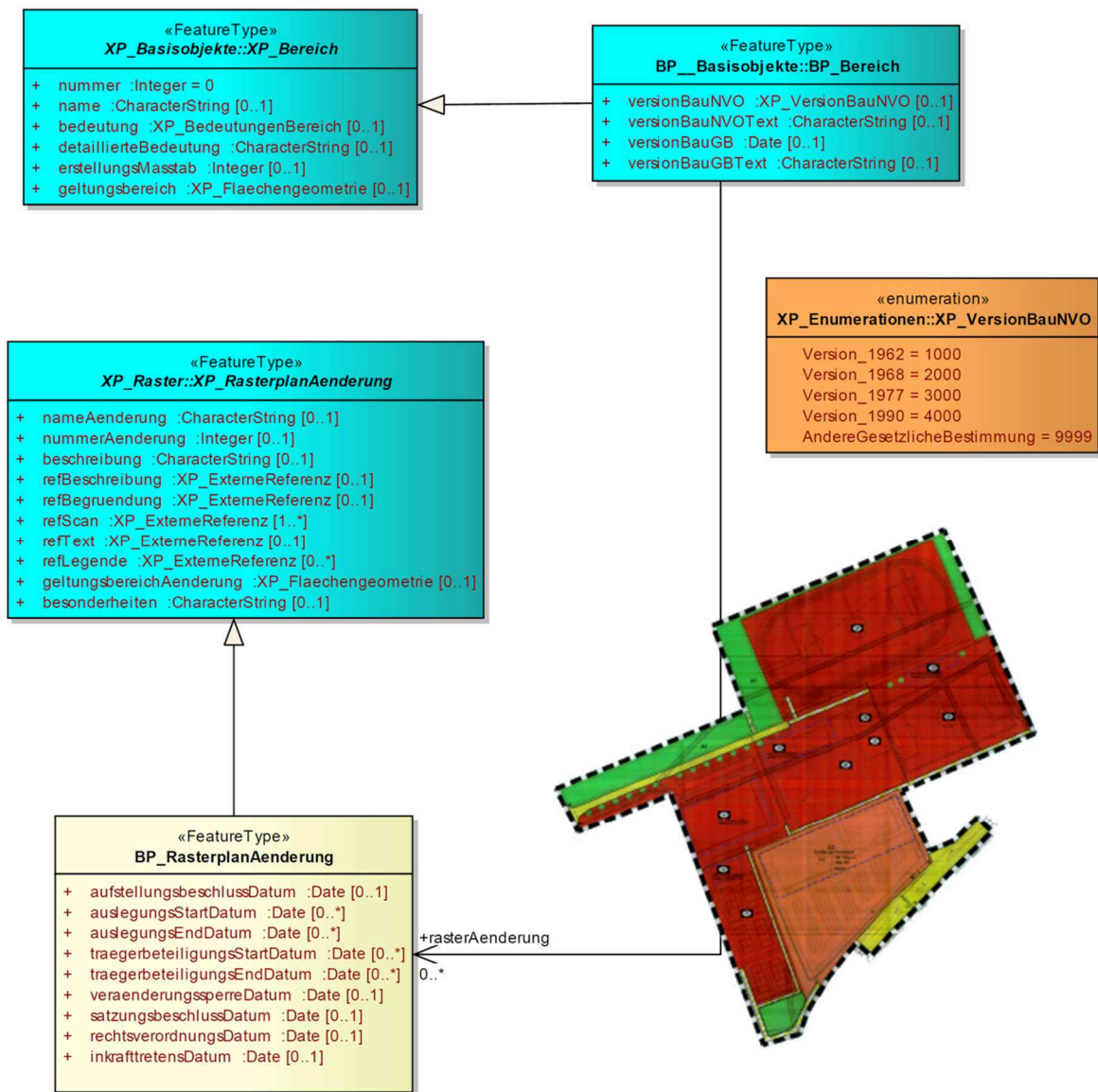


Abbildung 26: Modellierung in XPlanGML 4.1 (Benner, 2013), nach Untersuchung von Rasterplänen (Müller & Würriehausen, 2013a)

Auf Basis von wissenschaftlichen Untersuchungen rheinland-pfälzischer Pläne konnten Änderungen im XPlanGML-Basischema bzw. Fachschema B-Plan zu:

- Schutzstreifen, Schutzzonen, Topografische Ergänzungen,
- Hinweise, Nachrichtliche Übernahmen,
- Nutzungsschablonen, Präsentationsobjekte,
- MimeTypes, Externe Codelisten, Enumerationen,
- Bereiche/UUID, Rasterplan Änderung, Besonderheiten
- Kennzeichnungen der Objektartengruppen <<Leaf>>,
- Objektkennziffern/Attributkürzel, Abstandsmaße <<FeatureType>>

modelliert werden, die im Ergebnis zu einer Berücksichtigung rheinland-pfälzischer Belange (Objektarten, Codelisten, etc.) im Datenmodell XPlanGML beigetragen haben. Zu nennen ist eine Revision zur Objektart

BP_AbstandsMass, basierend auf Untersuchungen eines Bebauungsplanes im Landkreis Mainz-Bingen und Umsetzung im Objektartenmodell XPlanGML Version 4.0 (Müller & Würriehausen, 2013a).



Abbildung 27: neue Objektart BP_AbstandsMass in XPlanGML 4.0, Falluntersuchung Abstandsmaße (rechts) (Müller & Würriehausen, 2013a)

Weiterhin sind Enumerationen z.B. der Zweckbestimmung Straßenverkehr um ein Attribut *Wirtschaftsweg* (1580), *Landwirtschaftlicher Verkehr* (2300) und *Verkehrsrün* (2400) in der Version XPlanGML 4.0 ergänzt worden. Die Untersuchung von Bestandsplänen aus der Kreisverwaltung Mainz-Bingen bzw. bereits digital im GeoPortal.rlp verfügbarer Pläne, konnte einen Beitrag zur Weiterentwicklung des Datenmodells zur Version 4.0/4.1 leisten (Müller & Würriehausen, 2013a).

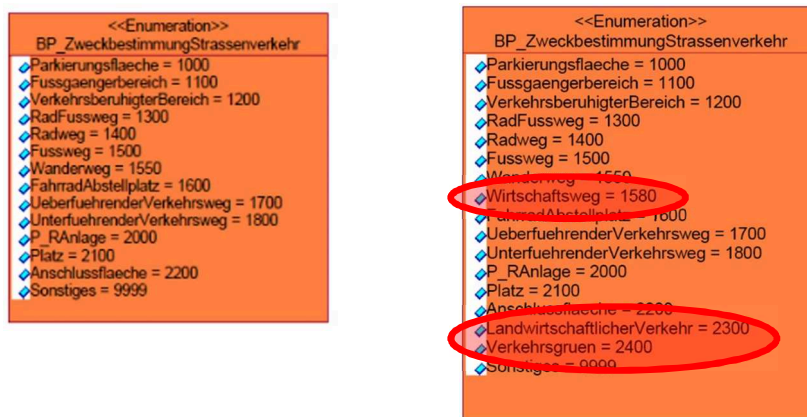


Abbildung 28: Weiterentwicklung <<Enumeration>> BP_ZweckbestimmungStraßenverkehr in der Version 3.0 (links) sowie 4.0/4.1 (rechts), (Müller & Würriehausen, 2013a)

Gleichzeitig konnten Impulse bezüglich einer effizienteren Modellierung gegeben werden, die in der aktuellen Version 4.1 (Benner, 2013) unter Mitwirkung von Müller & Würriehausen (2013a) Berücksichtigung fanden.

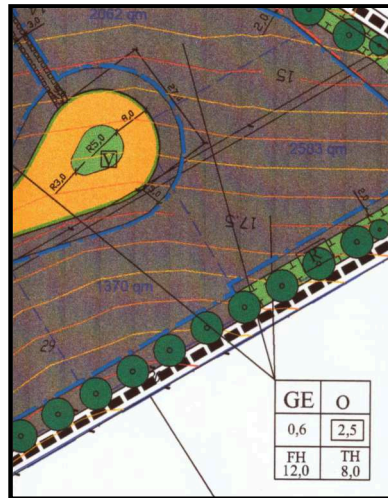
Zu nennen ist hier die Modellierung von Nutzungsschablonen durch Parameterspeicherung der Zeilen und Spalten der Schablone systemunabhängig in den Daten selbst. Hierfür wurde nach Revision eine neue Objektart XP_Nutzungsschablone eingefügt. Nachfolgend das Ergebnis aus dem Objektartenkatalog XPlanGML Version 4.1 mit Beispielabbildung einer modellierten Nutzungsschablone eines Planes der VG Gau-Algesheim (Müller & Würriehausen, 2013a).

xplan:XP_Nutzungsschablone**Typ**

Feature Type

Definition

Modelliert eine Nutzungsschablone

Gehört zu Objektbereich[xplan:XP_Praesentationsobjekte](#)**Abgeleitet von**[xplan:XP_PTO](#)**Attribute und Relationen**

Bezeichnung	Objekttyp
xplan:stylesheetId	XP_StylesheetListe
xplan:darstellungsprioritaet	Integer
xplan:art	CharacterString
xplan:index	int
xplan:gehörtZuBereich	XP_Bereich
xplan:dientZurDarstellungVon	XP_Objekt
xplan:schriftinhalt	CharacterString
xplan:fontSperrung	Decimal
xplan:skalierung	Decimal
xplan:horizontaleAusrichtung	XP_HorizontaleAusrichtung
xplan:vertikaleAusrichtung	XP_VertikaleAusrichtung
xplan:hat	XP_LPO
xplan:position	GM_Object
xplan:drehwinkel	Angle
xplan:spaltenAnz	int
xplan:zeilenAnz	int

Abbildung 29: Revision Objektartenkatalog XPlanGML 4.1 Objektart XP_Nutzungsschablone; mit Modellierung einer Nutzungsschablone BPlan, VG Gau-Algesheim (Müller & Würriehausen, 2013a)

4.7 Spezifikationstest und Digitalisierung kommunaler Pläne

Basierend auf den Erkenntnissen der wissenschaftlichen Untersuchung des Anwendungsschemas XPlanGML war es in der Arbeit notwendig, alle möglichen Szenarien im Rahmen von *Spezifikationstests* zu erproben, die mit XPlanGML abgebildet werden können. Diese sind:

1. Gescannte Altpläne im Rasterformat und digitalisierter Geltungsbereich => XPlanGML (Raster-Umring)
2. Konvertierung von Altplänen im Vektorformat (DXF, Shape) => XPlanGML
3. Vektorisierung von gescannten Altplänen => XPlanGML
4. Planungen sollen vom Ausstellungsbeschluss bis zur Rechtskraft in XPlanGML abgebildet werden können

Szenario 1 Raster-Umring	Szenario 2 Konvertierung
Szenario 3 Vektorisierung	Szenario 4 Neuplanung

Abbildung 30: Wissenschaftliche Untersuchung der Objektbildung für XPlanung (Müller & Würriehausen, 2013a)

Hierzu wurden jeweils in der Kreisverwaltung Mainz-Bingen, Stadtverwaltung Bingen am Rhein und Verbandsgemeindeverwaltung Gau-Algesheim durch den Autor Workshops durchgeführt, die anhand realer Planungsdaten die Durchführung von Anwendungsstudien zur XPlanungs-konformen Umsetzung und Erprobung der Szenarien zum Ziel hatten. Zudem soll die spätere Grundlage für eine einheitliche Transformation aller kommunalen Pläne mit XPlanGML nach INSPIRE definiert werden. Nachfolgend werden die Tests und Studien im Einzelnen beschrieben.

4.7.1 Szenario „Raster-Umring“

Zur wissenschaftlichen Untersuchung des ersten *Szenario* „Raster-Umring“ war es notwendig, alle Bebauungspläne im Landkreis Mainz-Bingen, die bisher analog verfügbar waren, zu scannen, die Umringe und Rasterpläne zu georeferenzieren und anschließend gemäß des amtlichen Leitfadens für die Bereitstellung kommunaler Pläne und Satzungen (Lenkungsausschuss GDI-RP, 2012) als WebMapService (WMS) bereitzustellen.

Der durch den Autor mitentwickelte Leitfaden (Lenkungsausschuss GDI-RP, 2012) stellt dabei sicher, dass unabhängig davon, wo die Daten liegen (Kommunalserver, Kreisverwaltung, Gemeinde), georeferenzierte Rasterdaten in einer einheitlichen Qualität (Darstellung, Grunddatenbestand, Attribute, Metadaten) dem Nutzer der GDI als WMS-Dienst zur Verfügung gestellt werden. Der aktuell gültige Leitfaden bildet das Szenario 1 „Raster-Umring“ vollständig ab und unterstützt die XPlanGML Version 3.0 in seiner Attributierung.

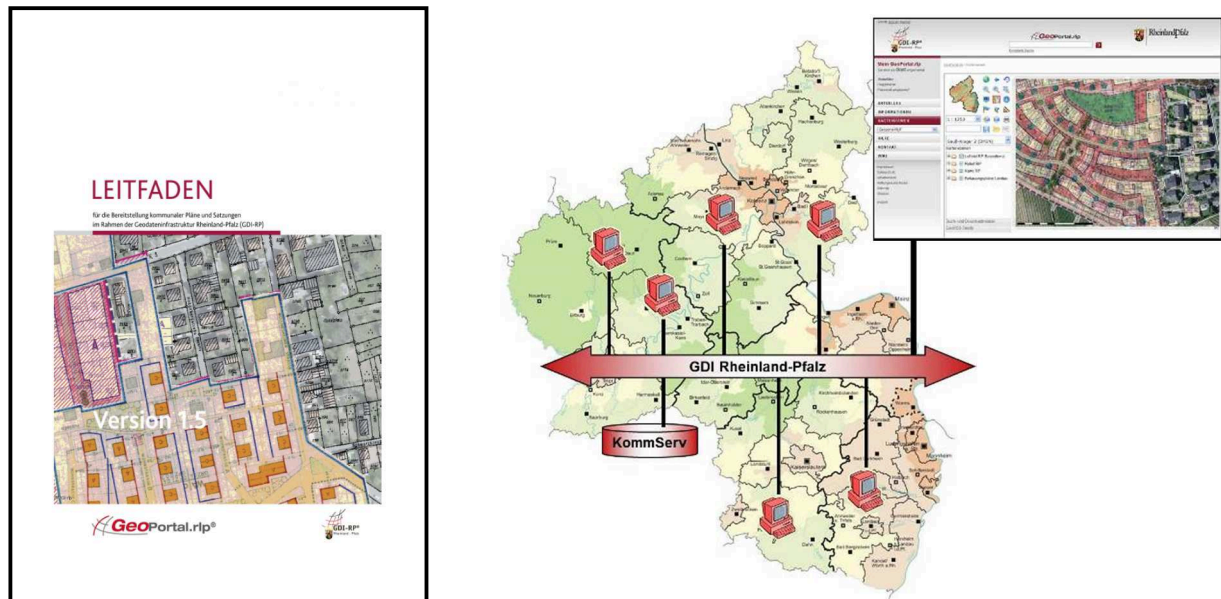


Abbildung 31: Leitfaden zur Bereitstellung kommunaler Pläne und Satzungen (Lenkungsausschuss GDI-RP, 2012) und kommunaler Server im Rahmen der GDI-RP (Müller & Würriehausen, 2013a)

Mit dem Leitfaden zur Bereitstellung kommunaler Pläne (Lenkungsausschuss GDI-RP, 2012) können bei Berücksichtigung der neuen Versionen des Standards die Anforderungen zur Umsetzung der XPlanungs-konformen Bereitstellung Raster-Umring mit den Pflichtattributen erfüllt werden. Den Kommunen im Untersuchungsgebiet wird empfohlen, die Anforderungen des Leitfadens für die gescannten und georeferenzierten Bauleitpläne im kommunalen Server der GDI-RP oder über das Routing des Service24.rlp.de umzusetzen. Die sichere Bereitstellung von eigenen WebMapServices kann so auch über eine eigene IT-Infrastruktur in der Kommune ermöglicht werden. Die Bebauungspläne innerhalb des Landkreises Mainz-Bingen wurden im Rahmen der Studie digital in der GDI-RP sowie im WebGIS der Kreisverwaltung als „Raster-Umring“ bereitgestellt.

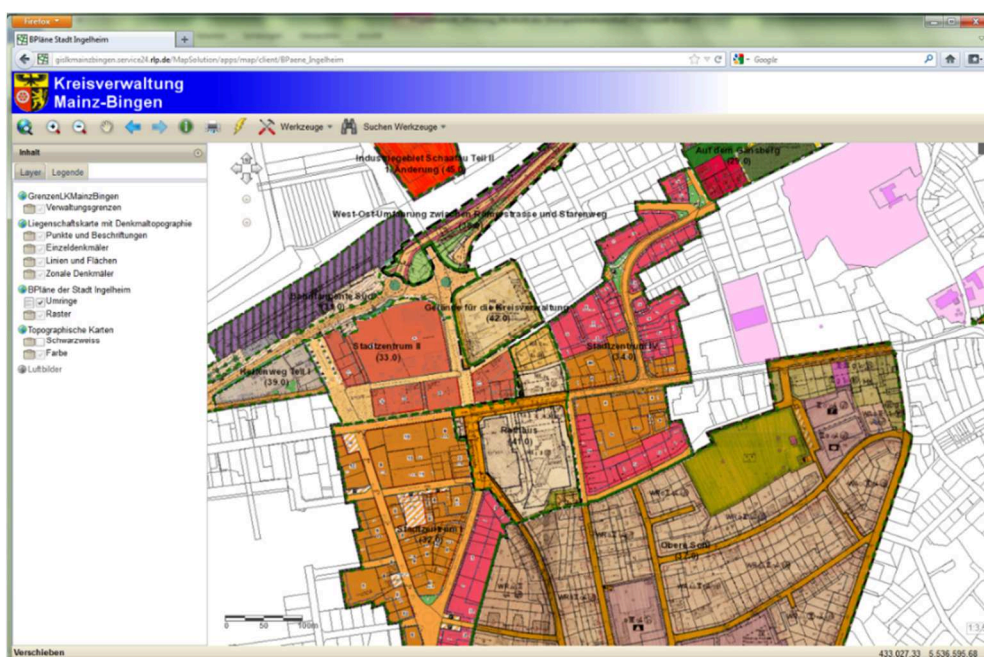


Abbildung 32: Bereitstellung der Bebauungspläne im WebGIS der Kreisverwaltung Mainz-Bingen als „Raster-Umring“ (Müller & Würriehausen, 2013a)

Zudem sollte sich in Zukunft eine Situation ergeben, dass Änderungen des Bebauungsplanes (Inselplan) zu einer „systemtechnischen“ Fortschreibung des Gesamtplanes führen. Auch hier bietet XPlanung das Potenzial, durch Verschneidung im GIS die Inhalte systemtechnisch in der Datenbank fortzuschreiben. Dem Nutzer des kommunalen GIS könnte so im Bearbeitungsfall des Bauantrages für jedes Flurstück der Gemeinde die baurechtlich zulässige Nutzung (inkl. GFZ, GRZ, etc.) im GIS per Knopfdruck extrahiert werden. Dieses Potenzial von XPlanung für die Anwendungsfälle *Antragsbearbeitung* und der dahingehenden Zeitersparnis durch zentrale Verfügbarkeit im GIS bzw. im Programm „Mikropro Bauamt“²¹ o.ä. Verwaltungsprogramme für Baulasten, Denkmalschutz, wiederkehrende Termine und Prüfungen, Bauen Online, elektronisches Auskunftsverfahren, etc. sollte nicht unterschätzt werden. Zu nennen sind Mehrwerte (Mikroprojekt GmbH, 2013) durch:

- elektronisches Verwalten und Bearbeiten aller Vorgänge innerhalb des Bauamtes
- Scannen von Plänen und/ oder eingehenden Schreiben
- Überwachung von Fristen, Wiedervorlagen
- Workflowmanagement
- Mail - Schnittstelle
- Nutzung von Barcodes für Aktenumlauf und Rückantwort von Dokumenten
- Schnittstellen zur Kassensoftware, GIS-Systemen (siehe Abbildung 33)

Die Bebauungsplandaten elektronisch mit *XPlanung als „Raster-Umring“ im GIS* zu verwalten, ist eine wesentliche Voraussetzung auf dem Weg zur elektronischen Akte und der medienbruchfreien Bearbeitung von Bauanträgen und Vorgängen bei den Bauämtern der Kommunen.

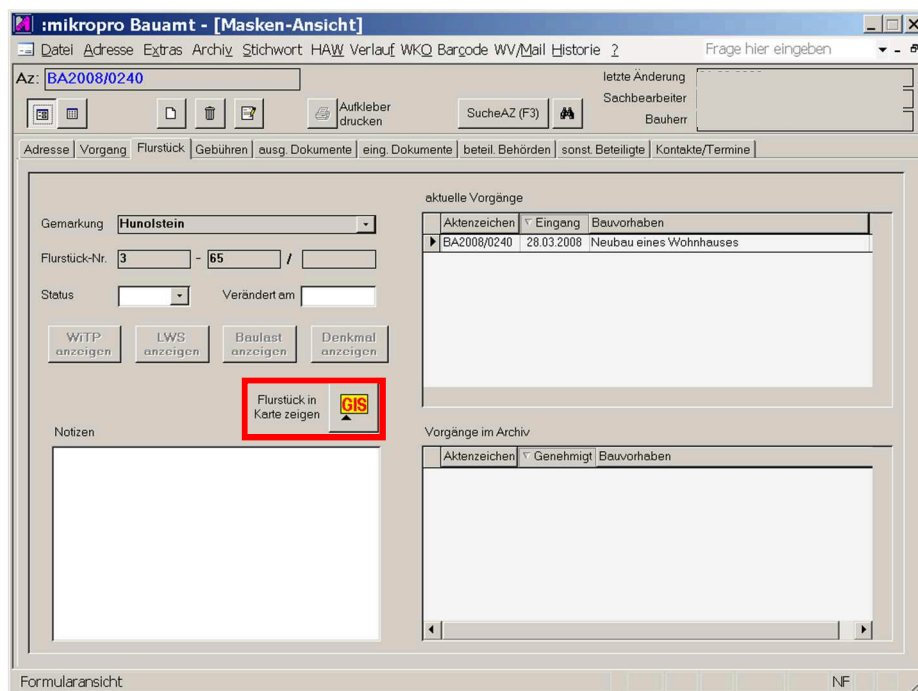


Abbildung 33: Elektronische Bauantragsverwaltung mit Mikropro Bauamt, Schnittstelle mit dem GIS der Kreisverwaltung (Müller & Würriehausen, 2013a)

²¹ Das Programm Micropro Bauamt der Mikroprojekt GmbH aus Kaiserlautern

4.7.2 Szenario „Konvertierung/Vektorisierung“

Für die wissenschaftliche Untersuchung des Szenarios 2 und 3 (Konvertierung/Vektorisierung) wurden Bebauungspläne der Stadt Bingen am Rhein und der Verbandsgemeinde Gau-Algesheim ausgewählt, die in den verschiedensten Formaten (z.B. EMF, DXF, TIFF) oder nur analog vorlagen. Die nachfolgende Abbildung 34 zeigt einen Auszug der in der Stadtverwaltung Bingen vorhandenen Ausgangsdateiformate für die unterschiedlichen Pläne.

Übersicht Dateiformate rechtskräftiger Bebauungspläne / FNP (keine Satzungsexemplare) Stand April 2011											
Id.Nr	Bezeichnung	DAVID RAS-Verzeichnis			nicht georeferenziert			DAVID-Formate		DXF möglich	Bemerkungen
		B-Plan mit Text	B-Plan nur Geltungsber.	TIFF ein- gescannt	noch ein- zuscannen	erstellt TIFF	erstellt PDF	EMF	Schnittstelle ODA		
1	BP Erweiterungsgebiet Mittelpfad Teil 1+ 2	x	x	x						x	60-2 teilweise
2	BP Im Mittelpfad-Grünfläche Dr. Gebauer-Straße						x	x	x	x	60-2
3	BP Rhein-Nahe-Eck	x	x	x							
4	BP Rhein-Nahe-Eck 1. Änderung	x	x			x	x				
5	BP Laurenziggasse-Kapuzinerstraße-Hospitalstraße	x	x	x							
6	BP Vorstadt/Rheinkai	x	x	x							
7	BP Hindenburgallee	x	x			x	x				
8	BP Im Kühweg	x	x	x							
9	BP Im Kühweg 1. Änderung	x	x			x	x	x	x	x	60-2
10	BP Im Kühweg 2. Änderung	x	x			x	x	x	x	x	60-2
11	BP Schmittstraße	x	x	x			x	x	x		
12	BP Im Kirschgarten	x	x	x							
13	BP Im Kirschgarten 1. Änderung	x	x			x	x	x	x	x	60-2
14	BP Scharlachberg	x	x	x							
15	BP Sportzentrum										
16	BP Sportzentrum 1. Änderung										
17	BP Sportzentrum 2. Änderung										
18	BP Sportzentrum 3. Änderung										
19	BP Sportzentrum 4. Änderung	x	x	x			x				
20	BP Johannisstraße/Kirche	x	x	x						x	60-2 teilweise
21	BP Östlich der Berlinstraße Neuaufstellung 1980	x	x	x							
22	BP Kreisverkehrsplatz Stadteingang Süd	x	x	x		x					
23	BP Saarlandstraße OD Büdesheim 1. Änderung	x	x			x	x	x	x	x	60-2
24	BP Gewerbegebiet Westl. der B 50	x	x	x							
25	BP An der Sponsheimer Mühle	x	x	x							
26	BP Ausbau der L417 Saarlandstraße 2. BA (OD Dietersheim Plan1, Plan 2)	x	x	x							
27	BP Ausbau der L417 Saarlandstraße (Bereich zwischen Büdesh. und Dietersh.)					x					Unterlagen Tiefbau
28	BP Gewerbepark Bingen-Ost										
29	BP Gewerbepark Bingen-Ost 1. Änderung	x	x				x				
30	BP Gewerbepark Bingen-Ost 2. Änderung (2. Ausfertigung)	x	x			x	x				

Abbildung 34: Untersuchung der Ausgangsdatenformate für Bebauungspläne in der Stadtverwaltung Bingen am Rhein (Müller & Würriehausen, 2013a)

Die Darstellung, wie sie so oder ähnlich auch in weiteren Kommunen anzutreffen sind, zeigt auch bildlich welche Vorteile im Datenmanagement durch die Verwendung *eines Formates* (XPlanGML) innerhalb einer Kommune erreicht werden könnte. Durch die exemplarische Überführung sollte die Nutzung des Formates innerhalb der Pilotverwaltung inklusive der Attributierungen des Standards für rheinland-pfälzische Pläne erprobt werden. Die Überführung von DXF-Plänen nach XPlanGML wurde zusammen mit der Stadt Bingen umgesetzt. Hierfür wurden das Datenkonvertierungstools FME verwendet um den Ausgangsdatensatz DXF aus dem DAVID-System der Stadtverwaltung Bingen nach XPlanGML zu konvertieren.

Anhand des Bebauungsplanes „Am Dromersheimer Weg, 1.Bauabschnitt“ im DXF-Format wurde die Machbarkeit getestet und auf die weiteren Pläne der Stadt Bingen angewendet. Es hat sich bei der Konvertierung herausgestellt, dass dies ein sehr zeitaufwendiges Prozedere darstellt, welches durch die unterschiedliche Datenstruktur des DXF und der Objektstruktur des XPlanGML begründet ist.

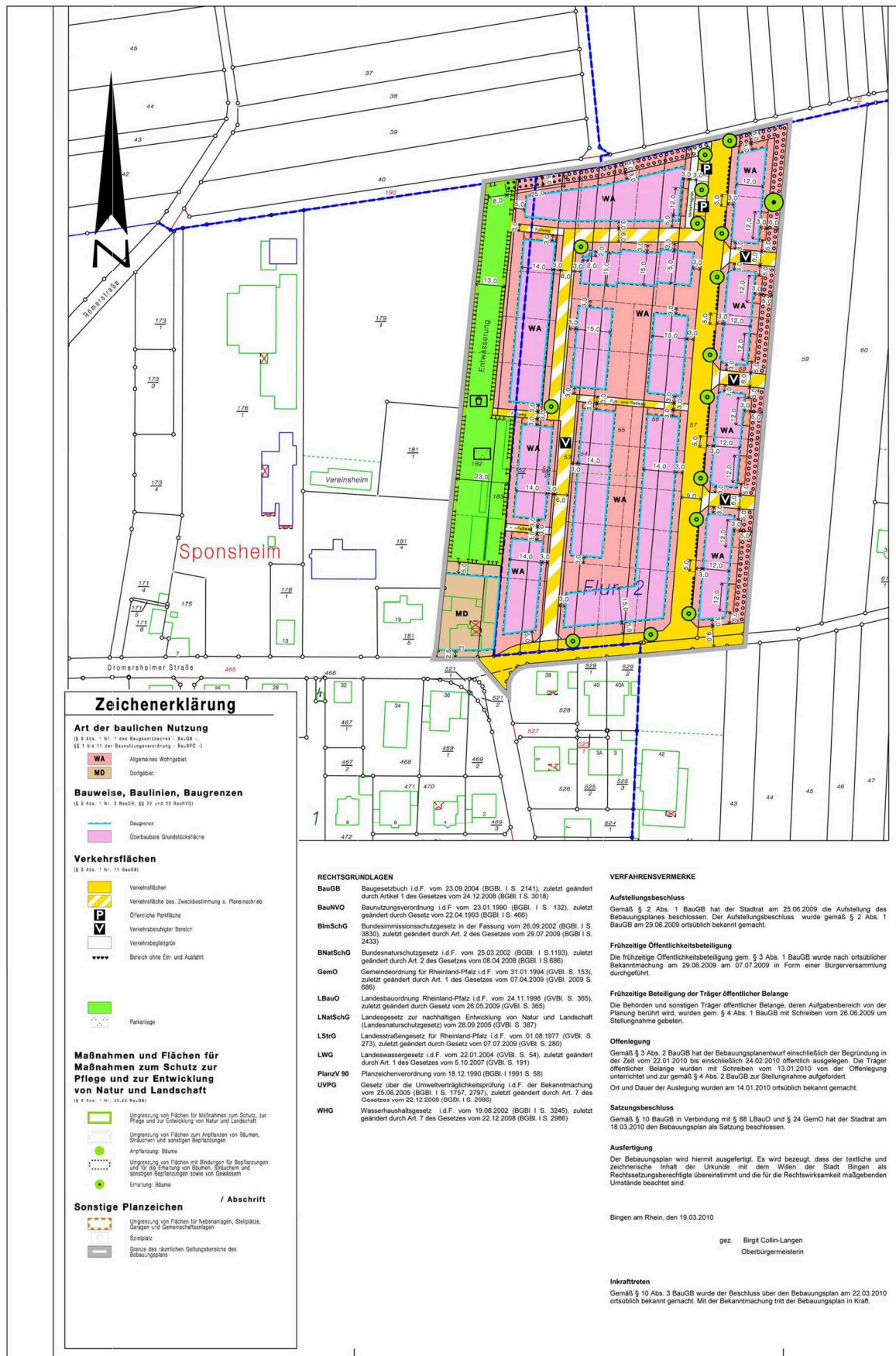
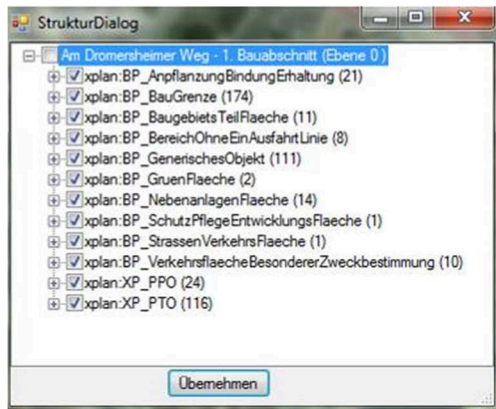


Abbildung 35: Bebauungsplan „Dromersheimer Weg, 1. Bauabschnitt“ der Stadtverwaltung Bingen am Rhein (Müller & Würriehausen, 2013a)

XPLANGML



DXF

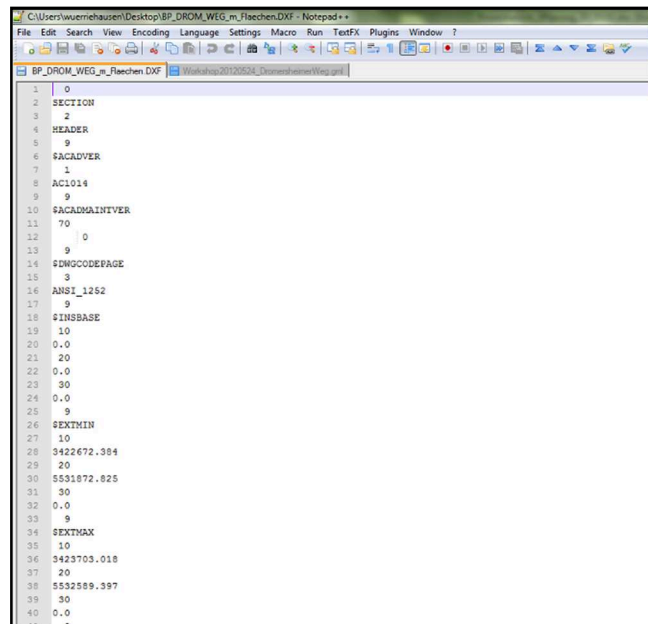


Abbildung 36: BPlan Dromersheimer Weg, Objektstruktur XPlanGML (links), Dromersheimer Weg im DXF-Format (rechts) (Müller & Würriehausen, 2013a)

Erkennbar ist eine bessere Lesbarkeit in der objektorientierten Datenstruktur in XPlanGML gegenüber der zeichnungsbezogenen DXF-Struktur. Es zeigt sich deutlich, dass in der Überführung der DXF-Daten ohne Kenntnisse über die Bedeutung und Interpretation der einzelnen Linien, Punkte oder Zeichen in der Transformation automatisch und teilautomatisch nicht erreicht werden kann. Die jeweilige Zuordnung konnte nur durch einen geschulten Bearbeiter und für jeden Plan einzeln, d.h. sehr zeitaufwendig, für DXF-Daten umgesetzt werden.

Der Aufwand der Transformation DXF nach XPlanGML steht nicht im Verhältnis zu den Kosten und Nutzen. Daher sollten zukünftig bei der Erstellung des Planes durch das Planungsbüro anstelle des DXF-Formates direkt die Bereitstellung der objektorientierten XPlanGML-Daten im kommunalen GIS erfolgen.

Dazu ist ein Werkzeug zur Generierung von XPlanGML-Modellen aus vorhandenen Planinformationen in einem GIS, zum Lesen und Schreiben von XPlanGML-Datensätzen sowie zur Visualisierung von XPlanGML mit SVG-Vektorgrafik notwendig. Hier gibt es verschiedene Lösungen: sowohl FME als auch eine Toolbox aus dem Projekt XPlanung Deutschland-Online. Für die Konvertierung von Shape-Files nach XPlanGML muss eine Konvertierungsdatei erzeugt werden, die für Zuordnung der Shape-Layer zu XPlan-Objekten benötigt wird. Da in der Regel innerhalb einer Kommune Bebauungspläne auf Basis einer einheitlichen Layerstruktur vorhanden sind, muss diese Datei nur einmal definiert werden und kann für alle vektordigitalen Pläne eingesetzt werden.

Der Zeitaufwand pro Kommune ist daher geringer als mit DXF-Daten, allerdings sind sehr gute Kenntnisse des Datenmodells XPlanGML sowie der Datenstruktur im kommunalen GIS notwendig, um eine Konvertierung durchzuführen.

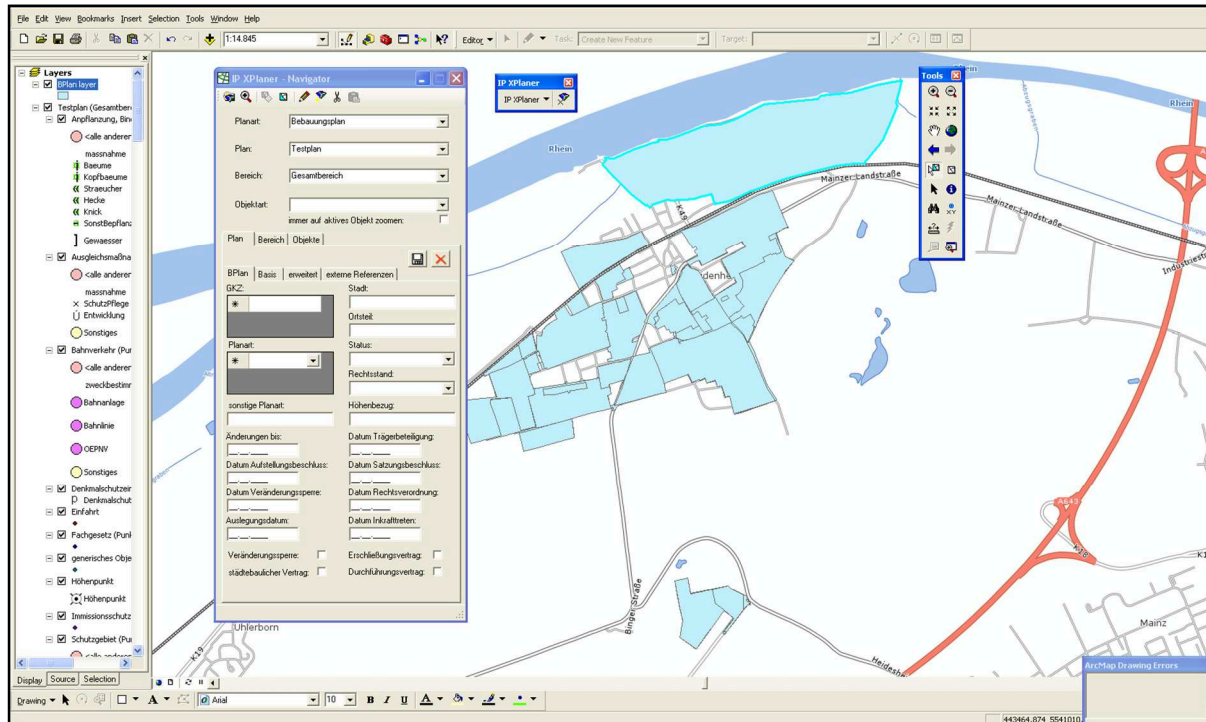


Abbildung 37: Erfassungsmaske IP XPlanner der Fa. IP Syscon GmbH in ArcGIS (Müller & Würriehausen, 2013a)

Die *XPlanungs-konforme Erfassung der Vektoren* aus Rasterplänen (Szenario 3) wurde im Rahmen der Studie mit der Software IP XPlanner der IPSyscon GmbH in ArcGIS umgesetzt. Die Tests hatten vier wesentliche Ziele:

- 1) Erprobung einer XPlanGML-konformen Erfassung im kommunalen GIS
- 2) Erprobung der XPlanGML-Spezifikation Version 3.0 an rheinland-pfälzischen Plänen
- 3) Beitrag zur Fortentwicklung des Standards Version 4.0/4.1
- 4) Erprobung der Bereitstellung der Bebauungspläne als WebMapService (WMS) auf Basis von XPlanGML

Unabhängig von den Fragestellungen der softwarespezifischen Implementierung konnten durch *Spezifikationstest und Digitalisierungen* von Plänen im Landkreis Mainz-Bingen neben der Abschätzung des Aufwandes auch ein Beitrag zur Fortentwicklung der GIS-Module durch die Kreisverwaltung Mainz-Bingen und den Autor geleistet werden. Des Weiteren konnten basierend auf vorhandenen Geltungsbereichen im GIS der Kreisverwaltung Mainz-Bingen (siehe Abbildung 37), mit dem Modul IP XPlanner der Fa. IP Syscon GmbH, aus ArcGIS XPlanGML-konforme Dateien erzeugt werden.

Neben der Teststellung von XPlanung in der Kommune bzw. der Implementierung in vorhandene Softwarelösungen, sollte das Forschungsprojekt auch einen wesentlichen Beitrag hierzu leisten, Mehrwerte durch die Einführung des Standards sowie für die Nutzung bei der Erstellung und Online-Verwaltung von Planungsdaten zu schaffen. Beispielsweise kann durch die Integration der digitalen Bebauungspläne im WebGIS der Kreisverwaltung Mainz-Bingen - bei Freischaltung für die kreisangehörigen Städte und Gemeinden - die interkommunale Bereitstellung und Nutzung von XPlanungs-Daten sichergestellt werden. Die Nutzung des WebGIS der KV Mainz-Bingen über das Kommunalnetz und die Performance werden derzeit für die Pilotkommunen der Stadt Bingen und Verbandsgemeinde Gau-Algesheim getestet.

Des Weiteren konnte durch die *Bereitstellung von WebDiensten* (WMS, WFS) auf Basis von XPlanungsdaten Mehrwerte durch die Nutzungsmöglichkeit in allen Geo-Informationssystemen (verwaltungsebenen übergreifend) erreicht werden. Zudem könnte durch die Nutzung einer zentralen Metadatenerfassung im GeoPortal.rlp, die XPlanungs-konforme Bereitstellung der Metadaten im Rahmen der GDI-RP umgesetzt werden.

