

# **Ontologiebasierte Methodik zur Unterstützung der Nachnutzung von Simulationswissen**

## ***Ontology-Based Methodology to Support the Reuse of Simulation Knowledge***

Jana Stolipin, Sigrid Wenzel, Universität Kassel, Kassel (Germany),  
jana.stolipin@uni-kassel.de, s.wenzel@uni-kassel.de

**Abstract:** A simulation study produces added value by preparing and evaluating planning-relevant information based on expert experience, generating simulation results and imparting planning knowledge to the project members. The simulation knowledge can be reused for future planning tasks, if it is saved, documented and made available to the planners in the company. In this paper the development of a knowledge model (Ontology SimWis) for simulation projects in the field of intralogistics is presented. The resulting methodology for saving and reusing simulation knowledge in planning projects is also outlined.

## **1 Einleitung und Problemstellung**

Nach Gutenschwager et al. (2017) wird unter einer Simulationsstudie in Produktion und Logistik ein simulationsgestütztes Projekt verstanden, d. h. ein Projekt, in dem Simulation als Problemlösungsmethode eingesetzt wird, und das die Facetten des Projektmanagements, der Softwareentwicklung, der Modellbildung und der Simulation vereint. Eine Simulationsstudie wird wertschöpfend durch die Verarbeitung und Bewertung planungsrelevanter Informationen basierend auf Expertenerfahrungen sowie durch die Generierung von Simulationsergebnissen und die Vermittlung des daraus resultierenden Planungswissens an die Projektbeteiligten. Ablaufsimulation – als Wissensarbeit verstanden – umfasst die Prozesse der Wissensentwicklung, -vermittlung, -anwendung und -bewahrung (Neumann 2007). Somit stellen Wissen und Erfahrungen in Verbindung mit dazugehörigen Artefakten, wie Daten, Simulationsmodellen sowie Dokumenten, aus abgeschlossenen Simulationsprojekten eine wertvolle Ressource dar. Das Simulationswissen kann durch spezifische Informationen und Daten charakterisiert und beschrieben werden (Stolipin und Wenzel 2017) und, sofern es im Unternehmen dokumentiert, gesichert und für die Planer zugänglich ist, bei zukünftigen Planungsaufgaben wieder eingesetzt werden. Die Nachnutzung von projektspezifischem Wissen zählt zu den zentralen Prozessen des Wissensmanagements und kann durch geeignete Methoden unterstützt werden. Die wichtigste Voraussetzung hierfür ist die Sicherstellung der Wissensnutzung in Form einer

Wissensbasis (Probst et al. 2012). Hier spielt allerdings die Motivation der Mitarbeitenden eine bedeutende Rolle, damit Wissen Dritter von Individuen aufgenommen, verwendet und produktiv eingesetzt werden kann. Um die Prozesse des Wissensmanagements in die Projektarbeit zu integrieren, müssen geeignete Unterstützungsstrukturen geschaffen werden, durch die das Engagement der Projektbeteiligten und die erforderlichen Zeitreserven gesichert werden können (Bordt 2002).

Eine Analyse von Forschungsarbeiten im Bereich der Ablaufsimulation zeigt, dass die Relevanz der Nachnutzung von Simulationswissen und die Nutzung von Wissensmanagementmethoden (bspw. zur Wissensrepräsentation und Wissensbewahrung) hoch sind, da diese die Durchführung von Simulationsstudien im Bereich der Produktion und Logistik sinnvoll unterstützen können (Rahim et al. 2018; Wenzel et al. 2017). Die nachhaltige Nachnutzung, die schnelle Orientierung in Planungsdaten sowie das Wiederfinden von Simulationswissen und der dazugehörigen Artefakte benötigen u. a. eine geeignete Strukturierung des Wissens, die einerseits unternehmensspezifisch und andererseits kontextbezogen sein muss. Damit die wissensorientierte Nachnutzung sinnvoll gestaltet werden kann, werden im Rahmen des Wissensmanagements verschiedene Informationstechnologien eingesetzt, die beispielsweise als Kommunikationsplattformen dienen, wenn das Wissen komplex, umfangreich und geografisch verteilt ist (Staab 2002). Mittels Informationstechnologien (z. B. Dokumentenmanagementsystemen) kann das Wissen den Individuen einer Organisation bereitgestellt werden. Allerdings reicht es für die Gestaltung der Nachnutzung des Wissens nicht aus, die dazugehörigen Informationen als Daten in digitaler Form bereitzustellen. Methoden zur Strukturierung dieser Daten und Verknüpfung der relevanten Informationen sowie geeignete organisatorische Maßnahmen zur Unterstützung der Prozesse der Wissensnutzung müssen ebenfalls eingesetzt werden.

