



Hochschule für Angewandte Wissenschaften Hamburg
Hamburg University of Applied Sciences

Eine Ontologie-basierte Architektur für das Krisenmanagement

Svend-Anjes Pahl

Anwendungen 2
Ausarbeitung

Sommersemester 2012

Inhaltsverzeichnis

1	Einleitung	3
1.1	Struktur der Arbeit	3
1.2	Motivation für die Verwendung von Ontologien im Krisenmanagement	3
2	Architekturen Ontologie-basierter Informationssysteme	5
2.1	MEDICO	5
2.1.1	Ontologien in MEDICO	5
2.1.2	Die MEDICO Architektur	7
2.1.3	Erklärungen in MEDICO	8
2.2	Semantische nahtlose Navigation	9
2.2.1	Systemarchitektur	9
2.2.2	Semantische Situationsinferenz	9
3	Ontologien im Krisenmanagement	11
4	Zusammenfassung und Ausblick	13
	Literaturverzeichnis	14

1 Einleitung

Ontologien erlauben die Verknüpfung von Symbolen mit Semantik und eignen sich damit besonders für die Integration inhomogener Informationen in ein Informationssystem (vgl. [Pahl, 2012](#)). Im Rahmen dieser Arbeit sollen die Architekturen zweier Ontologie-basierter Informationssysteme näher untersucht werden. Der Fokus der Untersuchung liegt hierbei auf den Strategien zur Datenintegration und den durch die Integration eröffneten Möglichkeiten für die untersuchten Informationssysteme. Das Ziel der Untersuchung ist es allgemeingültige Architekturrichtlinien und Strategien auf ein Informationssystem für Krisenstäbe zu übertragen.

1.1 Struktur der Arbeit

Kapitel 1 soll zunächst kurz in die Problematik einführen. Im 2. Kapitel werden im Anschluss die Architekturen zweier Ontologie-basierter Informationssysteme vorgestellt und auf allgemeingültige Architekturprinzipien und Strategien für die Verwendung von Ontologien untersucht.

In Kapitel 3 werden einige der ermittelten Vorteile für die Verwendung von Ontologien in den vorgestellten Informationssystemen aufgegriffen und ihre Relevanz für den Einsatz in der Domäne des Krisenmanagements hervorgehoben. Im 4. Kapitel folgt abschließend eine kurze Zusammenfassung und ein Ausblick auf die weitere Arbeit.

1.2 Motivation für die Verwendung von Ontologien im Krisenmanagement

Krisensituationen zeichnen sich durch das Zusammenspiel vieler verschiedener Faktoren und den daraus resultierenden Ereignissen aus. Eines der Ziele eines Krisenstabs besteht darin, vor die Lage zu kommen. Das bedeutet nicht auf die Auswirkungen von Ereignissen zu reagieren, sondern sie vorherzusehen und durch gezieltes Agieren die Auswirkungen abzuschwächen oder gar zu verhindern. Die verantwortlichen Wirkungsgefüge sind jedoch

meist von hoher Komplexität, was es für einen Menschen sehr schwer macht die Folgen von Ereignissen abzuschätzen.

Eine weitere Schwierigkeit besteht in der Verteilung von Informationen. In einer Krisensituation laufen in einem Krisenstab sehr viele Informationen zusammen, was es unmöglich macht jedes Mitglied des Krisenstabes mit allen Informationen zu versorgen. Es hängt somit vom Zufall ab, ob alle relevanten Informationen für die Abschätzung der Folgen eines Ereignisses bei einem Experten eintreffen, der die Erfahrung besitzt diese Informationen richtig zu interpretieren.

Durch die Verwendung von Ontologien ist es möglich, mit Hilfe von Inferenzregeln, einige, für Menschen schwer zu erkennende Auswirkungen von Ereignissen, abzuschätzen und so frühzeitiges Agieren zu ermöglichen. Liegen alle verfügbaren Informationen in der Form von Ontologien vor, so sinkt die Wahrscheinlichkeit wichtige kausale Abhängigkeiten zu übersehen, wenn diese durch einen Computer erkannt und hervorgehoben werden.