4.7.3 Szenario „Neuplanung“

In der folgenden wissenschaftlichen Untersuchung soll unter Nutzung von XPlanGML ein digitaler, medienbruchfreier Beteiligungsprozess für zwei *Planungsverfahren* erprobt werden. Hierzu konnte der Datenaustausch bzw. die Prozesse auf kommunaler Ebene durch den Autor begleitet und durch Befragungen der Planungsbüros sowie der beteiligten TÖBs bzw. Bürger die Akzeptanz und das Nutzungspotential von elektronischen Beteiligungsprozessen evaluiert werden. Daraus konnten Konzepte für eine mögliche Beteiligungsplattform z.B. im BürgerGIS der KV, dem GeoPortal.rlp, einem Fachportal oder auf der Homepage der Gemeinde erarbeitet werden. Das zu realisierende Konzept zur Bereitstellung der Pläne wurde im Rahmen einer Sitzung des Lenkungsausschuss XPlanung der Kommunalen Spitzenverbände (Städtetag Rheinland-Pfalz, Landkreistag Rheinland-Pfalz, Gemeinde- und Städtebund Rheinland-Pfalz) abgestimmt.

Doch zunächst werden an dieser Stelle die beiden Verfahren beschrieben, die vom *Aufstellungsbeschluss bis zur Rechtskraft* mit XPlanung umgesetzt wurden. Dies sind:

- a. der Bebauungsplan „Brühl“ der Verbandsgemeinde Gau-Algesheim
- b. der Bebauungsplan „Gaustraße“ der Stadt Bingen am Rhein

Die Ortsgemeinde Appenheim in der Verbandsgemeinde Gau-Algesheim beabsichtigt, für eine Fläche am Ostrand der Ortslage einen Bebauungsplan aufzustellen, der einen Schutz der landwirtschaftlichen Fläche beinhaltet. Dadurch soll der von mehreren Rad- und Wanderwegen tangierte, landwirtschaftlich und gärtnerisch genutzte Ortsrand im Bereich der Mündung des Wethbaches in den Welzbach in seiner derzeitigen Form erhalten und auch vor städtebaulich, insbesondere landschaftsästhetisch unerwünschten Beeinträchtigungen geschützt werden. Unabhängig von dem planerischen Anspruch und der Größe des Planes „Brühl“ konnte erstmals vom Aufstellungsbeschluss bis zur Rechtskraft die XPlanungs-konforme Erstellung eines Bebauungsplanes in Rheinland-Pfalz erprobt werden. Für das weitere Verfahren „Gaustraße“ in der Stadtverwaltung Bingen waren komplexere planerische Festsetzungen mit XPlanGML zu erfassen. Als Software für die Planerstellung wurde das Produkt WS Landcad von Widemann Systeme verwendet (Würriehausen, 2013). Evaluiert wurde die Umsetzung des Planes „Brühl“ in der Version 3 sowie „Gaustraße“ in der Version 4.0, welche im Entwurfsstadium bei Berücksichtigung von Flächenschlussobjekten in der CAD-Software WS Landcad erstellt und exportiert werden konnte. Das Ergebnis ist eine lesbare GML-Datei, die standardkonform gemäß der Spezifikation XPlanGML attribuiert und neben den Flächenobjekten mit beschreibenden Daten des Planes (z.B. Name, Herstellungsdatum, ErstellungsMassstab, etc.) ergänzt wurde (Müller & Würriehausen, 2013a).


```

<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" standalone="true"?>
<!-- erzeugt mit WS LANDCAD XPlanGML-Export Version 3.0 -->
<!-- am Dienstag, dem 11. September 2012, 13:10:41 Uhr -->
- <XPlanAuszug xsi:schemaLocation="http://www.xplanung.de/xplangml/3/0
C:\XPlan\Schema\XPlanung-Operationen.xsd"
xmlns:wfs="http://www.opengis.net/wfs"
xmlns:xplan="http://www.xplanung.de/xplangml/3/0"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xmlns:xlink="http://www.w3.org/1999/xlink"
xmlns:gml="http://www.opengis.net/gml"
xmlns="http://www.xplanung.de/xplangml/3/0">
  - <gml:boundedBy>
    - <gml:Envelope srsName="EPSG:31467">
      <gml:pos>3429922.569 5533126.955</gml:pos>
      <gml:pos>3431242.088 5533573.558</gml:pos>
    </gml:Envelope>
  </gml:boundedBy>
  - <gml:featureMember>
    - <BP_Plan gml:id="GML_B01F5113-E5C6-4533-862C-044BE7E16C4E">
      <xplan:name>Brühl</xplan:name>
      <xplan:internalId>12</xplan:internalId>
      <xplan:technHerstellDatum>2012-04-27</xplan:technHerstellDatum>
      <xplan:erstellungsmassstab>1000</xplan:erstellungsmassstab>
      <xplan:xPlanGMLVersion>3.0</xplan:xPlanGMLVersion>
      - <xplan:raeumlicherGeltungsbereich>
        - <gml:Polygon srsName="EPSG:31467">
          - <gml:exterior>
            + <gml:LinearRing>
              </gml:exterior>
            </gml:Polygon>
          </xplan:raeumlicherGeltungsbereich>
          <xplan:bereich xlink:href="#GML_C8F0E295-6FF9-403A-86EB-
EDDD20794870"/>
          <xplan:gkz>07339001</xplan:gkz>
          <xplan:planArt>1000</xplan:planArt>
          <xplan:stadt>Appenheim</xplan:stadt>
          <xplan:rechtsstand>4000</xplan:rechtsstand>
        </BP_Plan>
      </gml:featureMember>
    - <gml:featureMember>

```

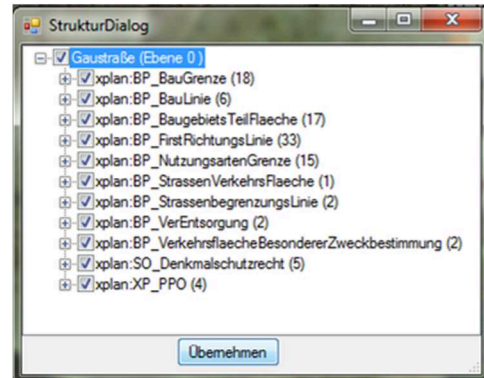


Abbildung 38: Auszug des Bebauungsplan „Brühl“ als XPlanGML 3.0 (links) sowie Struktur der erfassten XPlan-Objekte im Bebauungsplan „Gaustraße“ (rechts) (Müller & Würriehausen, 2013a)

Eine weitere Frage, die es zu beantworten galt, war die nach einer verpflichtenden Attributierung im Rahmen der Planerstellung. Im Standard selbst gibt es keine Anforderungen, in der GML-Datei einen Grunddatenbestand verpflichtender Eintragungen zu liefern. In Workshops wurde sich bezüglich des Grunddatenbestands bzw. der Ausweisung von Pflichtattributen darauf verständigt, dass mindestens die beschreibenden Daten nach Tabelle 11 verpflichtend einzutragen sind. Dieses sogenannte XPlanungs-Profil Rheinland-Pfalz wird als Ergebnis bei der Erfassung rheinland-pfälzischer Pläne mindestens empfohlen.

Tabelle 11: XPlanGML-Profil Rheinland-Pfalz - Empfehlung für BP_Plan-Pflichtattribute (Müller & Würriehausen, 2013a)

Attribut (XPlanGML 3.0/4.0)	Inhalte	Prüfung
BP_Plan: name	Name des Planes	String
BP_Plan: internalID	Interne PlanID (Nummer)	String
BP_Plan: technHerstellDatum	Datum der Herstellung	Date
BP_Plan: erstellungsmassstab	Erstellungsmassstab	Integer
BP_Plan: gkz / ags	Gemeindeschlüssel	String
BP_Plan: planArt	Planart (einfacher BPlan, etc.)	Codeliste
BP_Plan: stadt / gemeindeName	Name der Gemeinde	String
BP_Plan: rechtsstand	Rechtsstand (Entwurf, etc.)	Codeliste

Zudem sind bei vektorisierter Erfassung mit XPlanGML der Geltungsbereich und alle Geometrien und Objekte, die einen sogenannten *Flächenschluss* innerhalb des Planes bilden, zu erfassen. Geometrisch ist diese sogenannte Flächenschlusschicht unter Verwendung gleicher Stützpunkte zu erzeugen und das Objekt mindestens mit ihrer Zweckbestimmung zu benennen. Die Inhalte der Nutzungsschablonen sind den Flächen zuzuordnen. Diese Flächenschlussobjekte sind im weiteren für die INSPIRE-konforme Erfassung bzw. Transformation der sog. Zoning-Elemente erforderlich.

Die Erfassung von *Überlagerungsobjekten* (wie z.B. Baugrenzen oder Abstandsmasse) ist aufgrund der nachrangigen Relevanz bei statistischer Erhebung als obligatorisch empfohlen. Im INSPIRE-Kontext sind diese Überlagerungsobjekte als ergänzende Vorschriften ebenfalls (optional) möglich. Eine Nichterfassung ist der Kreisverwaltung bzw. der auszuschreibenden Stelle allerdings zu begründen.

Die Erfassung von *Präsentationsobjekten* bzw. Signaturen ist für den Nachweis für die INSPIRE geplante Bodennutzung (PLU) nicht erforderlich und wird daher als optional empfohlen.

Ergänzend zu XPlanGML ist immer der Entwurf bzw. Rechtsplan als Repräsentation mit Liegenschaftskarte sowie die Begründung und textliche Festsetzung in digitaler Form als PDF mit zu liefern. Nachfolgende Abbildung 39 zeigt den Entwurf des Planes „Brühl“ erstellt durch das Planungsbüro Dörhöfer & Partner aus Engelstadt.

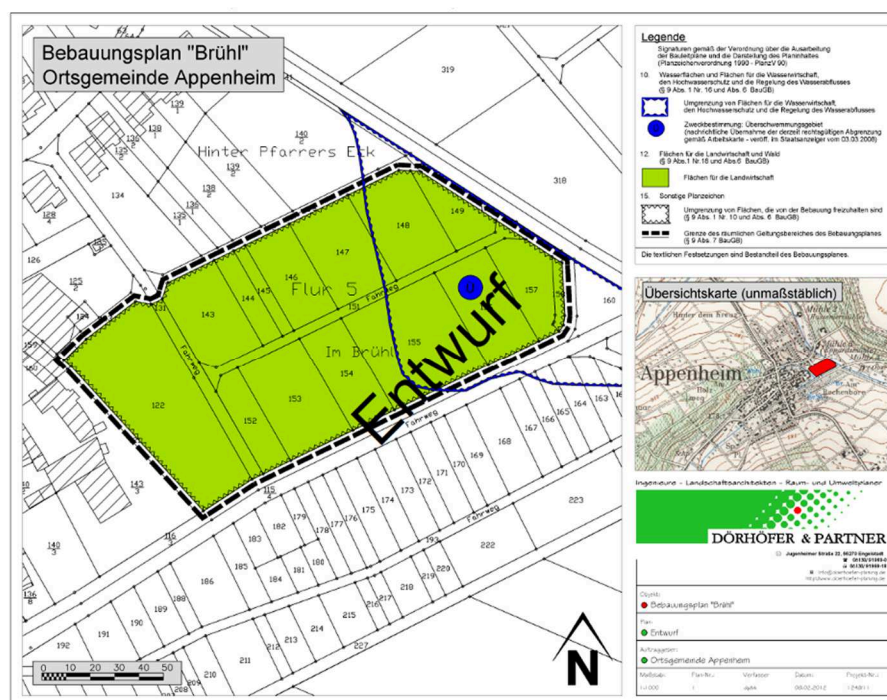


Abbildung 39: Bebauungsplanentwurf "Brühl" im PDF-Format (Müller & Würriehausen, 2013a)

Im Ergebnis konnte das Verfahren vom Aufstellungsbeschluss bis zur Rechtskraft digital mit XPlanGML abgebildet werden. Zudem konnte der Prozessverlauf evaluiert werden, wie und bei welchen Planungsschritten ein Datenaustausch zwischen der Gemeinde und dem Planungsbüro stattfand. XPlanung soll zukünftig den Anforderungen des digitalen Datenaustausches in vollem Umfang Rechnung tragen. Durch die Planungsbüros sind eine XPlanGML-Datei (*.gml) sowie alle in ihr verlinkten Text-Dokumente und der Rechtsplan im PDF-

Format zu liefern. Gleichzeitig ergeben sich für die Vektordaten Anforderungen an die Topologie, Koordinatensystem und Flächenschluss. Folgende Tabelle fasst die Mindestanforderungen an einen XPlan-konformen Bauleitplan im Format XPlanGML als Übersicht zusammen.

Tabelle 12: XPlanGML-Profil Rheinland-Pfalz - Mindestanforderungen an Topologie, Koordinatensystem und Flächenschluss (Müller & Würriehausen, 2013a)

Anforderung	Erläuterung
Topologisch korrekte Geometrien	keine Selbstüberschneidungen von Geometrien, alle Flächen müssen von einem geschlossenen Polygon umschlossen sein
Flächenschluss	keine Lücken im Geltungsbereich des Planes, keine Überlagerungen von Flächenschlussobjekten mit konkurrierender Planaussagen
Koordinatensystem	bevorzugt ETRS89/UTM 32N (EPSG:25832), alternativ: DHDN/ Gauß-Krüger 3 (EPSG:31467)

Zudem ist die Flächenstatistik, die mit XPlanung erzeugt wurde, im Rechtsplan oder den Anlagen dauerhaft nachzuweisen. Eine nachhaltige Nutzung von XPlanung kann erst sichergestellt werden, wenn erstens ein Mindestmaß an Flächeninhalten über die kommunalen Gebietskörperschaften hinweg und zweitens die Unabhängigkeit der Bewertung der Dokumente aus EDV-Sicht gewährleistet ist. Im Rahmen der Studie wurden die *Prüfungen und Zertifizierung der Planungen* in XPlanGML durchgeführt und zur Weiterverarbeitung und Nutzung als XPlanungs-Services an die Kreisverwaltung weitergeleitet. Zur Umsetzung eines durchgreifenden E-Government-Prozesses mit XPlanung sind die Daten an die höhere Verwaltungsinstanz übermittelt worden. Hier erfolgt die Anbindung der Bebauungspläne im WebGIS für die kreisangehörigen Städte und Gemeinden sowie die Weitergabe als WebMapService für die GDI-RP, GDI-DE sowie für die europäische INSPIRE-Initiative. Näheres zu der Bereitstellung bzw. Zusammenhänge von XPlanung und INSPIRE wird nachfolgend beschrieben.

4.8 Mit „XPlanung“ zu „INSPIRE“

Durch die Einführung des XPlanungs-Standards „XPlanGML“ als Standard der Geodateninfrastruktur in Rheinland-Pfalz kann erreicht werden, dass Städte und Gemeinden mit dem Planungsbüro (Datenlieferant) interoperabel zusammenarbeiten sowie Kunden oder der interessierten Immobilienwirtschaft (Datennutzer), den Trägern öffentlicher Belange und der Öffentlichkeit (Beteiligte), die Planungsdaten interoperabel bereitgestellt werden können. Die dargestellten Mehrwerte von Service-Modulen in Anwendungen wie dem GeoPortal.rlp sollen aufzeigen, wie GDI die kommunale Planung und das Verfahren nach Baugesetzbuch vom Aufstellungsbeschluss bis zur Rechtskraft unterstützen kann. Zudem werden Wege eröffnet, mit XPlanung die INSPIRE-konforme Bereitstellung für *kommunale Bauleitpläne* zu ermöglichen.

Als Ergebnis der Spezifikationstests und Digitalisierungen liegt zudem ein mit dem Autor abgestimmtes Anwendungsschema von XPlanGML Version 4.0/4.1 zugrunde, welches für die Geodatenmodellierung kommunaler Pläne in Rheinland-Pfalz auf der semantischen Ebene eine eindeutige Festlegung darstellt. Das

Modell ist mit UML modelliert, sodass auch eine Schemadefinition *.xsd abgeleitet werden kann. Es definiert die sog <<FeatureType>> wie beispielsweise XP_Plan oder XP_Textabschnitt, Datentypen <<DataType>> wie XP_ExterneReferenz oder auch die <<enumeration>> wie XP_RechtscharakterPlanaenderung mit entsprechenden Werten. Diese und weitere Objekte sind mit dem Anwendungsschema XPlanGML, ähnlich dem AAA-Modell für Liegenschaftsdaten oder auch dem INSPIRE-Datenmodell für Bodennutzung verfügbar.

Der Vorteil gegenüber inhomogenen Daten liegt in der Möglichkeit eindeutige Transformationsregeln zu definieren. Hier können korrespondierende Elemente, die eine identische Bedeutung haben, auch ineinander überführt werden. Stellt man die Objektmodelle zwischen den Datenspezifikationen des XPlanGML-Standards mit INSPIRE Planned Land Use (INSPIRE PLU) gegenüber, kann eine Harmonisierung auf semantischer Ebene der Interoperabilität im nächsten Schritt stattfinden.

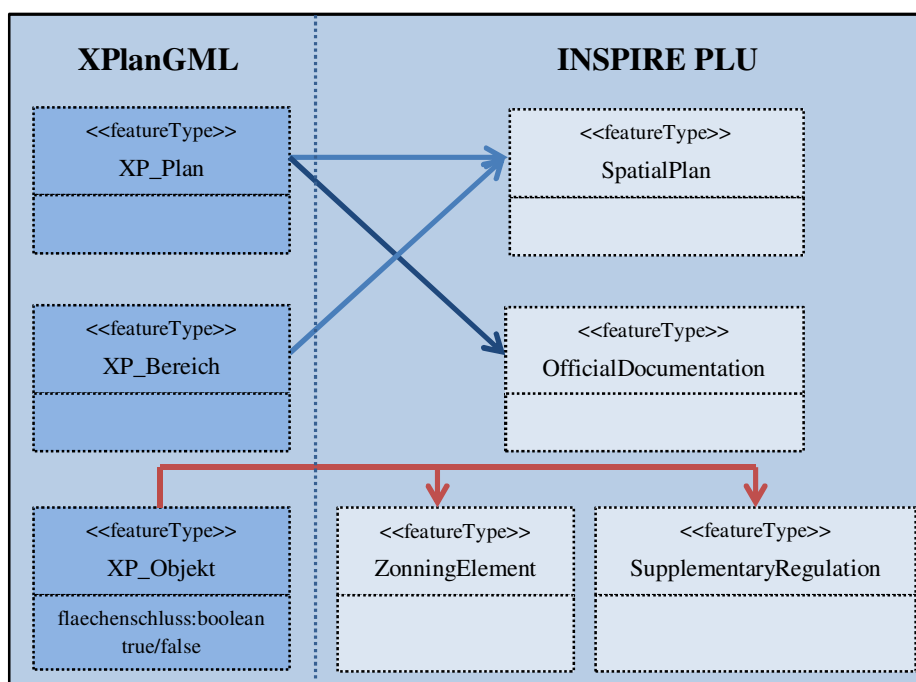


Abbildung 40: Transformationsmodell Feature Type XPlanGML und INSPIRE Planned Land Use (Müller & Würriehausen, 2013b)

Um Daten aus dem XPlanGML-Standard zu übertragen, muss der Zusammenhang von dem europäischen Standard und dem deutschen Datenmodell evaluiert werden. In der Abbildung 40 ist eine vereinfachte Darstellung der XPlanGML- und INSPIRE-Datentypen angegeben. Durch die Verwendung der deutschen Norm von Bauleitplänen sind die Beziehungen *XP_Plan*, *XP_Bereich* oder das *XP_Objekt* mit seinen Ableitungsobjekten definiert. Werden Bauleitpläne zwischen Stellen übertragen, gehen diese Informationen aufgrund der Vorgabe in der Modellierung nicht verloren. Anders ist es, wenn Daten in ein anderes Modell übertragen werden. Das XPlanGML-Schema ist mit <<featureType >> XP_Plan sowie mit mehreren <<featureType>> XP_Bereich modelliert, während in der europäischen INSPIRE-Spezifikation ein Bauleitplan ein einzelnes Objekt <<featureType>> SpatialPlan bildet. In XPlanGML wird der Flächenschluss aus dem Attributwert flaechenschluss wahr / falsch abgeleitet, während in INSPIRE der <<featureType >> ZoningElement und der <<featureType >> SupplementaryRegulation diese Bedingung abbilden.

Die *Wertkorrespondenzen* der differenzierten Schemata sind zu untersuchen und über ein *logisches Mapping* zwischen Quellschema und Zielschema zu transformieren. Die einzelnen Umformungsschritte sollen semantik-erhaltend sein, was auch als Anforderung der Transformation definiert wird. Mit der Formulierung der entsprechenden Regeln, kann dieses Problem mit Anwendungsschemas leichter aufgelöst werden.

In dem nachfolgenden Kapitel wird diskutiert, wie solche Transformationsregeln im Transformationsprozess zwischen verschiedenen, auch heterogenen Quell- und Zielschema abgebildet werden können. Diese Untersuchung bildet im Folgenden die methodische Basis der *Implementierung der Interoperabilität mit Semantischem GIS*.

5. Entwicklungsansatz zur Implementierung der Interoperabilität mit Semantischem GIS

5.1 Integration von Konzepten, Schemata und Semantik

In diesem Kapitel wird untersucht werden, wie die Zusammenhänge zwischen Daten, Information und Wissen für Geodateninfrastrukturen in Europa, auf lokaler Ebene mit einem Semantischem GIS implementiert werden können. Dabei sollen zielgerichtet die Methoden und Sprachen des Semantischen Webs sowie Ontologie berücksichtigt werden, die nach Meinung des Autors zu einer besseren *Vernetzung der Geoinformationen* führen.

Grundlage der Überlegungen sind die bereits in der Literatur von Bartelme (2005) und Bill (2010) angewendeten Zusammenhänge der Wissenstheorie, auf Informationen, die Antworten auf räumliche Fragestellungen liefern. Diese Geoinformationen unterscheiden sich durch strukturelle und syntaktische, semantische (inhaltliche) sowie pragmatische (anwendungsrelevante) Aspekte. Zeichen, Daten, Information und Wissen sind ein hierarchisches Gefüge, deren Nutzung nur auf Basis der darunterliegenden Strukturen erreicht werden kann. Wissen kann auf Basis von Informationen sowie Informationen nur auf Basis konkreter Daten bzw. Zeichenfolgen abgeleitet werden. Diese hierarchische Struktur ist insoweit verständlich, da ohne fundierte Informationsgrundlage kein neues Wissen generiert werden kann, bzw. die Daten immer auch aus einer Zeichenfolge aufgebaut sind. Seither werden mit der Einführung von Elektronischer Datenverarbeitung (EDV) viele Daten produziert, verarbeitet und in Informationstechnik (IT) den Anwendern bereitgestellt. Diese informationstechnologische Entwicklung, z.B. Serverinfrastrukturen im Intranet der Verwaltungen, macht es zudem immer einfacher, Daten zu erstellen. Es stellt sich daher die Frage, ob immer mehr verfügbare Informationen zwangsläufig auch zu immer mehr Wissen führen? Im Gegenteil, viele sehen sich mit einer wachsenden Informationsüberflutung konfrontiert. Mit dieser Informationsüberflutung können die Bürger, aber auch die Verwaltung selbst in ihrer Handlungsfähigkeit gebremst sein.

Durch die *Anwendung von Wissen* (Regeln, Transformationen, Algorithmen u.a.) auf die Daten entstehen Informationen. Werden diese Informationen dahingehend genutzt und im Hinblick auf die Lösung eines komplexen Problems miteinander kombiniert, kann neues Wissen generiert werden. Wissen, welches durch Vernetzung in Geodateninfrastrukturen erzeugt wird, lässt sich daher sowohl für Informationen als auch für die darunter liegenden Daten anwenden.

Dabei ist zu untersuchen, durch welche Ansätze der Modellierung, die *Informations- und Wissensintegration* in verteilten Anwendungen berücksichtigt werden kann. Zum einen ist zu prüfen, wie die Konzepte der Wissensmodellierung in Form von Schemata und Konzepten ausgedrückt werden können. Zum anderen muss durch die Vernetzung heterogener Daten, ein Mehrwert auf Grundlage des Wissensaufbaus in Geodateninfrastrukturen erzielt werden. Dabei könnten vor allem heterogene Quellen möglichst vollständig und effizient zu einer strukturierten Einheit zusammengeführt werden, die sich effektiver nutzen lässt, als dies bei direktem Zugriff auf die einzelnen Quellen möglich wäre. Diese Integration ist vor allem dort notwendig, wo mehrere heterogene Systeme miteinander verbunden werden sollen, beispielsweise bei der Zusammenführung von Daten in eine zentrale Anwendung oder auch bei Quellen im Internet.

Die Integration heterogener Informationen aus unterschiedlichen Quellen betrifft sowohl die Integration konkreter Daten (Datenintegration) als auch der Strukturen (Schemata), in denen sie vorliegen. Im Folgenden werden die wichtigsten Typen von *Heterogenitätsproblemen* zwischen verschiedenartigen, oft heterogenen Datenquellen in Anlehnungen an Leser & Naumann (2007) kurz vorgestellt:

- Das *Datenmodell*: Das Problem unterschiedlicher Datenmodelle (z. B. Objektorientiertes Modell, Relationales Modell, usw.) wird häufig dadurch gelöst, dass sie die unterschiedlichen Datenmodelle in ein einheitliches gemeinsames Anwendungsneutrales Datenmodell wie GML konvertieren.
- Das *Schema*: Selbst wenn verschiedene Datenquellen ein GML benutzen, können ihre Schemata unterschiedlich sein. Dieselben Objekte der realen Welt können so innerhalb verschiedener Schemata unterschiedlich modelliert bzw. strukturiert sein.
- Die *Technik*: Umfasst Probleme in der technischen Realisierung des Zugriffs auf Daten.
- Die *Syntax*: Umfasst Probleme der Darstellung bzw. der syntaktischen Auflösung von Informationen.
- Die *Semantik*: Umfasst Probleme mit der Bedeutung der verwendeten Begriffe und Konzepte. Semantische Unterschiede sind oft schwer zu erkennen und zu beheben, da es viele verschiedene Typen semantischer Unterschiede gibt. Solche Konflikte mehren sich, wenn unterschiedliche Sichten und Interpretationen der Objekte der realen Welt eingeführt werden.

Zur *Auflösung der Heterogenitätskonflikte* sollte ein gemeinsamer Nenner zwischen dem Schema, der Struktur und der Semantik der Daten der unterschiedlichen Quellen gefunden werden. Durch Informations- und Wissensintegration werden heterogene Daten zum Beispiel durch ein generisch konzeptionelles Schema zusammengeführt. Durch den fehlenden Kontextbezug des Schemas müssen Inkonsistenzen durch Wissen aufgelöst und so die einheitliche Sicht auf ein reales Weltobjekt umgesetzt werden.

Hierbei sind grundsätzlich zwei differenzierte Sichtweisen (engl. View) darzustellen. Die eines globalen, konzeptuellen Schemas und das der lokalen, anwendungsbezogenen Schema inklusive deren lokaler Semantik. Differenziert man Schema und Semantik, können folgende Szenarien abgeleitet werden: die *Integration*, die *Separation* sowie die *Inklusion* und die *Exklusion*. Diese differenzieren das Verhältnis von Schemata und Semantik aus globaler Sicht für Szenario a) und b) sowie aus lokaler Sicht für Szenario c) und d) (siehe nachfolgende Abbildung 41).

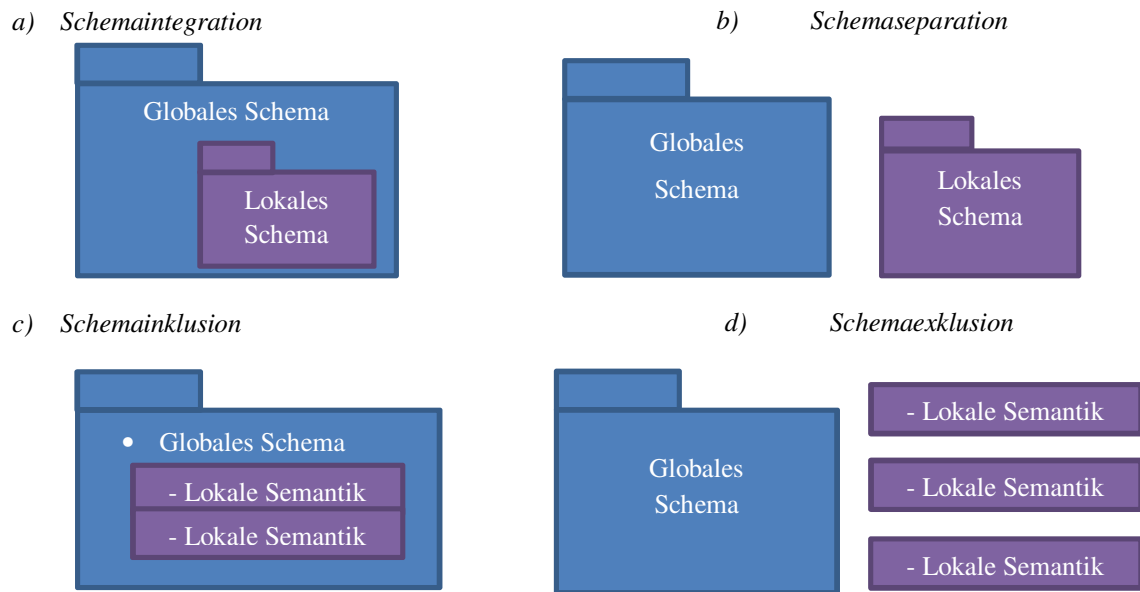


Abbildung 41: Schemadefinition und Semantik als a) Integration, b) Separation, c) Inklusion, d) Exklusion, eigene Darstellung

Das Szenario a) beschreibt die *Schemaintegration* von einem lokalen Schema in ein übergeordnetes Globales Schema. Die Semantik der globalen Sicht und die Semantik der lokalen Sicht werden jeweils durch das Datenschema definiert. Hierbei fungiert das Datenschema des globalen Schemas als Container für das lokale Modell. Bei der Integration handelt es sich quasi um eine Einbettung der lokalen Vorlagen. Ziel der Schemaintegration ist es, die jeweiligen Sichten auf das Objekt der realen Welt (die Semantiken) zu integrieren, Redundanzen sollten durch spezifizierte Transformationsfunktionen der Konzepte ausgedrückt werden können. Mit spezifizierenden Transformationsfunktionen können unter anderem Redundanzen der Objekte, Sprachunterschiede (deutsch: Schule, englisch: School) oder Konsolidierungen (Gymnasium und Realschule Plus entspricht Schule) aufgelöst werden.

In Szenario b) der *Schemaseparation* werden das globale Schemata und das lokale Schema jeweils eigenständig betrachtet. Bei Schemaseparation agieren lokale Schemas eigenständig neben globalen Schemas. Die Ursachen können in der Semantik der Modellierung als auch der Konzepte liegen. Oft führen auch unbestimmte Initiativen zu separierten Schemas, die im Nachgang nur schwer zu beheben sind.

Das Szenario c) der *Schemainklusion* wird in der Fachliteratur oft zusammen mit der Integration betrachtet. Grundsätzlich lässt sich Differenzierung aber an zwei Befehlen `import` und `include` für ein XML-Schema darstellen. Während es beim `import`-Tag erlaubt ist, Elemente aus anderen Namensräumen zu importieren und mit einem eigenen Präfix zu versehen, werden beim `include`-Tag nur Schema-Bestandteile aus dem gleichen Namensraum wiederverwendet, z.B. wenn diese auf verschiedene Dateien verteilt sind. Eine Schemainklusion ist daher für gleiche Konzepte anwendbar, d.h. wenn ein Objekt des lokalen Modells (z.B. eine Schule, Krankenhaus, Kindertagesstätte) auch dieselbe Bedeutung im Globalmodell hat. Die Inklusion einer lokalen Semantik in ein globales Schema kann erreicht werden, wenn im globalen Schema ein Namensraum und/oder Codelisten für lokale Erweiterungen bereitgestellt werden. Die lokale Semantik geht bei der Schemainklusion in dem globalen Schema auf.

Im letzten Szenario d) *Schemaexklusion* wird die lokale Semantik wieder getrennt vom globalen Schema vorgehalten. Bei dem Konzept sind die lokalen Daten extrahiert und haben eine eigene, nicht schemagebundene Semantik. Das globale Schema fungiert dabei als eine Art Schemakatalog, der auf verteilt vorliegenden Semantiken basiert. Dieses Modell gewährt die höchste Form der Selbständigkeit, gleichzeitig ist es aber am anfälligsten gegenüber einer Inhomogenität von lokalen Informationen.

Sobald allerdings die lokale Semantik von der globalen Semantik abweicht, treten immer *Inkonsistenzen* in der Interpretation der Inhalte auf. Hat beispielsweise eine Anwendung für Geodaten die Anforderung ein integriertes Schema für mehrere Quellen bereitzustellen, sind spezifizierte Transformationsfunktionen bei der Auflösung heterogener Semantiken notwendig. Dies betrifft alle heterogenen Informationen aus unterschiedlichen Quellen, sowohl die konkreter Daten als auch der Strukturen, in denen sie vorliegen. Bei den vorgestellten Sichten des übergeordneten globalen Schemas muss in der Regel die Information bzw. die modellierten Objekte der lokalen Schemata überführt werden.

5.2 Korrespondenzen und Logisches Mapping

Zur Auflösung von Heterogenitätskonflikten zwischen beteiligten Schemata sind *Korrespondenzen* zwischen Klassen und Elementen zu erzeugen. Prinzipiell können beliebige Elemente des globalen Schemas mit Elementen eines Datenquellschemas in einer Beziehung stehen (Relation zu Relation, Attribute mit Attributen, Relationen mit Attributen, etc.). Darüber ist es auch sinnvoll, nicht nur Korrespondenzen zwischen einzelnen Schemaelementen zu definieren, sondern auch Anfragen zuzulassen. Diese Anfragen können sowohl von einer globalen Quelle mit dem Ansatz Global-As-View, als auch von einer lokalen Quelle als Local-As-View ausgehen (Leser & Naumann, 2007). Mit diesen Differenzierungen wird der Weg eröffnet, dass Korrespondenzen aus verteilten Quellen realisiert werden können. Bei Redundanz zwischen den Daten verschiedener Quellen lassen sich eine Äquivalenz der Geometrie oder Semantik teilweise automatisch bestimmen und für die Komplettierung von Datensätzen nutzen.

Diese Verfahren, die zur Auffindung herangezogen werden können, werden auch als *Schema Matching* bezeichnet. Hierbei können automatisch oder semiautomatisch Korrespondenzen abgeleitet werden, die zur anschließenden Integration der Daten genutzt werden können (Filbry, Geyer, Laufer, Renker & Skouti, 2013). Um dies zu realisieren können Verfahren zur Datenfusion, der Duplikat- bzw. der Mustererkennung (Data-Mining) angewendet werden. Der Einsatz der verschiedenen Verfahren führt aber zwangsläufig immer zu der Frage, wie verlässlich die damit erzielten Informationen sind. Hier wird auch die Frage der *Integrität* der erzielten Ergebnisse zu beantworten sein. Die Integrität stellt dar, dass Objekte keine formellen und inhaltlichen Widersprüche aufweisen und sollte daher als eine wichtige Randbedingung der lokalen Semantik betrachtet werden (Leser & Naumann, 2007).

Betrachtet man diese Zusammenhänge auf der Wissensebene nach Bodendorf (2005) kann *lokale Semantik* einen Beitrag zum Aufbau des Wissen aus der lokalen aber auch der globalen Ebene darstellen. Voraussetzung dafür ist, dass Informationen derart vorgehalten werden, dass sie für globale Anwendungen geforderte Klassen bereitstellen. Die Klassen des globalen Schemas werden durch lokale Elemente gebildet.

Bei semantisch überlappenden Weltausschnitten mit einander entsprechenden Klassen zweier Schemadefinitionen ist es möglich, eine Zuordnung eines oder mehrerer Elemente eines Quellschemas zu einem oder mehreren Klassen eines Zielschemas zuzuordnen. Diese Zuordnung wird auch als Korrespondenz bezeichnet. Eine Menge von Korrespondenzen zwischen zwei Schemas bilden das Schema-Mapping (Bellahsene, Bonifati & Rahm, 2011). Ein weiterer Ansatz wird von Leser & Naumann (2007) genannt, dort

„bezeichnen wir mit Schema-Mapping einen komplexen Prozess, der, ausgehend von Wertekorrespondenzen, komplexere Schemakorrespondenzen und schließlich Datentransformationsvorschriften ableitet.“ (Leser & Naumann, 2007, S. 123)

Aus dem Mapping sollten sich daher Datentransformationsvorschriften ableiten lassen, mit denen sich die Daten aus dem einen Schema möglichst vollständig in das andere Schema überführen lassen. Ausgangspunkt beim Schema-Mapping sind immer zwei Schema: das Quellschema und das Zielschema. Sie sind gerichtet und lassen sich im Allgemeinen nicht einfach umdrehen bzw. invertieren.

Das wesentliche Element des Schema-Mapping ist die *Wertekorrespondenz* (engl. value correspondence). Ein Mapping ist eine Menge von Wertekorrespondenzen, die alle gemeinsamen Attribute des Quellschemas mit Attributen des Zielschemas verbindet. Sie schreibt vor, wie Werte eines oder mehrerer Zielattribute aus Werten eines oder mehrerer Quellattribute erzeugt werden kann.

Die Wertekorrespondenz kann auch mit einer Transformationsfunktion annotiert werden, die Datumsformate anpasst oder Einheiten der Werte umrechnet. Mehrwertige Korrespondenzen verknüpfen mehrere Attribute eines Schemas miteinander. n:1, 1:n, n:m. Einfache Korrespondenzen 1:1 haben jeweils genau ein Element als Quelle und ein Element als Ziel (siehe Abbildung 42).

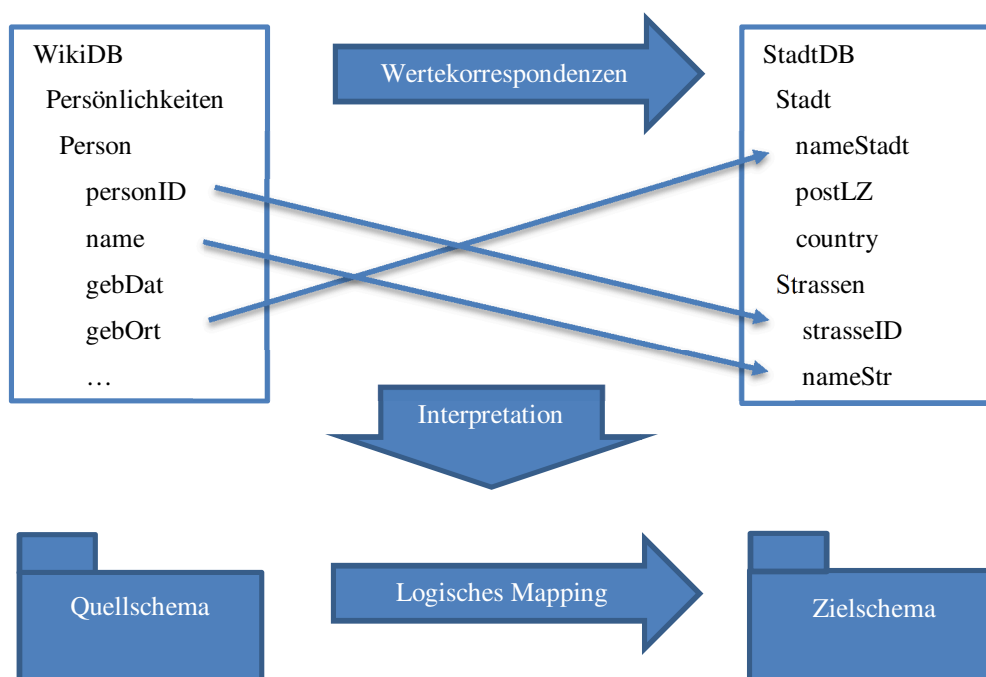


Abbildung 42: Schema-Mapping im Überblick (Leser & Naumann, 2007, S. 125)

Bei dem Beispiel der Abbildung 42 werden zwei Datenbankschema und die Inhalte gegenübergestellt. Das Quellschema repräsentiert eine WikiDB mit Inhalten zu berühmten Persönlichkeiten, Ländern und Regionen. Das Zielschema wird durch eine StadtDB dargestellt, die alle Straßen, Städte, die Postleitzahlen inklusive einer Geokoordinate in einer kommunalen Straßendatenbank zusammenfasst. Das Ziel des Schema-Mappings ist es, Werte gleicher „Bedeutung“ in der WikiDB und StadtDB zu finden, die der Intention eines Nutzers entsprechen. Im Unterschied zum Matching, bei dem nur gleiche Elemente automatisch gefunden werden, repräsentiert das Schema-Mapping die Nutzerlogik. Greift man das Beispiel (Abbildung 16, Seite 63) der Person „Lucy Hillebrand“ einer berühmten Mainzer Architektin auf, kann durch das Mapping dargestellt werden, ob es auch Straßen gibt die nach einer berühmten Person benannt sind. Eine Wertekorrespondenz des Mappings wäre in diesem Fall möglich, da es eine „Lucy-Hillebrand-Straße“ in Mainz gibt.

Die resultierende logische Übersetzung eines Mappings, die nicht immer Wertgleichheit bedeutet, wird auch als *Logisches Mapping* bezeichnet, die den Integritätsbedingungen beider Schemas gehorcht und die Intention des Nutzers widerspiegelt. Die Interpretation von Logiken ist wichtig, da damit unter anderem Klassenäquivalenzen, Einschlüsse, Überlappungen oder auch Disjunktionen der Objekte als Menge dargestellt werden können. Hierbei wird eine Beziehung zwischen genau zwei Objekten der beteiligten Schemata definiert. Damit können analog zu integrierten Mengen bei extensionalen Beziehungen folgende Arten von Korrespondenzen unterschieden werden (Conrad, 2002):

Tabelle 13: Korrespondenzarten als Ausdruck extensionaler Beziehungen (Conrad, 2002).