In diesem Beitrag wird aufbauend auf den bestehenden Ontologie-Ansätzen im Bereich der ereignisdiskreten Simulation und des Projektmanagements (Abschnitt 2) der Aufbau einer erarbeiteten Wissensbasis für Simulationsprojekte aus dem Bereich der Intralogistik in Form eines Wissensmodells vorgestellt (Abschnitt 3.1), wobei zunächst die Methodik zur Sicherung und zur Nachnutzung von Simulationswissen skizziert wird (Abschnitt 3), mit der das implizite Erfahrungswissen externalisiert, formalisiert und gespeichert werden kann. In diesem Zusammenhang wird auch der Software-Prototyp zur Realisierung der Methodik kurz beschrieben. Mit Hilfe der Methodik wird die Nachnutzung von individuellem und projektspezifischem Wissen in Simulationsstudien unterstützt. Hierzu werden in Abschnitt 3.2 die Evaluationsergebnisse der erarbeiteten Methodik erläutert. Abschließend wird in einem Ausblick auf die weitere Nutzung des erarbeiteten Wissensmodells für zukünftige Forschungstätigkeiten eingegangen (Abschnitt 4).

## 2 Bestehende Ansätze

Ontologiebasiertes Wissensmanagement stellt einen Ansatz dar, um eine Wissensbasis im Unternehmen aufzubauen und die Nachnutzung des Wissens zu unterstützen, da mit Hilfe von Ontologien das Wissen einer Organisation modelliert, strukturiert und bereitgestellt werden kann. In Projekten wird Wissen häufig in Form von Dokumenten externalisiert, festgehalten und an die Projektbeteiligten weitergegeben. Die Verbindung von Ontologien und Faktenwissen entsteht durch die Nutzung von Metadaten über die Dokumente sowie durch die Integration der Ontologien in die Projekt-

prozesse (Staab 2002). Stock (2008) definiert den Ontologiebegriff in erster Linie als eine Wissensrepräsentationsmethode, die eine eindeutige Begriffszuordnung ermöglicht, die dann in einer standardisierten Sprachform, wie der Web Ontology Language (OWL), die auf Prädikatenlogik basiert, vorliegt, automatisches Schlussfolgern gestattet, über klare Begriffsdefinitionen verfügt sowie neben den Hierarchierelationen, die das tragende Gerüst einer Ontologie darstellen, mit weiteren Relationen, die die Hierarchierelationen verfeinern, arbeitet. Eine Ontologie beschreibt das Wissen einer Anwendungsdomäne und besteht aus Klassen, die Attribute besitzen und mittels Relationen miteinander verknüpft sein können. Axiome einer Ontologie können Wertebereiche dieser Relationen und der Attribute eingrenzen sowie ihre Eigenschaften bestimmen. Diese logischen Regeln ermöglichen die automatischen Schlussfolgerungen in einer Ontologie unter Einsatz einer Inferenzmaschine (engl. Reasoner). Eine Ontologie kann auch Instanzen bzw. Objekte von Klassen, ihre Attributwerte sowie instanziierte Relationen beinhalten (Lehner 2014). Ontologien lassen sich sehr vielseitig einsetzen, sie unterstützen u. a. die Interpretationen von Suchanfragen und sind ein Hilfsmittel für die Gestaltung des Internets als Semantik Web, indem sie eine methodische Basis für die maschinelle Interpretation der Webinhalte im definierten Kontext gestatten und eine Möglichkeit zur Koordination und Kommunikation der Nutzer bieten (Lehner 2014; Stock 2008).

