

Ontologien zur Spezifikation von Informationssystemen für Verkehrsplaner

Michael LUTZ, Jörn MÖLTGEN & Werner KUHN

Dipl.-Landsch.-Ökol. Michael Lutz, Uni Münster, Institut für Geoinformatik, Robert-Koch-Str. 26-28, 48149 Münster, lutzm@ifgi.uni-muenster.de
Dipl.-Geogr. Jörn Möltgen, Uni Münster, Institut für Geoinformatik, Robert-Koch-Str. 26-28, 48149 Münster, moltgej@ifgi.uni-muenster.de
Prof. Dr. Werner Kuhn, Uni Münster, Institut für Geoinformatik, Robert-Koch-Str. 26-28, 48149 Münster, kuhn@ifgi.uni-muenster.de

1. EINLEITUNG

Am Institut für Geoinformatik der Universität Münster wird zur Zeit ein dienstbasiertes Verkehrs- und Geoinformationssystem (VuGIS, <http://vugis.uni-muenster.de>) entwickelt. Dieses Informationssystem soll es dem Planer ermöglichen, heterogene Datenbestände zu visualisieren, GIS-Analysen durchzuführen und mit Hilfe von Verkehrs- und Umweltmodellen neue Daten zu erzeugen. Eine metaphern-basierte Benutzerführung soll auch Anwendern mit wenig Erfahrung im Einsatz von GIS, Verkehrs- oder Umweltmodellen einen intuitiven Einsatz des Systems ermöglichen (BALS *et al.* 2001).

Eine Teilanwendung dieses Informationssystems ist die Bewertung von Eingriffen im Straßenbau und deren Kompensation nach einem Verfahren der Arbeitsgemeinschaft (ARGE) Eingriff – Ausgleich NRW. Für die Spezifikation dieses Dienstes wird ein neuer Ansatz verfolgt. Ausgehend von der natürlichsprachlichen Verfahrensbeschreibung werden *Ontologien*, explizite Darstellungen des betrachteten Weltausschnitts aus einem bestimmten Blickwinkel, erstellt und formalisiert.

In diesem Beitrag wird untersucht, welche Vorteile Ontologien beim Entwurf von Informationssystemen gegenüber natürlichsprachlichen Texten haben, und welche Probleme bei der Entwicklung von Ontologien aus natürlichsprachlichen Texten auftreten können. Nach einer kurzen Beschreibung des betrachteten Verfahrens werden die theoretischen Grundlagen von Ontologien erläutert und ihre Vorteile aufgezeigt. Anschließend werden die Methoden und Ergebnisse der vorliegenden Studie beschrieben. Im Fazit wird aufgezeigt, wie die beschriebenen Forschungsarbeiten zukünftig fortgesetzt und erweitert werden können.

2. DAS VERFAHREN DER ARGE EINGRIFF – AUSGLEICH NRW

Das Verfahren (ARGE EINGRIFF – AUSGLEICH NRW 1994) wurde im Auftrag der nordrhein-westfälischen Ministerien für Verkehr und Umwelt von mehreren Planungsbüros entwickelt. Es hat zum Ziel, das Vorgehen bei der Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft und deren Kompensation für den Bereich des Straßenbaus zu vereinheitlichen.

Die Implementierung des Dienstes für VuGIS beschränkt sich auf die Eingriffsbewertung sowie auf die Ermittlung des minimalen Kompensationsumfangs, die in einem weitgehend formalisierten Biotopwertverfahren umgesetzt sind. Die Grundzüge dieses Verfahrens werden im folgenden kurz skizziert.

Der Wert einer Fläche hängt vom jeweiligen Biotoptyp ab und kann auf einer ordinalen Skala von 0 bis 10 eingeordnet werden. Die von einer Straße ausgehenden Beeinträchtigungen (z. B. Zerschneidungswirkung, Schadstoffemissionen, Barrierewirkung) werden in sogenannten Wirkungszonen zusammengefasst. Durch diesen Ansatz unterscheidet sich das Verfahren der ARGE Eingriff – Ausgleich von anderen Biotopwertverfahren, die häufig nur direkte Auswirkungen des Eingriffs wie Flächenversiegelung oder Nutzungsänderungen berücksichtigen. Den Wirkungszonen wird – abhängig von der Straßenkategorie bzw. vom Verkehrsaufkommen – ein Beeinträchtigungsfaktor zugeordnet, der mit steigender Entfernung von der Straße abnimmt. Zusätzlich wird ein Zeitfaktor eingeführt, der von der Entwicklungszeit des jeweiligen Biotoptyps abhängt, und der bei Beeinträchtigung zeitlich nicht ausgleichbarer Biotopen zu einem größeren Ausgleichsbedarf führt.

Die Intensität des Eingriffs auf einer Fläche ergibt sich aus dem Produkt des Biotopwerts, der Flächengröße, des Beeinträchtigungsfaktors und des Zeitfaktors. Der Kompensationsumfang errechnet sich analog aus dem Produkt der Größe und der Wertsteigerung der Fläche, auf der die Maßnahme durchgeführt wird. Er muss der zuvor ermittelten Eingriffsintensität entsprechen.