Korrespondenzarten	Extensionale Beziehung der Elemente
$A \equiv B$ (Äquivalenz)	Element A und Element B sind semantisch äquivalent, d.h. sie repräsentieren immer dieselbe Menge von Objekten der realen Welt.
$A \supseteq B$ (Einschluss)	Zu jedem Zeitpunkt enthält die Menge von Objekten der realen Welt, die durch A repräsentiert wird, die Menge von Objekten die von B repräsentiert wird. Damit stellt A immer eine Teilmenge von B dar.
$A \cap B$ (Überlappung)	Zwischen den Mengen von Real-Welt-Objekten, die durch A und B repräsentiert werden, kann es eine Überlappung geben. Es gibt eine (leere oder nichtleere) Schnittmenge.
$A \neq B$ (Disjunktheit)	Die von A und B repräsentierten Mengen sind disjunkt. Es gibt daher zu keinem Zeitpunkt ein Objekt, das gleichzeitig zu A und B gehört.

Damit können, im Sinne einer Aussagenlogik, Beziehungen formalisiert und damit Regeln abgeleitet werden. Im Umkehrschluss kann daraus schlussgefolgert werden, dass wenn die Objektlogik bekannt und mittels Ontologie definiert ist, auch die Werte eines Zielschemas basierend auf einem logischen Mapping des Quell- und Zielschemas abgeleitet werden können. Wesentlich ist zu untersuchen, welche Entwicklungsansätze zur Auflösung einer heterogenen Datenbasis geeignet sind.

5.3 Implementierung von Modelltransformationsansätzen

Hier soll als wissenschaftlicher Ansatz dargelegt werden, wie die Realisierung der Datenintegration bzw. die *Modelltransformation* basierend auf internationalen Normen der Semantic Web Technologie für die INSPIRE-Interoperabilität angewendet werden kann. Konkret sollen die Daten über "Netzdienste" verteilt und durch ein "Geo-Portal" zugänglich gemacht werden. Im Zusammenhang mit der Interoperabilität stehen daher drei Hauptmerkmale im Vordergrund:

1. Datenintegration von Geodatenansätzen (die sog. „Datenebene“).
2. Datennutzung über Dienste (die sog. „Serviceebene“).
3. Entstehen eines Zusatznutzens aus integriert genutzten Daten (die Invoke bzw. „Wissensebene“).

Für die Realisierung von Punkt 3 wird ein Forschungs- und Entwicklungsansatz untersucht, der basierend auf Wissenstechnologien als Ontologien und Semantic Web Services für INSPIRE umgesetzt werden kann. Hierbei soll auch diskutiert werden, wie Ontologie zur Lösung der Interoperabilität für verschiedene INSPIRE-Themen in einem *Semantischen GIS* genutzt werden kann.

Die Nutzung der Semantic Web-Technologien, Abfragen auf heterogene Daten über einen zentralen Abfrageknoten oder Initiativen wie Linked Data im semantischen Web weckten in den letzten Jahren das besondere Interesse in der Forscherwelt. Tschirner, Scherp & Staab (2011) präsentieren einen Ansatz, der das komplexe GML INSPIRE-Datenmodell übersetzt in die Semantic Web OWL-Ontologien unter Anwendung der Linked Data-Theorie. Hierbei wird auch ein geomodifiziertes SPARQL für INSPIRE-Daten und WebServices angewendet, sowie eine „Semantische Plattform“ für Abfragen von Daten verschiedener Quellen beschrieben. Dies eröffnet Wege der Vernetzung aber auch der Darstellung der Ressourcen unter Nutzung von Semantic Web Technologien. Durch Fleischli (2012) wird die Vernetzung von Umweltdaten als Linked Data diskutiert. Weitere Arbeiten von Trinkunas & Vasilecas (2009), Bellahsene, Bonifati & Rahm (2011) und Bittner, Donnelly & Smith (2009) beschreiben verschiedene Anwendungsfälle, in der die Nutzung von Schema-Mapping und Ontologien den Fokus der Untersuchung darstellt.

Allerdings gibt es kaum fachwissenschaftliche Untersuchungen, die einen flexiblen Ansatz der interoperablen Bereitstellung von *umweltrelevanten Geodaten der lokalen Ebene* im Rahmen der INSPIRE-Richtlinie fokussieren. Die Verwaltungsstrukturen mit ihren spezifischen Funktionen und Datenbestände haben zu einer heterogenen Informationsinfrastruktur auf lokaler Ebene geführt. Ein semantisches und organisatorisches Konzept, welches auf eine heterogene Organisations- und Datenstruktur-Landschaft angewendet werden kann, ist deshalb zwingend erforderlich. Ohne verbindliche Konzepte für kommunale Informationen, kann Interoperabilität zwischen lokalen Geodateninfrastrukturen und INSPIRE nicht realisiert werden.

Vergleicht man zudem die Anforderungen einer Geodateninfrastruktur und die Ansätze von Linked Open Data, kann erkannt werden, dass die Redundanzfreiheit auch Ebenen-übergreifend ein wichtiges Kriterium darstellt. Allerdings ist offen, wie und mit welchem Transformationsansatz die INSPIRE-Dateninteroperabilität erreicht werden kann. Dieser übergreifende Ansatz der Transformation von der lokalen Ebene bis nach INSPIRE soll die Interoperabilität in der Arbeit gewährleisten.

5.3.1 Transformation auf Datenebene (ETL)

Der Integrationsprozess auf Datenebene kann nach Filbry, Geyer, Laufer, Renker & Skouti (2013) sowie Bodendorf (2005) über ein Modell bestehend aus Extraktion (E), Transformation (T), Laden (L), (engl. extract/transform/load) abgebildet werden. Dieser Prozess ist beschrieben als ein:

„Vorgang, Daten aus bestehenden Datenquellen zu extrahieren, mittels geeigneter Transformationsregeln zu homogenisieren, nach bestimmten Vorschriften zu bereinigen und ggf. anzureichern und in ein separates Ziel zu laden.“ (Filbry, Geyer, Laufer, Renker & Skouti, 2013, S. 37)

Dieser sogenannte ETL-Prozess kann auch in den nachfolgenden Betrachtungen als Basismodell definiert werden, damit eine einheitliche operationelle und prozessbasierte Verallgemeinerung für alle Transformationsprozesse auf Datenebene erreicht werden kann. Hier spielen auch herstellerabhängige Prozesse eine Rolle, die basierend auf einem ETL-Modell die Implementierung in kommerziellen Softwaresystemen umgesetzt hat. Beispielhaft zu nennen sind die Lösungen der Firma Safe-Software mit der Produktreihe FME (Feature Manipulation Engine) oder auch die Open Source Lösung HALE (Humboldt Alignment Editor), die in der weiteren Anwendungsstudie noch Verwendung finden.

Hier soll dargelegt werden, wie diese Implementierungen nicht nur die Prozesse auf Datenebene unterstützen können, sondern auch die Basis der Implementierung auf Serviceebene darstellen kann. Doch zunächst muss untersucht werden, ob eine heterogene Datenbasis in den Kommunen (vgl. Abschnitt 4.3 Evaluierung der INSPIRE-relevanten Geofachdaten der Kommunen, Seite 81), die Basis für eine verallgemeinerte Betrachtung darstellen kann.

Bei der *Datenextraktion* werden alle für relevant befundenen Daten aus dem Quellsystem ausgelesen. Die benötigten Daten liegen in der Regel in unterschiedlichen Formaten vor, können strukturiert, semistrukturiert oder unstrukturiert sein. In jedem Fall muss sichergestellt werden, dass das Quellsystem erreichbar ist, um Daten zu extrahieren, was entweder durch das Quellsystem angestoßen werden (push) oder vom Zielsystem angefordert werden kann (pull). Bereits in diesem Teilschritt muss die sich aus der Schnittstellendefinition ergebende technische und syntaktische Heterogenität überwunden werden (Filbry, Geyer, Laufer, Renker & Skouti, 2013). Daher sollten ETL-Tools diese Barrieren überwinden, in dem möglichst viele Formatspezifikationen unterstützt werden.

Der Teilschritt der *Transformation* ist zuständig für die Konsolidierung und Homogenisierung der extrahierten Daten. Diese Aufgabe ist der wichtigste, aber auch der arbeitsintensivste Teilprozess des gesamten ETL-Prozesses. Der hohe Aufwand ergibt sich sowohl aus der formatspezifischen, syntaktischen, als auch der strukturellen und semantischen Heterogenität der einzelnen Quellsysteme. Das Quellsystem muss analysiert werden, um die Homogenisierung und Konsolidierung im Hinblick auf Modellierung, Schlüsselwerte, Benennungen und Skalen zu vereinheitlichen. Viele Transformationen können bereits bei der Extraktion über Datenkonvertierungen mittels Datenbankmittel z.B. über SQL-Befehle gewandelt werden. Auch Regeln zwischen verschiedenen Quell- und Zielsystemen, können über Datenbankfunktionen wie *Select-Case* oder prozedurale Ablaufsteuerungen mit *If-Else* abgebildet werden. Durch ETL-Tools können diese Aktionen unterstützt werden (Filbry, Geyer, Laufer, Renker & Skouti, 2013).

Für den Teilschritt des *Ladens* steht eine Zieldatenbank bereit, in die extrahierte und transformierte Datensätze gespeichert bzw. geschrieben werden können. ETL-Tools können die Befüllung des Zielsystems ebenfalls unterstützen, indem sie die geeigneten Komponenten bieten, die den erforderlichen Programmcode generieren. Je nach Komplexität und Menge der Daten kann das Laden ebenfalls ein langwieriger Prozess sein (Filbry, Geyer, Laufer, Renker & Skouti, 2013). Zudem sind wieder geeignete Zielformate zu unterstützen, um das Laden der Daten in die Zieldatenbank zu ermöglichen. Je nach Hersteller sind auch hier auf syntaktischer Ebene durch das ETL-Tool diese zu schreibenden Datenformate zu unterstützen.

Die Anforderungen des ETL-Prozesses an ein Schema-Mapping von einem lokalen Quellschema zu einem globalen Zielschema sind nachfolgend skizziert:

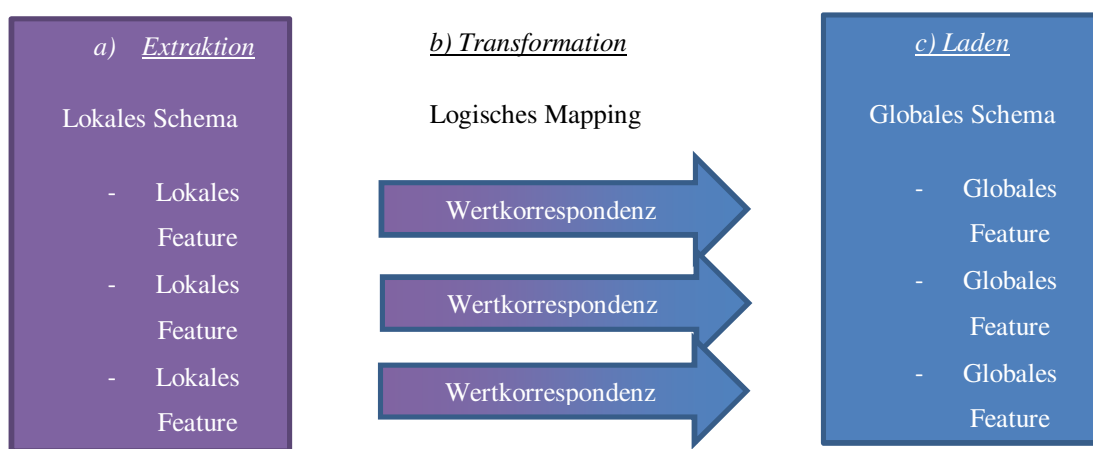


Abbildung 43: Der ETL-Prozess als Anwendungsfall des Schema-Mapping, mit Wertkorrespondenzen und Logisches Mapping, eigene Darstellung

Es kann dargelegt werden, dass eine „Wertkorrespondenz“, wie sie auch Leser & Naumann (2007) beschreibt, über korrespondierende Elemente des lokalen Schemas mit dem globalen Schema umgesetzt werden müssen. Diese Definition der Transformation auf Datenebene setzt einschlägige Kenntnisse beider Schemata bis auf die Featureebene voraus. Eine Modellevaluierung ist notwendig, Wertkorrespondenzen bzw. Regeln sind zu definieren und über das logische Mapping abzubilden. Alleine die Tatsache der Komplexität und Vielseitigkeit des Zielmodells INSPIRE lässt vermuten, dass bei kommunalen Geodaten eine ähnliche Komplexität vorzufinden ist. Diese Umsetzung eines Konzeptes, das auf der Transformation auf Datenebene beruht, ist daher kritisch zu betrachten, auch aufgrund der Komplexität für Kommunen. Es ist zu prüfen, inwieweit ein ETL-Prozess auf Datenebene den wissenschaftlichen Anforderungen für Geodateninfrastrukturen genügt, indem auf Datenebene mittels ETL-Software eine INSPIRE-konforme Datenbereitstellung erreicht werden kann.

Anhand der evaluierten Geodaten (Tabelle 8, Seite 84) soll untersucht werden, wie eine *Transformation auf Datenebene*, mit den Daten der Kommunen und dem INSPIRE-Datenmodell als Zielsystem, umgesetzt werden kann. Dabei werden zwei Softwaretools verwendet. Zum einen das Open Source Produkt HALE (Humboldt Alignment Editor)²², zum anderen das Produkt FME (Feature Manipulation Engine)²³ der Safe Software Inc. aus Surrey (Canada). Beide Produkte sind ETL-Tools, die für Datentransformationen durch Kommunen eingesetzt werden können. Teilweise sind diese Produkte auch bereits bei Kommunen im Einsatz, unter anderem

²² <http://www.esdi-community.eu/projects/hale>

²³ <http://www.safe.com/fme/fme-desktop/>

um eine Koordinatentransformation mit Umstieg auf das ETRS'89/UTM-Koordinatensystem durchzuführen. Es soll im Folgenden untersucht werden, mit welchem Aufwand eine Transformation mit XPlanGML sowie mit Shape-Format nach INSPIRE-GML auf Datenebene transformiert werden kann. Für detektierte umweltrelevante Geodaten der Kommunen ist dies aktuell der häufigste Anwendungsfall. Der Vorteil für XPlanGML gegenüber Shape ist das vordefinierte Anwendungsschema, welches eine Verallgemeinerung der Transformationsregeln ermöglicht. Beim Shape-Format muss das *.xsd Schema aus dem Datensatz selbst extrahiert sowie individuell eine Ableitungsregel erzeugt werden.

Zudem sollte es prinzipiell möglich sein die Transformation auf Datenebene, auch mit einer *Shape-Datei als Quellformat* umzusetzen. Dies wurde mit Daten der punktuellen Naturdenkmale und Landschaftsschutzgebiete untersucht. Bei diesen Daten ist eine Betroffenheit erkannt worden (vgl. INSPIRE-Relevanz, Tabelle 8, Seite 84), wengleich hier das Prinzip der Subsidiarität in Rheinland-Pfalz angewendet wurde. Unabhängig von diesen organisatorischen Komponenten soll hier aufgezeigt werden, wie auf syntaktischer Ebene Interoperabilität mit Shape-Daten erreicht werden kann. Die nachfolgende Abbildung 44 zeigt die Überführung der Datenformate ESRI Shape in GML für Daten der punktuellen Naturdenkmale der Kommunen.

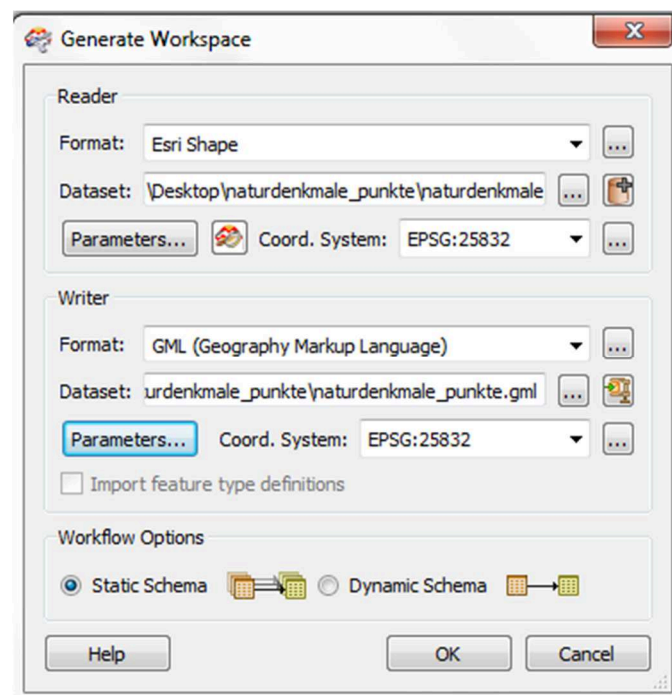


Abbildung 44: Formattransformation Shape nach GML mit FME

Diese und weitere Schutzgebiete mit INSPIRE-Relevanz liegen für alle Kommunen aggregiert in einem zentralen Landschaftsinformationssystem LANIS²⁴ der Umweltverwaltung vor. Die Daten werden von den Kommunen mit einem Erfassungsprogramm gis.pad²⁵ erhoben und an die Oberste Naturschutzbehörde weitergeleitet. Für die Transformation nach GML wurde FME verwendet. Nachfolgend ist ein Auszug aus den Transformationsergebnissen dargestellt.

²⁴ Das Landschaftsinformationssystem LANIS der Naturschutzverwaltung Rheinland-Pfalz

²⁵ Die Software gis.pad der Firma Conterra aus Münster, Deutschland


```

<gml:featureMember>
  <fme:naturdenkmale_punkte_PYtJ0HXV gml:id="id59c83bdf-8a2e-4ee7-92e4-
8c10ca10e187">
    <fme:gispadid>2480768</fme:gispadid>
    <fme:einspeisun>20141208</fme:einspeisun>
    <fme:name>ND Nr. 215, 1 Kastanie, Hinter dem Dom</fme:name>
    <fme:kennung>ND-7211-571</fme:kennung>
    <gml:pointProperty>
      <gml:Point srsName="_UTM32-WGS84_0" srsDimension="2">
        <gml:pos>330347.75 5514168.41</gml:pos>
      </gml:Point>
    </gml:pointProperty>
  </fme:naturdenkmale_punkte_PYtJ0HXV>
</gml:featureMember>

```

Erkennbar ist, dass die Definition des GML Namespaces der Schema-Definition programmspezifisch vergeben ist, da oft keine eigene Schemadefinition existiert. Das Schema „fme“ wird hierbei aus den Ausgangsdaten erzeugt und in einer XSD-Datei gespeichert. Daraus könnten für alle Shape-Daten auch XSD-Schemadefinitionen und GML als Ausgangsdatenmodell erzeugt werden, ähnlich der Definition XPlanGML für Deutschland.

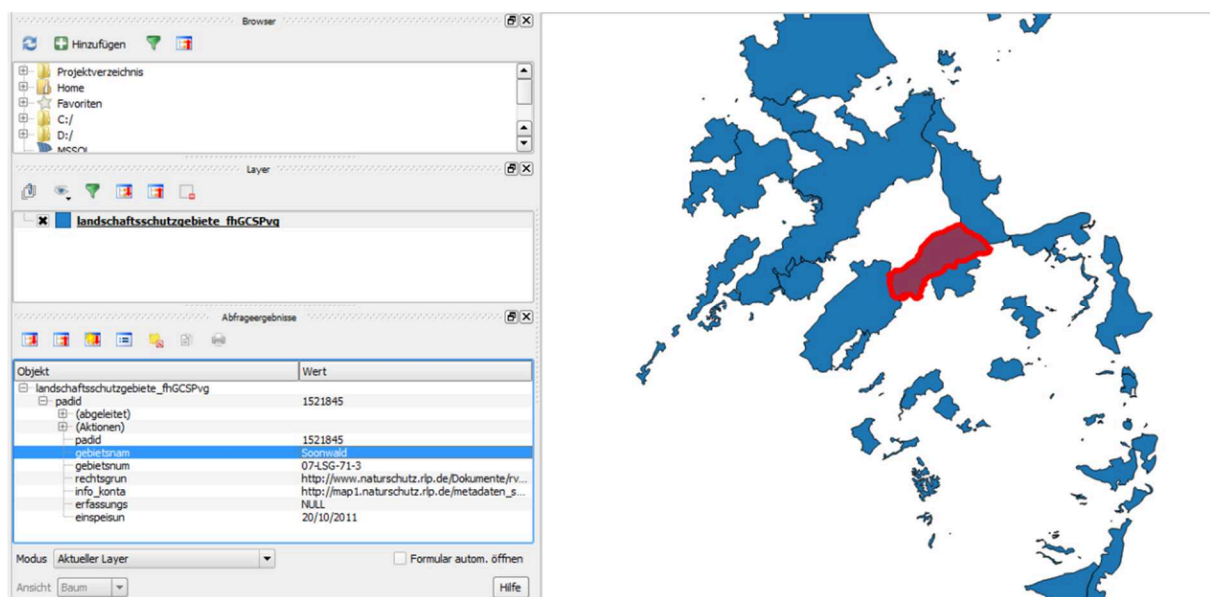


Abbildung 45: Geodaten der Landschaftsschutzgebiete in Rheinland-Pfalz, Attribute des Quelldatensatz für INSPIRE-Transformation

Einen weiteren Untersuchungsgegenstand stellt das *Datenmodell XPlanGML* dar. Basierend auf den Studien des Abschnitt 4.7 Spezifikationstest und Digitalisierung kommunaler Pläne (Seite 101) konnten Geodaten mit XPlanung erzeugt werden. Zudem wurden Systeme implementiert die eine Verarbeitung der Daten auf ArcGIS Basis sowie mit WS Landcad ermöglicht. Für die untersuchten Planungsverfahren wurden Geodaten aus diesen Programmen extrahiert, die im Folgenden für die Anwendung der INSPIRE-Interoperabilität verwendet werden.

Vergleicht man zudem die im lokalen Anwendungsschema definierten Attribute mit dem INSPIRE-Modell, lassen sich ebenfalls Korrespondenzen bilden, die in einen Transformationsprogramm abgebildet werden können. Nachfolgende Abbildung 46 zeigt die Regeln zwischen verschiedenen Anwendungsschema, beispielsweise der Version XPlanGML Version 3.0 der Festsetzungen BP_Freifläche, BP_Landwirtschaft, BP_Bereich, sowie BP_Plan des Planes Brühl in der Software FME. Zudem wurden die Korrespondenzen zu INSPIRE PLU verglichen und eine Transformation mit FME durchgeführt.

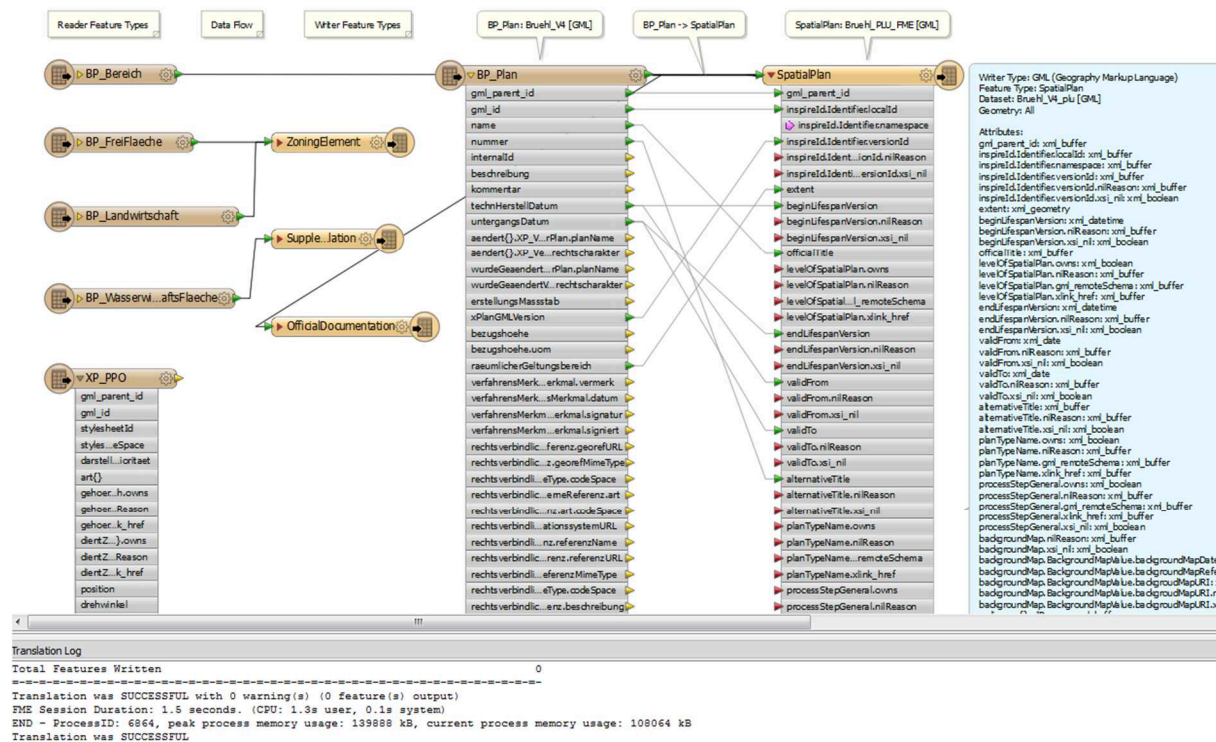


Abbildung 46: FME-Transformation Bebauungsplan „Brühl“ mit XPlanGML nach INSPIRE Anhang III-Thema Planned Land Use

Erkennbar ist alleine aus dieser Darstellung der Wertekorrespondenzen, dass nicht alle Elemente in XPlanGML auch korrespondierende Elemente im INSPIRE-Datenmodell besitzen. Auch Untersuchungen von Benner (2014) sowie von Müller & Würriehausen (2013b) zeigen auf

„..., dass nicht alle Klassen des XPlanGML Datenformats abgebildet werden können und einige XPlanGML Konzepte nicht in INSPIRE PLU zu realisieren sind.“ (Benner, 2014, S. 8)

Selbiges ist auch bei der Klassifizierung in INSPIRE festzustellen, mit dem sog. HILUCS (Hierarchical INSPIRE Land Use Classification System) sowie der Codeliste der ergänzenden Vorschriften (siehe nachfolgende Tabelle 14).

Tabelle 14: Transformationsregeln für eine Wasserwirtschaftsfläche sowie eine geplante Fläche landwirtschaftlicher Nutzung in XPlanGML und INSPIRE PLU, Untersuchung BPlan „Brühl“ (vgl. Abbildung 39, S.110)

XPlanGML		INSPIRE PLU
BP_WasserwirtschaftsFlaeche	Flächenschluss	Supplementary Regulation Value
Hochwasser Rueckhaltebecken	false	2_RiskExposure
<i>Ueberschwemmungsgebiet</i>	false	2_1_FloodRisk
Versickerungsflaeche	false	2_RiskExposure
Entwaesserungsgraben	false	2_RiskExposure
Sonstiges	false	2_RiskExposure
BP_Landwirtschaft		Zoning Element Value
<i>LandwirtschaftAllgemein</i>	true	1_1_agriculture
Ackerbau	true	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
WiesenWeidewirtschaft	true	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
GartenbaulicheErzeugung	true	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
Obstbau	true	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
Weinbau	true	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
Imkerei	true	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
Binnenfischerei	true	1_4_2_ProfessionalFishing
Sonstiges	true	1_1_agriculture

Tabelle 14 zeigt entwickelte Transformationsregeln einer Wasserwirtschaftsfläche sowie einer geplanten Fläche landwirtschaftlicher Nutzung, mit jeweils gültigen Attributen. Wie aus der Liste abzuleiten ist, zeigt das deutsche Klassifikationsschema eine detailliertere Auflösung der geplanten Bodennutzung als das INSPIRE-Schema PLU. Beispielsweise werden vier dieser detaillierten Bodennutzungsklassen in XPlanGML auf lediglich einen Wert „2_RiskExposure“ in INSPIRE übertragen. Selbiges gilt für eine geplante Fläche für die Landwirtschaft, die im BPlan „Brühl“ festgelegt ist. Auch hier ist eine generalisierte Betrachtung in INSPIRE erkennbar. Es besteht zwar grundsätzlich die Möglichkeit, diese INSPIRE-Codelisten durch *nationale Codelisten* zu verfeinern, allerdings ist dies für jeden Bebauungsplan separat sicherlich ein anspruchsvoller Weg. Bei der Codeliste handelt es sich um eine

„Liste der für das INSPIRE-Thema Bodennutzung zu verwendenden und auf nationaler oder lokaler Ebene abgestimmten Bodennutzungskategorien.“ (European Commission, 2014b)

Selbiges wird auch für spezifische ergänzende Vorschriften definiert. Darin heißt es

„Kategorie ergänzender Vorschriften in einer vom Datenanbieter angegebenen Systematik ergänzender Vorschriften.“ (European Commission, 2014c)

Allerdings ist es ohne diese *nationalen Codelisten* derzeit für die Daten der Bodennutzung nicht möglich, eine Hin- und Rücktransformation zwischen den Schemas von XPlanGML und INSPIRE PLU durchzuführen. Offen

ist derzeit, durch welche Institution auf nationaler oder lokaler Ebene eine solche Liste als verbindlich für die INSPIRE geplante Bodennutzung definiert wird.

Ein weiteres Problem der Transformation auf Datenebene ist die *kartografische Darstellung* in den unterschiedlichen Modellen. Für die INSPIRE-Visualisierung sind einfache Regeln für die Standarddarstellung durch die Angabe eines einzigen Farbwertes für jede Klasse des Hierarchischen INSPIRE Landnutzungs-klassifikation System (HILUCS) gegeben. Der Geltungsbereich des Planes wird durch eine durchgezogene Linie der Breite 2 Pixel dargestellt. Im Gegensatz zum einfachen INSPIRE-kartografischem Modell, wird in deutschem Planungsrecht eine detaillierte Zeichenverordnung, die sog. Planzeichenverordnung (PlanzV90), festgelegt. Hier werden die Symbolik, Signaturen und Flächendarstellungen der Rechtspläne in einer besonders anspruchsvollen Weise definiert. Dieses Problem der Kompatibilität der kartografischen Darstellung wird Gegenstand zukünftiger Arbeiten sein müssen. Derzeit werden ein und dieselbe Festsetzung durch jeweils unterschiedliche Darstellungsmodelle wiedergegeben (siehe Abbildung 47).

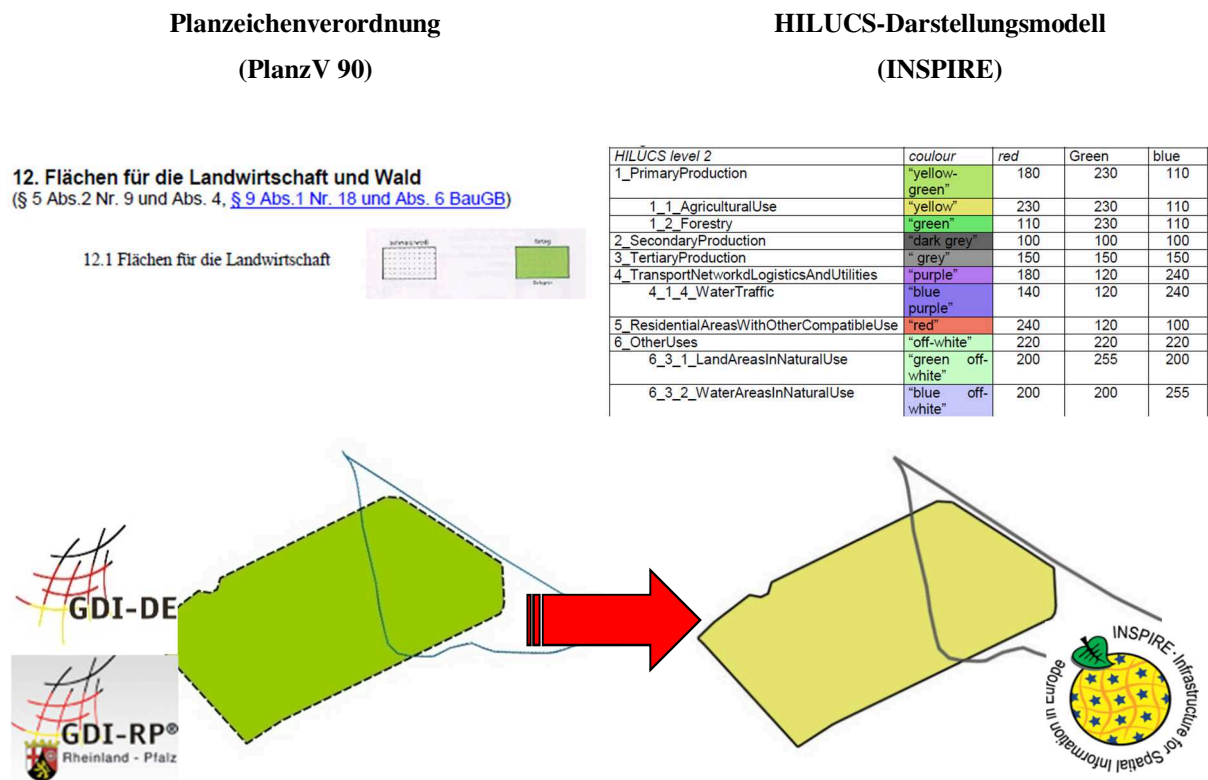


Abbildung 47: Kartografisches Modell nach PlanzV90 in Deutschland (links) und das HILUCS-Darstellungsmodell (rechts), Transformationsergebnis BPlan „Brühl“ (vgl. Abbildung 39, S.110)

Das gleiche gilt für die Denkmalliste in Textform, die als geometrische Objekte oder Attributdaten für INSPIRE bereitgestellt werden sollen. Die Denkmalliste wird derzeit durch Kreisverwaltungen im Auftrag der Generaldirektion Kulturelles Erbe in Rheinland-Pfalz als Geodaten erfasst. Da Denkmäler ein Teil der Kulturlandschaft und Geodateninfrastruktur in Rheinland-Pfalz sind, können diese durch standardbasierte Dienste für das webbasierte Kulturlandschaftskataster „KULIS“ (Boos, Müller & Würriehausen, 2012) sowie im Geoportail des Landes bereitgestellt werden.

Der wissenschaftliche Beitrag des Autors dient der besseren Integration und standardbasierten Zugriff auf kulturlandschaftsrelevante Informationen mit INSPIRE. Hierfür wurden im Projekt KULIS Denkmäler der Kreisverwaltung Mainz-Bingen als Punkte, Linien oder Flächen nach Denkmalschutzgesetz erfasst und als Darstellungsdienst der INSPIRE-relevanten Schutzgebiete im Sinne von Anhang I der Richtlinie bereitgestellt. Neben der Semantik des INSPIRE-Datenmodells, ist ähnlich der Bodennutzung auch für Schutzgebiete ein Darstellungsmodell definiert. Die Visualisierung des INSPIRE-Datensatzes sieht vor, dass Punktgeometrien als Quadrat mit einer Größe von 6 Pixel, die Flächenelemente mit einer Darstellung 50 % Grau (# 808080) zu füllen und einer schwarzen Umrandung dargestellt werden. Liniengeometrien für Schutzgebiete sind als durchgezogene schwarze Linie mit einer Strichstärke von 1 Pixel im "Standard-Style" vorgegeben. Vergleicht man auch hier beide Darstellungsvarianten INSPIRE und eigene Festsetzungen aus kartografischer Sicht, ist auch hier eher eine generalisierte Sichtweise erkennbar. Die Praktikabilität für Bürger oder die Verwaltung selbst wird aus kartografischer Sicht kritisch gesehen (Erkennbarkeit, Abgrenzung der Elemente, etc.).

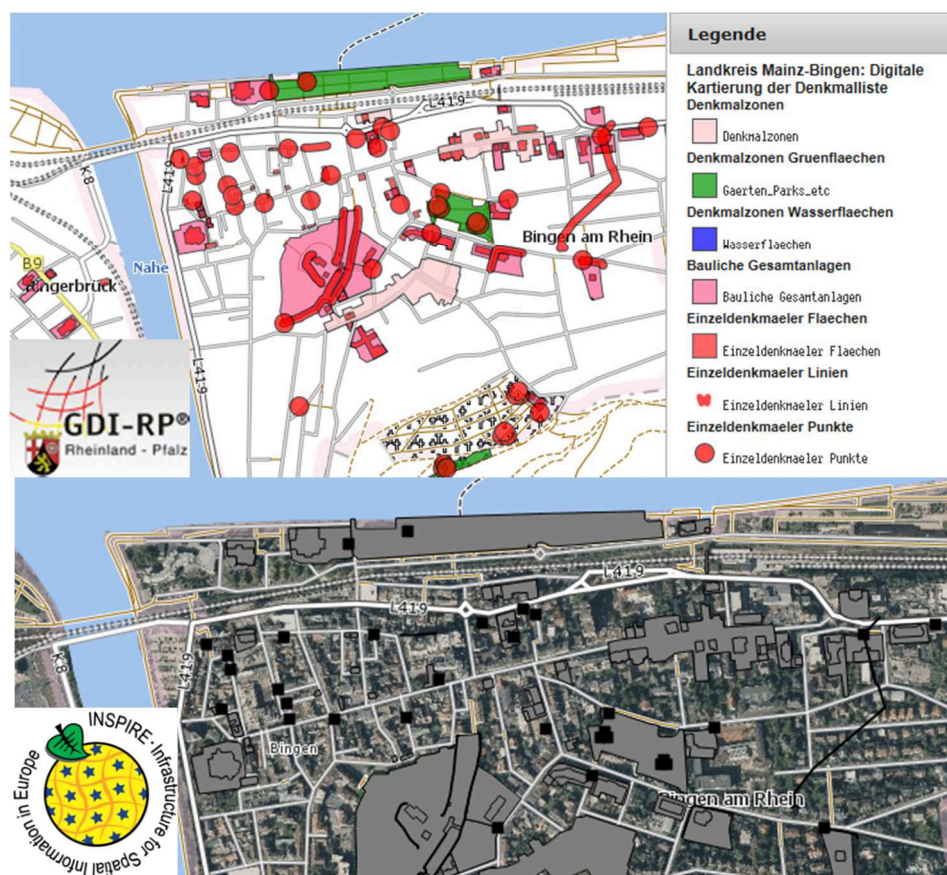


Abbildung 48: Darstellungsmodell der digitalen Kartierung der Denkmalliste im Landkreis Mainz-Bingen sowie nach INSPIRE-Spezifikation, Transformationsergebnis.

Zudem werden in Bezug auf *semantische und kartografische Modellierung* die Merkmale in Bauleitplänen, von Schutzgebieten oder auch der Denkmalliste weiterhin auf die bestehenden nationalen Vorschriften aufbauen, sodass beispielsweise die Regelung für die kartografische Symbole der PlanV90 sowie Festsetzungen nach BauGB weiterhin in Deutschland eingesetzt werden. Daher muss es zukünftig Anpassungen der oben genannten INSPIRE-Farbpaletten geben, auch um eine bessere Unterscheidung der verschiedenen Elemente auf den ersten Blick zu haben. Diese Anpassungen sollten so ähnlich wie möglich sein und mit der Farbkonvention beispielsweise als *nationales Farbprofil* für Anwender in Rheinland-Pfalz und Deutschland eingeführt werden.

Tabelle 15: INSPIRE-Prozess der Feature- & Koordinatentransformation bis zur kartografischen Darstellung (Waters, Beare, Walker & Millot, 2011)

Step	Processes	Objectives
1)	Feature Transformation & CRS	Transform local schemas and features to common INSPIRE data specification framework
2)	Data Integration	Integrate INSPIRE data into "virtual" collaborative datasets
3)	Edge Matching & Consistency	Ensure cross-border consistency across neighbouring data
4)	Data Generalisation	Reduce data complexity, for effective use at alternate scales
5)	Cartographic Enhancement	Modify and enhance data for improved visualisation

Bringt man alle diese Zusammenhänge in Beziehung, kann eine Systematisierung der Transformation bis zur kartografischen Darstellung erzielt werden. Tabelle 15 zeigt die Ziele der Transformation, Datenintegration, Konsistenz, geometrische und kartografische Verbesserung der lokalen Daten zum Ziel INSPIRE auf Datenebene. Es kann erwartet werden, dass das Erfordernis unterschiedlicher Datenmodelle erfüllt werden kann, wenn die Untersuchung der Regeln signifikant den Aufwand für Benutzer verringern. Hier wurde bereits mit XPlanGML dargelegt, dass vordefinierte Regeln zu einer Erleichterung für alle Kommunen in Deutschland führen würden. Dadurch können automatische Ableitungen der Klassenbeschreibungen in den Datenerfassungsprozess erreicht werden. Durch die derzeit noch nicht 1:1-Abbildbarkeit ist zu erwarten, dass aufgrund der bestehenden Gesetze und anderer nationaler Beschränkungen, die INSPIRE-Umsetzung in absehbarer Zeit nicht zu einem Wegfall bestehender Datenmodelle wie AFIS-ALKIS-ATKIS oder XPlanGML führen wird. Zudem können durch eine technische Realisierung einer Transformation nicht nur die funktionalen Anforderungen für die INSPIRE-Vorschriften erfüllt werden, sondern auch die Durchführungsbestimmungen. Ein Prototyp sollte den technischen Leitlinien für INSPIRE-Netzdienste folgen, darüber die Regeln für die Transformationen abbilden und im Ergebnis auch die Visualisierung der Daten ermöglichen. Inwieweit dies über die Transformation auf Serviceebene umgesetzt werden kann, ist nachfolgender Untersuchungsgegenstand.