2 Architekturen Ontologie-basierter Informationssysteme

In diesem Kapitel sollen die Architekturen zweier Ontologie-basierter Informationssysteme vorgestellt werden. Es soll gezeigt werden, welche Möglichkeiten sich durch die semantische Verknüpfung von Informationen ergeben und welche Architekturprinzipien hierbei hilfreich sind.

2.1 MEDICO

Das Informationssystem MEDICO ist ein Ontologie-basiertes Informationssystem für die semantische Suche in medizinischen Bildern. MEDICO ist ein Projekt des THESEUS Forschungsprogrammes, einer Initiative des Bundesministeriums für Wirtschaft und Technologie (BMWi). Ziel des THESEUS Forschungsprogrammes ist es neue Technologien für das intelligente Informationsmanagement zu entwickeln, um so den Zugang zu Informationen zu vereinfachen, Daten zusammenzuführen und neu zu vernetzen. Dies soll die Grundlage für die Entwicklung neuer Dienstleistungen im Internet schaffen (vgl. [Theseus, 2012](#)).

2.1.1 Ontologien in MEDICO

Durch die große Anzahl heterogener Informationen besitzt Wissensmanagement in der Domäne der Medizin eine besondere Bedeutung. Die zu verwaltenden Informationen reichen von Patientendaten und Diagnosen in textueller Form bis hin zu computertomographischen oder magnetresonanz- Aufnahmen. Für die automatische Erkennung anatomischer Strukturen existieren geeignete Algorithmen, welche jedoch sehr stark von der verwendeten Aufnahmetechnik abhängen. Hierauf ist die Existenz von unterschiedlichen Anwendungen zurückzuführen, welche sich auf eine Teilanalyse der insgesamt vorhandenen Daten beschränken. Die Analyseergebnisse werden in unterschiedlichen Formaten abgespeichert, was eine technische Verknüpfung von logisch zusammenhängenden Informationen erschwert (vgl.

Möller und Sintek, 2007). Zum Beispiel enthält eine Studie eine oder mehrere Bild-Serien eines Patienten, welche wiederum aus beispielsweise Röntgen- oder CT-Bildern besteht (siehe Dengel, 2012, S. 372).

MEDICO geht hier einen anderen Ansatz und integriert die heterogenen Informationen mit Hilfe von generischen Modellen auf Basis von Ontologien, welche in einer Hierarchie organisiert sind (siehe Abbildung 2.1).