Im Bereich der Ablaufsimulation existieren bereits Ontologie-Ansätze (z. B. Silver et al. 2011 und Lacy 2006). Silver et al. (2011) stellen die Ontologie DeMO (Discrete-event Modeling Ontology) vor, die darauf abzielt, die allgemeinen Konzepte verschiedener Modellierungstechniken, wie Markov-Ketten oder Petrinetze, zu beschreiben. Einen weiteren Ontologie-Ansatz beschreibt Lacy (2006); die Ontologie PIMODES (Process Interaction Modeling Ontology for Discrete Event Simulations) bildet die Interaktionen der Prozesse im Rahmen ereignisdiskreter Simulationen ab. Ziel dieses Ansatzes ist die Entwicklung einer herstellerneutralen Repräsentation des Datenaustauschs in einem Modell, die auf der PRIMODES-Ontologie basiert. Somit können die mit ausgewählten Simulationswerkzeugen erstellten Simulationsmodelle in die PRIMODES-Ontologie überführt und transformiert werden, um sie dann in anderen Werkzeugen zu nutzen. Im Bereich des Projektmanagements sind ebenfalls Ontologien zu finden, wie z. B. die Projektmanagement-Ontologie (PROMONT), die Projektspezifikationen modelliert und für unternehmensübergreifende, projektbezogene Geschäftsprozesse, wie Integrationsmanagement und Kommunikation, geeignet ist (Abels et al. 2006). Weitere Ontologien, die sich auf das Projektmanagement mit und ohne Schwerpunkt auf die Softwareentwicklung beziehen, werden in Fitsilis et al. (2014) oder Sheeba et al. (2012) vorgestellt.

Auch im Bereich der Materialflusssimulation können Ontologien, die eine Grundlage z. B. zum Entwurf von Wissensverwaltungssystemen darstellen, eingesetzt werden, um den Zugang zu Simulationswissen zu erleichtern und eine einheitliche Wissensbasis in Simulationsstudien zu schaffen (Wenzel et al. 2017). Die Bedeutung des Ontologie-Ansatzes für Simulationsstudien wächst bei der Verwendung von web-basierten Simulationsumgebungen.

Nachfolgend wird eine Methodik zur Unterstützung der Nachnutzung von Simulationswissen vorgestellt. Den Kern dieser Methodik bildet die Ontologie SimWis, wobei die oben genannten Ontologien eine Ausgangsbasis zu ihrer Erstellung bilden.

### 3 Methodik zur Unterstützung der Nachnutzung des Simulationswissens mit Hilfe der SimWis-Ontologie

Um das Simulationswissen zu konkretisieren, identifizieren Stolipin und Wenzel (2017) relevante projektspezifische Informationen für die Nachnutzung von Wissen im Umfeld der Ablaufsimulation und definieren Wissenskategorien. Aufbauend auf den dort beschriebenen Forschungsergebnissen wird in diesem Beitrag die entwickelte ontologiebasierte Methodik zur Unterstützung der Nachnutzung des Simulationswissens vorgestellt. Das Ziel der Methodik ist die wissensorientierte organisatorische und technische Unterstützung der Durchführung von Simulationsprojekten. Das organisatorische Vorgehen der Methodik beinhaltet die in Abbildung 1 dargestellten vier Schritte, die die Vorbereitung und den Ablauf der Nachnutzung von Simulationswissen in einer Simulationsstudie skizzieren:

1. Wissensakquisition im Laufe des Projektes
2. Ergänzung der Wissensbasis
3. Aufbereitung und Bereitstellung der aktuellen Wissensbasis zur Nutzung und
4. Identifikation des projektrelevanten Wissens.

Für die prototypische Umsetzung der Methodik werden der Ontologie-Editor Protégé 5.2 und ein Software-Prototyp auf Basis Microsoft Excel verwendet.