3. ONTOLOGIEN

Dieses Kapitel gibt einen Überblick über theoretische Grundlagen, die für das Verständnis des vorliegenden Beitrags notwendig sind, und beschreibt ihre Anwendung bei der Spezifikation des Dienstes für VuGIS.

3.1 Begriffsdefinitionen

Der Begriff *Ontologie* wird unterschiedlich und zum Teil widersprüchlich verwendet (USCHOLD 1998). Im folgenden wird daher zunächst definiert, wie der Begriff im vorliegenden Beitrag verwendet wird.

Eine *Ontologie* wird häufig nach GRUBER (1995: 908) als „explicit specification of a conceptualisation“ definiert. Aufgrund der unterschiedlichen Verwendung des Begriffs ‚Spezifikation‘ folgt der vorliegende Beitrag statt dessen der Definition von USCHOLD (1998: 12). Er bezeichnet eine Ontologie als „explicit account or representation of (...) a conceptualisation“, also als *ausdrückliche Darstellung* einer Conceptualisation. Als *Conceptualisation* bezeichnet dabei die Betrachtung eines Weltausschnitts aus einem bestimmten Blickwinkel (USCHOLD 1998).

Eine Ontologie kann verschiedene Ausprägungen annehmen. In jedem Fall enthält sie aber eine Liste von Begriffen (Vokabular) und eine Beschreibung von deren Bedeutungen. Die Beschreibung sollte Definitionen (Axiome) enthalten und die Beziehungen der Konzepte untereinander darstellen. Dadurch werden die möglichen Interpretationen der verwendeten Begriffe eingegrenzt und die Struktur des Weltausschnitts wird beschrieben.

3.2 Ontologien für die Wiederverwendung von Wissen

Ein Vorteil von Ontologien ist die Wiederverwendung des in ihnen repräsentierten Wissens. Um diese Wiederverwendung effektiv zu gestalten, ist es einerseits wichtig, Ontologien leicht zugänglich zu machen, und andererseits, den betrachteten Weltausschnitt bzw. den Abstraktionsgrad einer Ontologie zu kennen.

Allgemein verfügbar gemacht werden Ontologien in sogenannten *Ontologie-Bibliotheken*, z. B. der KSL-Ontology Server unter <http://www-ksl-svc.stanford.edu:5915/> (FARQUHAR *et al.* 1995; GUARINO 1998). Zur Unterscheidung der Abstraktionsebene können Ontologien in verschiedene Typen eingeteilt werden. Die Abstraktionsebenen lassen sich allerdings nicht scharf voneinander trennen, sondern stellen ein Kontinuum dar (CHANDRASEKARAN *et al.* 1998). In der Regel werden Top Level Ontologies, Domain und Task Ontologies sowie Application Ontologies unterschieden (Abb. 2):

- *Top Level* oder *Upper Ontologies* beschreiben sehr allgemeine Konzepte wie ‚Objekt‘ oder ‚Aktivität‘, die in vielen unterschiedlichen Bereichen in gleicher Weise verwendet werden (GUARINO 1998).
- Dagegen beziehen sich *Domain Ontologies* auf einen mehr oder weniger eng begrenzten Weltausschnitt wie ‚Raumplanung‘ oder ‚Eingriffsregelung‘.
- Auf der gleichen Abstraktionsebene wie Domain Ontologies sind *Task, Method* oder *Problem Solving Ontologies* angesiedelt. Sie beschreiben allgemeines Problemlösungswissen, das in vielen unterschiedlichen Bereichen verwendet werden kann (GUARINO 1998).
- *Application Ontologies* schließlich stellen eine Spezialisierung von Domain und Task Ontologies für einen bestimmten Anwendungsbereich dar (CHANDRASEKARAN *et al.* 1998; GUARINO 1998).

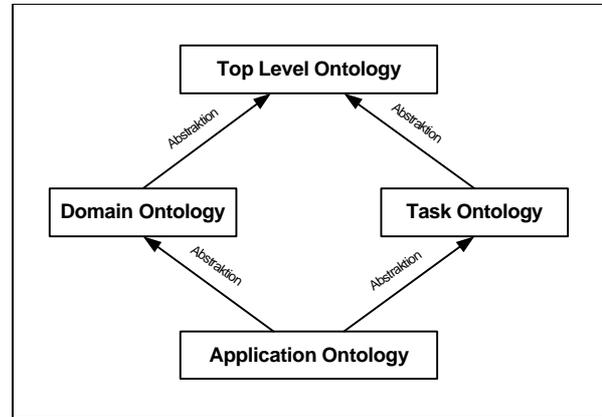


Abb. 2: Ontologien für unterschiedliche Weltausschnitte (GUARINO 1998, verändert)

Die Ontologie des Verfahrens der ARGE Eingriff – Ausgleich beschreibt mit der Ermittlung des Kompensationsumfangs für Eingriffe im Straßenbau einen eng begrenzten Weltausschnitt. Sie kann daher als Application Ontology bezeichnet werden.