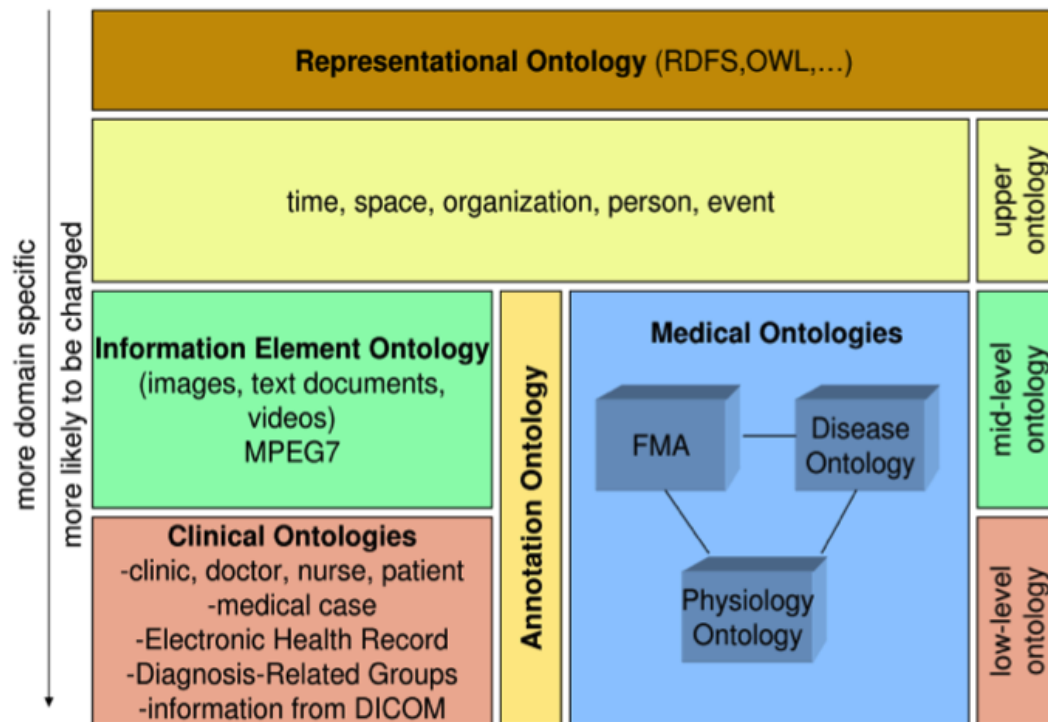


Abbildung 2.1: MEDICO Ontologie-Hierarchie

Quelle: Möller und Sintek (2007)

Je weiter oben eine Ontologie in der Hierarchie steht, desto allgemeiner ist sie. Das bedeutet, dass sie von mehr Menschen verwendet wird und deshalb die Wahrscheinlichkeit geringer ist, dass sie sich ändert. Die upper Ontologien beschreiben allgemeine Konzepte wie Raum und Zeit. Über die low-level Ontologien wird domänenspezifisches Wissen aus der Medizin beschrieben. Die mid-level Ontologien verknüpfen die upper mit den low-level Ontologien. Eine Ontologie in der Hierarchie darf alle Ontologien verwenden, welche auf höheren Schichten liegen. Der Vorteil einer solchen Ontologie-Hierarchie besteht darin, dass Ontologien niedriger Schichten ausgetauscht werden können, ohne die Ontologien in den Schichten darüber ändern zu müssen. Auf diese Weise lässt sich der Änderungsaufwand bei Änderungen an den dynamischen, domänenspezifischen Ontologien gering halten.

2.1.2 Die MEDICO Architektur

Abbildung 2.2 zeigt die Architektur des MEDICO Informationssystems (siehe Möller u. a., 2010), welches sich grob in vier funktionale Gruppen unterteilen lässt. Die Datenanreicherung (grün) dient der automatischen Erkennung und Extraktion von Informationen aus einer Datenbank für medizinische Aufnahmen. Der Image Parser führt Algorithmen zur Detektierung von Organen und anatomischen Landmarken aus. Der Metadata Extractor liest die in der Bilddatei gespeicherten Metadaten, wie beispielsweise Alter und Geschlecht des Patienten aus.

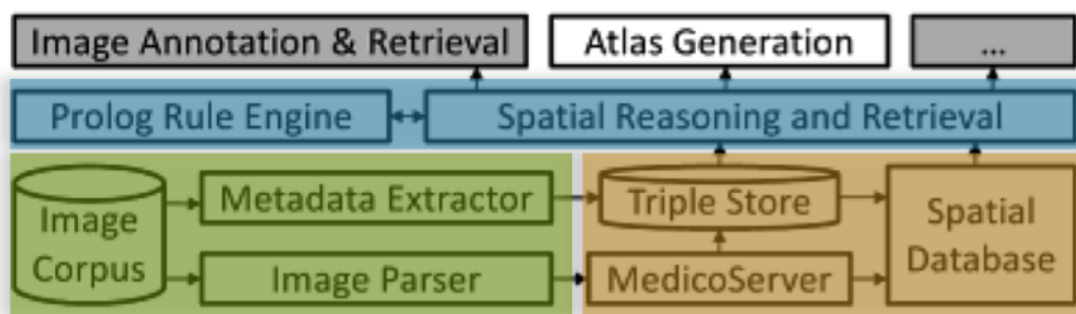


Abbildung 2.2: MEDICO Architektur

Quelle: Möller u. a. (2010)

Die ermittelten Daten werden in ein semantisches Format überführt und über den MEDICO-Server an die Datenspeicherung (orange) weitergereicht. Die ermittelten räumlichen Daten des Image Parsers werden in einer spatialen Datenbank abgespeichert, damit auf diese effizient zugegriffen werden kann.