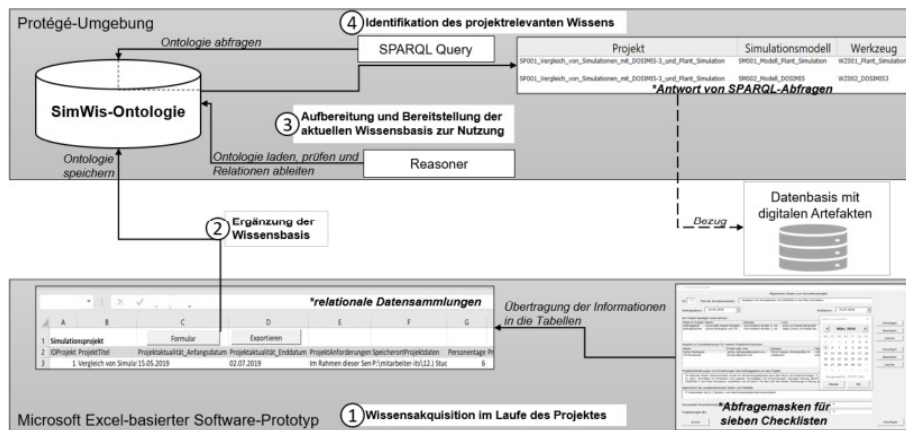


Abbildung 1: Methodik zur Nachnutzung des Simulationswissens

Um die Wissensakquisition im Laufe einer Simulationsstudie durchzuführen, wird ein Excel-basierter Software-Prototyp eingesetzt. Mit Hilfe des Prototyps wird zunächst das Erfahrungswissen aus simulationsgestützten Projekten strukturiert, externalisiert und in Form von relationalen Datensammlungen in einer Microsoft Excel-Datei gesichert (siehe in Abb. 1 Schritt 1). Der Demonstrator besteht aus sieben Checklisten, die in Form von Abfragemasken aufgebaut sind. Mit Hilfe dieser Checklisten werden die projektrelevanten Informationen geprüft und in vordefinierten Excel-Tabellen gesichert. Mit Hilfe des Demonstrators erfolgt die Nutzung der SimWis-Ontologie, sodass die im Projekt externalisierten Informationen automatisch in die Wissensbasis überführt werden. Anschließend werden diese Informationen als OWL-Datei exportiert und in die SimWis-Ontologie manuell oder über ein webbasiertes Plug-in eingepflegt (Abb. 1 Schritt 2). Abschließend erfolgen Aufbereitung, Prüfung und Bereitstellung der Wissensbasis für die Projektbeteiligten (Abb. 1 Schritt 3). Die aktuali-

sierte und erweiterte SimWis-Ontologie wird dann in den Simulationsprojekten zum Wiederfinden von projektrelevanten Informationen (Abb. 1 Schritt 4) und somit zur Unterstützung der Nachnutzung von Wissen eingesetzt. Bevor diese Methodik in einem Projekt eingesetzt werden kann, muss die SimWis-Ontologie und der Demonstrator unternehmensspezifisch gestaltet werden. Um Wissensmanagementmethoden in Unternehmen zu etablieren, müssen auch unterstützende Rollen, wie Wissensmanager und Entwickler, den Mitarbeitenden zugeteilt werden, damit die Nutzung, die Pflege und der Erfolg der Wissensmanagementsysteme gesichert werden können (vgl. Bordt 2002). Nachfolgend werden das Wissensmodell SimWis als Kern der erarbeiteten ontologiebasierten Methodik und ihre Nutzung bei der Unterstützung der Nachnutzung von Wissen in Simulationsprojekten aus dem Bereich der Intralogistik vorgestellt.