Das im betrachteten Verfahren beschriebene Problemlösungswissen ist sehr spezifisch für die zu lösende Aufgabe und daher nur begrenzt auf andere Fragestellungen übertragbar. Im Gegensatz dazu sind Begriffe wie ‚Eingriff‘ oder ‚ausgleichen‘, die den gesetzlichen Grundlagen der Eingriffsregelung entstammen, relativ unabhängig von einer konkreten Problemstellung. Sie können daher auch für die Lösung anderer Aufgaben, z. B. für die Suche nach Flächen, die für bestimmte Kompensationsmaßnahmen geeignet sind, verwendet werden. Aus dem wiederverwendbaren Teil der Verfahrensentologie wird daher eine allgemeine Domain Ontology der Eingriffsregelung abgeleitet. Um die Wiederverwendbarkeit der Konzepte dieser Ontologie zu gewährleisten, wird als Grundlage dafür der Text des Landschaftsgesetzes NRW verwendet.

3.3 Ontologien für ein gemeinsames Verständnis

Das gemeinsame Verständnis der Struktur eines Weltausschnitts erleichtert eine genaue und effektive Kommunikation zwischen den beteiligten Akteuren (FENSEL 2001) und ermöglicht die Interoperabilität von Systemen (USCHOLD 1998). Dies ist ein weiterer Vorteil von Ontologien.

Im vorliegenden Beitrag sollen Ontologien in erster Linie als Grundlage für die Spezifizierung einer Software-Anwendung des exemplarisch betrachteten Verfahrens verwendet werden. Darüber hinaus können die entwickelten Ontologien auch der Kommunikation zwischen unterschiedlichen Akteuren der Eingriffsregelung dienen. Diese Anwendungsbereiche entsprechen zwei der von JASPER & USCHOLD (1999) beschriebenen Szenarien für die Anwendung von Ontologien (Abb. 3):

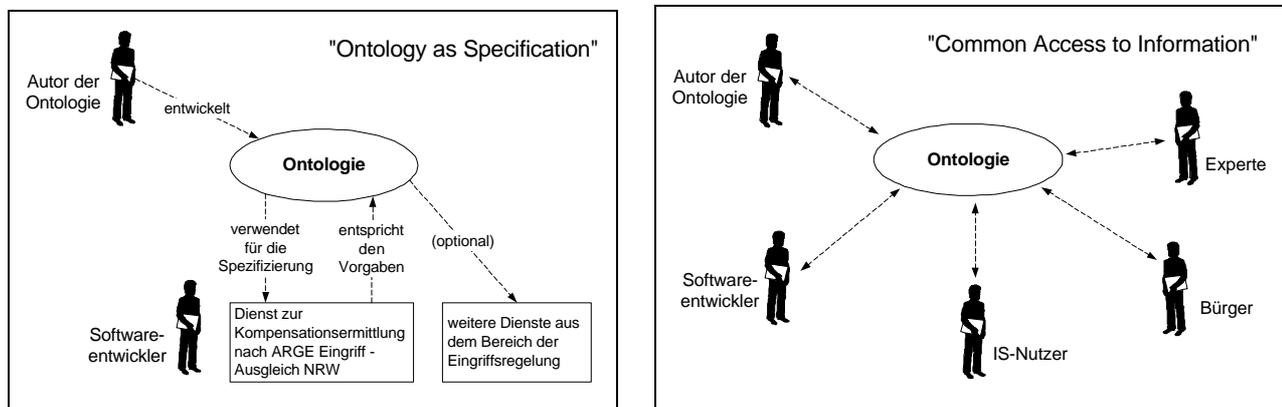


Abb. 3: Anwendung des „Ontology as Specification“-Szenarios und des „Common Access to Information“-Szenarios auf den vorliegenden Beitrag (JASPER & USCHOLD 1999, verändert)

- Im „Ontology as Specification“-Szenario stellt eine Ontologie ein Modell des betrachteten Weltausschnitts, in diesem Fall der Eingriffsregelung bzw. des Verfahrens des ARGE Eingriff – Ausgleich dar. Dieses kann als Vokabular für die Spezifizierung einer oder mehrerer Software-Anwendungen verwendet werden.
- Im „Common Access to Information“-Szenario erleichtern Ontologien die Kommunikation zwischen verschiedenen Nutzern; z. B. den Planern, Bürgern oder Softwareentwicklern. Auch der Zugriff auf heterogene Datenquellen wird in diesem Szenario durch Ontologien erleichtert.

4. METHODEN

Die Entwicklung der Ontologie orientiert sich an der Vorgehensweise *Methontology* (Fernández et al. 1997), deren Ziel es ist, die Entwicklung von Ontologien zu vereinheitlichen und zu vereinfachen. Danach erfolgt die Entwicklung einer Ontologie in mehreren Phasen, die von sogenannten begleitenden Aktivitäten wie der Wissensakquisition überlagert werden. Der Ablauf wird für die hier beschriebenen Ontologien um eine Implementierungsphase ergänzt, in der die Ontologien in eine ausführbare Sprache übersetzt werden (Abb. 4). Einen Überblick über die in den einzelnen Phasen verwendeten Methoden gibt Tab. 3.