Über die Interpretationsschicht (blau) ist es unter anderem möglich Plausibilitätsprüfungen der automatisch ermittelten Daten durchzuführen. So kann beispielsweise überprüft werden, ob die Position der erkannten Organe zu einander stimmig ist und ob das über die Metadaten ermittelte Geschlecht zu den erkannten Organen und anatomischen Landmarken in Widerspruch steht.

Die Komponenten der obersten Schicht stellen Funktionalität zur Interaktion mit einem Benutzer zur Verfügung. Hierzu gehören Aufgaben wie die Visualisierung der detektierten anatomischen Strukturen als Atlas oder Vorschläge bei der manuellen Annotation von Bildern durch den Anwender.

2.1.3 Erklärungen in MEDICO

Eine der Hauptaufgaben von MEDICO besteht darin medizinisches Wissen strukturiert zu speichern und bietet dem Anwender durch verschiedenste Suchmasken die Möglichkeit darauf zuzugreifen. Durch die semantische Verknüpfung der Informationen ist es möglich Hintergrundwissen in die Suche einfließen zu lassen. Auf diese Weise können mehrdeutige Suchanfragen durch gezielte Nachfrage konkretisiert werden oder der Suchraum kann durch das Wissen über Subkonzepte erweitert werden (vgl. Forcher u. a., 2009).

Eine anatomische Ontologie enthält beispielsweise Wissen darüber, dass ein Finger Teil einer Hand ist. Sucht ein Anwender nach Bildern, welche die Hand eines Patienten zeigen, bekommt er auch Aufnahmen der Finger angezeigt. Die Zusammenhänge zwischen verschiedenen anatomischen Konzepten sind nicht immer so eindeutig wie zwischen Hand und Finger. Aus diesem Grund erhält MEDICO eine Erklärungskomponente, welche die Zusammenhänge von unterschiedlichen Konzepten verdeutlicht und somit das Suchergebnis rechtfertigt. Auf diese Weise ist es Entwicklern und Experten möglich die korrekte Funktionsweise des Systems zu überprüfen. Des Weiteren können Endanwender mit Hilfe der Erklärungen neues Wissen aus der medizinischen Domäne erlernen (siehe Dengel, 2012, S. 278).

Abbildung 2.3 zeigt die Erklärung für die Zusammenhänge zwischen dem Annotationskonzept Distale Phalanx des Fingers und dem Suchkonzept Hand.