### 3.1 SimWis-Ontologie

Das Vorgehen zur Erstellung der SimWis-Ontologie basiert auf dem Leitfaden „Ontologie Development 101“ von Noy und McGuinness (2001). Dieser Leitfaden bietet eine praktische Hilfestellung bei der Entwicklung von Ontologien mittels des Ontologie-Editors der Stanford University Protégé und beschreibt einen iterativen Prozess mit sieben Phasen:

1. Festlegung des Anwendungsgebiets und des Umfangs der Ontologie
2. Einbezug bereits existierender Ontologien
3. Auflistung der relevanten Begrifflichkeiten
4. Definition von Klassen und einer Klassenhierarchie
5. Definition von Eigenschaften der Klassen
6. Definition von Restriktionen
7. Erstellung von Instanzen.

Außerdem wird dieses Vorgehen um zwei weitere Aktivitäten (Evaluation und Dokumentation) erweitert. Die Evaluation umfasst sowohl die Verifikation als auch die Validierung der zu entwickelnden Ontologie. Während mit der Verifikation der korrekte Aufbau und die Funktionalität der Ontologie überprüft werden (Konsistenz-, Vollständigkeits- und Prägnanzprüfung), wird mittels der Validierung nachgeprüft, ob das in der Ontologie modellierte Wissen mit dem Anwendungsgebiet übereinstimmt (Fernández-López et al. 1997). Bei der Evaluation empfiehlt es sich – neben der Verwendung von für das Anwendungsgebiet formulierten Kompetenzfragen zur Prüfung der Ontologieinhalte – zusätzlich der Einsatz entsprechender Plug-ins der Software-Umgebung Protégé zur Überprüfung des semantischen Modells. Die Aktivitäten der Evaluation und Dokumentation erfolgen parallel zu jeder Phase und unterstützen die Entwicklung einer Ontologie.

Die nach diesem Vorgehen entwickelte Ontologie SimWis drückt in erster Linie die Beziehungen zwischen den in Stolipin und Wenzel (2017) erarbeiteten Wissenskategorien und nachnutzungsrelevanten Informationen einer Simulationsstudie aus. In der Abbildung 2 wird die Begriffshierarchie der SimWis-Ontologie (Taxonomie) vorgestellt. Auf Basis der in der Taxonomie definierten Klassen (in Abb. 2 mit Kreisen markiert) können die Inhalte und Ergebnisse einer Simulationsstudie durch kurze Angaben formuliert und beschrieben werden. Die Wissenskategorien einer Simulationsstudie werden in der SimWis-Ontologie als Klassen *Simulationsprojekt*, *Untersuchungsgegenstand*, *Projektdateien*, *Simulationsmodell*, *Simulationsergebnisse* und

*ProjektDokumente* mit Unterklassen *AllgemeineDokumente*, *SystemanalyseDokumente*, *ModellDokumente*, *ExperimenteDokumente* sowie *ErgebnisseDokumente* abgebildet. Weitere planungsrelevante und nachnutzungswürdige Informationen eines Simulationsprojektes sind in der Klasse *relevanteInformationen* dargestellt, wobei sich ihre Unterklassen thematisch auf die definierten Wissenskategorien beziehen und wie eine strukturierte Sammlung von Informationen zu der jeweiligen Kategorie aufgebaut sind. Beispielsweise beinhaltet die Unterklasse *ProjektInformationen* weitere Unterklassen *Unternehmen*, *Kontaktperson*, *ProjektAufgabe*, *Zielvorgabe*, usw.; hier werden allgemeine Informationen, wie z. B. die definierte Projektaufgabe, die daraus abgeleiteten Zielvorgaben der Simulationsstudie, die Kontaktpersonen und die Rolle der Kontaktpersonen im Projekt, angegeben. Die einzelnen Klassen werden außerdem mit Hilfe von Attributen (Data Properties) spezifiziert (z. B. für die Klasse *Simulationsprojekt* definierte Data Properties: *Projekttitel*, *Projektbudget*, *Personenmonate*, *Speicherort*, *Projektanforderungen*, *Anfangs- und Enddatum*).