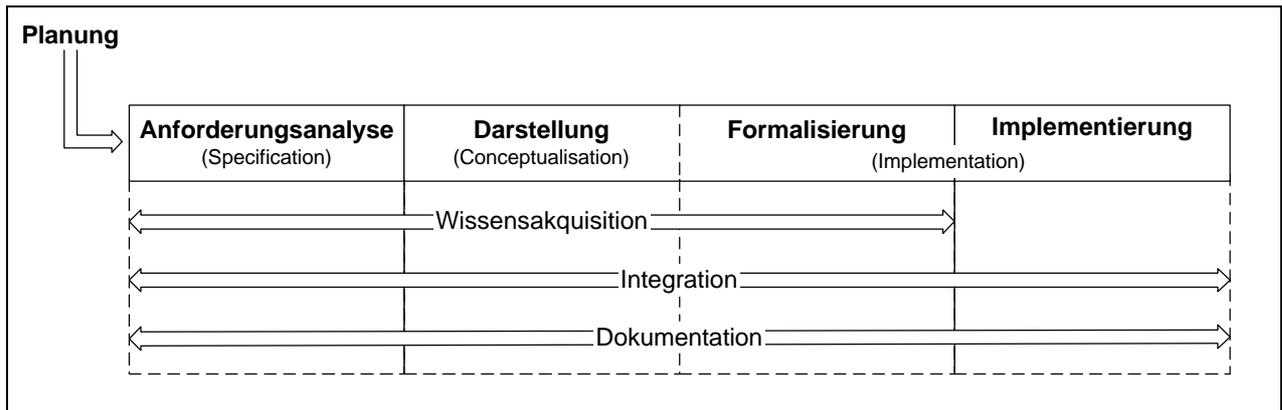


Abb. 4: Vorgehensweise bei der Entwicklung von Ontologien. Die Bezeichnungen der Phasen nach *Methontology* stehen in Klammern.

	Phase / Aktivität	Methode
Phasen	Anforderungsanalyse	Szenarien nach JASPER & USCHOLD (1999)
	Darstellung	Erstellung von UML-Klassendiagrammen (BOOCH <i>et al.</i> 1999)
	Formalisierung	Ergänzung der UML-Klassendiagramme um OCL-Constraints (WARMER & KLEPPE 1999)
	Implementierung	Erstellung von Java-Klassenbibliotheken
Begleitende Aktivitäten	Wissensakquisition	Formale Textanalyse (<i>Ontologies from Texts</i> , KUHN 2001)
	Integration	Integration von UML-Klassendiagrammen der Eingriffsregelung und der OGC Simple Features Specification for OLE/COM (OGC 1999) Verwendung des Pakets <code>com.esri.sde.sdk.client</code> der Firma ESRI für die Implementierung der Geometrie-Ontologie
	Dokumentation	--

Tab. 3: Methoden und Ergebnisse der Hauptphasen und der begleitenden Aktivitäten bei der Entwicklung von Ontologien

Der auf Grundlage der Ontologie des betrachteten Verfahrens implementierte Dienst soll die Erstellung einer Tabelle ermöglichen, in der die Beeinträchtigungen durch den Bau einer Straße sowie die Kompensationsmaßnahmen und die Mindestgrößen der Kompensationsflächen aufgeführt werden (im folgenden *Kompensationstabelle*). Die vom Dienst zu erfüllenden Aufgaben werden so weit wie möglich auf bereits bestehende Funktionalitäten der Ontologie des Verfahrens oder des VuGIS-Prototypen zurückgeführt. Die Implementierung erfolgt mit Hilfe von Java.

5. ERGEBNISSE

Die Ergebnisse der Wissensakquisition, der formalen Darstellung und Implementierung werden im folgenden dargestellt. Außerdem wird die Integration eigenständiger Ontologien in die Ontologie des betrachteten Verfahrens beschrieben.

5.1 Wissensakquisition

Durch die Textanalyse wurden unvollständige, unklare und widersprüchliche Textaussagen aufgedeckt und dadurch die Annahme, die verwendeten Texte seien vollständig, eindeutig und in sich konsistent, widerlegt. Während unvollständiges Wissen als solches in der Ontologie dargestellt werden kann, müssen unklare, mehrdeutige oder widersprüchlichen Aussagen geklärt werden. Dazu sollten die Autoren des Textes oder andere Experten befragt oder weitere Texte herangezogen werden. Solche Textstellen machen aber deutlich, dass Ontologien, die auf Grundlage nur eines natürlichsprachlichen Textes entwickelt worden sind, nur einen ersten Entwurf darstellen können. Dieser sollte von Domain-Experten darauf untersucht werden, ob die Textvorgaben richtig umgesetzt worden sind, und gegebenenfalls abgeändert werden. Andererseits können die Ergebnisse der Textanalyse auch dazu verwendet werden, Widersprüche oder unklare Formulierungen in den betrachteten Texten zu beseitigen.