5.3.2 Transformation auf Serviceebene (CST-WPS)

Um den dargelegten Modelltransformationsansatz für Daten auf Serviceebene umzusetzen, ist es wichtig die Anforderungen an ein servicebeschriebenes Modell zu definieren. Dies soll nicht nur aus dem reinen Blickwinkel der Kartendienste, sondern auch unter Berücksichtigung der Prozesse zur Nutzung und Bereitstellung gemäß einer kommunalen (Geo)-Government-Strategie mit einem *Semantischen GIS* (vgl. Abbildung 25, Seite 93) definiert werden. Die Anwendung von Standards für Daten und Systeme soll dabei nicht nur ein Standortvorteil für die Kommunen darstellen, sondern zugleich ein bürgerfreundliches und modernes Hilfsmittel bei allen Verwaltungsabläufen über das Internet (Web) sein. Doch was Web im Zusammenhang mit IT-Services bedeutet, zeigt auch nachfolgendes *Web Services Core Concept* des World Wide Web Consortium (W3C), welches die Beziehungen und Elemente im Basiskonzept (Core-Concept) beschreibt (Abbildung 49).

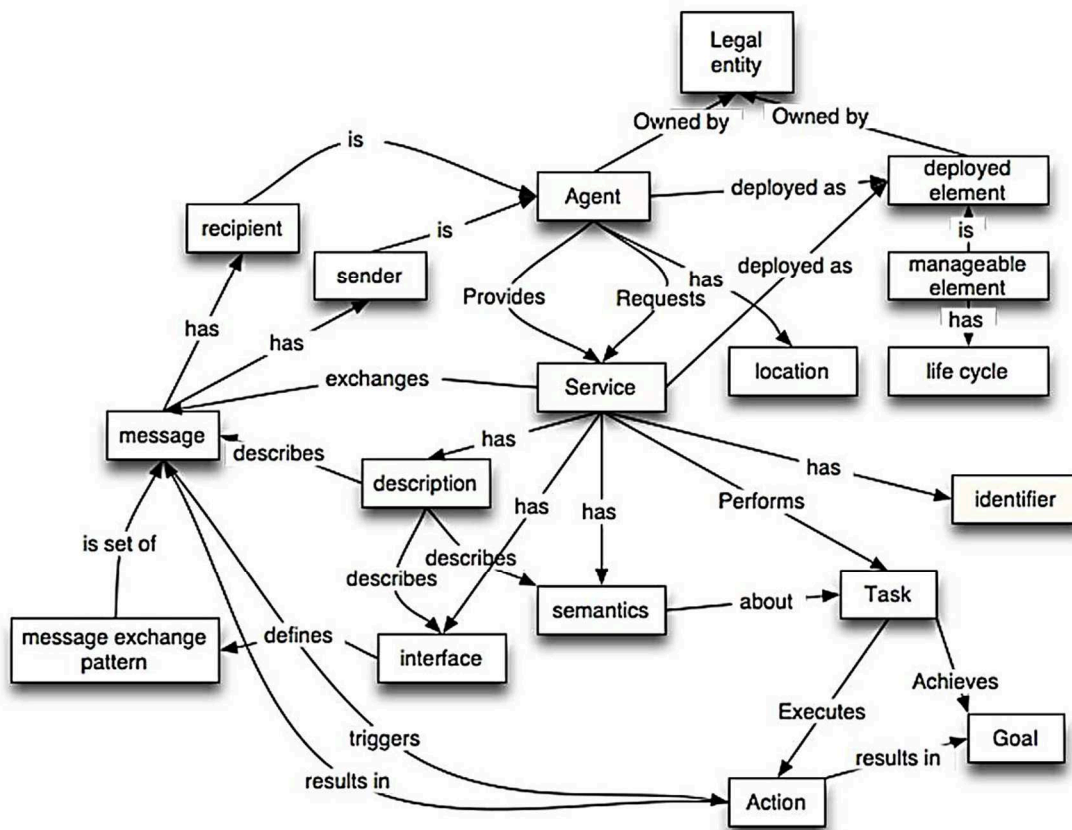


Abbildung 49: Webservice-Basiskonzept, Semantik und Beziehungen (W3C, 2003)

Diese Darstellung beschreibt am deutlichsten die Komplexität und die zu berücksichtigenden Elemente. Zudem ist eine wichtige Beziehung für nachfolgende Entwicklung eines Service-Modells genannt: „Service“ „has“ „semantics“. Das bedeutet, eine essentielle Voraussetzung um Services zu generieren, ist die Semantik. Die Zusammenhänge der Inhalte sind zu erkennen und diese in einer rechnerlesbaren Sprache (z.B. in UML) zu beschreiben. Die Semantik der Daten und die beschriebenen Objekte sind daher vor einer Einführung zu untersuchen, d.h. ob im XPlanGML-Datenmodell die Inhalte z.B. die Codelisten der Regionalplanung oder die Inhalte der Bebauungspläne ausreichend im Datenmodell abgebildet sind.

Es kann bereits aus der Diskussion gesehen werden, dass Interoperabilität oft in unterschiedlichen Kontexten betrachtet werden kann: einerseits aus der Sicht der Daten und Metadaten sowie andererseits von der Interoperabilität von Konzepten und Anwendungen. In solchen Fällen werden die Bedingungen in den INSPIRE-Durchführungsbestimmungen, die als INSPIRE-Metadaten und -Netzdienste implementiert werden, wie Such-, Darstellungs- und Download-Dienste in einer lokalen GDI definiert. Hinzu kommt die Anforderung, dass inzwischen über das Internet nicht nur statische Inhalte in Form von Texten und Bildern, sondern auch vermehrt dynamische Inhalte mit Interaktionsmöglichkeiten für den Nutzer, bereitgestellt werden. Damit liegt der Gedanke nahe, Bebauungspläne, die sonst isoliert bei den Kommunen liegen, übergreifend über das Internet nutzbar zu machen. Sofern sich alle kommunalen Geodatenanbieter an vereinbarte Standards halten, sollte ein einheitlicher und einfacher Zugriff möglich sein. Unabhängig davon, an welchem Ort die Daten vorgehalten werden.

Dieses Ziel, verteilte Daten über bürgerfreundliche Dienstleistungen der Verwaltung anzubieten, ist nicht nur eine Anforderung an ein Datenmodell, sondern auch für die resultierenden Dienste, die auf Basis der Daten umgesetzt werden. Wie bereits dokumentiert, werden mit INSPIRE verschiedene Netzdienste (sog. Network Services) definiert. Im Abschnitt 2.1.4 Aufbau und nationale Umsetzung der INSPIRE-Richtlinie wurde bereits auf die Dokumente der Netzdienste mit den Verordnungen eingegangen.

Jetzt ist es wichtig zu klären, wie die Dienste-Ebene zu einer Integration von kommunalen Daten beitragen kann. Da die INSPIRE-Netzdienste den „ServiceBus“ der Gesamtarchitektur für eine europäische Geodateninfrastruktur bilden, ist die Implementierung des „ServiceLayer“ im Weiteren zu untersuchen.

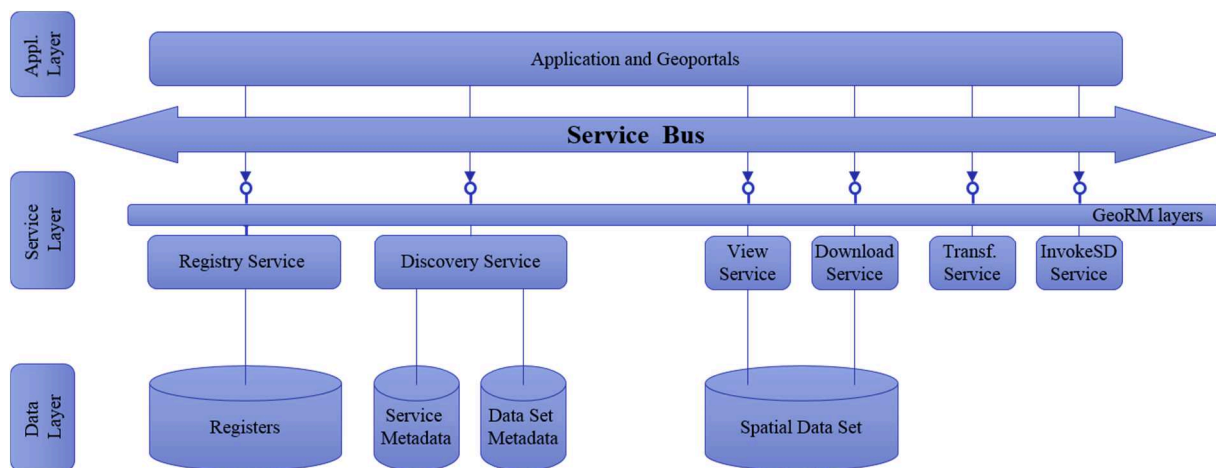


Abbildung 50: INSPIRE Technische Architektur (Network Service Drafting Team, 2008)

Das Architekturkonzept (Network Service Drafting Team, 2008) zeigt die Zusammenhänge zwischen der Daten-Ebene und der Service-Ebene, sowie die Applikationen, die über den Service-Bus Zugriff auf die Daten erhalten. Vergleicht man die Abbildung 49 *Service has Semantic* wird in Abbildung 50 der Bezug *Service* zu *Spatial Data Set* oder *Data Set Metadata* hergestellt. Neben den INSPIRE Discovery-, View- und Download-Service, werden zukünftig die Transformations-Dienste eine wichtige Funktion für interoperable Dienste besitzen.

In der Implementierung der GDI-RP spielen derzeit Transformationsdienste keine Rolle, da beispielsweise verschiedene Koordinatensysteme bereits *On-the-fly* durch die Darstellungsdienste unterstützt werden. Zudem sind aus den Entwicklungen von INSPIRE bisher nur eine Prototyp-Implementierung eines Transformations-Dienstes publiziert worden (Beare, Payne & Sunderland, 2010). Vergleicht man aber die Anforderungen und verfügbaren Funktionen ist die Rolle der Anwendung klar definiert.

Bei Transformation-Services handelt sich um Dienste, welche eingehende Quelldaten entsprechend klarer, wiederholbarer Transformationsregeln in Zieldaten umwandeln. Der Hintergrund ist jeweils die Umwandlung des originären Datensatzes in einen INSPIRE-konformen Datensatz, damit Interoperabilität mit anderen Geodatensätzen gewährleistet ist.

Da bereits viele Heterogenitätskonflikte in den vorangegangenen Untersuchungen erkannt wurden, sollten mit INSPIRE folgende Arten von Transformationen unterstützt werden:

- *Formattransformationen*, die einen Datensatz in ein anderes Format umwandeln. Diese Dienste sind hauptsächlich nach einem Download von vordefinierten Datensätzen von Interesse.
- *Sprachtransformationen* von einer natürlichen Sprache in eine andere.
- *Geometrische Transformationen*, besonders die Koordinatentransformationen, aber auch z.B. Generalisierungen. Koordinatentransformationen spielen inzwischen eine untergeordnete Rolle, da die meisten Darstellungs- und Downloaddienste diese Funktionalität sowieso bereitstellen.
- *Schematransformationen*, welche die Eingangsdaten umstrukturieren und in ein anderes Datenmodell umwandeln.

Für *Schematransformationen* wurde bereits ein erster Prototyp auf der INSPIRE-Konferenz 2009 in Rotterdam vorgestellt. Die Erfahrungen aus diesem Prototypen sind in dem „Technical Guidance for the INSPIRE Schema Transformation Network Service“ (Howard, Payne & Sunderland, 2010) festgehalten. Allerdings ist für eine Implementierungsrichtlinie in einer Geodateninfrastruktur ungewöhnlich, dass die Dienste als SOAP²⁶ Dienste umgesetzt sowie das Schema-Mapping Format RIF verwendet wurde. Wenn sich INSPIRE aber in Zukunft an den OGC-Standards orientieren wird, sollten nach Vorschlag von Giger & Althoff (2012) Transformationsdienste den OGC Web Processing Diensten (WPS) entsprechen.

Auch im Humboldt-Projekt wurde ausführlich an der Entwicklung von Mechanismen für Schema-Transformation gearbeitet. Das Ergebnis dieser Arbeit ist die Entwicklung eines interaktiven Schema-Mapping Tool namens HALE (HUMBOLDT Alignment Editor) (Reitz & Templer, 2012). Das Problem der Schema-Transformation in einem europaweiten Rahmen wurde von Friis-Christensen, Schade & Peedell (2005) untersucht. Donaubaauer, Staub & Schilcher (2007) beschreiben einen Mechanismus zur Unterstützung von Schema-Transformationen als Erweiterung der OGC Web Feature Service (WFS), den sogenannten modellgetriebenen WFS (mdWFS). Lehto (2012) beschreibt eine Kategorisierung der Schematransformationsfälle im Zusammenhang mit Geo-Datenbanken. Eine Kategorisierung wurde gewählt (Lehto, 2012, S. 6)

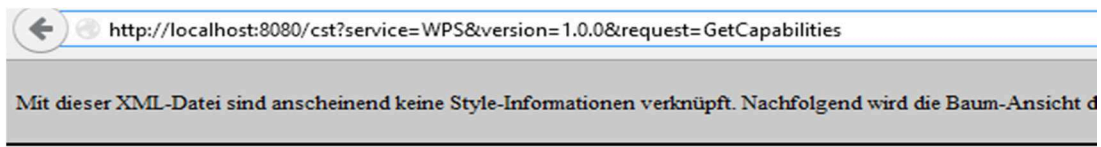
- *Case 1. On-the-fly transformation by database views.* Bei diesem Ansatz werden Datenbanksichten erstellt, um Attribute der Daten zu transformieren.
- *Case 2. Offline transformation.* Dieser Ansatz folgt dem allgemeinen Extract / Transform / Load (ETL) Prozessmodell.
- *Case 3. Internal on-the-fly transformation carried out by Download Service.* Dieser beschreibt den direkten Datenzugriff mit transformierten Daten als Download, vgl. auch Ansatz (Donaubaauer, Staub & Schilcher, 2007)
- *Case 4. On-the-fly transformation carried out by a cascading-transforming Download Service node.* Bei dieser Alternative liefert der ursprüngliche Download Service Daten in lokalen Schema. Der Service wird von einem anderen Externen Service, der den ersten Dienst als Datenquelle verwendet, abgerufen.

Letzter Fall ist eine interessante Variante, da die Studie *Service Transformation* wie Fall 1 Datenbankschemas zugrunde legen wird. Der Fall 2 entspricht den Untersuchungen auf Seite 122, bei Fall 3 wird auf Donaubaauer,

²⁶ Simple Object Access Protocol

Staub & Schilcher (2007) verwiesen. Zudem werden für eine On-the-fly Transformation auch Dienste genannt, die einer besseren Integration der Transformation in die Service-Ebene dient.

In der *Anwendungsstudie* zu Transformation auf Service-Ebene wird basierend auf Datenbankschemas der CST-WPS mit dem Humboldt-Alignment Editor für Schematransformation untersucht. Wie im vorangegangenen Anwendungsfall *Datenebene* sind in Hale die Transformationsregeln zwischen einer Quelle und einem Ziel-Schema zu definieren. Da GML ein weithin anerkannter Standard für die geografischen Daten ist, wurde das GML Schema (.xsd) von Humboldt als Format für Anwendungsschemata gewählt. Für die Transformationsregeln war es nicht so offensichtlich, da viele Regelformate zur Verfügung stehen, aber keine in der Gemeinschaft wirklich anerkannt sind. Das Humboldt-Entwicklungsteam entschied sich bei der Entwicklung für OML (Ontologie Mapping Language). Die Transformationsregeln (auch Mapping-Regeln), in OML kodiert, können dann vom CST (Conceptual Schema Transformator) verwendet werden (Reitz & Templer, 2012). Im Rahmen der Anwendungsstudie wurde mit Hilfe eines WPS die Schnittstelle CST zur Implementierung des eigenen Transformationsdienstes verwendet (vgl. Abbildung 51).



```

- <wps:Capabilities service="WPS" version="1.0.0" xml:lang="en-GB" xsi:schemaLocation="http://www.opengis.n
- <ows:ServiceIdentification>
  <ows:Title>HUMBOLDT Conceptual Schema Translation Service</ows:Title>
  <ows:Abstract>
    The Conceptual Schema Transformer (CST) is a Web Processing Service that is able to apply a schema trans
    (expressed in a specific target Application Schema B). A schema mapping between schema A and schema B
  </ows:Abstract>
  <ows:Keywords>
    <ows:Keyword>HUMBOLDT</ows:Keyword>
    <ows:Keyword>Schema Transformation</ows:Keyword>
    <ows:Keyword>geospatial</ows:Keyword>
    <ows:Keyword>geoprocessing</ows:Keyword>
  </ows:Keywords>
  <ows:ServiceType>WPS</ows:ServiceType>
  <ows:ServiceTypeVersion>1.0.0</ows:ServiceTypeVersion>
  <ows:Fees>NONE</ows:Fees>
  <ows:AccessConstraints>NONE</ows:AccessConstraints>
</ows:ServiceIdentification>
- <ows:ServiceProvider>
  <!--
    this part should be replaced/updated by the party installing the service
  -->
  <ows:ProviderName>
    Institute for Spatial Information and Surveying Technology
  </ows:ProviderName>
  <ows:ProviderSite xlink:href="http://www.i3mainz.hs-mainz.de"/>
  <ows:ServiceContact>
    <ows:IndividualName>Falk Wuermiehausen</ows:IndividualName>
  <ows:ContactInfo>
    <ows:Address>
      <ows:DeliveryPoint>Lucy-Hillebrand-Str. 2</ows:DeliveryPoint>
      <ows:City>Mainz</ows:City>
      <ows:PostalCode>55128</ows:PostalCode>
      <ows:Country>Germany</ows:Country>
      <ows:ElectronicMailAddress>falk.wuermiehausen@hs-mainz.de</ows:ElectronicMailAddress>
    </ows:Address>
  </ows:ContactInfo>
</ows:ServiceContact>
</ows:ServiceProvider>

```

Abbildung 51: CST-WPS Service, eigene Implementierung

Diese Implementierung des CST-WPS ist vielseitig anwendbar und lässt sich prinzipiell auch auf alle Anwendungsfälle von INSPIRE übertragen. Schwierig erscheint aber die Struktur der Daten, der Modelle und deren Zusammenhänge zu definieren, die dann in ein Transformationsmodell münden. Dies kann nur bei genauer Kenntnis der Quell- und der Zieldaten erfolgen, wenn diese beispielsweise durch eine Organisation wie die AdV²⁷ oder das jeweilige Ministerium eines Bundeslandes für die Kommunen definiert wurde. Ein Beispiel der zentralen Verwaltung kommunaler Geodaten bildet das System LANIS²⁸ für Schutzgebiete in Rheinland-Pfalz. Auch XPlanung bietet die Möglichkeiten, Transformationsregeln zu definieren, die bei der Transformation nach INSPIRE anzuwenden sind.

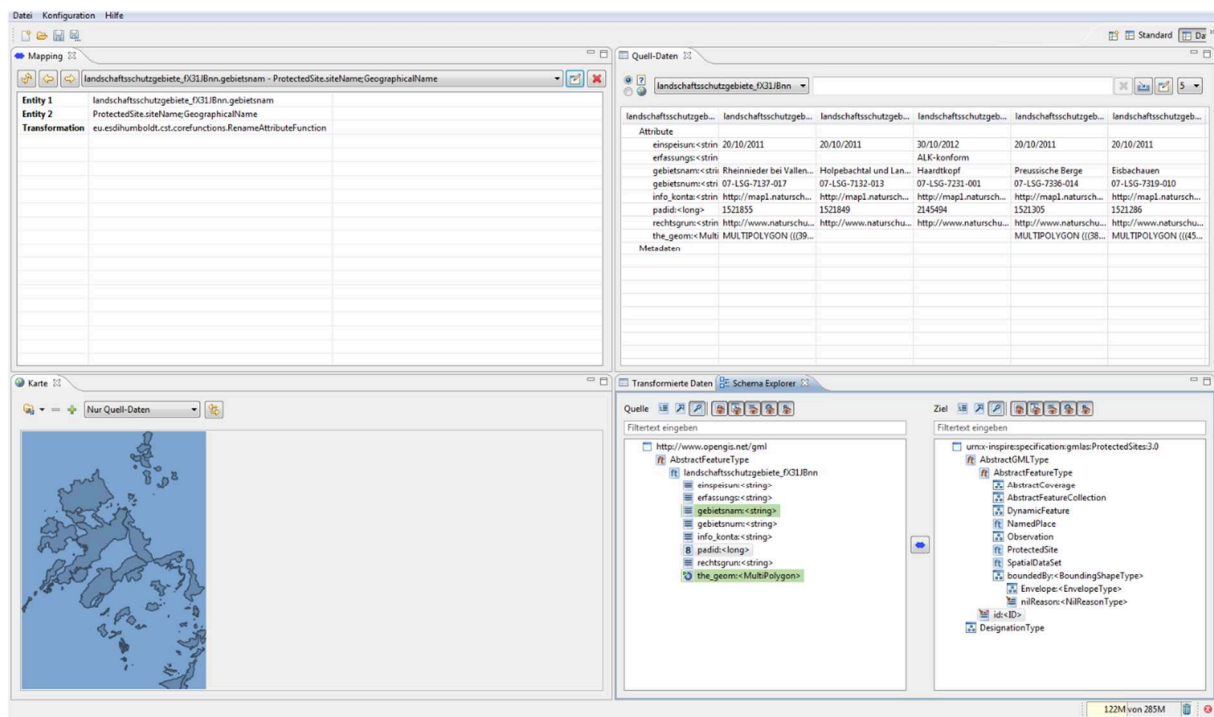


Abbildung 52: Humboldt-Alignment Editor als Werkzeug zur Definition von Regeln, Beispiel Landschaftsschutzgebiete

Eine Implementierung wurde mittels verschiedener Daten der Evaluierung (vgl. Tabelle 8, Seite 84) untersucht, die ähnlich den Anwendungfall Datenebene mit ETL den Basisdatensatz bildet. Der Untersuchungsschwerpunkt ist nicht zu zeigen, ob das Programm funktioniert, sondern eine Methodik zu bewerten, die Interoperabilität für kommunale Daten in Rheinland-Pfalz ermöglicht. Zum einen zeigt sich, dass Regeln definiert werden müssen. Zum anderen aber auch, dass INSPIRE eine sehr hohe Komplexität im Datenmodell für die unterschiedlichen Datenthemen besitzt. Alleine dieser Schritt des Verständnisses der vielseitigen komplexen Datenmodelle ist eine meist unüberwindbare Hürde für die Kommunen, selbst wenn ein Tool wie HALE oder FME existiert. Hier wäre beispielsweise eine interkommunale Kooperation erforderlich, eine Regeldefinition durchzuführen. Zudem wäre es erforderlich die Austauschbarkeit und Herstellerunabhängigkeit durch Nutzung von Standards sicherzustellen. Vergleicht man zudem die Ansätze aus der Prototyp-Implementierung durch Beare, Payne & Sunderland (2010) und dem Ansatz von Reitz & Templer (2012) fällt auf, dass mit RIF oder OML Ontologie-Sprachen verwendet werden. Der Autor sieht hier einen weitreichenderen Entwicklungsansatz, die sog. *INSPIRE-Ontologie*.

²⁷ Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder

²⁸ Landschaftsinformationssystem der Naturschutzverwaltung Rheinland-Pfalz

5.3.3 Transformation auf Wissensebene (OWL)

Die *Ontologie* soll dabei das Bindeglied zu den lokalen Quell- und Zieldatenmodell in INSPIRE darstellen. Voraussetzung dafür ist, dass Wissen über die Modelle und deren Äquivalenz existiert, welche mit Ontologien modelliert und über Services transformiert werden können (Würriehausen, Karmacharya & Müller, 2014). Zudem wurde definiert, wie und mit welchen Modellen INSPIRE-Dateninteroperabilität beschrieben werden kann. Die Anforderungen der Modelle konnten auf verschiedenen Ebenen erkannt werden, die für die vollständige Umsetzung der Interoperabilität von der lokalen Ebene bis nach INSPIRE notwendig ist. Im Wesentlichen können vier *Hauptkategorien* (*semantisch, syntaktisch, technisch, organisatorisch*), die im Geodaten-Management berücksichtigt werden müssen, gefunden werden. Alle Kategorien in Bezug auf die Beschreibung der Daten sind erforderlich, um als INSPIRE-Profil zur Verfügung gestellt zu werden. Ontologie und Semantic Web-Technologie soll so implementiert werden, dass das entwickelte Interoperabilitätsmodell für kommunale Geofachdaten und das Zieldatenmodell in INSPIRE angewendet werden kann.

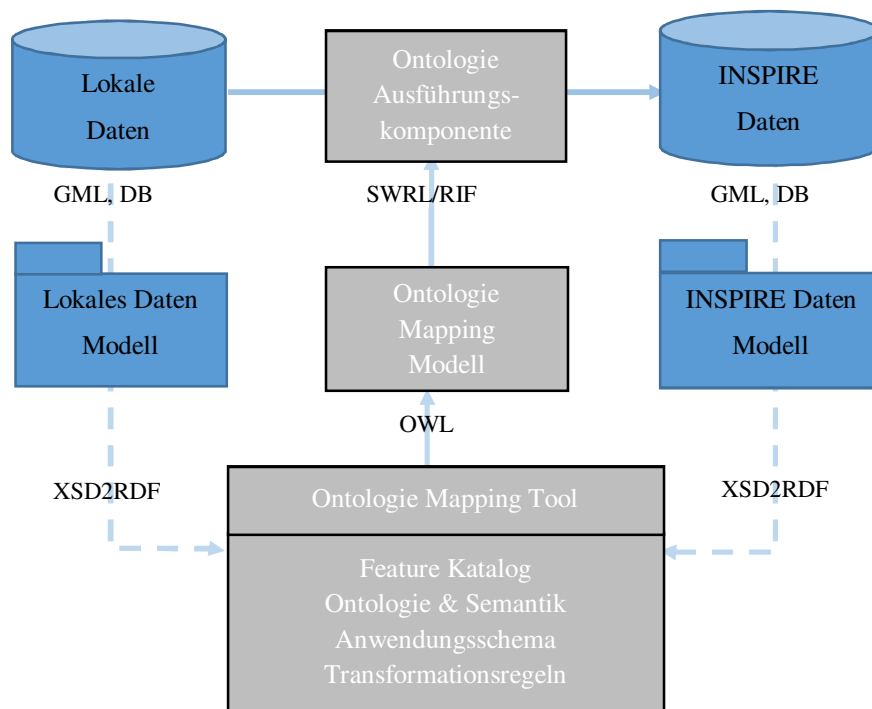


Abbildung 53: Implementierungskonzept eines Ontologie-basierten Schema-Mapping im INSPIRE-Kontext (Würriehausen, Karmacharya & Müller, 2014, S. 9)

Abbildung 53 zeigt, welche Anforderungen an das Ontologie-Mapping gestellt werden. Sowohl die Quelldaten (Lokale Daten) als auch die Zieldaten (INSPIRE-Daten) sind jeweils durch Anwendungsschemata beschrieben, aber nicht unbedingt in der RDF-Sprache (Resource Description Framework) vorhanden. Dies ist jedoch erforderlich, um ein gemeinsames Klassen- und Beziehungs-Modell vor allem in den Datensätzen mit signifikanter Heterogenität zu erstellen. Ein Stand der Wissenschaft und Technik steht auf dem Gebiet der semantischen Transformation zur Verfügung. Der von Althoff (2011) beschriebene Ansatz eines *Model-driven tools to support conceptual geospatial modelling* ist Modell-basiert jedoch ohne Nutzung von Ontologie. Das Ontologie-Mapping Tool nach Abbildung 53 muss in der Lage sein, sowohl die *Feature-Kataloge* und *Anwendungsschema* in RDF-Notation zu lesen, als auch Bearbeitungsfunktionen für die *Ontologie & Semantik* und *Transformationsregeln* bieten.

Dies ist auch das Problem bisheriger Mapping-Ansätze, die nur auf der syntaktischen oder semantischen Ebene erfolgen. Reitz & Templer (2012) definiert Ressourcen in einem OWL-file, verbleibt aber mit XSD auf einer syntaktischen Ebene. Der Ansatz des Prototypen von Beare, Payne & Sunderland (2010) definiert zwar RIF als Mapping-Sprache, verwendet allerdings SOAP als Übertragungstechnologie. Die Untersuchungen des Autors mit Protégé (Stanford University, 2014) soll darlegen, dass mit dem Ansatz der Abbildung 53 eine heterogene Datenstruktur besser gemanagt werden kann.

In einem Konzept für INSPIRE-Ontologie ist die Beschreibung der Quell- und Zieldaten in RDF eine Voraussetzung für die Nutzung der Web Ontology Language (OWL). Die lokale Datenbank (DB) ist durch eine XML-Schema-Definition XSD und seine Codierung in der Geography Markup Language (GML) gegeben. Der Schritt des XSD zu RDF *XSD2RDF* in Abbildung 53 kann durch die Verwendung von XML-Tools durchgeführt werden. Auch die allgemeine Informatik bietet Ansätze, wie beispielsweise die Umwandlung von XSD2OWL und XML2RDF im ReDeFer-Projekt²⁹. Zudem kann über eine Erweiterung von Mediawiki, dem Semantic Media Wiki, ein RDF-File der Daten exportiert werden. Im KULIS-Projekt³⁰ der Hochschule Mainz wurde eine RDF-Implementierung mit Semantic Mediawiki vorgenommen (Boos, Müller & Würriehausen, 2012).

```

- <rdf:RDF>
- <owl:Ontology rdf:about="http://143.93.114.135/kulis/index.php/Spezial:Exportiere_RDF
  /Funktionsbereich11">
  <swikt:creationDate rdf:datatype="http://www.w3.org
    /2001/XMLSchema#dateTime">2015-03-11T10:51:05+01:00</swikt:creationDate>
  <owl:imports rdf:resource="http://semantic-mediawiki.org/swikt/1.0"/>
  </owl:Ontology>
- <swikt:Subject rdf:about="http://143.93.114.135/kulis/kulis/index.php/Spezial:URIResolver
  /Funktionsbereich11">
  <rdfs:label>Funktionsbereich11</rdfs:label>
  <swikt:page rdf:resource="http://143.93.114.135/kulis/index.php/Funktionsbereich11"/>
  <rdfs:isDefinedBy rdf:resource="http://143.93.114.135/kulis/index.php/Spezial:Exportiere_RDF
    /Funktionsbereich11"/>
  <swikt:wikiNamespace rdf:datatype="http://www.w3.org
    /2001/XMLSchema#integer">0</swikt:wikiNamespace>
  </swikt:Subject>
  <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://semantic-mediawiki.org/swikt/1.0#creationDate"/>
  <owl:ObjectProperty rdf:about="http://semantic-mediawiki.org/swikt/1.0#page"/>
  <owl:DatatypeProperty rdf:about="http://semantic-mediawiki.org/swikt/1.0#wikiNamespace"/>
- <!--
  Created by Semantic MediaWiki, http://semantic-mediawiki.org/
-->
</rdf:RDF>

```

Abbildung 54: RDF-Datei eines Funktionsbereiches des lokalen Schemas „KULIS“ in RDF

²⁹ Das ReDeFer-Projekt ist ein Kompendium, bei der RDF-aware Utilities bereitgestellt werden

³⁰ Das Kulturlandschaftsinformationssystem (KULIS) Projekt der Hochschule Mainz


```

- <rdf:RDF>
- <owl:Ontology rdf:about="">
+ <rdfs:comment></rdfs:comment>
  <owl:imports rdf:resource="urn:x-inspire:specification:gmlas:BaseTypes:3.2#" />
  <owl:imports rdf:resource="urn:x-inspire:specification:gmlas:GeographicalNames:3.0#" />
  <owl:imports rdf:resource="http://www.opengis.net/gml/3.2#" />
  <owl:imports rdf:resource="http://www.isotc211.org/2005/gmd#" />
</owl:Ontology>
- <owl:ObjectProperty rdf:ID="ProtectedSite">
  <rdfs:subPropertyOf rdf:resource="http://www.opengis.net/gml/3.2#AbstractFeature" />
  <rdfs:range rdf:resource="#ProtectedSiteType" />
</owl:ObjectProperty>
- <owl:Class rdf:ID="ProtectedSiteType">
  <rdfs:subClassOf rdf:resource="http://www.opengis.net/gml/3.2#AbstractFeatureType" />
- <rdfs:subClassOf>
- <owl:Class>
- <owl:intersectionOf rdf:parseType="Collection">
- <owl:Restriction>
  <owl:onProperty rdf:resource="#geometry" />
  <owl:allValuesFrom rdf:resource="http://www.opengis.net/gml/3.2#GeometryPropertyType" />
</owl:Restriction>
+ <owl:Restriction></owl:Restriction>
+ <owl:Restriction></owl:Restriction>
- <owl:Restriction>
  <owl:onProperty rdf:resource="#inspireID" />
  <owl:allValuesFrom rdf:resource="urn:x-inspire:specification:gmlas:BaseTypes:3.2#IdentifierPropertyType" />
</owl:Restriction>
+ <owl:Restriction></owl:Restriction>
+ <owl:Restriction></owl:Restriction>
- <owl:Restriction>
  <owl:onProperty rdf:resource="#legalFoundationDate" />
- <owl:allValuesFrom>
- <owl:Class rdf:ID="legalFoundationDateType">
- <rdfs:subClassOf>
- <owl:Restriction>
  <owl:onProperty rdf:resource="#nilReason" />
  <owl:allValuesFrom rdf:resource="http://www.opengis.net/gml/3.2#NilReasonType" />
</owl:Restriction>
</rdfs:subClassOf>
</owl:Class>
</owl:allValuesFrom>
</owl:Restriction>

```

Abbildung 55: URN/URL-Informationen in RDF-Datei des Schema INSPIRE Anhang I „Protected Site“

Die Abbildung 54 und Abbildung 55 zeigen einen Auszug aus den erzeugten RDF eines lokalen Schemas von Funktionsbereichen in KULIS und des INSPIRE-Schema ProtectedSites als RDF für die INSPIRE-Ontologie. Es kann damit nachgewiesen werden, dass gemäß Implementierungskonzept (vgl. Abbildung 53, Seite 136) sowohl lokale Schema (linke Säule) als auch INSPIRE-Modelle (rechte Säule) nach RDF überführt werden können, wengleich noch weiterer Untersuchungsbedarf besteht. Diese sind begründet in den Klassendefinitionen mit RDF, OWL und RDFS, in der alle INSPIRE-Datenspezifikationen vollständig abgebildet werden müssen. Zudem sind bei Validierungen der RDF-Dateien noch keine eindeutigen Ergebnisse erhalten worden, da Schemapfade der Draft-Schema (noch) nicht als *resource*="http://inspire..." für eine Validierung der Anhang III Schema verfügbar sind.

```

<owl:imports rdf:resource="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/base/3.3rc3/#" />
<owl:imports rdf:resource="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/base2/1.0rc3#" />
<owl:imports rdf:resource="http://inspire.ec.europa.eu/schemas/lunom/3.0rc3#" />

```

Hier hat sich gezeigt, dass die geometrische Komponente in den RDF-Daten mit komplexen GML-Geometrien wie z.B. in XPlanGML (noch) nicht valide überführt werden kann. Dies liegt an der Komplexität der GML-Schemata, der unterschiedlichen Koordinatenreferenzsysteme in RDF oder auch der Komplexität der Koordinate nicht nur als Punkt, sondern auch als Linien und Polygon. Ein Modellierungsansatz, aus XML eine Koordinate darzustellen, ist bisher nicht gelöst, was auch aktuell ein Problem der Kompatibilität raumbezogener Daten in GML für XÖV-Vorhaben bildet (Koordinierungsstelle für IT-Standards (KoSIT), 2014). Hamdi, Abadie, Bucher & Feliachi (2014) konnten das Problem bereits näher spezifizieren. Eine Ausprägung zeigte sich bei der Koordinate aus XML-Schema nach RDF, wo diese als String dargestellt wird.

```
<property:Geografische_Koordinaten
rdf:datatype="http://www.w3.org/2001/XMLSchema#string">50° 21' 51" N, 7°
36' 20" 0</property:Geografische_Koordinaten>
```

Nachteilig ist ebenfalls, dass bei der Identifizierung von Wissensressourcen (vgl. Abschnitt 3.4) zukünftig in INSPIRE die für Semantic Web nicht auflösbaren URN-Namespaces verwendet werden. Bereits jetzt werden die Anwendungsschemata der Anhang I Themen daraus abgeleitet, z.B.: *"urn:x-inspire:spezifikation:gmlas:ProtectedSites:3.0"* oder *"urn:x-inspire:spezifikation:gmlas:BaseTypes:3.2"*. Dadurch werden auch Inkonsistenzen mit den verwendeten Entitäten von GML oder XML erzeugt, welche zukünftig bei RDF INSPIRE-Ontologie wieder aufgelöst werden sollten.

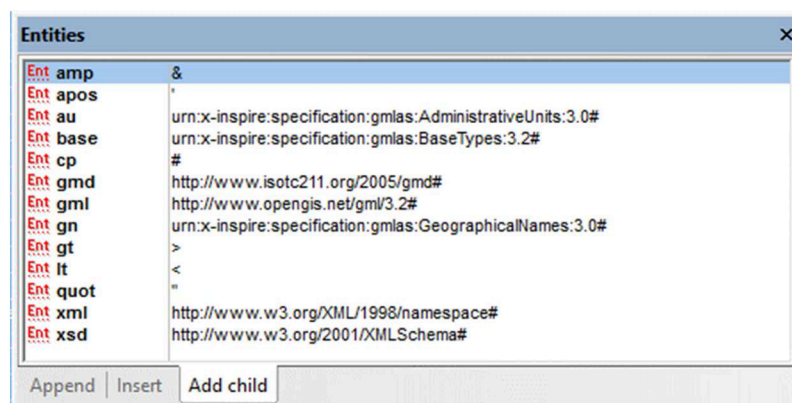


Abbildung 56: Konflikt RDF-Entitäten mit Namespace in URN und URL, Auswertung der Entitäten

In den weiteren Untersuchungen zur Kompatibilität der Modelle soll die Feature-Komponente näher betrachtet werden. Das Ziel, die Ontologie dafür einzusetzen, soll auch daran gemessen werden können wie flexibel es eingesetzt werden kann. Neben den derzeit noch nicht abschließend definierten Modellen in XSD und den GML-Geometrien, sind auch lokale Daten nicht immer modellkonform. Wenn zudem eine formale Beschreibung des lokalen Datenmodells nicht verfügbar ist, soll die Eingangsinformation für die Transformation mit Ontologie abgeleitet werden. Zudem sollte es prinzipiell ermöglicht werden, auch lokale Daten, die keine korrekte XSD Schema Definition haben, mit RDF abzubilden.

Um eine Lösung zu finden wird, wie auch für GeoSPARQL ein *Geo-Objekt* (engl. Spatial Object) definiert, sowie im Folgenden *Geometrie* und *Feature* für Modelltransformation getrennt betrachtet werden (vgl. Abbildung 18, S.67). Das sog. *Geo-Objekt* hat auch eine festgelegte Geometrie, die durch verschiedene Geometrietypen in GML *geo:asGML* oder WKT *geo:asWKT* repräsentiert wird. Die *geo:Geometry* als WKT

sowie geo:asGML Eigenschaften verknüpfen die Entitäten als eine sog. Literal-Darstellung. Objekte, die eine dieser Eigenschaften besitzen, verwenden die geo:wktLiteral und geo:gmlLiteral bzw. die spezifischen Simple Feature bzw. GML-Datentypen.

Der Begriff des „Geo-Objekt“ ist nach INSPIRE-Richtlinie sogar definiert. Der Artikel 3, Absatz 1, Punkt 5 bezeichnet ein Geo-Objekt als „...die abstrakte Darstellung eines Phänomens der Realwelt in Bezug auf einen bestimmten Standort oder ein geografisches Gebiet“ (European Union, 2007), Artikel 3.

Wird nach der Definition das Phänomen der Realwelt über *Features* sowie deren Standort durch eine *Geometrie* abgebildet, ist die Implementierung des Konzeptes des Autors möglich. Mit der Einführung von Geo-Objekten im *Semantischen GIS* könnte die Georeferenzierung der Elemente und die Sach- und Attributdaten des semantischen Modelles umgewandelt werden. Die Objektarten der lokalen Ebene im Quelldatenmodell kann so mit Hilfe semantischer Regeldefinition zum INSPIRE-Zieldatenmodell abgebildet werden. Auch aus der für Geo-Objekte typischen formalisierten Trennung Geo-Objekt in Feature und Geometrie kann die Geo-Wissensmodellierung der semantischen Interoperabilität in dem Implementierungskonzept nur auf das *Feature* angewendet werden. Dies ist zweckmäßig, da sich die Geometrie eines Objektes vor und nach der Transformation nicht ändert. Um die Relation abzubilden wurde *hasGeometry* in das OWL-Modell eingebunden, sodass durch *Features* über owl:ObjectProperty die Relation zu *Geometry* abbildet wird.

```
<owl:ObjectProperty rdf:about="&geo;hasGeometry">
  <rdfs:label xml:lang="en">hasGeometry</rdfs:label>
```

Sollte für den Fall *Geometrie* eine Änderung erfolgen müssen, z.B. des Raumbezugssystems über geometrische Transformationen, können andere Netzdienste wie INSPIRE-Koordinaten-Transformationsdienste verwendet werden (Network Services Drafting Team, 2010).