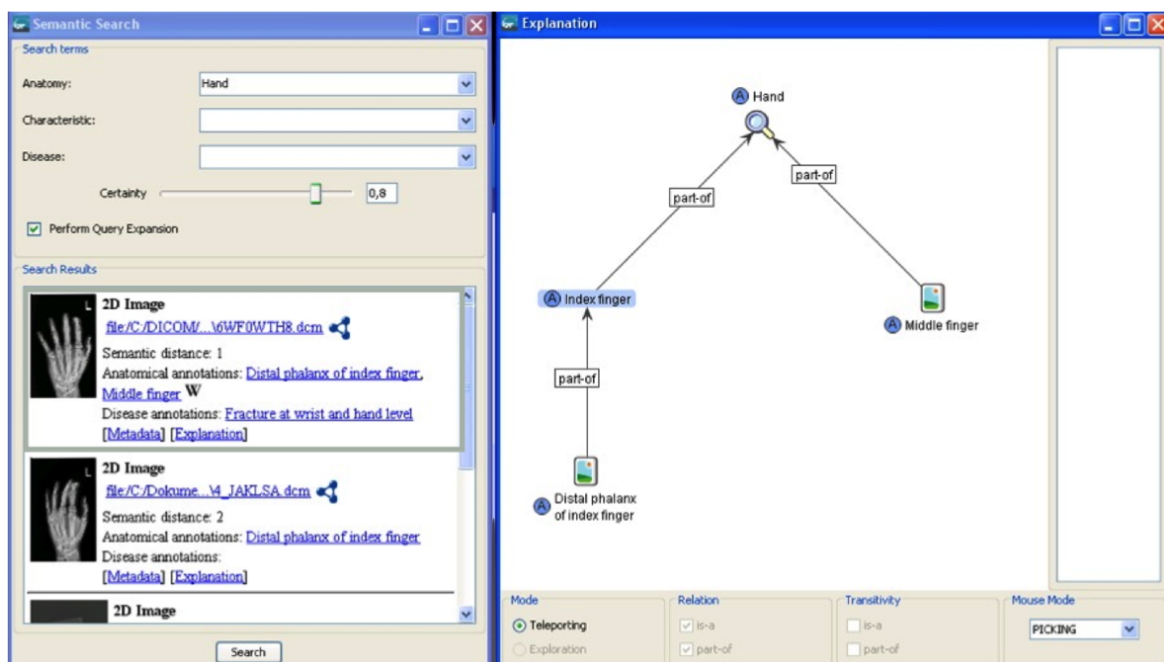


Abbildung 2.3: Erklärungen in MEDICO

Quelle: Forcher u. a. (2009)

2.2 Semantische nahtlose Navigation

Die semantische nahtlose Navigation ist ein Forschungsprojekt des Deutschen Forschungszentrums für Künstliche Intelligenz (DFKI). Im Rahmen des Forschungsprojektes soll gezeigt werden, welche Möglichkeiten sich durch den Einsatz von Konzepten des Ubiquitous Computing und des Internets der Dinge für die Optimierung von Wartungsprozessen in Smart-Factories ergeben (vgl. [Stephan, 2010](#)). Auf Basis von Ortsinformationen unterschiedlicher Ortungstechnologien wird mit Hilfe von semantischem Reasoning eine Interpretation über den aktuellen Arbeitskontext eines Servicetechnikers durchgeführt, sodass diesem gezielte Informationen für seinen aktuellen Arbeitskontext zur Verfügung gestellt werden können. Diese Informationen reichen von der Navigation zum Werksgelände über das Auffinden der zu wartenden Maschine auf dem Werksgelände bis hin zum Anzeigen von technischen Details zum Auftrag auf einem mobilen Gerät, ohne, dass der Servicetechniker eine Anwendung wechseln muss.

Im Folgenden soll ein kurzer Überblick über die Gesamtarchitektur des vom DFKI entwickelten Prototypen gegeben werden. Anschließend wird dann näher auf das Verfahren zur Bestimmung der Navigationssituation des Servicetechnikers eingegangen.

2.2.1 Systemarchitektur

Abbildung 2.4 zeigt die Systemarchitektur für eine nahtlose semantische Navigation, welche ein Schichtenmodell basierend auf dem Architekturprinzip der *Separation of Concerns* (vgl. [Hürsch und Lopes, 1995](#)) realisiert. Hierdurch stellt sie eine technologieunabhängige Repräsentation von Positionsinformationen sicher und gewährleistet eine maximale Wiederverwendbarkeit von Systemkomponenten und unterstützt die strikte Trennung von Interpretationswissen und anwendungsspezifisch implementierten Funktionalitäten (siehe [Dengel, 2012](#), S. 408).

Die Mapping-Schicht dient der Konvertierung der technologiespezifischen Ortungsinformationen der Bereitstellungsschicht. Die technologieunabhängigen Ortungsinformationen werden dann über die Verteilungsschicht an die Interpretationsschicht geleitet, welche die Situationsinferenz durchführt. Über die Anwendungsschicht werden die Ergebnisse dann den Endgeräten zur Verfügung gestellt.