5.2 Darstellung, Formalisierung und Implementierung

In Abb. 5 ist ein Ausschnitt der Ontologie des betrachteten Verfahrens dargestellt. Der Übersichtlichkeit halber wurde dabei weitgehend auf die Darstellung von Attributen, Operationen und Constraints verzichtet. In der Application Ontology des Verfahrens sind Teile von zwei Domain Ontologies enthalten, die die Bereiche der Eingriffsregelung und der Geometrie allgemein beschreiben. Die allgemeinen Klassen dieser Ontologien werden um Operationen und Attribute erweitert und so speziellere Klassen zur Beschreibung des Verfahrens der ARGE Eingriff – Ausgleich abgeleitet.

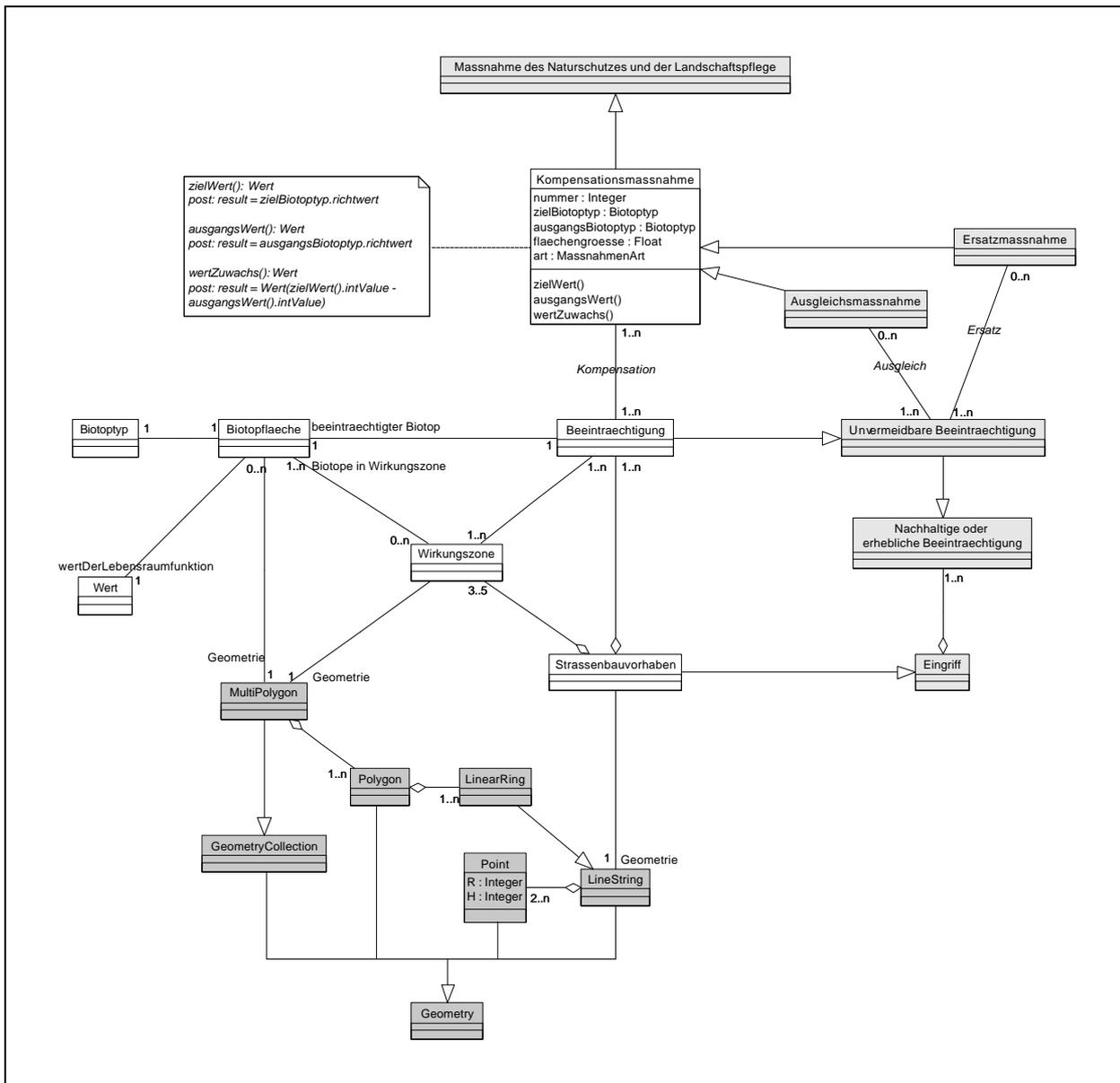


Abb. 5: Ausschnitt aus der Darstellung der Ontologie des betrachteten Verfahrens als UML-Klassendiagramm. Klassen, die aus anderen Ontologien integriert wurden, sind grau (Ontologie der Eingriffsregelung: hellgrau, Geometrie-Ontologie: dunkelgrau) dargestellt, OCL-Constraints kursiv.