Auf *Feature-Ebene* lassen sich Vergleiche der Eigenschaften durchführen, die mit der Ontologie-Sprache OWL definiert werden. Um einen Nachweis zu erbringen wurden für Daten der *Bodennutzung* Transformationsregeln definiert und äquivalente Elemente von Quell- und Zielmodell mit Ontologie beschrieben. Diesen Ontologie-Mapping-Schritt durchzuführen wird nach Doan, Halevy & Ives (2012) als Voraussetzung zur Datenintegration sowie als separates Problem bei der Datenverwaltung gesehen.

Tabelle 16: Äquivalente Klassen (\equiv) einer Landwirtschaftlichen Fläche in XPlanGML des B-Planes „Brühl“ und dem “Hierarchical INSPIRE Land Use Classification System“ (HILUCS)

BP_Landwirtschaft		ZoningElement
LandwirtschaftAllgemein	\equiv	1_1_agriculture
Ackerbau	\equiv	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
WiesenWeidewirtschaft	\equiv	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
GartenbaulicheErzeugung	\equiv	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
Obstbau	\equiv	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
Weinbau	\equiv	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
Imkerei	\equiv	1_1_1_CommercialAgricultureProduction
Binnenfischerei	\equiv	1_4_2_ProfessionalFishing

Die Tabelle 16 zeigt, wie eine geplante landwirtschaftliche Fläche aus dem lokalen Modell XPlanung und die äquivalenten Elemente (\equiv) nach HILUCS-Klassifikation abgebildet wird. Im Gegensatz zu den bisherigen Umsetzungen in Abschnitt 5.3.1 Transformation auf Datenebene (ETL) sowie in 5.3.2 Transformation auf Serviceebene (CST-WPS), ist bei Ontologie der Name des Elementes für das Mapping entscheidend. Jeder Wert einer Codeliste ist gleich einer RDF-Ressource, die über eine URI (Uniform Resource Identifier) im Semantic Web abgebildet wird. In dem konkreten Fall der Tabelle 14 wurde die INSPIRE-Ressource *1_1_agriculture* über die folgende URL abgebildet.

```
http://www.semanticweb.org/falk.wuerriehausen/ontologies/2015/01/inspire-ontology#1_1_Agriculture
```

Diese INSPIRE-Ressource wird als `owl:class` in das Mapping eingebunden:

```
<owl:Class
rdf:about="http://www.semanticweb.org/falk.wuerriehausen/ontologies/2015/01/inspire-ontology#1_1_Agriculture">
</owl:Class>
```

Zudem sind hierarchische Beziehungen über `subClassOf` zu definieren. Diese kann in OWL als RDFS abgebildet werden (vgl. Abschnitt 3.5.4 Web Ontology Language (OWL)):

```
<rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/falk.wuerriehausen/ontologies/2015/01/inspire-ontology#ZoningElement"/>
```

Prinzipiell lassen sich darüber alle Elemente – sowohl für INSPIRE als auch das lokale Modell – als Ressource abbilden, die dann Grundlage für die Definition des Mappings ist. Über Ontologie lassen sich vor allem die *Beziehungen* einfach abbilden. Dies wurde in der Arbeit durch Definition der Regeln in OWL und durch SWRL / RIF für die Ausführungskomponente durchgeführt. Diese lassen sich in Regeln abbilden, die über Unterklassen (\sqsubseteq) und das Mapping-Schema über Äquivalenzklassen (\equiv) als Ontologie definiert werden, beispielsweise

```
PlannedLandUse  $\sqsubseteq$  ZoningElement  $\sqsubseteq$  1_1_Agriculture
XPlanGML  $\sqsubseteq$  BP_Landwirtschaft  $\sqsubseteq$  LandwirtschaftAllgemein
```

Sowie der äquivalenten Beziehungen

```
LandwirtschaftAllgemein  $\equiv$  1_1_Agriculture
```

Diese Gleichungen bilden die Grundlage für Regeln, die im Folgenden über die Elemente und Enumerationen mit XPlanGML (BP_Landwirtschaft) und INSPIRE PlannedLandUse Vokabular (ZoningElement) durch einen OWL-Graphen anschaulich dargestellt werden können.

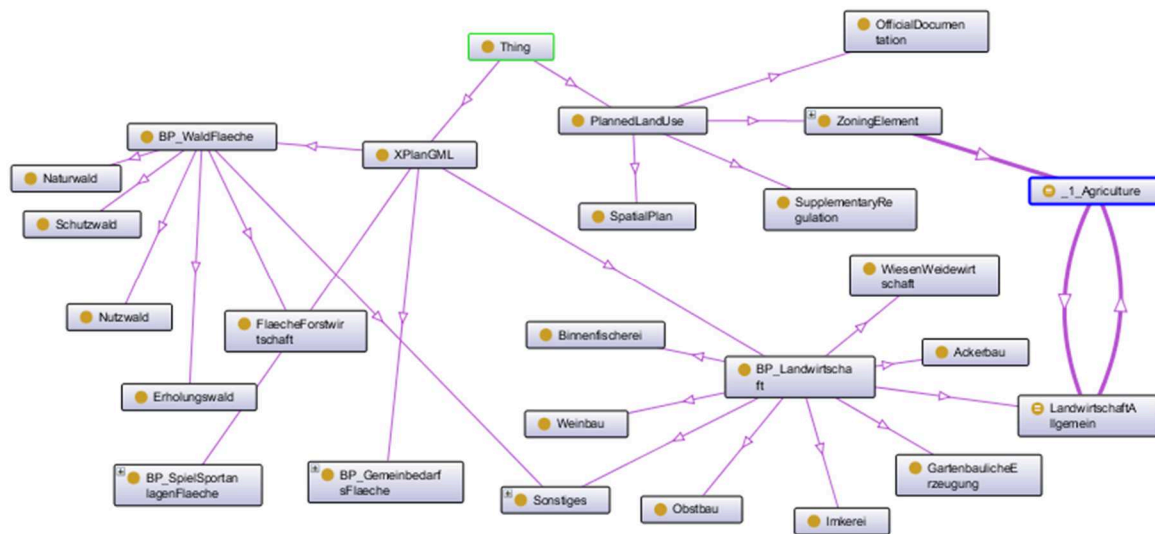


Abbildung 57: Ontologie-Graph des Mapping Schema XPLanGML –PlannedLandUse sowie äquivalente Beziehung LandwirtschaftAllgemein \equiv 1_1_Agriculture

Die Abbildung 57 stellt die OWL-Ontologie der Gleichung dar, dass *1_1_Agriculture* eine Unterklasse (\sqsubseteq) von *ZoningElement* und *LandwirtschaftAllgemein* eine Unterklasse von *BP_Landwirtschaft* ist. Die Darstellung zeigt, dass *1_1_Agriculture* ein Äquivalenzklasse (\equiv) von *LandwirtschaftAllgemein* ist. Im Umkehrschluss ist nachweisbar, dass jede Instanz von *LandwirtschaftAllgemein* auch eine Instanz von *1_1_Agriculture* nach HILUCS ist. Diese wird in OWL durch die Funktion `<owl:equivalentClass` abgebildet.

```
<owl:equivalentClass
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/falk.wuerriehausen/ontologies/2015/01/inspire-ontology#LandwirtschaftAllgemein"/>
```

Ist das Wissen über die Ressource und Beziehungen der Ressourcen über OWL abgebildet, kann eine Überführung der Feature-Elemente in SRWL geschehen. Damit können alle Elemente über die *?id* in einem Mapping der lokalen Datenstrukturen zum Modell INSPIRE auf Feature-Ebene mit SWRL überführt werden.

```
LandwirtschaftAllgemein(?id)  $\rightarrow$  1_1_Agriculture (?id)
```

Damit kann modelliert werden, dass jedes Element über *?id* in das Zielmodell überführt werden kann. Die *Objekte* sind daher *Member* der Klasse *LandwirtschaftAllgemein* abzubilden. Hier wurde die eindeutige ID des lokalen Elementes für den Wert verwendet, die sowohl im Quellschema (swrl:Body) als auch im Zielmodell (swrl:Head) zu übertragen sind (vgl. Grundlagen SWRL, Seite 68). Dies in Description Logic (DL) abgebildet ergibt folgende Darstellung:

```
DLSafeRule(Annotation(rdfs:comment "Rule-1")
Body(ClassAtom(:LandwirtschaftAllgemein Variable(:id)))
Head(ClassAtom(<http://www.semanticweb.org/falk.wuerriehausen/ontologies/2015/01/inspire-ontology#1_1_Agriculture> Variable(:id))))
```

In ähnlicher Weise könnten alle Regeln formuliert werden, die sowohl durch das INSPIRE-Schema, als auch umgekehrt für INSPIRE durch das lokale Datenschema mit schemaintegrierter Semantik gesehen werden kann.

Dies ist zudem der Nachweis, dass über Ontologie eine schemaintegrierte Semantik für INSPIRE realisiert werden kann (vgl. Abschnitt 5.1 Integration von Konzepten, Schemata und Semantik, Seite 115). In der nachfolgenden Abbildung 58 wird dargestellt, dass *1_1_1_CommercialAgricultureProduction* des INSPIRE-Modells folgende Werte wie *Weinbau*, *GartenbaulicheErzeugung* oder *Obstbau* äquivalent im lokalen Modell sind. Diese können als *Equivalent To* im Ontology-Mapping-Tool definiert werden (siehe Abbildung 58).

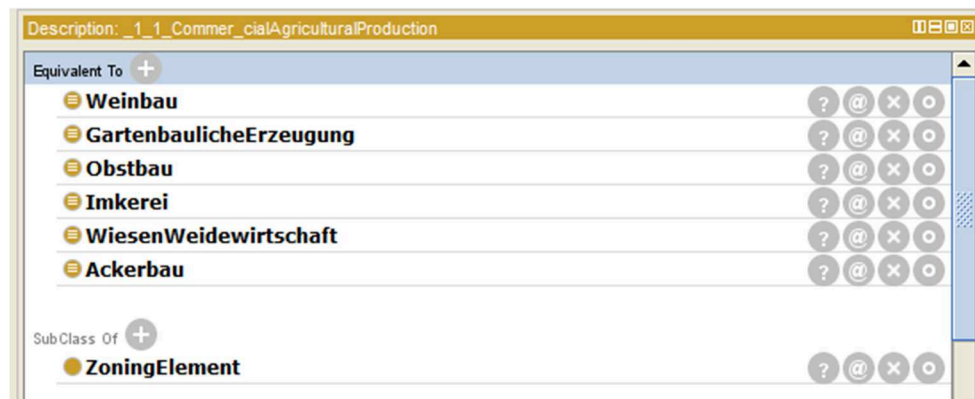


Abbildung 58: 1:n Definition der äquivalenten Werte von „CommercialAgricultureProduction“ im Ontologie Mapping Tool

Aus dieser Festlegung heraus war es möglich, die bisher leere Codeliste „LandUseClassificationValue“ (European Commission, 2014b) für INSPIRE abzuleiten. Diese definiert sich aus den Festlegungen des nationalen Modells, wie *XPlanung* für *PlannedLandUse*, sowie den Festlegungen der Hierarchie aus der Klassifikation nach HILUCS. Zudem kann die Codeliste in der Sprache des jeweiligen Mitgliedslandes definiert werden, um eine bessere Anwendung des INSPIRE-Datenmodells für die Aufgaben der Kommunen zu ermöglichen. Die Beziehungen der äquivalenten Elemente in Ontologie sind als Graph abbildbar.

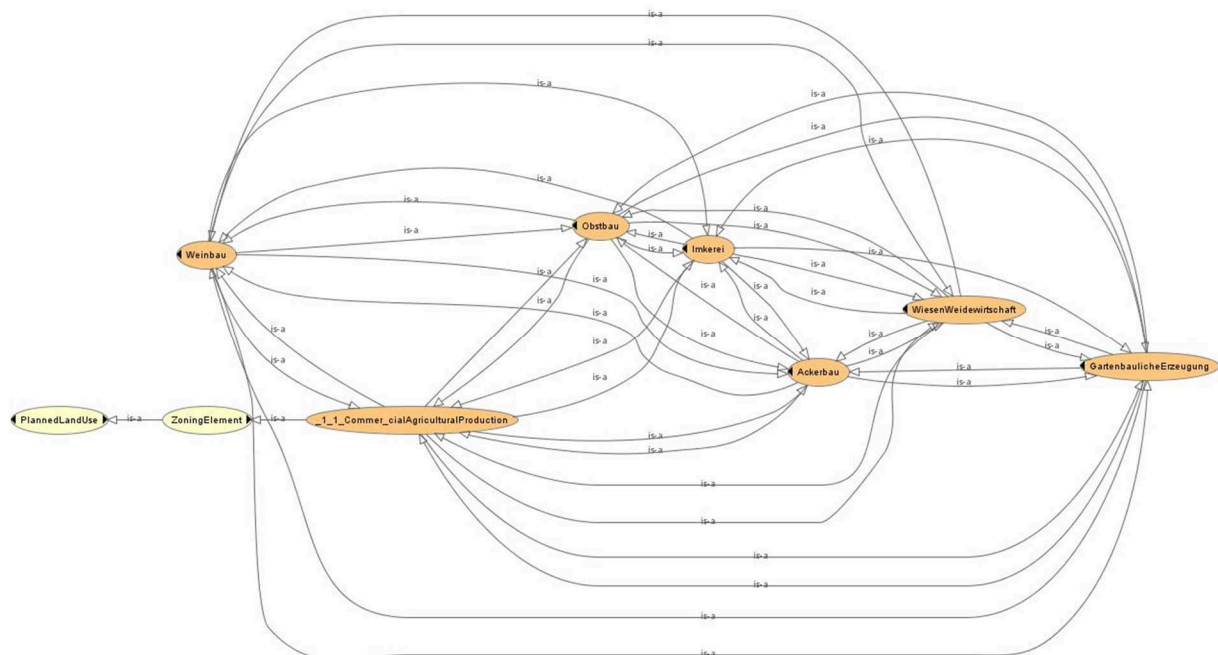


Abbildung 59: Klassenbeziehung als Ontologie-Graph, Äquivalente Darstellung von $1_1_1_CommercialAgricultureProduction \equiv Weinbau \equiv Obstbau \equiv Imkerei \equiv Ackerbau \equiv WiesenWeidewirtschaft \equiv GartenbaulicheErzeugung$

Hier können über die Darstellung der n:m Beziehungen sehr einfach Codelisten aus XPlanGML und PlannedLandUse abgeleitet werden. In nachfolgender Tabelle ist über diese Methodik die Codeliste „LandUseClassificationValue“ (European Commission, 2014b) der landwirtschaftlichen Fläche im BPlan „Brühl“ als Codeliste erstellt worden.

Tabelle 17: Untersuchung zur Definition der nationalen Codeliste „LandUseClassificationValue“ (European Commission, 2014b)

1_PrimaryProduction	Codeliste „LandUseClassificationValue“
1_1_Agriculture	1_1_LandwirtschaftAllgemein
1_1_1_CommercialAgriculturalProduction	1_1_1_Weinbau
1_1_1_CommercialAgriculturalProduction	1_1_1_GartenbaulicheErzeugnisse
1_1_1_CommercialAgriculturalProduction	1_1_1_Obstbau
1_1_1_CommercialAgriculturalProduction	1_1_1_Imkerei
1_1_1_CommercialAgriculturalProduction	1_1_1_WiesenWeidewirtschaft
1_1_1_CommercialAgriculturalProduction	1_1_1_Ackerbau

Diese nationale Codeliste ist auf alle lokalen Festsetzungen erweiterbar. Die Definition der Attribute wurde in der Implementierung über rdfs_labels als nationale Codeliste in dem HILUCS-Schema beschrieben. Zusammen mit einem Language-Parameter `xml:lang="de">` zur Deklaration der deutschen Bezeichnung „LandwirtschaftAllgemein“, bildet sich dies in RDF durch folgenden Ausdruck ab:

```
<Class
rdf:about="http://www.semanticweb.org/falk.wuerriehausen/ontologies/2015/01/inspire-ontology#1_1_LandwirtschaftAllgemein">

<rdfs:label xml:lang="de">LandwirtschaftAllgemein</rdfs:label>

<rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/falk.wuerriehausen/ontologies/2015/01/inspire-ontology#BP_Landwirtschaft"/>
</Class>
```

Damit werden Beziehungen zu HILUCS und der Codeliste als Label abgebildet. Über die Beziehung äquivalenter Klassen und den Label können lokale Semantik und globales INSPIRE-Schema in Beziehung gesetzt werden. Dies stellt den Nachweis dar, Beschreibungen über ein *Label* in deutscher Sprache abzuleiten. Mit der Einführung von *Codelisten*, kann für die Anwendung des INSPIRE-Datenmodells in Deutschland eine bessere Zuordnung, beispielsweise in kommunaler Planung erreicht werden. Diese sog. *inkludierte Semantik* über Codelisten in das globale Modell entspricht dem Ansatz c) der Abbildung 41 auf Seite 117. Eine Fläche für 1_1_LandwirtschaftAllgemein als nationale Codeliste mit 1_1_Agriculture in HILUCS bildet sich wie folgt ab.



Abbildung 60: Einbindung lokaler Semantik in das HILUCS-Schema als nationale Codelisten mit Ontologie

Zusammenfassend können aus diesen Untersuchungen fundierte Aussagen über integrierte Semantik, sowie zum logischen Mapping und der Fähigkeiten der INSPIRE-Ontologie gebildet werden. Diese bildet ein starkes

Argument für eine OWL-Modellierung auf verschiedenen Datenebenen von „lokal“ bis „global“, mit einer Beschreibung der Datenbeziehungen mit Ontologie.

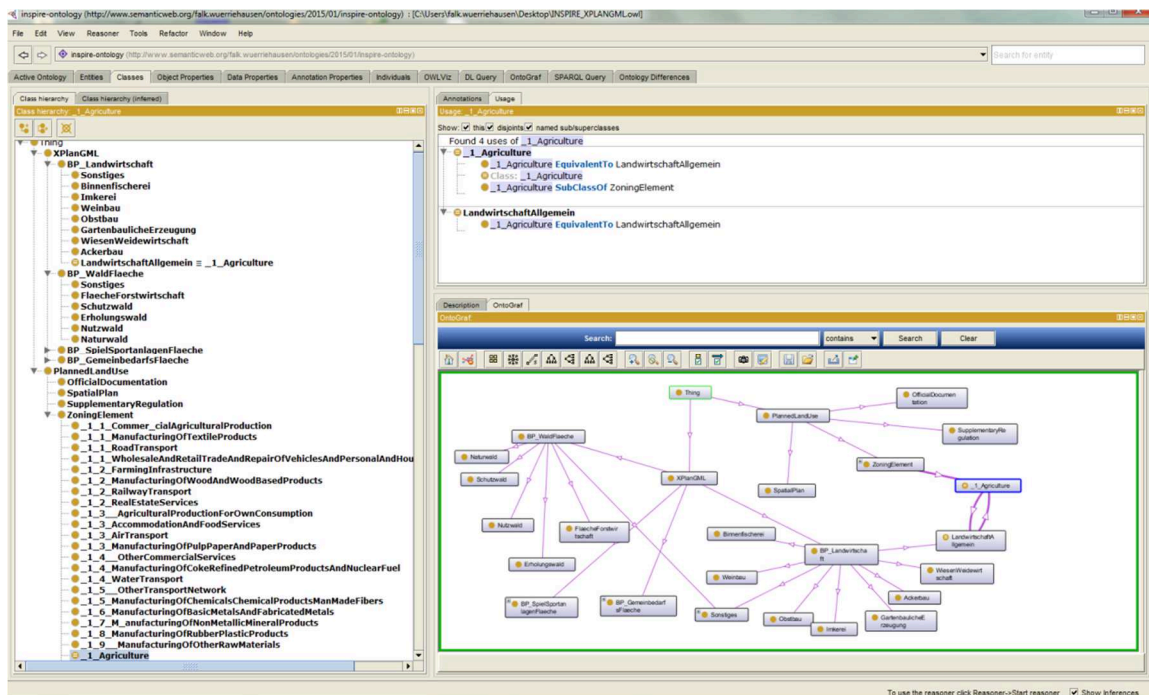


Abbildung 61: Ontologie Mapping zwischen XPlanGML und PlannedLandUse, Klassendefinition und äquivalente Elemente im Ontologie-Mapping-Tool

Mit der Methodik zur Definition für eine nationale Codeliste (siehe Fall 3 in Abschnitt 4.6) ist es zudem möglich, aus einer Ontologie eine Zuordnungsdefinition für bestehende XPlanGML-Codelisten und das Mapping-Wissen, in ein Ontologie-Mapping-Modell (siehe OWL-Schritt in Abbildung 53, S.136) als Datei *.OWL abzuspeichern.

```
<!--
http://www.semanticweb.org/falk.wuerriehausen/ontologies/2015/01/inspire-ontology#1_1_Agriculture -->

<owl:Class
rdf:about="http://www.semanticweb.org/falk.wuerriehausen/ontologies/2015/01/inspire-ontology#1_1_Agriculture">

<owl:equivalentClass
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/falk.wuerriehausen/ontologies/2015/01/inspire-ontology#1_1_LandwirtschaftAllgemein"/>

<rdfs:subClassOf
rdf:resource="http://www.semanticweb.org/falk.wuerriehausen/ontologies/2015/01/inspire-ontology#ZoningElement"/>

</owl:Class>
```

Die lokalen Quellen mit ihrer eigenen Semantik der Enumerationen können somit für das Semantische Web zur Verfügung gestellt werden. Das Konzept in Abbildung 53 auf Seite 136 in Verbindung mit INSPIRE-Daten können helfen, die Ansätze der Feature-Manipulation zu einer *INSPIRE-Ontologie* weiter zu entwickeln, auch wenn es noch weiteren Untersuchungsbedarf zur Implementierung gibt (siehe Kapitel 6 Diskussion der gewonnenen Erkenntnisse und Empfehlungen).

5.4 Implementierung für Metadaten, Darstellungs- und Downloaddienste

Zudem ist es neben der semantischen Modellierung auch notwendig die Pragmatik, d.h. Implementierungsansätze für eine INSPIRE-konforme Bereitstellung von Metadaten, Darstellungs- und Downloaddiensten zu realisieren. Da diese Ansätze für das Bundesland Rheinland-Pfalz umgesetzt sind, kann auf erste *landesweite Ergebnisse* verwiesen werden. Der Autor der Arbeit ist Mitglied der AG GeoPortal.rlp sowie im sog. Lenkungsausschuss der Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz. Dieser koordiniert den Aufbau und den Betrieb der Geodateninfrastruktur und des Geoportals Rheinland-Pfalz (Landtag Rheinland-Pfalz, 2010). Durch eine Implementierung von Komponenten im GeoPortal.rlp konnte in der GDI-RP eine zentrale Informations- und Kommunikationsplattform mit Dienste-Registrierung und einem INSPIRE-Katalog aufgebaut werden. Über diesen *INSPIRE-Katalog* werden die umweltrelevanten Geodaten der Kommunen, der Ministerien und Landesämter gebündelt und für das INSPIRE-Monitoring und Reporting gemeldet. Voraussetzung dafür ist, dass in dem Geodatenkatalog die Dienste als „INSPIRE-identifiziert“ durch die geodatenhaltende Stelle eingetragen sind. Bis zum Abschluss der Arbeit waren in dem Katalog 5.918 Einträge verzeichnet (GDI-RP, 2015). Damit ist die GDI Rheinland-Pfalz mit den registrierten kommunalen Geodaten EU-weit der größte Datenanbieter in der Europäischen Gemeinschaft (Retterath, 2014).

GeoPortal.rlp > Informationen > INSPIRE Katalog

Icon	Service Name	Identifier	Authority	Service Description
	Industriepark Simmern 2. Änderung	6702cc39-f4a0-93f4-4720-47cba85fc99c	VG Simmern	Bodennutzung (3.4), Bewirtschaftungsgebiete/Schutzgebiete/geregelte Gebiete und Berichterstattungseinheiten (3.11)
	Fasacker	158caa9c-16ee-f753-ca5e-2bdaf1f073f8	VG Rheinböllen	Bodennutzung (3.4), Bewirtschaftungsgebiete/Schutzgebiete/geregelte Gebiete und Berichterstattungseinheiten (3.11)
			42259	Ellern (Hunsrück) - Fasacker
				96.71% Download über WMS Aufrufe
	Jägersköpfchen I und II - 1. Änderung und Ergänzung 5. Änderung	65cba154-4ed4-759e-8863-b03121d6a691	ST Mayen	Bodennutzung (3.4), Bewirtschaftungsgebiete/Schutzgebiete/geregelte Gebiete und Berichterstattungseinheiten (3.11)
	Gewerbegebiet Windorf	163ecf78-6ece-63ac-848c-0d130b9d3862	VG Kastellaun	Bodennutzung (3.4), Bewirtschaftungsgebiete/Schutzgebiete/geregelte Gebiete und Berichterstattungseinheiten (3.11)
	Welchenkaul in der Fassung der 1. Änderung	79bd618d-3b03-3c90-e9a2-34d744408a34	VG Daun	Bodennutzung (3.4), Bewirtschaftungsgebiete/Schutzgebiete/geregelte Gebiete und Berichterstattungseinheiten (3.11)
	Auf'm Hunzel Änderung und Erweiterung	62955c2d-d453-4ea5-104e-81defdaf5cd9	VG Nassau	Bodennutzung (3.4), Bewirtschaftungsgebiete/Schutzgebiete/geregelte Gebiete und Berichterstattungseinheiten (3.11)
	Bohl-Ost IV	f4c94a6b-0340-d84b-c877-72d224f6bc97	LK Rhein-Pfalz-Kreis	Bodennutzung (3.4), Bewirtschaftungsgebiete/Schutzgebiete/geregelte Gebiete und Berichterstattungseinheiten (3.11), Flurstücke/Grundstücke (Katasterparzellen) (1.6)

Zeige 1 bis 10 von 5,918 Einträgen

Abbildung 62: INSPIRE-Katalog in Rheinland-Pfalz, Zugriff auf INSPIRE Darstellungs- und Downloaddienste über das GeoPortal.rlp (GDI-RP, 2015)

Zudem wurde ein Metadateneditor im Geoportal integriert, der es ermöglicht, für registrierte Dienste Metadaten zu erfassen und für INSPIRE bereitzustellen. Hier findet auch das Prinzip der Subsidiarität (vgl. INSPIRE-Prinzipien) Anwendung, die eine konsequente Trennung der kommunalen GDI mit Diensten und der terminlichen INSPIRE-Bereitstellungsverpflichtung für Metadaten sieht (vgl. Terminierung Tabelle 3, Seite 34). Die Anforderungen sind in dem technischen Leitfaden für Metadaten beschrieben (Drafting Team Metadata and European Commission Joint Research Centre, 2013), inklusive der Anforderung diese nach ISO19139 XML-Schemaencoding für die INSPIRE-Metadatenelemente bereitzustellen. Zudem ist ein INSPIRE-Profil für die Beschreibung der Geodatenätze und Geodatenatzreihen nach ISO19115 sowie für Geodienste nach ISO19119 beschrieben (Drafting Team Metadata and European Commission Joint Research Centre, 2013). Die Realisierung der INSPIRE-Metadaten eines Darstellungsdienstes nach ISO19119/ISO19139 der digitalen Kartierung der Denkmalliste aus dem Landkreis Mainz-Bingen, ist in nachfolgender Abbildung 63 dokumentiert.

```

- <gmd:MD_Metadata xsi:schemaLocation="http://www.isotc211.org/2005/gmd ./xsd/gmd/gmd.xsd http://www.isotc211.org/2005/srv ./xsd/srv/srv.xsd">
  - <gmd:fileIdentifier>
    <gco:CharacterString>5c8b8460-0172-506a-027e-3ab9dbdbd1e8</gco:CharacterString>
  </gmd:fileIdentifier>
  - <gmd:language>
    <gmd:LanguageCode codeList="http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/ISO_19139_Schemas/resources/codelist/ML_gmxCodetables.xml#LanguageCode" codeListValue="ger">ger</gmd:LanguageCode>
  </gmd:language>
  - <gmd:characterSet>
    <gmd:MD_CharacterSetCode codeList="http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/ISO_19139_Schemas/resources/Codelist/ML_gmxCodetables.xml#MD_CharacterSetCode" codeListValue="utf8"/>
  </gmd:characterSet>
  - <gmd:hierarchyLevel>
    <gmd:MD_ScopeCode codeList="http://standards.iso.org/ittf/PubliclyAvailableStandards/ISO_19139_Schemas/resources/codelist/ML_gmxCodetables.xml#MD_ScopeCode" codeListValue="service">service</gmd:MD_ScopeCode>
  </gmd:hierarchyLevel>
  - <gmd:hierarchyLevelName>
    <gco:CharacterString>Darstellungsdienst</gco:CharacterString>
  </gmd:hierarchyLevelName>
  - <gmd:contact>
    + <gmd:CI_ResponsibleParty></gmd:CI_ResponsibleParty>
  </gmd:contact>
  - <gmd:dateStamp>
    <gco:Date>2015-02-09</gco:Date>
  </gmd:dateStamp>
  - <gmd:metadataStandardName>
    <gco:CharacterString>ISO19119</gco:CharacterString>
  </gmd:metadataStandardName>
  - <gmd:metadataStandardVersion>
    <gco:CharacterString>2005/PDAM 1</gco:CharacterString>
  </gmd:metadataStandardVersion>
  - <gmd:identificationInfo>
    - <srv:SV_ServiceIdentification>
      - <gmd:citation>
        - <gmd:CI_Citation>
          - <gmd:title>
            <gco:CharacterString>Landkreis Mainz-Bingen: Digitale Kartierung der Denkmalliste - Landkreis Mainz-Bingen: Digitale Denkmalliste
          </gco:CharacterString>
        </gmd:title>
      </gmd:CI_Citation>
    </gmd:citation>
  </srv:SV_ServiceIdentification>

```

Abbildung 63: INSPIRE-Metadaten nach ISO19119/ISO19139 eines Darstellungsdienstes der digitalen Kartierung der Denkmalliste aus dem Landkreis Mainz-Bingen, Bereitstellung im GeoPortal.rlp

Die erzeugten Metadatenätze lassen sich als HTML-Form im GeoPortal.rlp anzeigen oder auch als XML-Dateien herunterladen. Die HTML-Anzeige ist auf einige Metadatenfelder beschränkt. Zur Anzeige der INSPIRE-Metadaten und *Capabilities*-Dokumente gelangt man über die Auswahl des Titels des jeweiligen Layers des Geodienstes oder als Suchergebnisse des Kataloges im GeoPortal.rlp.



Abbildung 64: Metadatenzugriff im GeoPortal.rlp, Geodatenatz – Schnittstellen

Über die Geodienste können in der Rubrik „Schnittstellen“ durch Anwählen der entsprechenden Links die Metadaten betrachtet werden. Des Weiteren können die automatisch erstellten INSPIRE-konformen Capabilities-Dokumente angezeigt werden.

```

:WMT_MS_Capabilities updateSequence="1415266242" version="1.1.1">
- <Service>
  <Name>OGC:WMS</Name>
  - <Title>
    Landkreis Mainz-Bingen: Digitale Kartierung der Denkmalliste
  </Title>
  - <Abstract>
    Kulturdenkmäler und Denkmalzonen der Denkmalliste im Landkreis Mainz-Bingen
  </Abstract>
  <OnlineResource xlink:href="http://www.geoportal.rlp.de/mapbender/php/wms.php?layer_id=35098&
  PHPSESSID=92c1b2b14d4bdbb530c2c1ddc7546bc2&INSPIRE=1&REQUEST=GetCapabilities&VERSION=1.1.1&SERVICE=WMS&
  INSPIRE=1" xlink:type="simple"/>
  - <Fees>
    Grundlage der Denkmalliste ist: Denkmaltopographie Bundesrepublik Deutschland, Kulturdenkmäler in Rheinland-Pfalz, Kreis Mainz-Bingen.
    Band 18.1 Stadt Bingen, Stadt Ingelheim, Gemeinde Budenheim, Verbandsgemeinden Gau-Algesheim, Heidesheim, Rhein-Nahe, Sprendlinger
    Gensingen (2007); Band 18.2 Verbandsgemeinden Bodenheim; Guntersblum und Nieder-Olm (2011); Band 18.3 Verbandsgemeinde Nierstein-
    Oppenheim (2011); bearbeitet von Dieter Krienke; Wernersche Verlagsgesellschaft Worms. Wir danken Herrn R. Reith für die Erlaubnis, die wir
    ihm für die Denkmaltopographie angefertigten Bilder verwenden zu dürfen. Bei Interesse an diesen Fotos bitten wir, Kontakt direkt mit Herrn
    Reith aufzunehmen: rainer.reith@t-online.de. Die der Fachbehörde bekannten, verborgenen archäologischen Denkmäler sind wegen ihrer
    Gefährdung nicht dargestellt. Der Schutz der unbeweglichen Kulturdenkmäler entsteht bereits durch das Vorliegen der gesetzlichen
    Voraussetzungen des § 3 Denkmalschutzgesetz (DSchG) und ist nicht von der Eintragung in die Denkmalliste abhängig, d.h. auch Objekte, die
    nicht in der Denkmalliste verzeichnet sind, können Denkmäler sein. Sowohl die Denkmalliste als auch die Karte erheben keinen Anspruch auf
    Vollständigkeit. Hinweise, Korrekturen etc. erbitten wir an landesdenkmalpflege@gdke.rlp.de, Fragen zur technischen Umsetzung an
    gis@gdke.rlp.de.
  </Fees>
</Service>
- <Capability>
  - <Request>
    - <GetCapabilities>
      <Format>application/vnd.ogc.wms_xml</Format>
      - <DCPType>
        - <HTTP>
          - <Get>
            <OnlineResource xlink:href="http://www.geoportal.rlp.de/mapbender/php/wms.php?layer_id=35098&
            PHPSESSID=92c1b2b14d4bdbb530c2c1ddc7546bc2&INSPIRE=1&REQUEST=GetCapabilities&VERSION=1.1.1&
            SERVICE=WMS&INSPIRE=1" xlink:type="simple"/>
          </Get>
          - <Post>
            <OnlineResource xlink:href="" xlink:type="simple"/>
          </Post>
        </HTTP>
      </DCPType>
    </GetCapabilities>
  - <GetMap>
    <Format>image/png</Format>
  
```

Abbildung 65: INSPIRE-GetCapabilities eines Darstellungsdienstes aus dem Landkreis Mainz-Bingen über das GeoPortal.rlp


```

- <MetadataURL type="ISO19115:2003">
  <Format>text/xml</Format>
  <OnlineResource xlink:href="http://www.geoportal.rlp.de/mapbender
  /php/mod_dataISOMetadata.php?outputFormat=iso19139&id=76343f11-423f-3640-5f26-0e4cec9fd831" xlink:type="simple"/>
</MetadataURL>
- <DataURL>
  <Format>text/html</Format>
  <OnlineResource xlink:href="http://www.geoportal.rlp.de/mapbender/php/mod_getDownloadOptions.php?outputFormat=html&
  id=76343f11-423f-3640-5f26-0e4cec9fd831" xlink:type="simple"/>
</DataURL>

```

Abbildung 66: INSPIRE-GetCapabilities mit Daten-Service-Kopplung über das GeoPortal.rlp

Damit konnte gezeigt werden, dass die INSPIRE-Bereitstellung für alle kommunalen Dienste in Rheinland-Pfalz erreicht werden kann. Gleichzeitig ist über diese Realisierung ein Daten-Service-Kopplung (vgl. Abbildung 66) umgesetzt, die eine Recherche nach Geodiensten über Metadatenätze zu Geodatenätzen oder Geodiensten ermöglicht. Die rheinland-pfälzischen INSPIRE-relevanten Geodienste und Metadatenätze, die im GeoPortal.rlp registriert sind, können über das Keyword *inspireidentifiziert* selektiert werden. Das Keyword kennzeichnet einen Geodatenatz bzw. eine Geodatenatzreihe oder einen Geodienst, der im Rahmen des INSPIRE-Monitoring registriert wurde. Die notwendigen Kennzahlen für den Monitoring-Bericht werden dabei aus der Benutzerverwaltung des GeoPortal.rlp, den Metadatenätzen zu Geodatenätzen bzw. Geodatenatzreihen und Geodiensten sowie den Geodiensten selbst extrahiert. Mit dem XML-Schema der ISO19139 wird zudem die Basis geschaffen, dass sich Metadatenätze in der GDI-RP einheitlich zwischen verschiedenen Systemen austauschen lassen.

Damit kann an der GDI-RP nachgewiesen werden, dass eine Interoperabilität gemäß der *Verordnung (EG) Nr. 1089/2010 der Kommission vom 23. November 2010 zur Durchführung der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Interoperabilität von Geodatenätzen und -diensten* (Europäische Kommission, 2010b) für kommunale Geodatenätze und Geodatenatzreihen erreicht werden kann. Über die Registrierung von dezentralen Diensten in der GDI-RP, kann eine vollständige Integration von Metadaten, inklusive der konformen Bereitstellung von Darstellungs- und Downloaddiensten in das INSPIRE-Geoportal nachgewiesen werden. Die erfolgreiche Integration von Denkmaldaten im Landkreis Mainz-Bingen in das INSPIRE-Geoportal zeigt der Auszug in der Abbildung 67.

The screenshot shows the INSPIRE Geoportal interface. At the top, there is a header with the European Commission logo and the text 'INSPIRE GEOPORTAL Enhancing access to European spatial data'. Below the header, there is a search bar with 'Europe' entered. A map of Mainz-Bingen is displayed, showing various locations marked with red dots. An 'INSPIRE Metadata' window is open, displaying the following information:

Metadata Language		Resource Language	
German	German	German	German
Metadata Date			
2014-10-16			
Metadata Point Of Contact			
GDKE, E-mail: gis@gdke.rlp.de			
Responsible Party			
Publisher: Generaldirektion Kulturelles Erbe, E-mail: gis@gdke.rlp.de			

Abbildung 67: Das EU-INSPIRE Geoportal mit Darstellungsdiensten und Metadaten zur Digitalen Denkmalliste des Landkreises Mainz-Bingen (European Commission, 2014e)

Im Ergebnis hat sich gezeigt, dass über einen subsidiären Ansatz für Metadaten, Rheinland-Pfalz bis zum 03.12.2013 (vgl. Frist Tabelle 3, Seite 34), kommunale Geodaten in großem Umfang an INSPIRE melden konnte. Betrachtet man das INSPIRE-Monitoring für das Jahr 2013, wird das Ergebnis des Integritätsansatzes kommunaler Geodaten und der Implementierung in Rheinland-Pfalz quantitativ ersichtlich. Zudem sind in Deutschland insgesamt 9.154 Geodatenätze und 11.999 Dienste von 492 geodatenhaltenden Stellen gemeldet. Darunter sind insgesamt 280 Kommunen (Hogrebe, 2014). Rheinland-Pfalz stellte im INSPIRE-Monitoring 2013 den größten Anteil kommunaler Geodaten und Geodatendienste in Deutschland bereit, vgl. nachfolgende Abbildung 68.

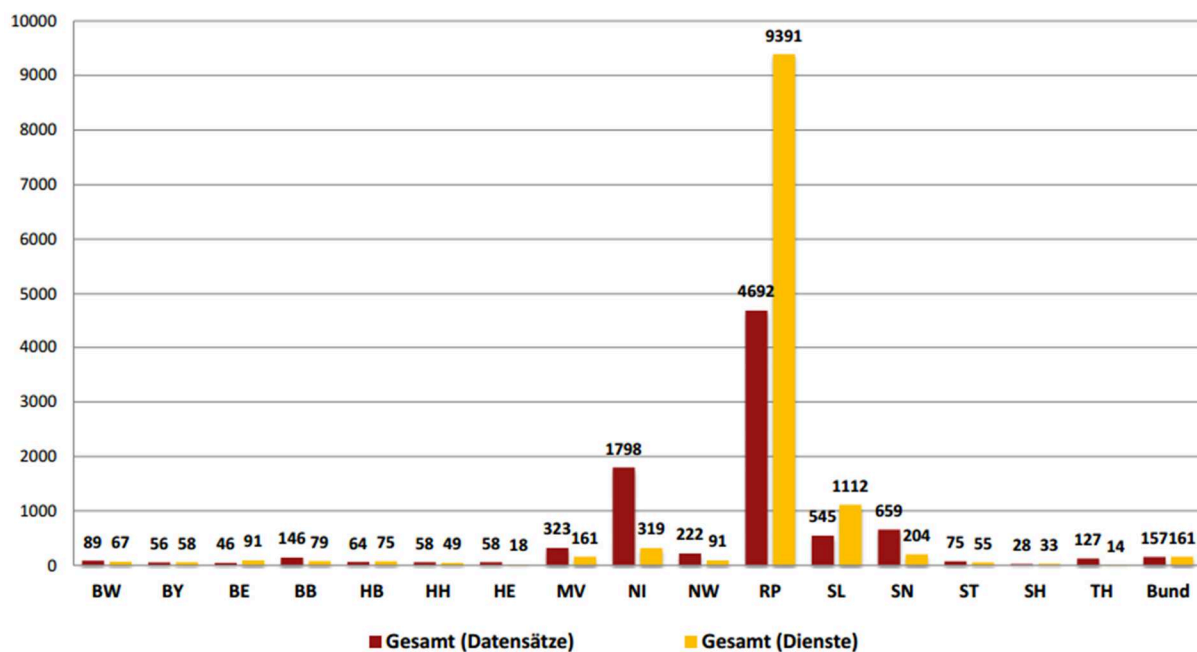


Abbildung 68:Umsetzungstand INSPIRE-Monitoring 2013, Meldungen INSPIRE-relevanter Geodaten in Deutschland (Hogrebe, 2014)

Dieses Ergebnis der Implementierung in Rheinland-Pfalz (RP) zeigt, wie wichtig kommunale Daten bei der Umsetzung für INSPIRE sind und welche *Quantität* an Datensätzen bei einer INSPIRE-konformen Bereitstellung der Themen des Anhang I bis III anfallen. Zudem unterstützt der Autor durch Projekte mit den kommunalen Spitzenverbänden (Städtetag Rheinland-Pfalz, Landkreistag Rheinland-Pfalz, Gemeinde- und Städtebund Rheinland-Pfalz) nicht nur im Rahmen der Dissertation, sondern auch zukünftig diese Bemühungen der Interoperabilität kommunaler Geodaten in Europa.