2.2.2 Semantische Situationsinferenz

Im Informationssystem zur semantischen nahtlosen Navigation wird zwischen den drei Situationskategorien Outside, TransitionArea und Inside unterschieden. Um eine Navigations-

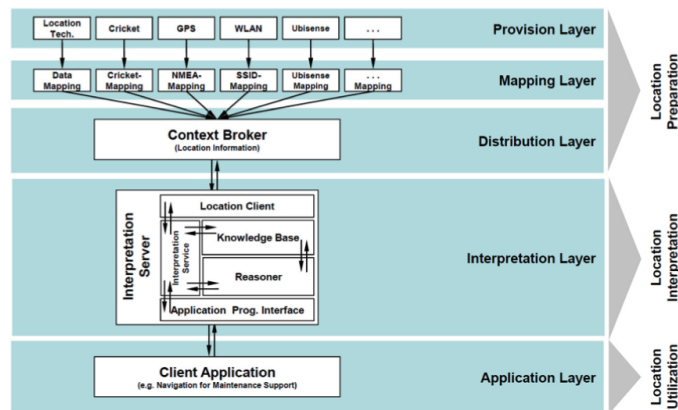


Abbildung 2.4: Systemarchitektur für semantische nahtlose Navigation

Quelle: Stephan (2010)

situation einer dieser drei Kategorien zuzuordnen existieren Ontologie-basierte Klassifikationsregeln, welche auf der Verfügbarkeit der unterschiedlichen Ortungstechnologien basieren (siehe Dengel, 2012, S. 419ff).

```

1 isNavigationSituationOf some ( DeviceWithOutsideTechnologyOK
2   and DeviceWithTransitionTechnologyNotOK
3   and DeviceWithInsideTechnologyNotOK )

```

Listing 2.1: Regel zur Klassifizierung einer Navigationssituation als Outside

Wenn ein mobiles Endgerät das Signal einer Außenbereich-Ortungstechnologie empfängt, ohne, dass ein Signal einer Übergangs- oder Innenbereich-Ortungstechnologie empfangen wurde, wird die Instanz der Navigationssituation als Outside klassifiziert.

Bei komplexeren Bedingungen lässt sich die Ontologie-basierte Klassifikation jedoch nicht einsetzen. Die Klasse Inside unterteilt sich beispielsweise in die Unterklassen TargetArea und Target, die angeben, ob sich der Servicetechniker dem zu wartenden Gerät nähert oder es erreicht hat. Hierfür sind Informationen über die genaue Position des Servicetechnikers, sowie über seinen aktuellen Auftrag erforderlich. Zur Herleitung von Wissen auf Basis derartigen Kontextwissens wird im Prototyp die *Semantic Web Rule Language* (SWRL) verwendet. Listing 2.2 zeigt die SWRL-Regel zur Klassifizierung einer Navigationssituation als TargetArea.

```

1 hasTechnology(?device,?ubitech) and Ubi(?ubitech)
2   and hasValidValue(?ubitech,true) and hasUbiZone(?ubitech,?ubizoneA)
3   and hasJobTarget(?device,?jobt) and hasUbiZone(?jobt,?ubizoneB)
4   and sameAs(?ubizoneA,?ubizoneB) and hasNavigationSituation(?device,?navsit)
5   -> TargetArea(?navsit)

```

Listing 2.2: Situationsinferenz mit SWRL

3 Ontologien im Krisenmanagement

Im vorherigen Kapitel wurde am Beispiel zweier Informationssysteme erläutert, welche Vorteile sich durch den Einsatz von Ontologien für die betrachteten Informationssysteme ergeben. In diesem Kapitel sollen einige der Eigenschaften aufgegriffen und kurz auf ihre Vorteile für den Einsatz in der Domäne des Krisenmanagements eingegangen werden.