Bei der Darstellung der Ontologien in UML zeigte sich, dass sich die Wahl der Darstellungssprache auf die Ontologie auswirken kann. An einigen Stellen ist es nicht möglich, das in der Textanalyse gewonnene Wissen direkt in eine Conceptualisation abzubilden und in UML darzustellen. In der Regel gibt es mehrere Möglichkeiten für die Darstellung des extrahierten Wissens in UML. Bei der Auswahl einer Darstellung ist es wichtig, den Anwendungsbereich bzw. die Abstraktionsstufe der Ontologie zu berücksichtigen. In

der vorliegenden Arbeit gilt dies insbesondere für die Ontologie der Eingriffsregelung, um diese auch für andere Anwendungen nutzen zu können.

Durch die Verwendung von OCL-Constraints konnte zusätzliches Wissen in die Ontologie integriert, und unklare oder mehrdeutige Modellaussagen konnten eindeutig dargestellt werden. Der Vergleich von OCL mit alternativen Darstellungen von Constraints ergab, dass OCL-Constraints zwar häufig schlecht lesbar sind, sich aber dennoch gut für die Darstellung der Semantik von Klassen, Assoziationen und Operationen eignen, da sie formal und gleichzeitig implementierungs-neutral sind. Um Ontologien besser kommunizieren zu können, sollten schwer lesbare OCL-Constraints um natürlichsprachliche Darstellungen, Aktivitätsdiagramme oder Programmcode ergänzt werden. Welche dieser Möglichkeiten sich im konkreten Fall am besten eignet, hängt von der Art des darzustellenden Constraints und von der Zielgruppe ab.

Lediglich die Darstellung von Stimulus-Response- (Wenn-dann-) Regeln, wie sie z. B. für die Modellierung von Geschäftsprozessen benötigt werden, ist mit OCL ist problematisch. Mit Hilfe einer von KLEPPE & WARMER (2000) vorgeschlagenen OCL-Erweiterung können aber auch solche Regel in OCL abgebildet werden.

5.3 Implementierung

Die formale Darstellung der Ontologie konnte direkt in eine Implementierung in Java übertragen werden. Dabei ist es auch gelungen, Implementierungsfragen wie die Ausnahmebehandlung und die Interaktion mit dem Anwender aus der Ontologie herauszuhalten. Alternative Ansätze, insbesondere zum Umgang mit Ausnahmen, sollten in weiteren Studien untersucht werden.

5.4 Integration

Sowohl bei der Darstellung in UML (Abschnitt 0), als auch bei der Implementierung konnten Teile eigenständiger, und zum Teil bereits bestehender, Ontologien in die Ontologie des betrachteten Verfahrens integriert werden. Dies zeigt, dass die in Abschnitt 0 beschriebene Vision des Zusammenbauens von fertigen Ontologien im Baukasten-Prinzip durchaus möglich ist. Damit durch diese Vorgehensweise tatsächlich Arbeit gespart werden kann, müssen allerdings noch in vielen Bereichen allgemeine Ontologien erstellt und verfügbar gemacht werden.

5.5 Ein Dienst für VuGIS

Bei der abschließenden Implementierung des Dienstes zur Erstellung einer Kompensationstabelle (Abb. 6) konnten die Java-Klassen der Verfahrens-Ontologie weitgehend direkt verwendet werden. Diese Klassen mussten lediglich um einige Klassen für die Interaktion mit dem Anwender ergänzt werden.

Kompensationstabelle (nach ARGE Eingriff - Ausgleich NRW)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
7	EA1	6	Schadstoffbelastung	Eutrophierung	214.5	364.5	191.3	0	0	1	4,621.8	15A	HA0 --> HK2	5	2	3	1,540.6
7	EA1	6	Schadstoffbelastung	Eutrophierung	214.5	364.5	191.3	0	0	1	4,621.8	6A	HA0 --> HC4	6	2	4	1,155.45
8	FD2	6	Schadstoffbelastung	Eutrophierung	0	0	18.1	0	0	1	108.6	1A	HA0 --> AA22	7	2	5	21.72
9	FM2	6	Bodenverdichtung	Schädigung der Bodenstruktur	32	55.25	30.1	0	0	1	704.1	7A	HA0 --> BB12	5	2	3	234.7
9	FM2	6	Bodenverdichtung	Schädigung der Bodenstruktur	32	55.25	30.1	0	0	1	704.1	8E	EB --> AA22	7	4	3	234.7
9	FM2	6	Bodenverdichtung	Schädigung der Bodenstruktur	32	55.25	30.1	0	0	1	704.1	3A	HA0 --> BD11	6	2	4	176.025
10	FN1	3	Schadstoffbelastung	Eutrophierung	0	27	17.2	0	0	1	132.6	15A	HA0 --> HK2	5	2	3	44.2
10	FN1	3	Schadstoffbelastung	Eutrophierung	0	27	17.2	0	0	1	132.6	10E	EB --> CD	8	4	4	33.15
11	HC2	6	Bodenverdichtung	Schädigung der Bodenstruktur	50.5	157.25	90.1	0	0	1	1,787.1	1A	HA0 --> AA22	7	2	5	357.42
11	HC2	6	Bodenverdichtung	Schädigung der Bodenstruktur	50.5	157.25	90.1	0	0	1	1,787.1	2A	HA0 --> AA22	7	2	5	357.42
12	HC1	3	Bodenverdichtung	Schädigung der Bodenstruktur	234.5	160.75	12	0	0	1	1,221.75	13E	EB --> FF3	8	4	4	305.438