Im Jahr 2015 werden unter anderem durch den Autor weitere Geofachdaten auf Kreisebene erhoben und bewertet, wie diese konzeptuell modelliert und in der Europäischen GDI interoperabel nach der INSPIRE Datenspezifikation bereitgestellt werden können. Bereits die dargelegten Anwendungsstudien zu Xplanung für kommunale Bauleitpläne und des Denkmalkatasters für INSPIRE zeigen den Mehrwert einer wissenschaftlichen Beteiligung beim Aufbau einer kommunalen GDI. Mit den Ergebnissen aus dem INSPIRE-Monitoring (vgl. Abbildung 68) kann zudem nachgewiesen werden, dass die komplexen Anforderungen von INSPIRE für umweltrelevante Geodaten der Kommunen implementierbar sind. Gleichzeitig konnten bei den Studien des Autors auch Empfehlungen zur INSPIRE-Datenmodellierung und der Aufwand-Nutzen bewertet werden. Diese werden in den folgenden Diskussionen der gewonnenen Erkenntnisse und Empfehlungen näher ausgeführt.

6. Diskussion der gewonnenen Erkenntnisse und Empfehlungen

6.1 Semantische und organisatorische Interoperabilität

Die Erkenntnisse zur *semantischen Interoperabilität* sind sehr vielschichtig. Auf der einen Seite konnte untersucht werden wie mit Semantik und Ontologie eine bessere Bereitstellung von Geodaten für INSPIRE erfolgen kann. Auf der anderen Seite existieren sehr viele Datenformate wie Shape, Mif, DXF, GML oder einfache Datenbanktabellen und Schemadefinitionen in XSD die eine konzeptuelle Modellierung der Quelldaten definieren. Daher sollte in Kommunen bereits auf der syntaktischen Ebene transformiert werden, damit eine Bereitstellung für INSPIRE-GML erfolgen kann. Hinzu kommen Grenzen der raumbezogenen Modellierung sowie der kommunalen Geodatenbestände in GIS-Software. Dabei konnten sowohl semantische, syntaktische und organisatorische Rahmenbedingungen der Verwaltungen berücksichtigt werden, die in den vorhandenen E-Government Aktivitäten, XÖV-Standardisierungen (mit XML-Encoding) oder der Implementierung des Standards XPlanung in GIS-Software mündet. Diese Rahmenbedingungen und die Komplexität wurden kritisch diskutiert, wenngleich erkannt wurde, dass kommunale E-Government-Standards wie XPlanung sowohl strategisch als auch operativ für die Realisierung von INSPIRE einen großen Mehrwert besitzen. Hinzu kommen die Vorteile, des eindeutigen Transformationsmodells und der IT-Steuerung der Interoperabilität durch konsolidierte Modelle und XSD-Schemata.

Für die Anwendung dieses Ansatzes in einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft wurden bereits vorhandene Geodatenätze und -dienste in Kommunen des Bundeslandes Rheinland-Pfalz untersucht und diese Ebenen übergreifend interoperabel verfügbar gemacht. Für die INSPIRE-harmonisierte Datenbereitstellung nach Datenspezifikation (verpflichtend ab dem Jahr 2017) wurden in der Arbeit drei verschiedene Ansätze der Modelltransformation untersucht. Bei der Transformation auf Datenebene konnte eine datennahe Lösung präsentiert werden, der mit ETL (Extract-Transform-Load) im Management raumbezogener Daten bereits lange Jahre einen etablierten Beitrag leistet. Es ist möglich, Geodaten proprietärer Formate zu transformieren und INSPIRE-GML zu erzeugen. Da allerdings die Regeln der Transformation aus den Programmen nicht standardkonform exportierbar sind, kann die Anwendbarkeit für alle Kommunen auch aufgrund der Kostenvolumen in Rheinland-Pfalz strategisch ausgeschlossen werden. Dennoch ermöglichen diese Tools eine Datentransformation nach INSPIRE. Deren Anwendung wurde im Rahmen der Arbeit bestätigt.

Zudem konnte die Frage geklärt werden, wie *organisatorische Interoperabilität* in der Europäischen Geodateninfrastruktur mit verteilten, lokalen Anwendungen von Geo-Informationssystemen erreicht werden kann. Es konnte erkannt werden, dass vor allem auf der organisatorischen Ebene der Interoperabilität Maßnahmen initiiert werden müssen, die der Implementierung der Interoperabilität von der lokalen GIS-Anwendung bis hin zu INSPIRE dienen. Hier konnte nachgewiesen werden, dass INSPIRE keinen Einfluss auf die kommunale Selbstverwaltung bei der Umsetzung von Geo-Informationssystemen haben muss. Einflussgrößen können bei der von Kubicek, Cimander & Scholl (2011) beschriebenen *IT-Governance of interoperability* durch formale Vorgaben für Register, Codelisten, Vorgaben der Verfügbarkeit oder den Nutzungsbedingungen für Metadaten gesehen werden. Gleichmaßen bedeutet die Umsetzung von INSPIRE im Rahmen der IT-Steuerung auf kommunaler Ebene einen Aufwand. Dieser kann sich nicht nur im finanziellen, sondern vor allem im personellen Aufwand bei den Kommunen ausdrücken. Trotz knapper werdender

kommunaler Ressourcen sollte INSPIRE in der IT-Governance der kommunalen Verwaltung als fester Bestandteil integriert werden.

Die Anforderungen dafür wurden untersucht und ein Lösungsansatz für die *organisatorische Implementierung* in Form eines Modells für Geo-Government in der Kommune erarbeitet. Dieses Modell wurde auf Basis der Anforderungen kommunaler E-Governments und der vorhandener GIS-Implementierungen entwickelt und anschließend getestet. Für die Evaluierung wurden verschiedene kommunale GDI'n im Untersuchungsgebiet ausgewählt, an denen eine Bewertung der Komponenten, sowie der umweltrelevanten Geofachdaten hinsichtlich der INSPIRE-Relevanz durchgeführt werden konnte. Basierend auf einer Analyse der vorhandenen Geodaten-sätze bei ausgewählten Kommunen kann festgestellt werden, dass Geodaten mit INSPIRE-Relevanz auf der kommunalen Ebene in Rheinland-Pfalz vorhanden sind. Daher besteht die Notwendigkeit die beschriebene Komponente der Implementation für INSPIRE zu realisieren. Hierfür werden in den INSPIRE-Implementing Rules die Vorgaben definiert, die im Rahmen kommunaler GDI als INSPIRE-Metadaten bzw. -Netzdienste, als Such-, Darstellungs- und Downloaddienste zu realisieren sind. Diese Dienste sind als Komponente einer Bereitstellung von Geofachdaten über Dienste zu bewerten.

Zudem sollten die guten Ansätze weiter ausgebaut und mittelfristig über eigene *Geo-Government-Infrastrukturen* der Städte und Gemeinden für den Bürger bereitgestellt werden. Dieses bildet die Voraussetzung für den vorgestellten Entwicklungsansatz eines *Semantischen GIS*, der neue Wege der Vernetzung aber auch der Darstellung der Ressourcen unter Nutzung von Semantic Web Technologien und Ontologien eröffnet. Das Semantische GIS soll helfen, den Analyse-Prozess, die Datennutzung und -beschreibung zu vereinfachen. Dies hilft den Entscheidungsträgern, verschiedenste auch zeitkritische Anwendungsfälle des Katastrophen-, des Brand- und des Zivilschutzes, besser zu bewältigen. Ein mögliches Anwendungsbeispiel ist ein Hochwasserereignis im Landkreis Mainz-Bingen, bei dem Krankenhäuser und Rettungstationen handlungsunfähig wären. Hier gilt es herauszufinden, welche Krankenhäuser noch über das Straßennetz in Alzey-Worms oder Bad Kreuznach erreichbar wären. Für das Katastrophenmanagement der projektbeteiligten Kreisverwaltungen und des Landkreistages als kommunaler Spitzenverband wäre dies ein unschätzbare Vorteil. Der Landkreistag als kommunaler Spitzenverband unterstützt das Vorhaben, um ein Instrument zum besseren Verständnis und Integration von verschiedenen Daten unterschiedlicher Quellen auf Kreisebene zu entwickeln.

Des Weiteren können auch interkommunale Kooperationen einen Beitrag leisten, die beispielsweise in der Kooperation zwischen dem Landkreis und kreisangehörigen Gemeinden oder Städten zu einer besseren Vernetzung der lokalen Akteure führt. Allerdings führt INSPIRE derzeit noch nicht dazu, durch eine rechtliche Vorschrift den Datenaustausch für Kommunen zu vereinfachen. Durch die *Komplexität* und Menge der Anforderungen an Interoperabilität, die INSPIRE für die Mitgliedstaaten definiert, bedeutet das für die Kommune derzeit einen nicht unerheblichen Aufwand. Alleine die Komplexität der Modelle und auch die teilweise (noch) nicht vorhandenen Herstellerlösungen, erschweren die Bemühungen zum Aufbau einer kommunalen GDI mit INSPIRE. Auf der anderen Seite stehen die Bemühungen einen transparenteren Umgang mit Geodaten zu fokussieren. Mit dem Ziel zukünftig vermehrt Bürgerdienste mit Geodaten über das Internet abzubilden (Datenpolitik) konnte bei den Kommunen in Rheinland-Pfalz überwiegend Einigkeit erzielt werden.

Hier kann nachgewiesen werden, dass eine *kommunale Geodateninfrastruktur*, die eine INSPIRE Implementierung berücksichtigt, zu einer Erhöhung der Transparenz kommunaler Geodaten beiträgt. Dieser

Vorteil wird auch im Nutzen erwartet. Hier können auch Berechnungen angestellt werden, die es ermöglichen sowohl einen Zeit- als auch einen Kostenvorteil zu erzielen. Diese Vorteile können konsequent an den Bürger weitergegeben werden, indem durch eine Open-Data-Strategie die Transparenz und die Zugänglichkeit kommunaler Informationen erhöht wird. Zudem sollten die guten Ansätze weiter ausgebaut und mittelfristig über eigene Geo-Government-Infrastrukturen der Städte und Gemeinden für den Bürger bereitgestellt werden. Hier konnten in der Arbeit Ansätze vorgestellt werden, wie über eine Implementierung der Interoperabilität Dienste der Kommune für Bürger bereitgestellt werden können.

Zur Unterstützung der Kommunikation wird zudem ein *Online-Forum* aufgebaut werden, das den Austausch zu Themen mit Relevanz für die Geoanwender der Kommunen und der Öffentlichkeit bietet. Über ein Online-Angebot können Verwaltungen auf Bürgerversammlungen oder andere Veranstaltungen hinweisen sowie über relevante Themen wie Planungen im GeoForum diskutieren. Mit dem Release Mitte des Jahres, wird durch den Autor der Dissertation ein Online-Angebot unter <http://www.GeoForum.org> für alle Geoanwender und die interessierte Öffentlichkeit gestartet werden. Eine erste Veranstaltung des GeoForum fand bereits Anfang des Jahres 2015 im Mainz statt, eine weitere Veranstaltung soll Mitte des Jahres mit Release Start der neuen online Kooperationsplattform stattfinden. Der erste Entwurf der Plattform ist in nachfolgender Abbildung 69 dargestellt.

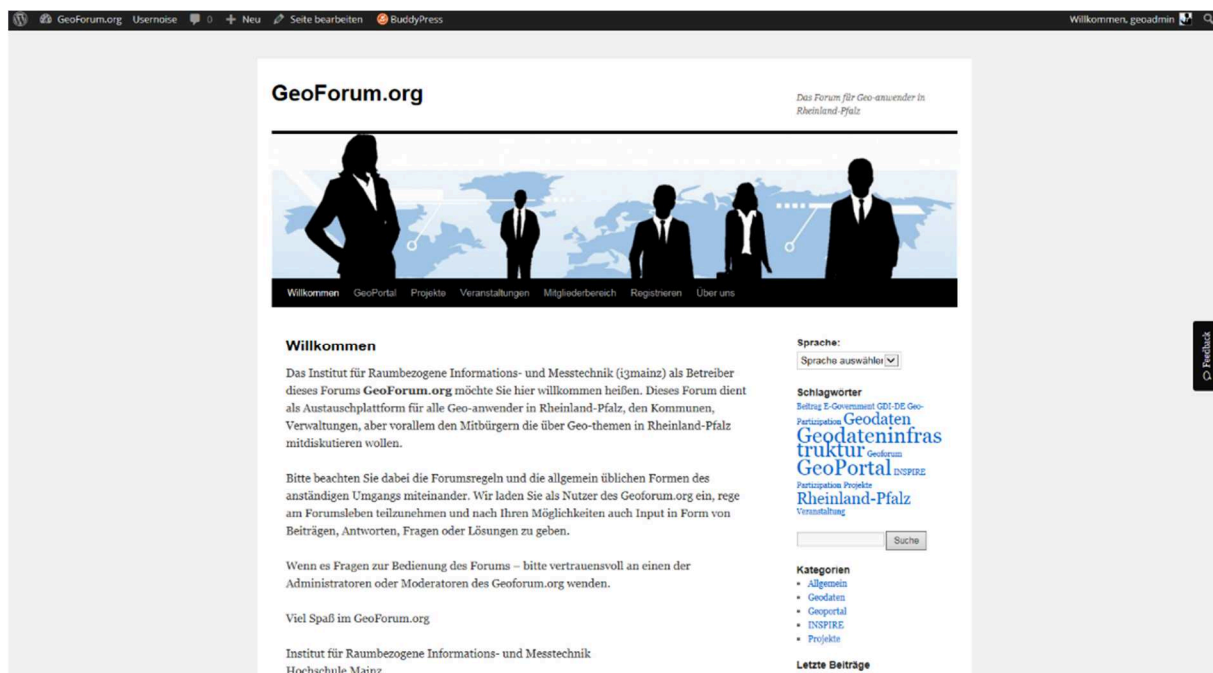


Abbildung 69: Das Online-Portal des neuen GeoForum.org, eigene Entwicklung

Dabei sind alle Nutzer eingeladen, rege am Forumsleben teilzunehmen und nach ihren Möglichkeiten auch Input in Form von Beiträgen, Antworten, Fragen oder Lösungen zu geben. Ziel sollte es dabei sein, unter Berücksichtigung der Portabilität über die Beteiligten der Geo-Community des GeoForum.org weitere Best-Practice-Lösungen zu entwickeln, die durch alle Beteiligten genutzt werden können. Hiermit kann eine für alle effiziente und kostengünstige Lösung für die Organisation und Umsetzung weiterer Best-Practice-Anwendungen realisiert werden. Gleichermassen lässt sich auch an der Statistik der Erhebung von 60 % INSPIRE-Relevanz bei Kommunen erkennen, dass INSPIRE-Dienste auch intern einen großen Nutzen haben können.

6.2 Aufwand-Nutzen-Betrachtung

Der Einfluss von INSPIRE schlägt sich in einem Nutzen wieder, der gewertet werden kann. Ergebnisse der *Aufwand-Nutzen-Analyse* für kommunales E-Government mit INSPIRE zeigen hier nachweisbare Nutzensvorteile bei der Verfügbarkeit von Informationen, der Interoperabilität und bei der Qualität. Durch Transparenz und offene Datenpolitik mit INSPIRE wird für kommunales E-Government ein deutlicher Mehrwert erzielt. Demgegenüber steht aber auch ein Aufwand, der dabei nicht zu vernachlässigen ist, um die genannten Ziele zu erreichen. Dabei sind die Kosten nur ein Faktor. Vielmehr ist auch ein nicht unerheblicher Arbeitsaufwand erkannt worden, der vor allem in der Komplexität, der Technologie und der Subsidiarität gesehen wird. Diese Eigenverantwortung, so gut dieses Prinzip ist, wird bei der INSPIRE-Umsetzung in den Kommunen als kritisch angesehen. Zudem orientiert sich die Betrachtung auf den ganzheitlichen Ansatz, den Nutzen gegenüber dem Gesamtaufwand zu bewerten (vgl. Tabelle 18).

Tabelle 18: Bewertung des Aufwands und Nutzens unter Berücksichtigung der strategischen und operationellen Ziel, sowie der Implementierung von INSPIRE, eigene Untersuchung

	Aufwand			-	Nutzen		
	-3	-2	-1		1	2	3
Technologie		x		+1			x
Zeit		x		0		x	
Komplexität	x			-2	x		
Kosten		x		-1	x		
Rahmenbedingungen			x	+1		x	
Organisation			x	+1		x	
Funktionalität			x	+1		x	
Qualität		x		+1			x
Portabilität			x	+1		x	
Effizienz		x		+1			x
Verfügbarkeit			x	+2			x
Benutzbarkeit		x		-1	x		
Datenpolitik			x	+2			x
Transparenz			x	+2			x
Subsidiarität	x			-1		x	
Kombination		x		0		x	
Interoperabilität		x		+1			x
Skalierbarkeit			x	+1		x	
Summe aller Punkte:	-6	-16	-8	-30/+40	+3	+16	+21

Die Skala der Bewertung der strategischen und operationellen Kenngrößen, sowie der Implementierung von INSPIRE wurde von -3 (hohes Aufwand) bis +3 (hoher Nutzen) festgelegt. Gerade in Zeiten von Open-Government und den Kostenberechnungen von Geldwerten bei Open-Data, sind Betrachtungen alleine der Kosten nach Einschätzung des Autors nicht aussagekräftig. Hier konnte vielmehr der Aufwand an den

strategischen, politischen und operationalen Zielen (vgl. Absatz 1.4 Zielsetzung und Hypothesen, Seite 15ff) gemessen werden. Diese Ziele und deren Aufwand wurde methodisch über Kennziffern mit 3 (hoch), 2 (mittel) und 1 (gering bis kein) bewertet. Die Summe der Kennwerte ergibt eine kriterienorientierte Aussage über den Aufwand der semantischen Implementierung in Kommunen im Kontext von INSPIRE. Diese Kriterien wie Technologieaufwand, Organisationsaufwand oder der zeitliche Aufwand wird zur Erreichung der organisatorischen Interoperabilität gleichwertig dem Nutzen durch Technologie, für die Organisation bzw. dem zeitlichen Nutzen gegenübergestellt. Vergleicht man beispielsweise den Aufwand von Datenpolitik und den Nutzen, kann hier klar ein Nutzenvorteil für Kommunen erkannt werden. Maßnahmen könnten im politischen Kontext von INSPIRE, eines E-Government oder auch einer kommunalen OpenData-Strategie, sehr schnell einen sehr hohen politischen Nutzen erzielen. Für jede Kenngröße wurde im Rahmen eines Workshops der Aufwand und Nutzen (Müller & Würriehausen, 2013a) unter Berücksichtigung der INSPIRE-Prinzipien (Interoperabilität, Skalierbarkeit, Subsidiarität, etc.) kriterienorientiert bewertet.

Nach wissenschaftlicher Bewertung aller Kriterien des strategischen, politischen und operationalen Datenmanagement kann mit der Gesamtbewertung +40/-30 ein operationaler Vorteil von 33 % gegenüber dem Aufwand (personell, finanziell, organisatorisch) mit INSPIRE nachgewiesen werden. Allerdings nur, wenn eine vollständige Implementierung der Komponenten des IT-Governance stattfindet. Man kann hierbei erwarten, wenn z.B. der Personaleinsatz für die INSPIRE-Umsetzung gekürzt wird, auch die Zeitersparnis für die Suche und Nutzung digitaler Daten nicht abgeschöpft werden kann. Hierbei bestehen auch Beziehungen der Kriterien untereinander. Ohne Technologie gibt es keine Verfügbarkeit, ohne Rahmenbedingungen keine Organisation, ohne Interoperabilität keine Datenverschneidung, um nur einige zu nennen. Selbiges gilt für den Technologievorteil, die Adaption vorhandener Rahmenbedingungen (wie Datenspezifikation) was zu einer Entlastung der Kommunen führt. Hier sind der Aufwand für die Erstellung eigener Rahmenbedingungen, sowie der Aufwand für Transparenz, Datenpolitik und Organisation sehr gering, wogegen der Nutzen demgegenüber sehr groß ist. Dieses Problem der bisher fehlenden Wahrnehmung einer kommunalen Geodateninfrastruktur, kann mit der Implementierung von INSPIRE aufgehoben werden.

Selbiges gilt für Transparenz durch die Bereitstellung umweltrelevanter Geodaten für INSPIRE und die Bürger. Diese Strategie erzeugt ein hohes politisches Ansehen und eine sehr große Transparenz für Verwaltungshandeln. Hier konnten bei den Kommunen im Untersuchungsgebiet sehr gute Bewertungen erzielt werden, indem derzeit ca. 47 % der kommunalen Geodaten extern u.a. über das GeoPortal.rlp, auf der Homepage als PDF-Download (z.B. bei kleineren Gemeinden) bzw. bei Kreisverwaltungen oder kreisfreien Städten über eigene kommunale Geoportale im Internet bereitgestellt werden.

Gleichzeitig stellt sich auch die Frage, inwieweit sich in jeder Kommune ein Geo-Government (organisatorisch) realisieren lässt. Bereits die wissenschaftlichen Untersuchungen bei den Kommunen im Untersuchungsgebiet ergaben hier noch Potentiale, die mit einer besseren Integration der kommunalen GIS-Anwendung in Fachprozesse oder der Bereitstellung von Geodaten über ein kommunales Geoportal mittelfristig einen erhöhten Mehrwert für die Kommunen verspricht. Dieser Vorteil wird auch in den Kosten erwartet, wenn vorausgesetzt wird, dass eine Open-Source-Implementierung oder externe Angebote der GDI-RP genutzt werden. Hier können auch Berechnungen angestellt werden, die es ermöglichen sowohl einen Zeit- als auch einen Kostenvorteil zu erzielen. Diese Vorteile können konsequent an den Bürger weitergegeben werden, indem eine *Open-Data-*

Strategie die Transparenz und die Zugänglichkeit kommunaler Informationen erhöht wird. Zudem kann durch die Bereitstellung interoperabler Datensätze mit INSPIRE ein Mehrwert erzielt werden. Der technologische Aufwand zur Umsetzung ist demgegenüber geringer, wenngleich ein strategischer Aufwand besteht. Dies gilt auch für die Kombination, der Subsidiarität sowie der Interoperabilität. Denn nur durch INSPIRE kann Interoperabilität umweltrelevanter Geodaten in Europa letztendlich erreicht werden.

6.3 Grenzen der Europäischen Geodateninfrastruktur

In der Arbeit konnten auch Grenzen der Europäischen Geodateninfrastruktur aufgezeigt werden, die nach Auffassung des Autors einer fristgerechten Implementierung aller INSPIRE-Komponenten zum Jahr 2020 entgegenstehen. Auch kann aus den ersten Meldungen des INSPIRE-Monitoring und Reporting der vorangegangenen Jahre eine sehr große Differenz zwischen Anspruch, welches INSPIRE als Ziel definiert hat und der technischen Implementierung erkannt werden. Gerade für kommunale Stellen in Deutschland herrscht eine große Unklarheit, da die föderalen Landesgesetzgebungen die Betroffenheit der unteren Verwaltungsebene sehr unterschiedlich betrachten. Zudem ist der Prozentanteil der Daten, die internen Nutzungsbeschränkungen sowie Beschränkungen des Datenschutzes unterliegen bei Kommunen sehr groß. Betrachtet man auch die möglichen Beschränkungen nach Landesgesetzgebung, kann der Zugang zu Geodaten und Geodatendiensten eingeschränkt werden, zum Beispiel zu Schutzgebieten, Lebensräumen seltener Tier- und Pflanzenarten oder Biotopen. Ebenso ist ein berechtigtes Interesse zum Zugang zu personenbezogenen Geodaten durch Nutzer darzulegen. Es wäre daher grundsätzlich erforderlich, den berechtigten Zugang zu Darstellungs- und Downloaddiensten im Geoportal der Europäischen Union elektronisch abzubilden.

Bezüglich der Daten mit Nutzungsbeschränkungen ergaben die Ergebnisse der Untersuchungen der Arbeit einen durchschnittlichen Anteil von 50 %. In einigen Kommunen lagen die Einschränkungen zur ausschließlichen internen Nutzung der Geodaten sogar bei über 70 %. Dies hat zur Folge, dass derzeit nur die Hälfte aller kommunalen Geodaten überhaupt öffentlich bereitgestellt werden darf. Hierzu zählen auch Daten mit explizitem Adress- oder Flurstücksbezug, wie beispielsweise die Anlagen zum Umgang mit wassergefährdeten Stoffen (VAWS-Anlagen), die auch personenbezogene Daten zu den Eigentümern des Flurstücks enthalten. Auch Daten zu Schulen, Schulpläne in DXF-Format oder auch Daten zu Schülern sind keine öffentlichen Daten, auch wenn diese gesetzliche Aufgaben der Kommunen sind. Der Anteil der kommunalen Geodaten mit Datenschutz betrug 20 %, bei den Geodaten mit INSPIRE-Relevanz war dies sogar über 50 % (Schülerdaten, XMeld, etc.). Hinzu kommt, dass diese Geodaten in Kommunen oft nur als Sachdaten elektronisch vorgehalten werden.

Um die semantische Interoperabilität für diese Geosachdaten bewerten zu können, müssten mehr Voraussetzungen erfüllt werden: Zum einen dass sich durch das Fehlen einer modellbasierten Datenspezifikation lediglich die (Geo)-Datentypen ineinander überführen lassen, ohne die Semantik/Bedeutung der Modell (rechnerlesbar) aufzulösen. Dabei sind konzeptionelle Formalismen bereits in den Ausgangsdaten notwendig, um deren Modelle mittels INSPIRE-Transformationsdienste überführen zu können. Zum anderen könnten Datenerfassungen zukünftig direkt im INSPIRE-Datenmodell umgesetzt werden. In beiden Fällen sollten im Rahmen einer GDI allerdings Profile vorgegeben werden, indem zur Umsetzung von INSPIRE per gesetzlicher Bestimmung in den Landesgesetzen, geeignete Pflichtattribute in Form von Profilen der semantischen Interoperabilität definiert werden. Der entwickelte Lösungsansatz über Modelltransformation für die

Realisierung einer semantischen Interoperabilität hat für praktische Anwendungen einen großen Nutzen aufgrund der Berücksichtigung einer kommunalen Datenbasis und aufgrund seiner Einbettung in die Systematik der INSPIRE-Durchführungsbestimmungen (Datenspezifikationen, Metadaten, etc.). Die INSPIRE-Datenmodelle u.a. zu 3D-Modellen von öffentlichen Gebäuden wie Schulen oder Kitas, die Lage von Leitungen der Telekommunikation in Zeiten des Internets, die Daten der öffentlichen Trinkwasserversorgung oder flurstückgenaue Planungen sind im Sinne der *Granularität* der Europäischen GDI auch kritisch zu hinterfragen. An den verbindlichen Codelisten der geplanten Bodennutzung³¹ u.a. sublokal (engl. Infralocal) zeigt sich sehr gut die Granularität der INSPIRE-Regulierungen bis auf Gemeindeebene. Alleine diese Themen zeigen auch kritisch die Grenzen der Europäischen Geodateninfrastruktur auf.

Betrachtet man dies aber als Chance, ein Modell der Geodatenmodellierung für den horizontalen Datenaustausch der Gemeinden bereitzustellen, kann diese Granularität auch für die Aufgaben der Gemeinde von Nutzen sein.



Abbildung 70: Geodatensatz einer Stadtverwaltung zu Anlagen wassergefährdender Stoffe (VAWS-Anlagen), Granularität und Datenschutz

Die INSPIRE-Datenbereitstellung dient nicht alleine dazu den Bürgern Daten bereitzustellen, sondern u.a. den Katastrophenstab oder die örtlichen Feuerwehren bei Ereignissen wie FireOrExplosionRelatedEvent oder NaturalHazardRelatedEvent mit INSPIRE-Geodaten zu unterstützen. Hierzu bedarf es allerdings verbindlicher Festsetzungen auf interministerieller Ebene sowie der rechtlichen Verankerung der Datenmodelle in der föderalen GDI. Zudem muss der Schutz von Daten im Sinne des Datenschutzes und der Datensicherheit über Security-Mechanismen wie HTTP-Authentifizierung oder einem WebServiceSecurity (WSS) Protokoll, für den technischen Datenaustausch sichergestellt werden.

³¹ <http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LevelOfSpatialPlanValue/>

7. Schlussfolgerungen und Ausblick

Das Ziel, ein semantisches und organisatorisches Modell zu implementieren, das eine interoperable Bereitstellung von umweltrelevanten Geodaten von der lokalen Ebene bis hin zur Europäischen Geodateninfrastruktur INSPIRE ermöglicht, konnte erfolgreich umgesetzt werden. Hier konnten im Untersuchungsgebiet der Kommunen in Rheinland-Pfalz INSPIRE-relevante Geodaten für eine *nachhaltige europäische Umweltpolitik* und zur allgemeinen Bereitstellung für die Bürger der EU identifiziert und verfügbar gemacht werden. Die Ziele von INSPIRE, den Datenaustausch in Europa über die Geodateninfrastrukturen der Mitgliedsstaaten unter Beteiligung der Kommunen in Europa aufzubauen, sind nachweislich erreichbar. Die Erkenntnisse aus der Arbeit zeigen, dass eine Bereitstellung interoperabler Geodaten auf semantischer und organisatorischer Ebene umgesetzt werden kann. Die Beschreibung und Strukturierung von räumlichen Analysen und der hierbei verwendeten Analyseschritte und GIS-Operationen ist eine wesentliche Aufgabe zur Weiterentwicklung von Web-gestützten Geo-Informationssystemen. Dies gilt für alle geografischen Fragestellungen mit explizitem Raumbezug, die von klassischen GIS-Analysen profitieren, d.h. von ökologischen bis hin zu wirtschafts- und sozialgeografischen Fragestellungen. Während frühere Arbeiten hierzu auf einer konzeptuellen Ebene stehen blieben, sind die hier angestrebten Erkenntnisse von hoher praktischer Relevanz für die Entwicklung interoperabler Geoinformationsdienste der nächsten Generation, die GIS-Analysefunktionen für unterschiedliche Anwendungsbereiche unterstützen. Um sich diesem Ziel zu nähern, ist eine eindeutige syntaktische und semantische Beschreibung der GIS-Analysen Voraussetzung.

Hierbei sind Basisoperationen als Werkzeugkasten in eine semantische Hierarchie höherwertiger Analyseschritte und zu untersuchender Teilfragestellungen einzuordnen. Auf jeder Ebene müssen die relevanten Funktionen mit ihren Eigenschaften, Parametern und unterstützten Datentypen etc. formal beschrieben werden. Somit können durch Kombination der verschiedenen Basiswerkzeuge übergeordnete Fragestellungen behandelt werden. Standard-GIS unterstützen die Erstellung entsprechender *Workflows* für konkrete GIS-Analysen bisher nur auf proprietäre Art und Weise. Dies behindert die Interoperabilität beim Zusammenspiel mit mehreren GI-Systemen. Diese ist notwendig, da zunehmend GIS-Funktionen als kleine modularisierte Web-Dienste zur Verfügung gestellt werden, die dann zum Aufbau komplexerer GIS-Anwendungen genutzt werden. Dabei konnte sich die Arbeit zunächst v.a. auf semantischer Ebene ansiedeln und als wissenschaftliches Fundament für die Weiterentwicklung entsprechender Standardisierungsbestrebungen dienen. Ein übergeordnetes langfristiges Ziel der Arbeit ist es, den Zugang zu Geoanalysen zu erleichtern und das Verständnis über diese Prozesse weiter zu entwickeln. Ein Konzept konnte vorgestellt werden, nach dem die reibungslose Zusammenarbeit auch in einer heterogenen Organisations- und Datenstrukturlandschaft stattfinden kann. In der Phase der Erfassung von Geofachdaten auf operationaler Ebene stellte sich die Frage, wie die Daten grafisch dargestellt oder mit welchen Objektbezeichnungen bzw. Attributen die Daten erfasst werden sollen, z.B. für Rad- und Wanderwege. Die Festlegung gemeinsamer Standards über kommunale Verwaltungsgrenzen hinweg ist nicht nur für eine einheitliche Präsentation fachspezifischer Inhalte und Themen in der Geodateninfrastruktur erforderlich.

Mit dem modellbasierten Ansatz eines *Semantischen GIS* konnte zudem erstmalig eine integrierte Betrachtung der semantischen und der syntaktischen Ebene erreicht werden. Hier konnte die Datenintegration unterschiedlicher Modelle über eine Modelltransformation wissenschaftlich untersucht und ein Modell für Regeln und WebDienste daraus abgeleitet werden. Mit diesen Konzepten soll es zukünftig möglich sein, die

wissensbasierte Verarbeitung heterogener Datenquellen für verschiedene, auch kommunale Anwendungsfälle abzuleiten. Dies gilt auch für Transformationsregeln für das AAA-Modell oder die Definition von nationalen Codelisten auf der Ebene des Bundes (BKG) oder innerhalb der föderalen GDI. Hier kann der Ansatz des Autors die Codelisten über Ontologien zu ermitteln helfen, einen Beitrag zum Aufbau der nationalen bzw. föderalen Geodatenbasis zu leisten. Mit den vorgestellten Ansätzen und Modellen kann nachgewiesen werden, dass für umweltrelevante Geodaten der Kommunen in Rheinland-Pfalz Interoperabilität auf allen Ebenen (Daten-, Service-, Wissensebene) erreicht werden kann. Obwohl der Realisierungsaufwand der Implementierung auf der Ebene der Daten, der Dienste und des Wissens zunimmt, konnte in der Dissertation ein Entwicklungsansatz für semantische Interoperabilität mit Ontologie vorgestellt werden, der Gegenstand weiterer Forschungsprojekte in Rheinland-Pfalz sein wird.

Durch Nutzung der Semantic-Web-Technologien können Abfragen auf heterogene Daten über einen zentralen SPARQL-Abfrageknoten erfolgen. Initiativen wie Linked Data im semantischen Web eröffnen ebenfalls neue Möglichkeiten des Datenzugriffs auf verteilte Datenquellen. Über ein informationstechnisches Konzept eines Semantischen GIS kann zudem die Bereitstellung verteilter Daten und deren Austausch unter Nutzung der Standards des Semantischen Webs wie RDF/OWL oder SWRL/RIF für eine Regelsprache angewendet werden. Eine Begründung für das Vorgehen liefern die Ansätze von Tschirner, Scherp & Staab (2011) in der das komplexe GML INSPIRE-Datenmodell in die Semantic Web OWL-Ontologien übersetzt wird. Hierbei wird auch ein geomodifiziertes SPARQL für INSPIRE-Daten und WebServices angewendet, sowie eine semantische Plattform für Abfragen von Daten verschiedener Quellen beschrieben. Mit dem Modell kann ein Ansatz vorgestellt werden, der die verschiedenen Ebenen der Interoperabilität in einem Modell vereint. Die Vorteile der Vorgehensweise finden sich in der einzigartigen Flexibilität einer Ontologie anstelle der Feature Manipulation, der Möglichkeit nationale Codelisten daraus abzuleiten, der standard-basierten OWL/RIF-Sprache des W3C, der Kompatibilität zum Modell des Semantischen Web (Web 3.0) und in der damit verbundenen Nachhaltigkeit der Anwendung.

Der Entwicklungsansatz zu *INSPIRE-Ontologie* erfüllt ebenfalls alle Anforderungen der semantischen Interoperabilität, wenngleich noch weiterer Forschungsbedarf notwendig ist. Hier konnte ein integrativer Ansatz vorgestellt werden über semantische Modelle sowie der Modelltransformation einen semantischen Zugriff auf Daten zu erhalten. Zudem konnten aus lokalen Daten RDF-Daten erzeugt werden, wenngleich bei der XSLT-Transformation von INSPIRE-XSD noch Entwicklungsbedarf besteht. Die Struktur von INSPIRE und der lokalen Modelle wurden im Ontology-Mapping-Tool bzw. zum Vergleich der Codelisten nachgebildet. Zudem soll an dieser Stelle auch auf die laufende Fortschreibung des INSPIRE-Datenmodells hingewiesen werden, unter anderem für kommunale Themen des Anhang III, die bis zum Jahr 2020 umgesetzt werden müssen. Auch ist es organisatorisch notwendig die *Gesetze oder Regeln*, die in * .owl Web Ontology Language abgebildet werden, einheitlich für die Modelle in Deutschland zu definieren. Mit XPlanung konnten Ansätze für Modelltransformation für kommunale Bauleitpläne im Semantischen GIS umgesetzt werden. Zudem konnten auch Umweltdaten aus Shape nach GML mit XSD-Schemadatei syntaktisch transformiert werden. Besonders vorteilhaft ist Ontologie vor allem, wenn die Regeln keine geometrische Transformation beinhalten, sondern auf einer allgemeineren Ebene bzw. über Codelisten beschrieben werden. So lassen sich die komplexen n:m-Beziehungen flexibler darstellen als der Ansatz einer Feature Manipulation Engine über 1:1-Verhältnisse.

Auf der *Service-Ebene* können sich vor allem Anwendungsfälle etablieren, die bereits Daten als Geodienste bereitstellen. Hier kann auch das SOA-Prinzip angewendet werden, bei dem Architekturkonzepte auf Standards basieren. Da das SOA-Prinzip grundsätzlich bei GDI zu einem Mehrwert beiträgt, sollte auch für GDI'n die Service-Ebene zur *Modelltransformation* verwendet werden. Der INSPIRE-Transformationsdienst auf Service-Ebene bedient diesen Anwendungsfall, der auch über CST-WPS in der Arbeit implementiert wurde. Wenn die Anforderungen des INSPIRE-Transformationsdienstes mit den geforderten Parametern wie *Transform*, *Get Transformation Service Metadata* und der Modellkartierung umgesetzt werden muss, sind die OGC WPS-Parameter wie *describeProcess* und *Execute* zu modifizieren. Hier lassen sich Ansätze ableiten, bei dem über einen WPS-Dienst sowie Ontologie-basierte Modellkartierung ein INSPIRE-konformer Transformationsdienst implementiert werden kann. Zudem lassen sich auch Prüfungen durchführen, die automatische und halbautomatische Funktionen beinhaltet. Die automatisierte Service-Funktion konzentriert sich auf die Qualität der Daten, deren Elemente und Prozesse, die vollständig automatisiert werden können (z.B. Prüfung auf logische Konsistenz). Der halbautomatische Service muss auf diejenigen *Datenqualitätskomponenten* bzw. Koordinaten angewendet werden, die einige menschliche Eingriffe (zum Beispiel Daten-Generalisierung) erfordern. Die Implementierung von Wissensmanagement in Schema-Mapping-Anwendungsfeldern kann dazu beitragen, die Interoperabilität auf lokaler Ebene zu unterstützen.

Der *Ansatz der Dissertation* lässt sich auf alle geografischen Informationen übertragen, bei denen auf verteilte INSPIRE-Datenquellen zugegriffen werden muss. In der Arbeit konnten Modelltransformation durch Nutzung von Standards des Semantic Web und Ontologie (RDF, OWL, etc.) implementiert werden. Zudem konnten verteilte, heterogene Geofachdaten im Europäischen Geoportal mit INSPIRE-Metadaten, Darstellungs- und Download-Diensten zugänglich gemacht werden. Damit konnte aufgezeigt werden, dass kommunale Daten und Wissen bis zur Ebene der Europäischen GDI interoperabel ausgetauscht werden kann. Durch die Anwendung von Schema-Transformationen mit XSLT, können diese Schemata auch in weitere Modelle wie RDF überführt werden. Zudem lassen sich auch aus heterogenen Geodatenbanken XSD-Schemadateien ableiten, die – zwar nicht harmonisiert – aber für eine lokale Transformation angewendet werden kann. Zur Erreichung der INSPIRE Interoperabilität konnten für Daten der Bauleitplanung und eines kommunalen Denkmalkatasters eine Implementierung der Interoperabilität im Untersuchungsgebiet erreicht werden. Im Sinne der Steuerung der Interoperabilität wurden in Rheinland-Pfalz sowie in den Kommunen organisatorische Maßnahmen initiiert, die der Bereitstellung für INSPIRE dienen. Erste Regelungen zur Subsidiarität wurden für Geofachdatenthemen initiiert (u.a. kommunale Pläne und Satzungen) die mit einem Server in einem Internet-Geodatennetzwerk die Probleme der Zugänglichkeit gelöst wurde. Zudem sind kommunale Dienste sowie Metadaten über den INSPIRE-Katalog Rheinland-Pfalz (GDI-RP, 2015) bis hin zum INSPIRE-Geoportal verfügbar.