Durch die hierarchische Strukturierung der verwendeten Ontologien, ist es möglich den Aufwand für Änderungen an domänenspezifischen Ontologien gering zu halten und die Abhängigkeiten der Ontologien untereinander zu kontrollieren. Dies ist besonders für die Domäne des Krisenmanagements von Bedeutung, da sie aus einer Vielzahl an Fachgebieten besteht. Die Beschreibung einer Domäne über eine Ontologie schafft zudem eine gemeinsame Basis für die Kommunikation zwischen Entwicklern und Domänenexperten und hilft so Missverständnisse zu vermeiden.

Die Speicherung von Wissen in Form von Ontologien ermöglicht die Abstraktion von technologie- und anwendungsabhängigen Formaten und fördert damit die Nutzung von Wissen über Anwendungsgrenzen hinaus. Besonders die Domäne des Krisenmanagements ist auf die Verfügbarkeit von Wissen aus den verschiedensten Fachgebieten angewiesen und profitiert somit in besonderem Maße aus der Verwendung von gemeinsamen Ontologien zur Datenspeicherung.

Die effiziente Speicherung von Informationen in Tripelstores und spatialen Datenbanken hilft dabei, in großen Datenbeständen mit geringem Zeitaufwand, das benötigte Wissen abzufragen und automatisiert Schlussfolgerungen zu ziehen. Krisensituationen zeichnen sich durch das Zusammentreffen unterschiedlicher Ereignisse, wie beispielsweise ein Stromausfall bei gleichzeitigem Hochwasser, aus. Hier können geospatiale Datenbanken dabei helfen die Gebiete zu identifizieren, welche von beiden Ereignissen betroffen sind.

Die Speicherung der Daten in Form von Tripeln ermöglicht die Formulierung komplexer Regeln, um Informationen zu Wissen zu aggregieren. Dies ist besonders in Krisensituationen nützlich, da in diesen eine große Anzahl an Informationen vorhanden ist. Das Ziehen von Schlüssen aus diesen Informationen muss durch Menschen geleitet werden, welche unter hohem Druck stehen. Aus diesem Grund ist die Gefahr groß, dass Informationen übersehen oder nicht richtig interpretiert werden. Die Aggregation von Wissen durch ein regelbasiertes Informationssystem kann dabei helfen wichtige Informationen hervorzuheben.

Erklärungen dienen dazu automatisch getroffene Schlussfolgerungen zu rechtfertigen und damit die korrekte Funktionsweise des Systems überprüfbar zu machen. Des Weiteren können sie in Übungssituationen dafür verwendet werden, um neues Domänenwissen zu erlernen. Erklärungen haben für die Domäne des Krisenmanagements eine besondere Bedeutung. In zeitkritischen Situationen muss schnell ersichtlich sein, bei welchen Angaben es sich um Fakten handelt und welche Informationen durch einen Computer aggregiert wurden. Für die getroffenen Schlussfolgerungen muss einfach zu erkennen sein, auf welchen Regeln und Informationen sie basieren. In Krisenstabsübungen können Erklärungen dazu eingesetzt werden neues Domänenwissen zu erlernen, sodass die Schlussfolgerungen auch ohne die Verfügbarkeit von computergestützten Analyseverfahren durchgeführt werden können.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Rahmen dieser Arbeit wurden die Architekturen zweier Ontologie-basierter Informationssysteme vorgestellt.

Ontologien bieten die Möglichkeit Informationen technologie- und anwendungsunabhängig abzuspeichern und eignen sich dadurch insbesondere für die Integration inhomogener Daten. Durch eine gezielte Kontrolle der Abhängigkeiten zwischen den Ontologien kann der Aufwand von Änderungen an domänenspezifischen Ontologien gering gehalten werden. Die Speicherung von Informationen in Tripelstores und spatialen Datenbanken ermöglicht den effizienten Zugriff auf Daten und hilft dabei große Datenbestände zu verwalten. Durch die Nutzung von Interpretationskomponenten ist es möglich automatische Schlussfolgerungen zu ziehen und Informationen zu aggregieren. Erklärungen helfen Experten dabei die Korrektheit der Schlussfolgerungen sicherzustellen und vermitteln Anwendern neues Wissen über die Domäne.