1 = Nummer der Beeinträchtigung
 2 = Biotoptyp-Code
 3 = Gesamtwert des betroffenen Biotops
 4 = Art der Beeinträchtigung
 5 = Zu erwartende Auswirkungen
 6-10 = Beanspruchung des betroffenen Biotops (qm) durch...
 ... Trasse + Baukörper (6)
 ... Wirkungszonen I-IV (7-10)

11 = Zeitfaktor
 12 = Summe von beeinträchtigten Flächen x Beeinträchtigungsfaktor x Zeitfaktor x Gesamtwert
 13 = Nummer und Art der Kompensationsmaßnahme
 14 = Beschreibung der Kompensationsmaßnahme
 15 = Wert der Kompensationsfläche nach der Maßnahme
 16 = Wert der Kompensationsfläche vor der Maßnahme
 17 = Wertsteigerung durch die Maßnahme
 18 = Mindestgröße der Kompensationsfläche

ausgewähltes Projekt / Szenario: Raesfeld / Trasse 2

Abb. 6: Darstellung der Kompensationstabelle im VuGIS-Hauptfenster

6. FAZIT UND AUSBLICK

Die Studie macht deutlich, dass durch die Erstellung einer formalen Ontologie Lücken sowie inkonsistente oder mehrdeutige Aussagen in natürlichsprachlichen Texten aufgedeckt werden können. Dadurch wird allerdings eine Validierung der Ontologie nötig. Eine solche Validierung könnte durch die Analyse weiterer Texte oder bestehender Software-Anwendungen aus dem Bereich der Eingriffsregelung oder durch Befragung von Experten erfolgen. Dabei sollte auch untersucht werden, ob die Ontologie der Eingriffsregelung für weitere Anwendungsbeispiele verwendet und somit in andere Application Ontologies integriert werden kann. Bei der Durchführung von Experten-Interviews könnten neben UML auch andere Darstellungsmöglichkeiten, z. B. die sogenannten Intermediate Representations von Methontology, auf ihre Eignung für die Kommunikation mit Experten überprüft werden.

Die prototypische Implementierung eines Dienstes für das Informationssystem VuGIS belegt darüber hinaus, dass die Ontologie des betrachteten Verfahrens direkt für die Softwareentwicklung verwendet werden kann. Die Ontologie kann damit auch als Grundlage für die Implementierung weiterer Dienste, wie der Suche nach geeigneten Kompensationsflächen, dienen und das in ihr enthaltene Wissen auf diese Weise wiederverwendet werden.

Welchen Nutzen Ontologien für die grenzüberschreitende Planung in Europa haben, könnte in einer zukünftigen Studie am Beispiel eines der Eingriffregelung nahen Bereichs, der Umweltverträglichkeitsprüfung, untersucht werden. Von einer allgemeinen europäischen Ontologie der UVP auf Grundlage der UVP-Richtlinie 85/337/EWG könnten Ontologien auf Grundlage der einzelnen Landesgesetze abgeleitet werden (Abb. 7). Auf diese Weise könnte einerseits überprüft werden, inwieweit die Landesgesetze den Vorgaben der europäischen Gesetzgebung umsetzen, und andererseits, welche Unterschiede zwischen den einzelnen Landesgesetzen bestehen.

Zusammen mit den Ergebnissen der vorliegenden Studie zeigt dieser Ausblick die breiten Einsatzmöglichkeiten und den Nutzen von Ontologien, insbesondere in Bereichen, in denen Akteure verschiedenster Disziplinen oder Nationalitäten zusammenarbeiten.

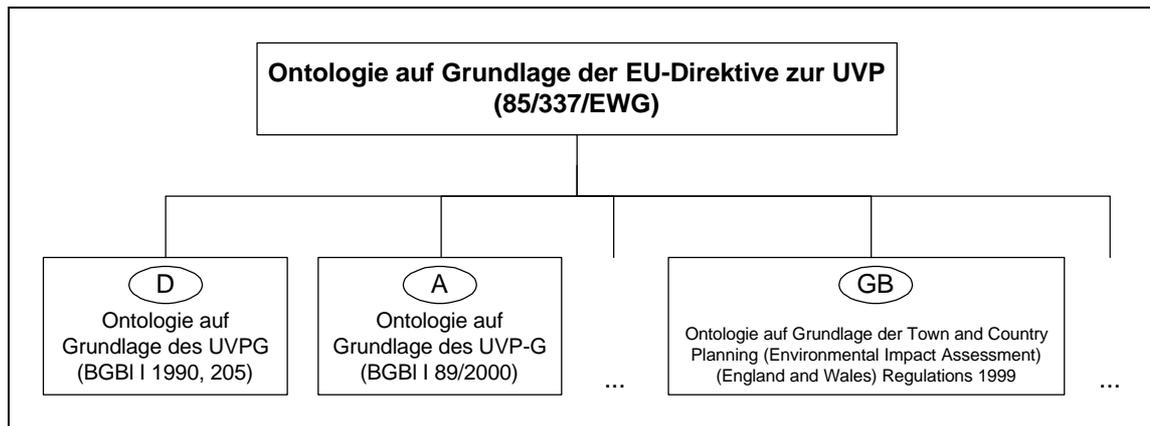


Abb. 7: Ableitung spezieller Ontologien auf Grundlage von Landesgesetzen von der allgemeineren EU-Gesetzgebung