Im Ergebnis konnte eine *Lösung zur Implementierung* und Umsetzung der europäischen INSPIRE-Richtlinie unter besonderer Berücksichtigung der vorhandenen Geo-Informationssysteme und der E-Government-Standards auf der kommunalen Ebene aufgezeigt werden. Die Komplexität der Implementierung lässt sich mit Netzwerk- und Rahmentechnologien sowie effektiver Nutzung des Internets für Verwaltungen ermöglichen. Mittelfristig sollte die Nutzung elektronischer Signaturen für Antragsangelegenheiten, die Bereitstellung von elektronischen Daten und die Nutzung von WebServices für den Datenaustausch für Bürger weiter ausgebaut werden. Zudem ergaben die Untersuchungen bei den Kommunen noch Potentiale, die durch eine bessere Integration der

kommunalen GIS-Anwendung in Fachprozesse oder die Bereitstellung von Geodaten über ein kommunales Geo-Portal, mittelfristig einen erhöhten Mehrwert für die Kommunen verspricht.

Zudem besteht auch eine Chance, Geodaten der Verwaltungen für die Wirtschaft in Europa zugänglich zu machen. Dabei ist es auch in Zeiten von GoogleMaps oder OpenStreetMap notwendiger denn je, eine qualitativ hochwertige Karte von Europa mit amtlichen Daten auf dem Marktplatz Europa bereitzustellen. Wie soll aber Europa zukünftig in Kartenform aussehen? INSPIRE zeigt uns den Weg! Und wie kann ein Geowanwender zukünftig auf Karten der Verwaltungen zugreifen? Hier kann mit dem Entwicklungsansatz der Dissertation zur *semantischen und organisatorischen Interoperabilität kommunaler Geodaten im Kontext von INSPIRE* ein nachhaltiger Beitrag der Wissenschaft und Forschung zur Interoperabilität in Europa geleistet werden.

Literaturverzeichnis

- Althoff, J. S. (2011). *Model-driven tools to support conceptual geospatial modelling*. Diss. Nr. 19918, ETH Zürich.
- Antoniou, G. & van Harmelen, F. (2008). *A Semantic Web Primer*. Massachusetts: The MIT Press.
- Arbeitskreis Architektur der GDI-DE und Koordinierungsstelle GDI-DE. (2010). *Architekturkonzept der GDI-DE, Version 2.0*.
- Baader, F., Calvanese, D., McGuinness, D., Nardi, D. & Patel-Schneider, P. F. (2003). *The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Bartelme, N. (2005). *Geoinformatik - Modelle, Strukturen, Funktionen*. Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Bateson, G. (1979). *Mind and Nature: A Necessary Unity (Advances in Systems Theory, Complexity, and the Human Sciences)*. Hampton Press.
- Battle, R. & Kolas, D. (2012). Enabling the Geospatial Semantic Web with Parliament and GeoSPARQL. *Semantic Web (IOS Press)*, S. 355–370.
- Beare, M., Payne, S. & Sunderland, R. (2010). *Prototype Report for the INSPIRE Schema Transformation Network Service*. Rob Walker Consultancy.
- Behr, F.-J. (2014). *Strategisches GIS-Management, 3., neu bearbeitete Auflage*. Berlin, Offenbach: Wichmann, VDE Verlag GmbH.
- Bellahsene, Z., Bonifati, A. & Rahm, E. (Hrsg.). (2011). *Schema Matching and Mapping (Series: Data-Centric Systems and Applications Ausg.)*. Berlin Heidelberg: Springer.
- Bellinger, G. (2004). *Knowledge Management - Emerging Perspectives*. Abgerufen am 13. November 2013 von <http://www.systems-thinking.org/kmgmt/kmgmt.htm>
- Benner, J. (2013). *UML-Diagramme XPlanGML 4.1*. Abgerufen am 15. 12 2014 von http://www.xplanungwiki.de/upload/XPlanGML/4.1-Kernmodell/Dokumentation/UML-DiagrammeXPlanGML_4_1.pdf
- Benner, J. (2014). INSPIRE-konforme Erfassung, Prüfung und Bereitstellung raumbezogener Pläne. *Gemeinsame Tagung 2014 der DGfK, der DGPF, der GfGI und des GiN, DGPF Tagungsband 23 / 2014, Beitrag 129*. 26. bis 28. März 2014 in der Hafen-City-Universität in Hamburg. Abgerufen am 15. 12 2014 von <http://www.dgpf.de/neu/Proc2014/proceedings/papers/Beitrag129.pdf>
- Bernard, L., Fitzke, J. & Wagner, R. M. (2005). *Geodateninfrastrukturen - Grundlagen und Anwendungen*. Heidelberg: Herbert Wichmann Verlag, Hüthig GmbH & Co. KG.
- Berners-Lee, T. (2009a). *Semantic Web software architecture*. Abgerufen am 10. 01 2014 von W3C Talks: [http://www.w3.org/2009/Talks/0120-campus-party-tbl/#\(12\)](http://www.w3.org/2009/Talks/0120-campus-party-tbl/#(12))
- Berners-Lee, T. (2009b). *Semantic Web Language stack*. Abgerufen am 10. 01 2014 von W3C Talk: [http://www.w3.org/2009/Talks/0120-campus-party-tbl/#\(14\)](http://www.w3.org/2009/Talks/0120-campus-party-tbl/#(14))
- Berners-Lee, T., Hendler, J. & Lassila, O. (17. May 2001). The Semantic Web. A new form of Web content that is meaningful to computers will unleash a revolution of new possibilities. *Scientific American Magazin*, S. 34-43. Abgerufen am 15. 12 2013 von <http://www.scientificamerican.com/article.cfm?id=the-semantic-web>
- Bill, R. (2008). *Geoinformatik Service*. Abgerufen am 01. 10 2014 von Universität Rostock: <http://www.geoinformatik.uni-rostock.de/einzel.asp?ID=441>
- Bill, R. (2010). *Grundlagen der Geo-Informationssysteme, 5. völlig neu bearbeitete Auflage*. Berlin: Wichmann-Verlag.
- Bittner, T., Donnelly, M. & Smith, B. (2009). A Spatio-Temporal Ontology for Geographic Information Integration. *International Journal of Geographical Information Science*(Volume 23 Issue 6), 765-798.

- Bodendorf, F. (2005). *Daten- und Wissensmanagement*. Berlin, Heidelberg: Springer.
- Boley, H. & Kifer, M. (2013). *RIF Framework for Logic Dialects (Second Edition)*. W3C Recommendation. Abgerufen am 10. 01 2014 von <http://www.w3.org/TR/2013/REC-rif-flid-20130205/>
- Boos, S., Müller, H. & Würriehausen, F. (2012). Zusammenwirken öffentlicher und privater Akteure zur Dokumentation von Kulturlandschaft mit SemanticWebTools. In J. Strobl, T. Blaschke, & G. Griesebner, *Angewandte Geoinformatik 2012* (S. 636-645). Berlin/Offenbach: Herbert Wichmann Verlag, VDE Verlag GmbH.
- Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik. (2005). *E-Government Handbuch*. Abgerufen am 20. 04 2012 von https://www.bsi.bund.de/DE/The-men/EGovernment/EGovernmentHandbuch/OnlineVersion/onlineversion_node.html
- Bundesministerium des Innern. (2010). *Abschlussbericht E-Government 2.0, Das Programm des Bundes*. Berlin: BMI, IT Stab. Abgerufen am 15. 12 2014 von http://www.bmi.bund.de/SharedDocs/Downloads/_DE/Themen/OED_Verwaltung/Informationsgesellschaft/Abschlussbericht_E-Gov2_0.pdf?__blob=publicationFile
- Christl, A. (2008). Standards für Geodateninfrastrukturen und ihre Anwendungen, International. *Geodateninfrastruktur - ein Beitrag zur Verbesserung unserer Lebensbedingungen: Beiträge zum 84. DVW-Seminar*.
- Commission of the European Communities. (2004). *Proposal for a Directive of the European Parliament and of the Council establishing an infrastructure for spatial information in the Community (INSPIRE)*. Brüssel.
- Conrad, S. (2002). Schemaintegration Integrationskonflikte, Lösungsansätze, aktuelle Herausforderungen. *Informatik Forschung und Entwicklung, September 2002, Volume 17, Issue 3*, pp. 101-111.
- Davis, C. & Alves, L. L. (2005). Local Spatial Data Infrastructures Based on a Service-Oriented Architecture (#71). *VII. Brazilian Symposium on GeoInformatics*. Cam-pos doJordão, São Paulo, Brazil.
- DBPedia.org*. (2014). Abgerufen am 10. 03 2014 von <http://de.dbpedia.org/>
- de Bruijn, J. & Welty, C. (2013). *RIF RDF and OWL Compatibility (Second Edition)*. Abgerufen am 10. 01 2014 von <http://www.w3.org/TR/2013/REC-rif-rdf-owl-20130205/>
- de Sainte Maria, C., Hallmark, G. & Paschke, A. (2013). *RIF Production Rule Dialect (Second Edition)*. W3C Recommendation. Abgerufen am 10. 01 2014 von <http://www.w3.org/TR/2013/REC-rif-prd-20130205/>
- Decker, S., Melnik, S., Harmelen, F. v., Fensel, D., Klein, M., Broekstra, J., Horrocks, I. (2000). The semantic web: The roles of XML and RDF. *IEEE Internet Computing*, 63 - 74.
- Doan, A., Halevy, A. & Ives, Z. (2012). *Principles of Data Integration*. Waltham, USA: Morgan Kaufmann Publisher, Elsevier Inc.
- Donaubauer, A., Staub, F. & Schilcher, M. (2007). mdWFS: A Concept of Web-enabling Semantic Transformation. *AGILE International Conference on Geographic Information Science*. Aalborg, Denmark. Abgerufen am 15. 12 2014 von http://www.agile-online.org/conference_paper/cds/agile_2007/proc/pdf/157_pdf.pdf
- Drafting Team "Data Specifications". (2012). *D2.5: Generic Conceptual Model, Version 3.4rc2*. Drafting Team "Data Specifications".
- Drafting Team Data and Service Sharing. (2013). *Guidance on the 'Regulation on access to spatial data sets and services of the Member*. European Commission.
- Drafting Team Metadata and European Commission Joint Research Centre. (2013). *INSPIRE Metadata Implementing Rules. Technical Guidelines based on EN ISO 19115 and EN ISO 19119*. European Commission Joint Research Centre.
- Ehlers, M. & Schiewe, J. (2012). *Geoinformatik*. Darmstadt: WBG (Wissenschaftliche Buchgesellschaft).
- Europäische Kommission. (2008). Verordnung (EG) Nr. 1205/2008 der Kommission vom 3. Dezember 2008 zur Durchführung der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich Metadaten.

- Europäische Kommission. (2009a). Entscheidung der Kommission vom 5. Juni 2009 zur Durchführung der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich Überwachung und Berichterstattung.
- Europäische Kommission. (2009b). Verordnung (EG) Nr. 976/2009 der Kommission vom 19. Oktober 2009 zur Durchführung der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Netzdienste.
- Europäische Kommission. (2010). *Eine Digitale Agenda für Europa*. Mitteilung der Kommission an das Europäische Parlament, den Rat, den Europäischen Wirtschafts- und Sozialausschuss und den Ausschuss der Regionen, Brüssel. Abgerufen am 15. 12 2014 von <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/DE/TXT/PDF/?uri=CELEX:52010DC0245R%2801%29&from=EN>
- Europäische Kommission. (2010a). Verordnung (EU) Nr. 268/2010 der Kommission vom 29. März 2010 zur Durchführung der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates in Bezug auf den Zugang der Organe und Einrichtungen der Gemeinschaft zu Geodatensätzen und -diensten.
- Europäische Kommission. (2010b). Verordnung (EG) Nr. 1089/2010 der Kommission vom 23. November 2010 zur Durchführung der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Interoperabilität von Geodatensätzen und -diensten.
- Europäische Kommission. (2010c). Verordnung (EU) Nr. 1088/2010 der Kommission vom 23. November 2010 zur Änderung der Verordnung (EG) Nr. 976/2009 hinsichtlich Downloaddiensten und Transformationsdiensten.
- Europäische Kommission. (2011a). Verordnung (EU) Nr. 102/2011 der Kommission vom 4. Februar 2011 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1089/2010 zur Durchführung der Richtlinie 2007/2/EG des Europäischen Parlaments und des Rates hinsichtlich der Interoperabilität von Geodatensätzen und -diensten.
- Europäische Kommission. (2013b). Verordnung (EU) Nr. 1253/2013 der Kommission vom 21. Oktober 2013 zur Änderung der Verordnung (EU) Nr. 1089/2010 zur Durchführung der Richtlinie 2007/2/EG hinsichtlich der Interoperabilität von Geodatensätzen und -diensten.
- European Commission. (2010). *European Interoperability Framework (EIF) for European public services*. Abgerufen am 15. Juli 2014 von http://ec.europa.eu/isa/documents/isa_annex_ii_eif_en.pdf
- European Commission. (2011b). *INSPIRE History*. Abgerufen am 26. 05 2014 von <http://inspire.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/4>
- European Commission. (2013a). *Infrastructure for the Spatial Information in the European Community*. Abgerufen am 26. 07 2013 von <http://inspire.jrc.ec.europa.eu/>
- European Commission. (2013b). *Infrastructure for the Spatial Information in the European Community, About INSPIRE*. Abgerufen am 26. 07 2013 von <http://inspire.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/48>
- European Commission. (2014a). *INSPIRE Consolidated UML-Model*. Abgerufen am 15. 12 2014 von <http://inspire.ec.europa.eu/data-model/approved/r4618-ir/html/>
- European Commission. (2014b). *Klassifikation der Bodennutzung*. Abgerufen am 15. 12 2014 von INSPIRE Registry: <http://inspire.ec.europa.eu/codelist/LandUseClassificationValue/>
- European Commission. (2014c). *Spezifische ergänzende Vorschrift*. Abgerufen am 15. 12 2014 von INSPIRE Registry: <http://inspire.ec.europa.eu/codelist/SpecificSupplementaryRegulationValue/>
- European Commission. (2014d). *INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in the European Community*. Abgerufen am 2014 von Data Specifications: <http://inspire.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2>
- European Commission. (2014e). *INSPIRE Geoportal, Enhancing access to European spatial data*. Abgerufen am 15. 12 2014 von <http://inspire-geoportal.ec.europa.eu/discovery/>
- European Commission. (2014f). *INSPIRE Infrastructure for Spatial Information in the European Community*. Abgerufen am 2014 von Data Specifications: <http://inspire.ec.europa.eu/index.cfm/pageid/2>

- European Commission Directorate General Environment. (2001). *ESDI Organisation and E-ESDI Action Plan*. Brüssel.
- European Union. (2007). *Directive 2007/2/EC of the European Parliament and of the Council of 14 March 2007 establishing an Infrastructure for Spatial Information in the European Community (INSPIRE)*.
- Fichtinger, A. (2011). *Semantische Transformation im Kontext von INSPIRE- dargestellt am Beispiel der grenzüberschreitenden Bodenseeregion*. München: Dissertation, Fakultät für Bauingenieur- und Vermessungswesen, Technische Universität.
- Filbry, T., Geyer, F., Laufer, M., Renker, S. & Skouti, S. (2013). *Datenintegration*. (I. Rossak, Hrsg.) München: Carl Hanser Verlag.
- Fleischli, S. (2012). *Geodaten als Linked Data: Eine Untersuchung zur Strukturierung und Vernetzung von Umweltdaten für das Semantic Web*. Zürich: Geographisches Institut der Universität Zürich.
- Friis-Christensen, A., Schade, S. & Peedell, S. (2005). Approaches to solve schema heterogeneity at the European level. *Proc. EC-GI & GIS Workshop*. Alghero, Sardinia. Abgerufen am 15. 12 2014 von <http://www.ec-gis.org/Workshops/11ec-gis/papers/301peedell.pdf>
- GDI-DE. (2014). *Zeitplanung für die Umsetzung von INSPIRE*. Abgerufen am 15. 12 2014 von Geodateninfrastruktur Deutschland: <http://www.geoportal.de/DE/GDI-DE/INSPIRE/Zeitplan/zeitplan.html?lang=de>
- GDI-RP. (2015). *INSPIRE-Katalog der Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz*. Abgerufen am 10. 03 2015 von <http://www.geoportal.rlp.de/portal/informationen/inspire-katalog.html>
- GeoZG. (2009). *Gesetz über den Zugang zu digitalen Geodaten, Geodatenzugangsgesetz*. Bundesrepublik Deutschland: BGBl. I S. 278.
- Giger, C. & Althoff, J. S. (2012). *INSPIRE Anforderungen an Netzdienste, Unterschiede zu Vorgaben an Dienste in der Schweiz*. Abgerufen am 15. 12 2014 von http://www.geo.admin.ch/internet/geoportal/de/home/geoadmin/mission/inspire/evt_reports.parsys.65505.downloadList.24977.DownloadFile.tmp/inspireanforderungenvergleichch0.pdf
- Gruber, T. R. (1993). A Translation Approach to Portable Ontology Specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2), 199 - 220.
- GSDI. (2012). *Spatial Data Infrastructure Cookbook*. Abgerufen am 25. 03 2014 von GSDI Wiki: http://www.gsdi docs.org/GSDIWiki/index.php/Main_Page
- Hamdi, F., Abadie, N., Bucher, B. & Feliachi, A. (2014). *GeomRDF: A Geodata Converter with a Fine-Grained Structured Representation of Geometry in the Web*. Abgerufen am 15. 12 2014 von <http://geold.geoknow.eu/wp-content/uploads/2014/05/Hamdi-et-al.-GeomRDF.pdf>
- Heath, T. & Bizer, C. (2011). *Linked Data: Evolving the Web into a Global Data Space* (Bd. #1 Synthesis Lectures on the SemanticWeb: Theory and Technology). Morgan & Claypool.
- Heuel, S. (2013). *GeoSEO – Findet man Ihre Geodaten mit Google?* Abgerufen am 15. 12 2013 von <http://geo.ebp.ch/2013/04/09/geoseo/>
- Hitzler, P., Kröttscher, M., Rudolph, S. & Sure, Y. (2008). *Semantic Web*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Hogrebe, D. (2014). *INSPIRE-Monitoring: Identifizierung INSPIRE-relevanter Geodaten auf kommunaler Ebene*. (K. GDI-DE, Hrsg.) Abgerufen am 15. 12 2014 von http://www.geoportal.de/SharedDocs/Downloads/DE/GDI-DE/Vortraege/2014/140929_Dt_Staedtetag_Vortrag_Hogrebe.pdf?__blob=publicationFile
- Howard, M., Payne, S. & Sunderland, R. (2010). *Technical Guidance for the INSPIRE Schema Transformation Network Service*. Abgerufen am 15. 12 2014 von http://inspire.ec.europa.eu/documents/Network_Services/JRC_INSPIRE-TransformService_TG_v3-0.pdf
- Initial Operating Capability Task Force for Network Services. (2013a). *Technical Guidance for the implementation of INSPIRE Download Services*. Initial Operating Capability Task Forc.

- Initial Operating Capability Task Force Network Services. (2011). *Technical Guidance for the implementation of INSPIRE Discovery*. Initial Operating Capability Task Force.
- Initial Operating Capability Task Force Network Services. (2013b). *Technical Guidance for the implementation of INSPIRE View Services*. Initial Operating Capability Task Force.
- INSPIRE. (2003a). *Consultation Paper on a Forthcoming EU Legal Initiative on Spatial Information for Community Policy-making and Implementation*. Abgerufen am 20. 05 2014 von <http://inspire.ec.europa.eu/reports/INSPIRE-InternetConsultationPhaseII.pdf>
- INSPIRE. (2003b). *Report on the Feedback of the Internet consultation on a forthcoming EU initiative establishing a framework for the creation of an Infrastructure for Spatial Information in Europe*. Abgerufen am 2014. 05 2014 von [http://inspire.ec.europa.eu/reports/analysis_consultation_01092003 .pdf](http://inspire.ec.europa.eu/reports/analysis_consultation_01092003.pdf)
- INSPIRE Architecture And Standards Working Group. (2002). *INSPIRE Architecture and Standards Position Paper*. Ispra: JRC-Institute for Environment and Sustainability.
- INSPIRE DPLI Working Group. (2002). *INSPIRE Data Policy & Legal Issues Position Paper*. Environment Agency for England and Wales.
- INSPIRE Environmental Thematic Coordination Group. (2002). *Environmental thematic user needs - Position Paper, Version 2*. EEA, European Environmental Agency.
- INSPIRE ISF Working Group. (2002). *Implementing Structures & Funding Position paper*. Sweden: Lantmäteriet.
- INSPIRE RDM Working Group. (2002). *Reference Data and Metadata Position Paper*. Eurostat.
- International Organization for Standardization. (2005). *Geographic information Reference model (ISO 19101:2002); English version EN ISO 19101:2005*.
- International Organization for Standardization. (2012). *Norm-Entwurf DIN EN ISO 19101-1:2012-06, Geoinformation - Referenzmodell - Teil 1: Grundsätze*.
- IT-Planungsrat. (2010). Von Nationale E-Government-Strategie, Beschluss des IT-Planungsrates vom 24. September 2010: http://www.it-planungsrat.de/SharedDocs/Downloads/DE/Pressemitteilung/NEGS.pdf?__blob=publicationFile abgerufen
- Klyne, G. & Carroll, J. J. (2004). *Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax*. Abgerufen am 10. 01 2014 von W3C Recommendation: <http://www.w3.org/TR/rdf-concepts/>
- Koordinierungsstelle für IT-Standards (KoSIT). (2014). *Nutzung von Geodaten in XÖV-Modellen*. Abgerufen am 15. 12 2014 von <http://www.xoev.de/detail.php?gsid=bremen83.c.11313.de>
- Koordinierungsstelle GDI-DE. (2013). *Identifizierung INSPIRE relevanter Geodaten - Handlungsempfehlung für geodatenhaltende Stellen*. Frankfurt.
- KoSIT. (2014). *Koordinierungsstelle für IT-Standards, XÖV-Standards*. Abgerufen am 10. 03 2014 von <http://www.xoev.de/>
- Kremer, H. & Lenk, K. (2004). Nachhaltige Modernisierung des öffentlichen Sektors. *Hochschulkolleg E-Government: Führung, Organisation und Kultur im E-Government* (S. 3-12). Stuttgart: Alcatel SEL Stiftung.
- Kubicek, H., Cimander, R. & Scholl, H.-J. (2011). *Organizational Interoperability in E-Government*. Berlin Heidelberg: Springer Verlag.
- Landtag Rheinland-Pfalz. (2010). *Landesgeodateninfrastrukturgesetz (LGDIG) vom 23. Dezember 2010*. Gesetz- und Verordnungsblatt für das Land Rheinland-Pfalz vom 30. Dezember 2010, Nr. 23.
- Lehto, L. (2012). Schema Transformation as a Tool for Data Reuse in Web Service Environment. *GEOProcessing 2012 : The Fourth International Conference on Advanced Geographic Information Systems, Applications, and Services*, (S. 17-22). Valencia, Spain.

- Lenkungsausschuss GDI-RP. (2012). *Leitfaden für die Bereitstellung kommunaler Pläne und Satzungen im Rahmen der Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz (GDI-RP)*. Abgerufen am 15. 12 2014 von http://www.geoportal.rlp.de/metadata/Leitfaden_kommunale_Plaene_GDI_RP.pdf
- Leser, U. & Naumann, F. (2007). *Informationsintegration - Architekturen und Methoden zur Integration verteilter und heterogener Datenquellen*. Heidelberg: dpunkt.verlag.
- LGDIG. (2010). *Landesgeodateninfrastrukturgesetz*. Rheinland-Pfalz: GVBl. 2010, 548, 219-2.
- Longhorn, R. A. & Blakemore, M. (2008). *Geographic Information: Value, Pricing, Production, and Consumption*. London, UK: CRC Press, Taylor & Francis Group.
- Mikroprojekt GmbH. (2013). *Software mikropro bauamt*. Abgerufen am 15. 12 2014 von <http://www.mikroprojekt.de/oeffentlicher-dienst/bauverwaltung/mikropro-bauamt.html>
- Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur. (2005). *Aktionsplan E-Government der Landesregierung Rheinland-Pfalz*. Abgerufen am 15. 12 2014 von <http://isim.rlp.de/moderne-verwaltung/e-government/>
- Monitoring and Reporting Drafting Team and European Commission - Eurostat. (2012). *INSPIRE Monitoring Indicators – Guidelines Document*. European Commission - Eurostat.
- Müller, H. & Würriehausen, F. (2013a). *Umsetzung des XPlanungs-Standards XPlanGML als durchgreifender eGovernment-Prozess von der Bauleit- bis zur Landesplanung für Verwaltung und Bürgerinnen und Bürger*. Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik. Mainz: i3mainz. Abgerufen am 15. 12 2014 von https://i3mainz.hs-mainz.de/sites/default/files/public/data/Projektbericht_XPlanung_final.pdf
- Müller, H. & Würriehausen, F. (2013b). Semantic Interoperability of German and European Land-Use Information. In B. Murgante, S. Misra, M. Carlini, C. M. Torre, D. Tani, D. Taniar, O. Gervasi (Hrsg.), *Lecture Notes in Computer Science, Proceedings, Part III*. (S. 309-323). Computational Science and Its Applications - ICCSA 2013 - 13th International Conference, Ho Chi Minh City, Vietnam: Springer Verlag.
- Müller, H. & Würriehausen, F. (2014). National Land-Use Information and the European Union's Initiative INSPIRE. *South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics, Special-Thematic Issue, Vo3, No1S*, 45-54.
- Network Service Drafting Team. (2008). *INSPIRE Network Services Architecture*. Network Service Drafting Team.
- Network Services Drafting Team. (2010). *Draft Technical Guidance for INSPIRE Coordinate Transformation*. Network Services Drafting Team.
- OGC. (2011). *OpenGIS® Implementation Standard for Geographic information - Simple feature access - Part 1: Common architecture*. Open Geospatial Consortium Inc. Abgerufen am 10. 01 2014 von http://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=25355
- OGC. (2012a). *GeoSPARQL - A Geographic Query Language for RDF Data*. Abgerufen am 15. 12 2013 von <http://www.opengeospatial.org/standards/geosparql>
- OGC. (2012b). *OGC® Geography Markup Language (GML) — Extended schemas and encoding rules, Version 3.3*. Open Geospatial Consortium Inc. Abgerufen am 10. 01 2014 von https://portal.opengeospatial.org/files/?artifact_id=46568
- Paschke, A., Morgenstern, L., David, H., Allen, G., Patranjan, P.-L. & McCabe, F. (2013). *RIF Use Cases and Requirements (Second Edition)*. W3C Working Group Note. Abgerufen am 10. 01 2014 von <http://www.w3.org/TR/rif-ucr/>
- Rajabifard, A., Chan, T. O. & Williamson, I. P. (1999). *The Nature of Regional Spatial Data Infrastructures*. Blue Mountains, Australia, AURISA 99:CD-ROM: Proceedings of AURISA'99, 22–26 November.
- Rajabifard, A., Feeney, M. E. & Williamson, I. P. (2002). The Cultural Aspects of Sharing and Dynamic Partnerships within an SDI Hierarchy. *Vol. 31*(No. 1).

- Rajabifard, A., Williamson, I. P., Holland, P. & Johnstone, G. (2000). From Local to Global SDI initiatives: a pyramid of building blocks. *4th Global Spatial Data Infrastructure Conference*. Cape Town, South Africa.
- Reitz, T. & Templer, S. (2012). An Environment for the Conceptual Harmonisation of Geospatial Schemas and Data. In J. Gense, D. Josselin & V. Danny (Hrsg.), *Multidisciplinary Research on Geographical Information in Europe and Beyond Proceedings of the AGILE'2012 International Conference on Geographic Information Science*, (S. 63-69).
- Retterath, A. (2014). *Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz INSPIREd*. Abgerufen am 15. 12 2014 von FossGIS 2014: <http://www.fossGIS.de/konferenz/2014/programm/events/640.en.html>
- Ridder, M. & Korenberg, I. (2009). *Entwicklung von Semantic Web Anwendungen - Komponenten und Entwicklungsschritte*. Abgerufen am 10. 01 2014 von http://winfwiki.wi-fom.de/index.php/Entwicklung_von_Semantic_Web_Anwendungen_-_Komponenten_und_Entwicklungsschritte
- Schedler, K. (2001). eGovernment und neue Service-qualität der Verwaltung? In M. Giesler & D. Spahni, *eGovernment: Eine Standortbestimmung* (S. 33-51). Bern/Stuttgart/Wien: Haupt Verlag; Auflage: 2.
- Schilcher, M., Fichtinger, A., Jaenicke, K., Kraut, V., Stahl, J. & Straub, F. (2009). *INSPIRE - Fundamentals, Examples, Test Results*. Munich, Germany: Runder Tisch Geoinformationssysteme e.V.
- Sowa, J. F. (19. 10 2013). *Semantic Networks*. Abgerufen am 15. 12 2013 von <http://www.jfsowa.com/pubs/semnet.htm>
- Stanford University. (2014). *Protégé*. Abgerufen am 15. 12 2014 von <http://protege.stanford.edu>
- Statistisches Landesamt Rheinland-Pfalz. (2014). *Statistik*. Abgerufen am 15. 12 2014 von <http://www.statistik.rlp.de/>
- Staub, P. (2009). *Über das Potenzial und die Grenzen der semantischen Interoperabilität von Geodaten: Ein operationelles Verfahren zur Nutzung verteilter Systeme in Geodaten-Infrastrukturen*. Zürich: Institut für Geodäsie und Photogrammetrie, Eidgenössische Technische Hochschule ETH.
- Stiller, G. (2014). *Electronic Government*. Abgerufen am 15. 12 2014 von Wirtschaftslexikon24: <http://www.wirtschaftslexikon24.com/e/electronic-government-e-government/electronic-government-e-government.htm>
- Stojanovic, N., Stojanovic, L. & Handschuh, S. (2002). A framework for knowledge management on the Semantic Web. *The eleventh International World Wide Web Conference*. Hawaii.
- Stuckenschmidt, H. (2011). *Informatik im Fokus. Ontologien - Konzepte, Technologien und Anwendungen*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Tolk, A. & Muguira, J. (2003). The Levels of Conceptual Interoperability Model. In: *Proceedings of the 2003 Fall Simulation Interoperability Workshop*. Florida, Sept. 14-19, 2003. Orlando: Simulation Interoperability Standards Organization.
- Trinkunas, J. & Vasilecas, O. (2009). Ontology Transformation: from Requirements to Conceptual Model. *Scientific Papers, Computer Science and Information Technologies*, 751, 52-64.
- Tschirner, S., Scherp, A. & Staab, S. (2011). Semantic access to INSPIRE: How to publish and query advanced GML data., *Terra Cognita: Foundations, Technologies and Applications of the Geospatial Web*. Bonn.
- Van Loenen, B. (2006). *Developing Geographic Information Infrastructures: The Role of Information Policies*. Netherland: IOS Press, Incorporated.
- VV GDI-DE. (2013). *Vereinbarung zwischen dem Bund und den Ländern zum gemeinsamen Aufbau und Betrieb der Geodateninfrastruktur Deutschland*. Bund und Länder.
- W3C. (2003). *Web Services Architecture*. Abgerufen am 20. 11 2014 von <http://www.w3.org/TR/2003/WD-ws-arch-20030514/>
- W3C. (2004a). *Resource Description Framework (RDF)*. Abgerufen am 10. 01 2014 von <http://www.w3.org/RDF/>
- W3C. (2004b). *RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema*. Abgerufen am 10. 01 2014 von <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>

- W3C. (2004c). *SWRL: A Semantic Web Rule Language Combining OWL and RuleML*. Abgerufen am 15. November 2013 von <http://www.w3.org/Submission/SWRL/>
- W3C. (2008). *SPARQL Query Language for RDF*. Abgerufen am 10. 01 2014 von <http://www.w3.org/TR/rdf-sparql-query/>
- W3C. (2012). *OWL 2 Web Ontology Language Document Overview (Second Edition)*. Abgerufen am 10. 01 2014 von <http://www.w3.org/TR/owl2-overview/>
- W3C. (2013). *RIF Overview (Second Edition)*. Abgerufen am 10. 01 2014 von <http://www.w3.org/TR/rif-overview/>
- Wallström, M., Solbes Mira, P. & Busquin, P. (2002). *Memorandum of understanding between Commissioners Wallström, Solbes, Busquin*. Brüssel: European Commission.
- Wang, W., Tolk, A. & Wang, W. (2009). The Levels of Conceptual Interoperability Model: Applying Systems Engineering Principles to M&S. In S. S. 09) (Hrsg.). San Diego, CA, USA.
- Waters, R., Beare, M., Walker, R. & Millot, M. (2011). Schema Transformation for INSPIRE. *International Journal of Spatial Data Infrastructures Research*, vol. 6, S. 1-22.
- Wikimedia Deutschland e.V. (2013). *Wikipedia - Die freie Enzyklopädie*. Abgerufen am 15. 07 2013 von <http://www.wikipedia.de/>
- Würriehausen, F. (März 2013). XPlanung, die CAD-GIS-Schnittstelle, Einsatz in Rheinland-Pfalz. *Widemann-Journal, Neues aus der CAD- und GIS Welt, Heft 1/2013*, S. 3.
- Würriehausen, F. & Müller, H. (2012). Mit XPlanung zu eGovernment 2.0. In J. Stroble, T. Blaske & G. Griesebner, *Angewandte Geoinformatik 2012* (S. 735-744). Berlin/Offenbach: Herbert Wichmann Verlag, VDE Verlag GmbH.
- Würriehausen, F. & Müller, H. (2014). Crossborder Interoperability of Land-Use Information. *FIG Congress, Engaging the Challenges - Enhancing the Relevance*. Kuala Lumpur, Malaysia. Von http://www.fig.net/pub/fig2014/papers/ts03h/TS03H_wuerriehausen_mueller_7332.pdf abgerufen
- Würriehausen, F., Karmacharya, A. & Müller, H. (2014). Using Ontologies to Support Land-Use Spatial Data Interoperability. In B. Murgante, S. Misra, A. M. Rocha, C. Torre, J. G. Rocha, M. I. Falcão, O. Gervasi, *Computational Science and Its Applications – ICCSA 2014, 14th International Conference, Proceedings, Part II* (S. 453-468). Guimarães, Portugal: Springer International Publishing.
- Zack, M. H. (1999). Managing Codified Knowledge. *Sloan Management Review*, 40(4), 45 - 58.
- Zimmermann, A. (2012). *Basismodelle der Geoinformatik - Strukturen, Algorithmen und Programmbeispiele in Java*. München: Carl Hanser Verlag.

Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kategorisierung der strategischen und operationalen Ziele sowie des internen und externen Nutzens einer kommunalen GDI.....	18
Tabelle 2: INSPIRE-Prinzipien nach INSPIRE-Richtlinie (European Union, 2007, S. 2, Erwägungsgrund 6); Ableitung von Kenngrößen einer Geodateninfrastruktur in der Europäischen Gemeinschaft.....	32
Tabelle 3: INSPIRE-Fristen im Überblick (GDI-DE, 2014).....	34
Tabelle 4: INSPIRE-Themen im Überblick (European Union, 2007).....	35
Tabelle 5: Interoperabilitätsmodell nach Wang, Tolk & Wang (2009), ergänzt um Anforderungen an raumbezogene Informationen und deren Implementierung (Müller & Würriehausen, 2013b)	50
Tabelle 6: Terminologie und Komponenten der organisatorischen Interoperabilität, eigene Betrachtung.....	75
Tabelle 7: Erhebungstatistik der wissenschaftlichen Untersuchung zu den digitalen Geofachdaten in den Kommunen (tabellarisch), Stand: November 2014.....	83
Tabelle 8: INSPIRE-Identifizierung, Ergebnis der Erhebung nach Anhang-Themen I bis III, eigene Auswertung	84
Tabelle 9: 23 Kriterien der GIS-Nutzung, abgeleitet aus Modell einer kommunalen Geodateninfrastruktur, Erhebungsergebnis in einer Stadtverwaltung, Stand November 2014.....	90
Tabelle 10: Modalwertuntersuchung als Methodik zur strategischen Bewertung der Einführung von kommunalen Geodateninfrastrukturen	91
Tabelle 11: XPlanGML-Profil Rheinland-Pfalz - Empfehlung für BP_Plan-Pflichtattribute (Müller & Würriehausen, 2013a)	109
Tabelle 12: XPlanGML-Profil Rheinland-Pfalz - Mindestanforderungen an Topologie, Koordinatensystem und Flächenschluss (Müller & Würriehausen, 2013a)	111
Tabelle 13: Korrespondenzarten als Ausdruck extensionaler Beziehungen (Conrad, 2002).....	120
Tabelle 14: Transformationsregeln für eine Wasserwirtschaftsfläche sowie eine geplante Fläche landwirtschaftlicher Nutzung in XPlanGML und INSPIRE PLU, Untersuchung BPlan „Brühl“ (vgl. Abbildung 39, S.103)	127
Tabelle 15: INSPIRE-Prozess der Feature- & Koordinatentransformation bis zur kartografischen Darstellung (Waters, Beare, Walker & Millot, 2011)	130
Tabelle 16: Äquivalente Klassen (\equiv) einer Landwirtschaftlichen Fläche in XPlanGML des B-Planes „Brühl“ und dem “Hierarchical INSPIRE Land Use Classification System“ (HILUCS).....	140
Tabelle 17: Untersuchung zur Definition der nationalen Codeliste „LandUseClassificationValue“ (European Commission, 2014b)	144
Tabelle 18: Bewertung des Aufwands und Nutzens unter Berücksichtigung der strategischen und operationellen Ziel, sowie der Implementierung von INSPIRE, eigene Untersuchung	154

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1: Methodisches Vorgehen in der Dissertation	19
Abbildung 2: Einbettung einer kommunalen GDI in die Europäische Geodateninfrastruktur INSPIRE (Schilcher, et al., 2009)	26
Abbildung 3: INSPIRE-Dokumentenhierarchie, abgeleitet (European Commission, 2013a)	30
Abbildung 4: Terminologie und Komponenten von E-Government (Krcmar & Lenk, 2004, S. 6).....	38
Abbildung 5: Die strategischen Elemente des „rlp-Dreiecks“ zur Umsetzung von E-Government-Vorhaben in Rheinland-Pfalz (Ministerium des Innern, für Sport und Infrastruktur, 2005).....	39
Abbildung 6: Aufbau und Elemente von Service nach SOA-Modell (Wikimedia Deutschland e.V., 2013) und die Anforderungen einer Service-Implementierung	41
Abbildung 7: Lokale Geodateninfrastrukturen (GDI/SDI) basierend auf einer Service-Orientierten Architektur (Davis & Alves, 2005).....	42
Abbildung 8: Komponenten und Anforderungen des E-Government 2.0 (Bundesministerium des Innern, 2010).....	43
Abbildung 9: Auszug von XStandards für kommunale Verwaltungen in XML-Format (KoSIT, 2014)	44
Abbildung 10: Mit GDI zur Wertschöpfung von XPlanung, eigene Entwicklung	45
Abbildung 11: Die Dynamik und Beziehungen zwischen den GDI-Komponenten (Rajabifard, Feeney, & Williamson, 2002, S. 3).....	49
Abbildung 12: Erweitertes Interoperabilitätsframework (Kubicek, Cimander & Scholl, 2011).....	52
Abbildung 13: Begriffsbeziehungen Zeichen, Daten, Informationen, Wissen nach Bodendorf (2005)	55
Abbildung 14: Darstellung der Semantic Web software architecture nach Berners-Lee T. (2009a).....	60
Abbildung 15: Kernelemente des Semantic Web Stack nach Berners-Lee T. (2009b).....	62
Abbildung 16: Beispiel eines RDF-Triples, Lucy Hillebrand Geburtsdatum.....	63
Abbildung 17: Abgrenzung RDFS von RDF-Triples, Lucy Hillebrand als Person	64
Abbildung 18: Darstellung des GeoSPARQL-Vokabulars und deren Beziehungen als Ontologie-Graph (Würriehausen, Karmacharya, & Müller, 2014).....	67
Abbildung 19: Semantik-erhaltendes Mapping zwischen zwei Regelsystemen, mit einem RIF-Dialekt X	70
Abbildung 20: Gegenüberstellung der Interoperabilitätsmodelle a) European Interoperability Framework (European Commission, 2010), b) Modell von Kubicek, Cimander & Scholl (2011), c) das LCIM-Modell nach Wang, Tolk & Wang (2009) und d) ISO 19101-1:2012 (International Organization for Standardization, 2012).....	73
Abbildung 21: Das INSPIRE Generisch Konzeptuelle Modellframework (Drafting Team "Data Specifications", 2012) und deren Komponenten der Interoperabilität	76
Abbildung 22: Interoperabilität als Rahmen einer kommunalen Geodateninfrastruktur, eigene Entwicklung.....	77
Abbildung 23: Prozess von den Daten zu einer Karte - die Rolle der Georeferenz (Van Loenen, 2006, S. 21)	80
Abbildung 24: Dokumentation des Geofachdatenbestandes, Beispiel eines Erhebungsbogens für Geofachdaten einer kreisfreien Stadt in Rheinland-Pfalz, eigene Erhebung (2014)	82
Abbildung 25: Einordnung des „Semantischen GIS“ in das Organisations-Modell GDI in Kommunen, eigene Entwicklung.....	93
Abbildung 26: Modellierung in XPlanGML 4.1 (Benner, 2013), nach Untersuchung von Rasterplänen (Müller & Würriehausen, 2013a).....	98