Der Einsatz von Ontologien im Informationsmanagement von Krisenstäben bietet sich besonders auf Grund der Inhomogenität und Masse der zu verwaltenden Daten an. Durch den Einsatz von Inferenzverfahren ist es möglich Informationen zu verdichten und hervorzuheben, die ansonsten vielleicht unberücksichtigt bleiben würden. Dies erleichtert es den Mitgliedern eines Krisenstabes vor die Lage zu kommen und so nicht mehr auf die Auswirkungen von Ereignissen reagieren zu müssen, sondern die Krisensituation durch gezieltes Agieren zu deeskalieren.

Unter Berücksichtigung der in dieser Untersuchung gewonnenen Erkenntnisse wird derzeit ein Prototyp eines Informationssystems entwickelt, welcher an Hand eines Beispielszenarios die Möglichkeiten eines Informationssystems für den Einsatz in Krisenstäben demonstrieren soll. Aktuell besitzt der Prototyp die Möglichkeit geographische Daten einer Wissensdatenbank abzufragen und auf einer Karte darzustellen. Im kommenden Semester soll die Funktionalität des Prototypen um eine möglichst intuitive Dateneingabe und die Darstellung graphischer Erklärungen erweitert werden. Die Entwicklung des Prototypen erfolgt in Kooperation mit der Akademie für Krisenmanagement, Notfallplanung und Zivilschutz (AKNZ), der zentralen Aus- und Fortbildungseinrichtung des Bundesamtes für Bevölkerungsschutz und Katastrophenhilfe (BBK), welche die Entwicklung insbesondere durch die Bereitstellung von Seminarplätzen gefördert hat.

Literaturverzeichnis

- [Dengel 2012] DENGEL, Andreas (Hrsg.): *Semantische Technologien: Grundlagen - Konzepte - Anwendungen*. Heidelberg : Spektrum, Akad. Verl, 2012. – URL http://deposit.d-nb.de/cgi-bin/dokserv?id=3477135&prov=M&dok_var=1&dok_ext=htm. – ISBN 9783827426635 (GB.)
- [Forcher u. a. 2009] FORCHER, Björn ; MÖLLER, Manuel ; SINTEK, Michael ; ROTHBERGHOFER, Thomas: Explanation of Semantic Search Results of Medical Images in MEDICO. In: *IJCAI-09 workshop on Explanation-aware Computing*, 2009
- [Hürsch und Lopes 1995] HÜRSCH, Walter ; LOPES, Cristina: Separation of Concerns / College of Computer Science, Northeastern University. 1995. – Forschungsbericht
- [Möller u. a. 2010] MÖLLER, Manuel ; ERNST, Patrick ; SINTEK, Michael ; SEIFERT, Sascha ; GRIMNES, Gunnar ; CAVALLARO, Alexander ; DENGEL, Andreas: Combining Patient Metadata Extraction and Automatic Image Parsing for the Generation of an Anatomic Atlas. In: *Knowledge-based and Intelligent Information and Engineering Systems*. Cardiff, September 2010, S. 290–299
- [Möller und Sintek 2007] MÖLLER, Manuel ; SINTEK, Michael: A Generic Framework for Semantic Medical Image Retrieval. In: *Proc. of the Knowledge Acquisition from Multimedia Content (KAMC) Workshop* Bd. 2, 2007
- [Pahl 2012] PAHL, Svend-Anjes: *Ontologie-basiertes Wissensmanagement*. Online. März 2012. – URL <http://users.informatik.haw-hamburg.de/~ubicomp/projekte/master11-12-aw1/pahl/bericht.pdf>
- [Stephan 2010] STEPHAN, Peter: System Architecture for using Location Information for Process Optimization within a Factory of Things. In: *3rd International Workshop on Location and the Web*. New York, 2010, S. 1–4
- [Theseus 2012] THESEUS: *THESEUS Programm*. 2012. – URL <http://www.theseus-programm.de>