LITERATUR

- ARGE EINGRIFF-AUSGLEICH NRW (1994): Entwicklung eines einheitlichen Bewertungsrahmens für straßenbedingte Eingriffe in Natur und Landschaft und deren Kompensation, in: MINISTERIUM FÜR WIRTSCHAFT UND MITTELSTAND TECHNOLOGIE UND VERKEHR DES LANDES NORDRHEIN-WESTFALEN (Hrsg.): *Bewertung von Eingriffen in Natur und Landschaft. Bewertungsrahmen für die Straßenplanung*, Düsseldorf.
- BALS, M., J. MÖLTGEN, C. RÜTHER, J. SCHEINER & C. SCHÜRSMANN (2001): *VUGIS – Verkehrs-, Umwelt- und Geoinformationssystem*, Computergestützte Raumplanung (CORP 2001), URL: http://www.corp.at/corp2001/PROGRAM_M/_DO_THU/01_Bals_DO.pdf.
- BLÁZQUEZ, M., M. FERNÁNDEZ, J. M. GARCÍA-PINAR & A. GÓMEZ-PÉREZ (1998): *Building Ontologies at the Knowledge Level Using the Ontology Design Environment*, Knowledge Acquisition Workshop (KAW'98), URL: <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW98/blazquez/>.
- BOOCH, G., J. RUMBAUGH & I. JACOBSON (1999): *The Unified Modeling Language User Guide*, Boston (USA), Addison-Wesley.
- CHANDRASEKARAN, B., J. R. JOSEPHSON & V. R. BENJAMINS (1998): *The Ontology of Tasks and Methods*, Proceedings of Knowledge Acquisition Workshop (KAW'98). URL: <http://ksi.cpsc.ucalgary.ca/KAW/KAW98/chandra/>.
- FARQUHAR, A., R. FIKES, W. PRATT & J. RICE (1995): *Collaborative ontology construction for information integration (Technical Report KSL-95-63)*, Knowledge Systems Laboratory, Stanford University.
- FENSEL, D. (2001): *Ontologies: A Silver Bullet for Knowledge Management and Electronic Commerce*, Berlin, Springer.
- FERNÁNDEZ LOPEZ, M. (1999): *Overview of Methodologies for Building Ontologies*, Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods, 16th International Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI-99), URL: <http://sunsite.informatik.rwth-aachen.de/Publications/CEUR-WS/Vol-18/4-fernandez.pdf>.
- FERNÁNDEZ, M., A. GÓMEZ-PÉREZ & N. JURISTO (1997): *METHONTOLOGY: From Ontological Art Towards Ontological Engineering*, Workshop on Ontological Engineering, 14th National Conference on Artificial Intelligence (AAAI-97) Spring Symposium, URL: <http://delicias.dia.fi.upm.es/miembros/ASUN/SSS97.ps>.
- GUARINO, N. (1998): Formal Ontology and Information Systems, in: GUARINO, N. (Hrsg.): *Formal Ontology in Information Systems (FOIS'98)*: 3-15.
- JASPER, R. & M. USCHOLD (1999): *A Framework for Understanding and Classifying Ontology Applications*, Knowledge Acquisition Workshop (KAW'99). URL: <http://sern.ucalgary.ca/KSI/KAW/KAW99/papers/Uschold2/final-ont-apn-fmk.pdf>.
- KLEPPE, A. & J. WARMER (2000): Extending OCL to Include Actions, in: EVANS, A., S. KENT & B. SELIC (Hrsg.): *3rd IEEE Conference on UML – Advancing the Standard (UML 2000)*: 440-450.
- KUHN, W. (2001): Ontologies in Support of Activities in Geographic Space, *International Journal of Geographical Information Science* 15 (7): 613-631.
- OGC (OPEN GIS CONSORTIUM) (1999): OpenGIS Simple Features Specification for OLE/COM, Revision 1.1 (OpenGIS Project Document 99-050), URL: <http://www.opengis.org/techno/specs/99-050.pdf>. Letzter Zugriff am 15.08.2001
- USCHOLD, M. (1998): Knowledge level modelling: concepts and terminology, *The Knowledge Engineering Review* 13 (1): 5-29.
- WARMER, J. & A. KLEPPE (1999): *The Object Constraint Language. Precise Modeling with UML*, Boston, MA (USA), Addison-Wesley.