Abbildung 27: neue Objektart BP_AbstandsMass in XPlanGML 4.0, Falluntersuchung Abstandsmaße (rechts) (Müller & Würriehausen, 2013a).....	99
Abbildung 28: Weiterentwicklung <<Enumeration>> BP_ZweckbestimmungStraßenverkehr in der Version 3.0 (links) sowie 4.0/4.1 (rechts) (Müller & Würriehausen, 2013a).....	99
Abbildung 29: Revision Objektartenkatalog XPlanGML 4.1 Objektart XP_Nutzungsschablone; mit Modellierung einer Nutzungsschablone BPlan, VG Gau-Algesheim (Müller & Würriehausen, 2013a).....	100
Abbildung 30: Wissenschaftliche Untersuchung der Objektbildung für XPlanung (Müller & Würriehausen, 2013a).....	101
Abbildung 31: Leitfaden zur Bereitstellung kommunaler Pläne und Satzungen (Lenkungsausschuss GDI-RP, 2012) und kommunaler Server im Rahmen der GDI-RP (Müller & Würriehausen, 2013a).....	102
Abbildung 32: Bereitstellung der Bebauungspläne im WebGIS der Kreisverwaltung Mainz-Bingen als „Raster-Umring“ (Müller & Würriehausen, 2013a).....	102
Abbildung 33: Elektronische Bauantragsverwaltung mit Mikropro Bauamt, Schnittstelle mit dem GIS der Kreisverwaltung (Müller & Würriehausen, 2013a).....	103
Abbildung 34: Untersuchung der Ausgangsdatenformate für Bebauungspläne in der Stadtverwaltung Bingen am Rhein (Müller & Würriehausen, 2013a).....	104
Abbildung 35: Bebauungsplan „Dromersheimer Weg, 1. Bauabschnitt“ der Stadtverwaltung Bingen am Rhein (Müller & Würriehausen, 2013a).....	105
Abbildung 36: BPlan Dromersheimer Weg, Objektstruktur XPlanGML (links), Dromersheimer Weg im DXF-Format (rechts) (Müller & Würriehausen, 2013a).....	106
Abbildung 37: Erfassungsmaske IP XPlanner der Fa. IP Syscon GmbH in ArcGIS (Müller & Würriehausen, 2013a).....	107
Abbildung 38: Auszug des Bebauungsplan „Brühl“ als XPlanGML 3.0 (links) sowie Struktur der erfassten XPlan-Objekte im Bebauungsplan „Gaustraße“ (rechts) (Müller & Würriehausen, 2013a).....	109
Abbildung 39: Bebauungsplanentwurf "Brühl" im PDF-Format (Müller & Würriehausen, 2013a).....	110
Abbildung 40: Transformationsmodell Feature Type XPlanGML und INSPIRE Planned Land Use (Müller & Würriehausen, 2013b).....	112
Abbildung 41: Schemadefinition und Semantik als a) Integration, b) Separation, c) Inklusion, d) Exklusion, eigene Darstellung.....	117
Abbildung 42: Schema-Mapping im Überblick (Leser & Naumann, 2007, S. 125).....	119
Abbildung 43: Der ETL-Prozess als Anwendungsfall des Schema-Mapping, mit Wertekorrespondenzen und Logisches Mapping, eigene Darstellung.....	123
Abbildung 44: Formatttransformation Shape nach GML mit FME.....	124
Abbildung 45: Geodaten der Landschaftsschutzgebiete in Rheinland-Pfalz, Attribute des Quelldatensatz für INSPIRE-Transformation.....	125
Abbildung 46: FME-Transformation Bebauungsplan „Brühl“ mit XPlanGML nach INSPIRE Anhang III-Thema Planned Land Use.....	126
Abbildung 47: Kartografisches Modell nach PlanzV90 in Deutschland (links) und das HILUCS-Darstellungsmodell (rechts), Transformationsergebnis BPlan „Brühl“ (vgl. Abbildung 39, S.103).....	128
Abbildung 48: Darstellungsmodell der digitalen Kartierung der Denkmalliste im Landkreis Mainz-Bingen sowie nach INSPIRE-Spezifikation, Transformationsergebnis.....	129
Abbildung 49: Webservice-Basiskonzept, Semantik und Beziehungen (W3C, 2003).....	131
Abbildung 50: INSPIRE Technische Architektur (Network Service Drafting Team, 2008).....	132

Abbildung 51: CST-WPS Service, eigene Implementierung.....	134
Abbildung 52: Humboldt-Alignment Editor als Werkzeug zur Definition von Regeln, Beispiel Landschaftsschutzgebiete .	135
Abbildung 53: Implementierungskonzept eines Ontologie-basierten Schema-Mapping im INSPIRE-Kontext (Würrichhausen, Karmacharya & Müller, 2014, S. 9).....	136
Abbildung 54: RDF-Datei eines Funktionsbereiches des lokalen Schemas „KULIS“ in RDF	137
Abbildung 55: URN/URL-Informationen in RDF-Datei des Schema INSPIRE Anhang I „Protected Site“	138
Abbildung 56: Konflikt RDF-Entitäten mit Namespace in URN und URL, Auswertung der Entitäten	139
Abbildung 57: Ontologie-Graph des Mapping Schema XPlanGML –PlannedLandUse sowie äquivalente Beziehung LandwirtschaftAllgemein \equiv 1_1_Agriculture	142
Abbildung 58: 1:n Definition der äquivalenten Werte von „CommercialAgriculturalProduction“ im Ontologie Mapping Tool	143
Abbildung 59: Klassenbeziehung als Ontologie-Graph, Äquivalente Darstellung von 1_1_1_CommercialAgricultureProduction \equiv Weinbau \equiv Obstbau \equiv Imkerei \equiv Ackerbau \equiv WiesenWeidewirtschaft \equiv GartenbaulicheErzeugung	143
Abbildung 60: Einbindung lokaler Semantik in das HILUCS-Schema als nationale Codelisten mit Ontologie	144
Abbildung 61: Ontologie Mapping zwischen XPlanGML und PlannedLandUse, Klassendefinition und äquivalente Elemente im Ontologie-Mapping-Tool	145
Abbildung 62: INSPIRE-Katalog in Rheinland-Pfalz, Zugriff auf INSPIRE Darstellungs- und Downloaddienste über das GeoPortal.rlp (GDI-RP, 2015).....	146
Abbildung 63: INSPIRE-Metadaten nach ISO19119/ISO19139 eines Darstellungsdienstes der digitalen Kartierung der Denkmalliste aus dem Landkreis Mainz-Bingen, Bereitstellung im GeoPortal.rlp	147
Abbildung 64: Metadatenzugriff im GeoPortal.rlp, Geodatensatz – Schnittstellen.....	148
Abbildung 65: INSPIRE-GetCapabilities eines Darstellungsdienstes aus dem Landkreis Mainz-Bingen über das GeoPortal.rlp.....	148
Abbildung 66: INSPIRE-GetCapabilities mit Daten-Service-Kopplung über das GeoPortal.rlp	149
Abbildung 67: Das EU-INSPIRE Geoportal mit Darstellungsdiensten und Metadaten zur Digitalen Denkmalliste des Landkreises Mainz-Bingen (European Commission, 2014e).....	149
Abbildung 68:Umsetzungstand INSPIRE-Monitoring 2013, Meldungen INSPIRE-relevanter Geodaten in Deutschland (Hogrebe, 2014)	150
Abbildung 69: Das Online-Portal des neuen GeoForum.org, eigene Entwicklung	153
Abbildung 70: Geodatensatz einer Stadtverwaltung zu Anlagen wassergefährdender Stoffe (VAWS-Anlagen), Granularität und Datenschutz.....	157

Abkürzungsverzeichnis

AAA	Afis-Alkis-Atkis
ADD	Aufsichts- und Dienstleistungsdirektion
AdV	Arbeitsgemeinschaft der Vermessungsverwaltungen der Länder
AG	Arbeitsgruppe
AGIT	Angewandte Geoinformatik
AGS	Amtlicher Gemeindeschlüssel
AFIS	Amtliches Festpunkt Informationssystem
ALKIS	Amtliches Liegenschaftskataster Informationssystem
ATKIS	Amtliches Topografisch-Kartografisches Informationssystem
BauGB	Baugesetzbuch
BImSchG	Bundes-Immissionsschutzgesetz
BKG	Bundesamt für Kartografie und Geodäsie
BMBF	Bundesministerium für Bildung und Forschung
BMI	Bundesministerium des Innern
B-Plan	Bebauungsplan
CAD	Computer-aided design
CityGML	City Geography Markup Language
CRS	Coordinate Reference Systems
CST	Conceptual Schema Transformer
CSW	Catalogue Service for the Web
DB	Datenbank
DE	Deutschland
DG	Directorate General
Dipl.-Ing.	Diplom-Ingenieur
Diss	Dissertation
DL	Description logics
DPLI	Data Policy & Legal Issues
Dr.-Ing.	Doktor der Ingenieurwissenschaften
DWG	Drawing
DXF	Drawing Interchange File Format
EDV	Elektronische Datenverarbeitung
EEA	European Environment Agency
EG	Europäische Gemeinschaft
E-Government	Electronic Government
E-ESDI	Environmental European Spatial Data Infrastructure
EIF	European Interoperability Framework
Engl.	Englisch
EPSG	Europäischer Datensatz geodätischer Parameter
ESRI	Environmental Systems Research Institute
ETL	Extract Transform Load
ETRS	European Terrestrial Reference System
EU	Europäische Union
EUROSTAT	Statistische Amt der Europäischen Union

EVAP	Erfassung, Verwaltung, Analyse, Präsentation
FIG	International Federation de Geometres
FME	Feature Manipulation Engine
F-Plan	Flächennutzungsplan
GCM	Generic Conceptual Model
GDAL	Geospatial Data Abstraction Library
GDB	Geodatabase
GDI	Geodateninfrastruktur
GDIG	Geodateninfrastrukturgesetz
GDI-RP	Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz
GDKE	Generaldirektion Kulturelles Erbe
Geo	Geografisch/Geographic
GeoPortal.rlp	Informations- und Kommunikationsplattform für Geodaten, Geoinformationen und Geodienste in Rheinland-Pfalz
GeoSPARQL	Geographic Query Language for RDF Data
GI	Geoinformation
GIS	Geoinformationssystem
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GML	Geography Markup Language
GO	Government Organization
HILUCS	Hierarchical INSPIRE Land Use Classification System
Hrsg.	Herausgeber
HTML	Hypertext Markup Language
HTTP	Hypertext Transfer Protocol
i3mainz	Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik der Hochschule Mainz
ICCSA	International Conference on Computational Science and Applications
INSPIRE	Infrastructure for Spatial Information in Europe
ISF	Implementing Structures & Funding
ISO	International Organization for Standardization
IT	Informationstechnologie
JRC	Joint Research Centre
KML	Keyhole Markup Language
KoSIT	Koordinierungsstelle für IT-Standards
KSV	Kommunale Spitzenverbände
KULIS	Kulturlandschaftsinformationssystem
LANIS	Landschaftsinformationssystem
LBKG	Brand- und Katastrophenschutzgesetz des Landes
LCIM	Levels of Conceptual Interoperability Model
LEP	Landesentwicklungsprogramm
LGDIG	Landesgeodateninfrastrukturgesetz
LGVerm	Landesgesetz über das amtliche Vermessungswesen
LNatSchG	Landesnaturenschutzgesetz
LUWG	Landesamt für Umwelt, Wasserwirtschaft und Gewerbeaufsicht
LWahlG	Landeswahlgesetz
LWG	Landeswassergesetz

MBX	MapBasic Application
MESO	Meldebehördensoftware
MIF/MID	Mapinfo Interchange Format
MoU	Memorandum of Understanding
MXD	Map Exchange Document
NAS	Normbasierte Austauschschnittstelle
NIF	National Interoperability Framework
NGO	Non-governmental organization
OGC	Open Geospatial Consortium
OGR	Open Souce Simple Features Toolkit
OML	Ontology Markup Language
ORM	Open Reference Modell
OSCI	Online Service Computer Interface
OWL	Web Ontology Language
PDF	Portable Document Format
PlanzV	Planzeichenverordnung
PLU	Planned Land Use
PMF/PGR	PolyGIS/Caigos Meta/Raster File
PostGIS	PostgreSQL Erweiterung für geografische Objekte und Funktionen
PostgreSQL	Freies, objektrelationales Datenbankmanagementsystem
RDF/RDFS	Resource Description Framework (Schema)
RDM	Research Data Management
RIF	Rule Interchange Format
RP, RLP	Rheinland-Pfalz
RuleML	Rule Markup Language
SchulG	Schulgesetz
SemGIS	Semantisches Geoinformationssystem
SGD	Struktur- und Genehmigungsdirektion
SGEM	International Multidisciplinary Scientific GeoConferences
Shp	Shape
SOA	Service-orientierte Architektur
SPARQL	Protocol and RDF Query Language
StaLa	Statistisches Landesamt
SWiVT	Semantic Wiki Vocabulary and Terminology
SWRL	Semantic Web Rule Language
TAB	Mapinfo table structure in ASCII format
TIFF	Tagged Image File Format
UML	Unified Modeling Language
UoM	Unit of Measure
URI	Uniform Resource Identifier
URL	Uniform Resource Locator
URN	Uniform Resource Name
UTM	Universal Transverse Mercator
UUID	Universally Unique Identifier
VaWS	Verordnung über Anlagen zum Umgang mit wassergefährdeten Stoffen

W3C	World Wide Web Consortium
WebGIS	Web-basiertes Geoinformationssystem
WFS	Web Feature Service
WKT	Well Known Text
WMS	Web Map Service
WPS	Web Processing Service
WSS	Web Service Security
WWW	World Wide Web
XBau	Standard für die elektronische Bauverwaltung in Deutschland
XDomea	Standard für einen Dokumentenaustausch in Deutschland
XFall	Standard für behördliche Antragsverfahren in Deutschland
XFinanz	Standard für den Austausch Finanzrelevanter Daten in Deutschland
XInneres	Standard der Innenverwaltung in Deutschland
XKatastrophenhilfe	Standard zur Bewältigung von Großschadenslagen in Deutschland
XKfz	Standard für Kommunikation von Zulassungsbehörden in Deutschland
XLS	Excel Spreadsheet
XMeld	Standard für das Meldewesen in Deutschland
XML	Extensible Markup Language
XPersonenstand	Standard des Personenstandswesens in Deutschland
XStandards	XML-Standards in Deutschland
XStatistik	Standard für Statische Daten und Berichte in Deutschland
XUKommunalabwasser	Standard zum Austausch kommunaler Abwasserberichtsdaten in Deutschland
XÖV	XML in der öffentlichen Verwaltung
XPlanGML	Spezifikation des XPlanungs-Standard in GML
XPlanung	Standard für Bauleit-, Regional- und Landschaftsplanung in Deutschland
XSD	XML-Schema Definition
XSLT	Extensible Stylesheet Language Transformation

Schriftenverzeichnis

- Würriehausen, F., Karmacharya, A. & Müller, H. (2014). Using Ontologies to Support Land-Use Spatial Data Interoperability. In *Computational Science and Its Applications, Lecture Notes in Computer Science Volume 8580, Part II* (S. 453-468). Springer International Publishing. doi:10.1007/978-3-319-09129-7_34
- Würriehausen, F. & Müller, H. (2014). Crossborder Interoperability of Land-Use Information. *FIG Congress, Engaging the Challenges - Enhancing the Relevance*. Kuala Lumpur, Malaysia. Von http://www.fig.net/pub/fig2014/papers/ts03h/TS03H_wuerriehausen_mueller_7332.pdf abgerufen
- Müller, H. & Würriehausen, F. (2014). National Land Use Information and the European Union's Initiative INSPIRE. *South-Eastern European Journal of Earth Observation and Geomatics, Special Thematic Issue, Vo3, No1S*, S. 45-54.
- Würriehausen, F. (2014). Mit XPlanung zu INSPIRE - Mehrwerte der digitalen Bauleitplanung für Kommunen. In R. Bill, M.L. Zehner, A. Golnik, T. Lerche & S.Seip (Hrsg.), *GeoForum MV 2014 – Mehrwerte durch Geoinformation*, Berlin: GITO mbH Verlag, S. 147-154, ISBN 978-3-95545-059-5
- Müller, H. & Würriehausen, F. (2014). Ensuring Interoperability of Geographic Information in Local Government and INSPIRE. *14th SGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, www.sgem.org, SGEM2014 Conference Proceedings*, Vol. 3, S. 559-566. doi:10.5593/SGEM2014/B23/S11.071
- Müller, H., Bruhn, K.-C., Heinz, G., Kohr, T., Uhler, M. & Würriehausen, F. (2014). Provisioning of Place-based Archaeological Information on the Internet. In F. Ströbele, G. Heinz & L. Zhiyong (Hrsg.), *Sustainable Dokumentation in Archaeology - Technical Perspectives in Excavation* (S. 35-42). Mainz: Verlag des Römisch-Germanischen Zentralmuseums.
- Würriehausen, F. (2013). XPlanung, die CAD-GIS-Schnittstelle, Einsatz in Rheinland-Pfalz. *Widemann-Journal, Neues aus der CAD- und GIS Welt, Heft 1/2013*, S. 3.
- Würriehausen, F. (2013). XPlanung ist eine Triebfeder für eGovernment. *Business Geomatics Ausgabe 5/13*, 6-7.
- Würriehausen, F. & Müller, H. (2013). Innovative GDI-Anwendung – Bürgerbeteiligung im GeoPortal.rlp. *Geo Together Geoinformatik verbindet, Geoinformatik 2013*. Heidelberg.
- Uhler, M., Müller, H. & Würriehausen, F. (2013). Qualitätsmanagement von Kulturlandschaftsinformationen. In J. Strobl, T. Blaschke, G. Griesebner & B. Zigel, *Angewandte Geoinformatik 2013 - Beiträge zum 25. AGIT-Symposium Salzburg* (S. 638-647). Wichmann-Verlag.
- Müller, H. & Würriehausen, F. (2013). Semantic Interoperability of German and European Land-Use Information. In *Computational Science and Its Applications, Lecture Notes in Computer Science Volume 7973, Part III* (S. 309-323). Berlin Heidelberg: Springer Verlag. doi:10.1007/978-3-642-39646-5_23
- Müller, H. & Würriehausen, F. (2013). Umsetzung des XPlanungs-Standards XPlanGML als durchgreifender eGovernment-Prozess von der Bauleit- bis zur Landesplanung für Verwaltung und Bürgerinnen und Bürger. Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik. Mainz: i3mainz.
- Würriehausen, F. & Müller, H. (2012). Mit XPlanung zu eGovernment 2.0. In J. Stroble, T. Blaske & G. Griesebner, *Angewandte Geoinformatik 2012* (S. 735-744). Berlin/Offenbach: Herbert Wichmann Verlag, VDE Verlag GmbH.

- Müller, H. & Würriehausen, F. (2012). A Case Study on Local SDI Implementation in Germany. (M. Publishing, Hrsg.)
Journal: Survey Review, Volume 44, Number 325, April, S. 124-133.
- Boos, S., Müller, H. & Würriehausen, F. (2012). Zusammenwirken öffentlicher und privater Akteure zur Dokumentation von Kulturlandschaften mit SematicWebTools. In J. Strobl, T. Blaschke & G. Griesebner, *Angewandte Geoinformatik 2012 - Beiträge zum 24. AGIT-Symposium Salzburg* (S. 636-645). Wichmann-Verlag.
- Chudyk, C., Müller, H., Uhler, M. & Würriehausen, F. (2012). A Cultural Landscape Information System Developed with Open Souce Tools. *ISPRS Ann. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci., II-5/W1, S. 73-78.*
doi:10.5194/isprsannals-II-5-W1-73-2013
- Müller, H. & Würriehausen, F. (2012). Some Considerations on Sub-national Spatial Data Infrastructures. *Surveying towards Sustainable Development*. Montevideo, Uruguay: 8th FIG Regional Conference 2012.
- Müller, H. & Würriehausen, F. (2011). Towards One Stop Citizen Interfaces as Entry Points to Spatial Information Infrastructures. Marrakech, Morocco: FIG Working Week 2011, Bridging the Gap between Cultures.
- Kautz, T., Müller, H. & Würriehausen, F. (2010). Qualitätsuntersuchung im Netzdatenmanagement eines Energieversorgungsunternehmens. In A. Zipf, K. Behnke, F. Hillen & J. Schaefermeyer, *Geoinformatik - Die Welt im Netz* (S. 263-264). Heidelberg: Akademische Verlagsgesellschaft AKA GmbH.
- Müller, H. & Würriehausen, F. (2010). Interoperabilität kommunaler Geodaten in der Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz. In A. Zipf, K. Behnke, F. Hillen & J. Schaefermeyer, *Geoinformatik - Die Welt im Netz* (S. 265-266). Heidelberg: Akademische Verlagsgesellschaft AKA GmbH.
- Müller, H., Siebold, M. & Würriehausen, F. (2009). Ausbau der Geodateninfrastruktur Rheinland-Pfalz (GDI-RP) auf kreiskommunaler Ebene, Raumbezogene Daten als Grundlage der Umsetzung des Landesentwicklungsprogramms Rheinland-Pfalz (LEP IV). Mainz: Institut für Raumbezogene Informations- und Messtechnik.
- Müller, H. & Würriehausen, F. (2009). Geoportals as a General-Purpose Tool to Support the Development of Spatial Information Infrastructures. *FIG Commission 3 Workshop on Spatial Information for Sustainable Management of Urban Areas*. Mainz.

Thesen der Dissertation

Das *Grundprinzip* in der Geoinformationswelt, zur Umsetzung der Interoperabilität offene modellbasierte Ansätze anstelle von proprietären Dateiformaten zu verwenden ist nicht neu. Doch erst durch den Aufbau einer operativen Geodateninfrastruktur in einer Europäischen Region (RGDI) nach Rajabifard, Chan & Williamson (1999) wurde es notwendig, ein verbindliches und herstellerunabhängiges Referenzmodell auf organisatorischer bzw. konzeptueller Ebene der Europäischen Gemeinschaft festzulegen. Mit der Entwicklung von Modellen der *International Organization for Standardization (ISO)* sowie des *ORM-Referenzmodell*³² des Open Geospatial Consortium (OGC) stehen zudem formalisierte Regelungen aus dem Geoinformationssektor zur Verfügung. Dabei sollte mit einem Referenzmodell einer INSPIRE-Geodateninfrastruktur, die Interoperabilität über die Grenzen der Mitgliedsstaaten der Europäischen Union gewährleistet werden. Dieses soll auf den bestehenden Standards aus dem Bereich der Geoinformation beruhen. Nur dort, wo aus diesem Bereich keine brauchbaren Vorgaben kommen, sollten spezielle Anwendungen aus für den Bereich der allgemeinen Informationstechnologie z.B. das *Simple Object Access Protocol (SOAP)*³³ angewendet werden. Es ist hierbei die Aufgabe von Referenzmodellen, die offene Nutzung und Anwendung von Geoinformationen zu verifizieren. Eine konsequente Umsetzung eines standardbasierten Referenzmodells für Geodaten ist im Modell XPlanung für kommunale Bauleitpläne oder dem AFIS-ALKIS-ATKIS-Modell der Vermessungs- und Katasterverwaltung in Deutschland zu finden. Dennoch sind diese Modelle in eine kommunale Geodateninfrastruktur einzubinden, die im Folgenden zum Nachweis der Interoperabilität als Thesen 1-4 definiert werden.

1. Bei Geodatennetzwerken bilden die Geo-Informationssysteme (GIS) die Basis der *syntaktischen Interoperabilität*. Durch diese wird die Interoperabilität der Daten sichergestellt, beispielsweise durch die Austauschmöglichkeiten von offenen Geodatenformaten (GML, etc.).
2. Auf der semantischen Ebene wird der Austausch über Datenmodelle wie XPlanung oder auch durch die Nutzung von ALKIS sichergestellt. Gleichzeitig gibt es auf der *semantischen Ebene* Überschneidungen mit INSPIRE-Datenmodellen zu den verschiedenen Datenthemen Annex I bis III der INSPIRE-Richtlinie. Die Prozessmodelle werden durch Verfahren oder zeitlichen Änderungen abgebildet. Beispiele für diese Prozesse sind Bauleitplanverfahren (vom Aufstellungsbeschluss bis zur Rechtskraft) oder Antragsverfahren.
3. Auf der untersten Ebene kann die *technische Interoperabilität* nachgewiesen werden, die über ein Zugriffsnetzwerk (Intranet, Internet) sowie einer (Server-)Hardware abgebildet wird.
4. Die Punkte der Steuerung bzw. der Implementation der Interoperabilität bilden die Schnittstelle der Daten zu den Bürgern ab. Weitläufig wird dieser Punkt der IT-Governance auch oft als Voraussetzung für E-Government beschrieben. Zusammen mit den Regelungen auf rechtlicher und politischer Ebene bildet dies ein Modell für eine kommunale Geodateninfrastruktur allumfassend ab.

In diesem in der Dissertation entwickelten Modell einer Geodateninfrastruktur für Kommunen (das sog. Geo-Government) können alle Ebenen der technischen, syntaktischen, semantischen und organisatorischen Interoperabilität nachgewiesen werden. Es ist kompatibel zu dem Modell nach Wang, Tolk & Wang (2009), der ISO (International Organization for Standardization, 2012), dem European Interoperability Framework

³² <http://www.opengeospatial.org/standards/orm>

³³ <http://www.w3.org/TR/soap/>

(European Commission, 2010) sowie Kubicek, Cimander & Scholl (2011). Letzteres Modell ist wichtig zu berücksichtigen, da die Implementierung im Rahmen der kommunalen E-Government-Architekturen untersucht und deren Kompatibilität mit INSPIRE erreicht werden soll. Dies gilt sowohl für Daten als auch für Metadaten, die INSPIRE-konform bereitzustellen sind. Durch die Anwendung des INSPIRE Generisch, konzeptuellen Framework (Drafting Team "Data Specifications", 2012) auf kommunale Geodateninfrastrukturen, können weitere Thesen nachwiesen werden:

5. *Organisatorische Grenzen* der semantischen Interoperation: Das Fehlen eines konzeptuellen/organisatorischen Referenzmodells wirkt sich direkt auf die semantische Interoperabilität aus. Gleichzeitig kann das Fehlen eines semantischen Modelles bei kommunalen Geodaten, die Umsetzung des INSPIRE Generisch, konzeptuellen Framework erschweren.
6. *Syntaktische Grenzen* der semantischen Interoperation: Die Überführung eines syntaktischen Geodatenformates in eine semantische Information nach INSPIRE-Datenspezifikationen (European Commission, 2014a) ist möglich, wenn ein wohldefiniertes Ausgangsdatenformat auf syntaktischer Ebene existiert. Voraussetzung dabei ist, dass diese Daten mit Geo-Informationssystemen (geokodiert) erstellt worden sind.
7. Die Grenzen des *Netzwerkzugangs* liegen nicht in der INSPIRE-Interoperabilität, sondern nachweisbar in einer sicherheitsrelevanten Intranet-Internet Abgrenzung beim Datenmanagement in der Verwaltung.
8. Es kann nachgewiesen werden, dass INSPIRE keinen Einfluss auf die kommunale Selbstverwaltung bei der Beschaffung von Geo-Informationssystemen haben muss. Diese sind im Modell in Kubicek, Cimander & Scholl (2011) beschriebene *IT-Governance of interoperability* durch formale Vorgaben für Register, Codelisten, Vorgaben der Verfügbarkeit oder den Nutzungsbedingungen für Metadaten zu finden. Gleichmaßen bedeutet die Umsetzung von INSPIRE im Rahmen der IT-Steuerung auf kommunaler Ebene einen Aufwand. Dieser wird sich nicht nur im finanziellen, sondern vor allem im personellen Aufwand bei den Kommunen ausdrücken. Trotz knapper werdender kommunaler Ressourcen sollte INSPIRE in der IT-Governance der kommunalen Verwaltung als fester Bestandteil integriert werden.
9. Basierend auf einer Analyse der vorhandenen Geodatenätze bei ausgewählten Kommunen kann nachgewiesen werden, dass Geodaten mit INSPIRE-Relevanz auf der kommunalen Ebene in Rheinland-Pfalz vorhanden sind. Daher besteht die Notwendigkeit, die beschriebene Komponente der *Implementation of interoperability* für INSPIRE zu realisieren. Hierfür werden in den INSPIRE-Implementation Rules die Rahmenbedingungen definiert, die im Rahmen kommunaler GDI als INSPIRE-Metadaten bzw. Netzdienste, als Such-, Darstellungs- und Downloaddienst, zu realisieren sind. Diese *Bereitstellung von Geofachdaten über Dienste* sind als Komponente der Implementierung und nicht der Geoinformationssysteme zu bewerten.
10. Gleichmaßen kann erkannt werden, dass im Verwaltungsprozess diese INSPIRE-Dienste auch intern einen großen Nutzen haben können. Der Einfluss von INSPIRE schlägt sich in einem Nutzen wieder, der gewertet werden kann. Ergebnisse der Aufwand-Nutzen Analyse für kommunales E-Government mit INSPIRE zeigen hier nachweisbare *Nutzenvorteile* bei der Verfügbarkeit von Informationen, der Interoperabilität und bei der Qualität. Durch Transparenz und offener Datenpolitik wird mit INSPIRE für kommunales E-Government ein deutlicher Mehrwert erzielt.

Die Untersuchungen dieser Arbeit können die Anwendungsfähigkeit der in der Literatur beschriebenen *INSPIRE- Netzdienste* wie Darstellungs- und Downloaddienste für umweltrelevante Geodaten der Kommunen im Untersuchungsgebiet bestätigen. Voraussetzung dafür ist ein gemeinsames Fachdatenmodell, wie es XPlanung für die Bauleitplanung darstellt. Zudem kann nachgewiesen werden, wie eine Modelltransformation auf der Ebene der Daten, der Dienste und einer Wissensebene mit Semantik implementiert werden kann. Zu diesem Nachweis der *Implementierung der Interoperabilität* sind folgende Thesen definiert:

11. Von einer *Implementation* spricht man, wenn die Datenaustauschbeziehungen als *Netzdienste* im Konzept der Implementierung berücksichtigt werden. Dieser Begriff eines *Netzdienstes* (z.B. Darstellungs- und Downloaddienst) erfüllt im INSPIRE-Kontext diese Anforderung, sodass diese für umweltrelevante Geodaten der Kommunen verpflichtend bereitzustellen sind.
12. *Geodaten* mit Relevanz für INSPIRE sollten nur dort erhoben werden und gepflegt werden, wo dies am effektivsten erfolgen kann. Dieses Prinzip der *Subsidiarität* kann für kommunale Geodaten nur erreicht werden, wenn eine Trennung der Erhebung in einer Kommune (z.B. der Bauleitpläne) sowie einer Bereitstellung über View- und Downloaddienste mit Metadaten erfolgen kann.
13. Es besteht eine gesetzliche Zuständigkeit bei den Kommunen im Sinne einer *öffentlichen Geodaten verarbeitenden Stelle* nach Landesgeodateninfrastrukturgesetz. Die Bereitstellungsverpflichtung für INSPIRE-relevante Themen gilt, sobald Geodaten in elektronischer Form vorliegen (am Beispiel Rheinland-Pfalz).
14. Für die *Datenerhebung* kommunaler Geodaten sind die INSPIRE-Datenspezifikationen durch nationale Codelisten zu konkretisieren, wenn eine nationale Normierung für öffentliche Daten in Deutschland angewendet wird. Diese werden durch Standards für den elektronischen Austausch wie ALKIS oder auch XPlanung erfüllt.
15. Durch *Modelltransformation* kann eine nach INSPIRE-Datenspezifikation konforme Bereitstellung von umweltrelevanten Geodaten der Kommunen aus semantischer Ebene erreicht werden. Dies kann sowohl auf Datenebene, Serviceebene oder der Wissensebene erfolgen.
16. Durch *semantische Technologien* und Standards wie ResourceDescriptionFramework (RDF) bzw. der WebOntologyLanguage (OWL) können äquivalente Klassen und Regeln der Transformation zwischen heterogenen Modellen unterstützt werden.
17. Der semantische Zugriff auf INSPIRE-Datenmodelle ist derzeit noch nicht möglich, da Namespace-Festlegungen über eine URN einem semantischen Zugriff entgegenstehen. Die Einschränkungen können durch ein URI-basiertes Schema-Location Repository in der nationalen GDI oder der *IT Governance of interoperability* im Geo-Government aufgelöst werden.
18. Durch ein SemanticGIS können die Eigenschaften der (E)rfassung, (V)erwaltung, (A)nalyse, (P)räsentation, durch die Komponente (S)emantik ergänzt werden. Damit konnte über eine *Implementierung der Interoperabilität* der semantische Zugriff auf Daten über Dienste sichergestellt werden.

Damit wird mit Semantik auf allen Ebenen ein harmonisierter Datenaustausch von Geodaten mit INSPIRE für Kommunen erreicht werden. Im Ergebnis kann mit dem Entwicklungsansatz der Dissertation zur *semantischen und organisatorischen Interoperabilität kommunaler Geodaten im Kontext von INSPIRE* ein nachhaltiger Beitrag der Wissenschaft und Forschung zur Interoperabilität in Europa geleistet werden.

Danksagung

Meiner Familie, den Professoren
und allen Kommunen die mir die Möglichkeit eröffnet haben
diese Arbeit zu verfassen.

Anlage A: Erhebungsbogen kommunale Geodateninfrastrukturen

Kommune	Kreisverwaltung XY
Ansprechpartner (Tel. / Email)	Herr/Frau

Vorhandene GIS-Software

GIS-Software	Seit wann im Einsatz?	Anzahl der Lizenzen	Davon tatsächlich genutzt

Nutzung der GIS-Software

GIS-Software	Wo wird die GIS-Software eingesetzt? (Abteilung, Referat)	Zu welchem Zweck wird die GIS-Software dort eingesetzt?

Hinweis: Wird in einer Abteilung anstelle eines GIS eine CAD-Software eingesetzt, benennen Sie bitte auch diese.

Personal GIS-Administration

Beschreiben Sie den Personaleinsatz GIS in Ihrem Hause (z.B. eine volle Stelle, zwei halbe Stellen, eine Abteilung für Geoinformation)

Wieviel Mitarbeiter betreut die GIS-Stelle in Ihrem Hause (Bennen Sie hier bitte die Anzahl der Mitarbeiter bzw. der PC Arbeitsplätze in Ihrer Kommune)

Welche finanziellen Ressourcen stehen der GIS-Stelle zur Verfügung (jährliche Wartungs- und Pflegekosten, etc.). Bitte geben Sie auch vergangene Investitionen an

Kriterien der GIS-Nutzung

Kreuzen Sie bitte an, welche der genannten GIS-Komponenten bei Ihnen nicht vorhanden, geplant, teilweise vorhanden oder vollständig eingeführt sind.

	Nicht vorhanden	Komponente geplant	Teilweise vorhanden	Vollständig eingeführt
Personal GIS (Abteilung Geoinformation)	X			
Finanzen GIS (Ausbau und Betrieb sichergestellt)	X			
Geobasisdaten (digital)	X			
Geofachdaten (digital)	X			
Metadaten (digital)	X			
Auskunft Geobasisdaten (abteilungsübergreifend)	X			
Auskunft Geofachdaten (abteilungsübergreifend)	X			
Auskunft Metadaten (abteilungsübergreifend)	X			
Standards (XPlanung)	X			
Hardware (GIS-Server)	X			
Netzwerk (GIS-DMZ)	X			
Software CAD (Erfassung)	X			
Desktop GIS (Erfassung)	X			
Mobiles GIS (Erfassung)	X			
Anbindung Fachprozesse (Bauanträge, etc.)	X			
Anbindung Politik (Ratsinformation, etc.)	X			
Organisatorische und rechtliche Regelungen (Nutzungsbedingungen)	X			
Anbindung Web-Dienste (WFS, WMS, CSW)	X			
Bereitstellung Web-Dienste (INSPIRE)	X			
WebGIS (Intranet)	X			
GeoPortal (Internet)	X			
GeoPartizipation (Internet)	X			
GeoGovernment (Internet)	X			

Hinweis: Die Kriterien der vollständigen Einführung sind in Klammern kommentiert.

Wenn Sie zu einzelnen Kriterien der GIS-Nutzung keine Angaben machen können, lassen Sie die Zeile bitte frei.

Nutzung von Metadaten

Werden in Ihrem Hause Metadaten zu den Geofachdaten geführt? Wenn ja, in welcher Form werden diese bereitgestellt (Excel, Access, Metadateninformationssystem, etc.)

Erfassung von Geodaten (Zielgruppe)

Wenn Sie Geodaten in Ihrem Hause erfassen, für welche Zielgruppe erstellen Sie diese (Verwaltungsintern, Wirtschaft, Bürger). Wenn der Bürger im Fokus steht, geben Sie die Themen an wo der Bürger beteiligt wird (Windenergie, Planung, etc.).

Ausbau der GIS-/Geodateninfrastruktur

Geben Sie einen Ausblick, wie die weitere Entwicklung der GIS-/Geodaten-Infrastruktur Ihrer Kommune geplant ist.

Gibt es Produkte oder Themen, wo Sie eine Nutzung von GIS-/Geodaten-Infrastruktur in Zukunft als besonders wichtig erachten würden?

Weitere Anmerkungen

z.B. Wunsch einer Vor-Ort Besprechung

Gez. Ihr Name

Anlage B: Erhebungsbogen kommunale Geofachdaten

Geofachdatenbestand (z. B. B-Plan, F-Plan, EWOIS, Ökokonto, Biotopkartierung, Gewerbeflächen, Statistiken, etc.):

Art der Geofachdaten (z.B. Plan, Text, Tabelle, Sachattribute, Grafik, Punkte, Linien, Flächen etc.):

Dokumente (analog, digital)

Art der Vorhaltung (z. B. XLS, PDF, DOC, analog):

Datenmenge Dokument (z. B. „2 Aktenordner“, „50 Dateien“):

Rasterdaten

Art der Vorhaltung (z. B. XLS, PDF, JPG, TIF, TIF+TFW):

Datenmenge Raster (z. B. „50 Datensätze“):

Vektordaten

Datenformat (z. B. DXF, SHP, NAS, GML etc.) / Datenbank (Oracle, MS SQL Server, MySQL, PostgreSQL, etc.):

Datenmenge Vektordaten (z. B. „50 Grafik-Dateien“; Tabelle / Datenbank: „2000 Datensätze“):

Geben Sie eine kurze inhaltliche Beschreibung des Datensatzes (z.B. Statistiken zur Bevölkerungsentwicklung, etc.):

Wie ist der Raumbezug gegeben (Anschrift / nur Straße, Hausnummer und Ort / Ortsnamen / Gemarkungsnamen / Flur, Flurstück / Koordinaten / textliche Beschreibung / etc.):

Eingesetzte Software zur Nutzung dieser Geofachdaten (z. B. ArcGIS, CAIGOS, AutoCAD, MS-Excel, Oracle, Mikropro, etc.) Mehrfachnennungen möglich:

Erfassen oder pflegen Sie Metadaten zu den Geofachdaten?

(z. B. Erstellungsdatum, Änderungsdatum, Ansprechpartner, Nutzungsrechte, Copyright, etc.):

Eingesetzte Software zur Nutzung der Metadaten (z. B. MS-Word, MS-Excel, GeoNetwork, TerraCatalog, etc.) Mehrfachnennungen möglich:

Gibt es eine gesetzliche Grundlage?

Ja Nein Teilweise

Falls ja, welche? (z. B. „BauGB“, „Landesplanungsgesetz“)

Gibt es eine INSPIRE-Relevanz?

Ja Nein Teilweise

Falls ja, zu welchem Thema? (z. B. „Bodennutzung“)

Falls die Daten selbst erzeugt werden: Wer ist zuständig für die Daten? (z. B. „Referat Planen und Bauen“)

Falls die Daten nicht selbst erzeugt werden: Woher erhalten Sie die Daten? (z. B. VG., Planungsbüro, SGD, etc.)

Greifen interne Stellen auf den Datenbestand zu oder werden in Zukunft darauf zugreifen?

Ja Nein Teilweise

Falls ja, welche internen Stellen? (z. B. „Referat / Fachbereich“)

Falls ja, welche Art der Bereitstellung? (z. B. WebGIS, DesktopGIS, Fileserver, etc.)

Geben Sie die Daten an externe Stellen ab bzw. werden Sie in Zukunft bereitstellen?

Ja Nein Teilweise

Falls ja, an welche externen Stellen? (z. B. VG, Wirtschaft, Bürger, etc.)

Falls ja, welche Art der Bereitstellung? (z. B. CD, Download, WebMapService, GeoPortal.rlp, etc.)

Unterliegen die Daten dem Datenschutz?

Ja Nein Teilweise

Falls ja, welche? (z. B. Personenbezogene Daten, Anschriften, etc.)

Gibt es Zugangs- oder Nutzungsbeschränkung?

Ja Nein Teilweise

Falls ja, welche? (z. B. Lizenzen, Gebühren, interne Verwendung, keine Bearbeitung, etc.):

Sonstige Anmerkungen (z. B. Bearbeitungsstand, Vollständigkeit, etc.):