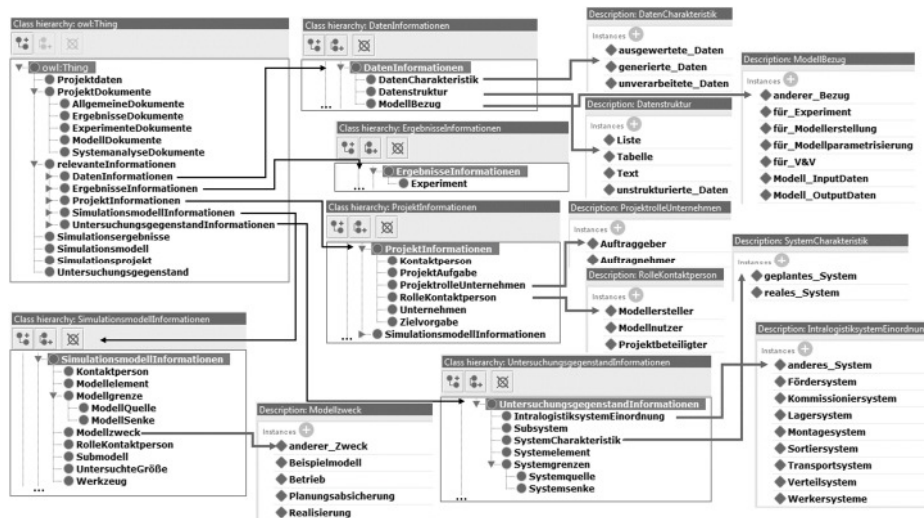


Abbildung 2: SimWis-Ontologie (Ausschnitt aus dem Ontologie-Editor Protégé 5.2)

Klassen der SimWis-Ontologie können auch außerhalb der Taxonomie über Relationen (Object Properties) miteinander verknüpft werden, wobei zwei Klassen in Verbindung mit einer Relation ein sogenanntes Tripel bilden. Beispielsweise bilden die Klasse *Simulationmodell*, die Relation *Simulationmodell\_untersucht\_Untersuchungsgegenstand* und die Klasse *Untersuchungsgegenstand* ein Tripel. Dieses Tripel drückt aus, dass ein Simulationmodell immer einen Untersuchungsgegenstand hat. Die Relationen zwischen den Klassen der SimWis-Ontologie können gemäß der Grundstruktur definiert werden (vgl. Abb. 3), wobei jede der definierten Beziehungen außerhalb der Taxonomie auch eine inverse Beziehung besitzt.

Eine Ausprägung einer Klasse ist eine Instanz bzw. ein Objekt (in Abb. 2 ist eine Instanz mit einer Raute gekennzeichnet). Zum Zweck der Maschinenlesbarkeit einer Ontologie und des Ziehens von Schlüssen aus einer Ontologie wird – wie bereits erwähnt – ein Reasoner eingesetzt, der die Ontologie auf Konsistenz prüft und neue Informationen aus dem Wissensmodell ableitet; hierzu müssen Axiome definiert werden. Mit den Axiomen werden Relationen eingegrenzt, um beispielsweise zu zeigen,

dass zwei Klassen einer Ontologie und dann auch ihre Instanzen synonym zu verwenden sind, wenn diese in der Ontologie die gleiche Semantik benutzen. Ein Beispiel für ein Axiom in der SimWis-Ontologie (in Form von Property Chains) ist die Relation *Simulationsprojekt\_hat\_Untersuchungsgegenstand*. Dieses Axiom wird in Abbildung 3 durch eine Strichpunktlinie abgebildet; diese zeigt, dass die Relation auf der Grundlage des definierten SuperProperty Of (Chain) mit Hilfe des Reasoners abgeleitet wird. Das Axiom sagt aus, dass beim direkten Aufeinanderfolgen von zwei vorgegebenen Relationen (in SimWis: *Simulationsprojekt\_hat\_Simulationsmodell* und *Simulationsmodell\_untersucht\_Untersuchungsgegenstand*) das Ende der Kette mit der dritten Relation (in SimWis: *Simulationsprojekt\_hat\_Untersuchungsgegenstand*) zu verknüpfen ist (vgl. Abb. 3).

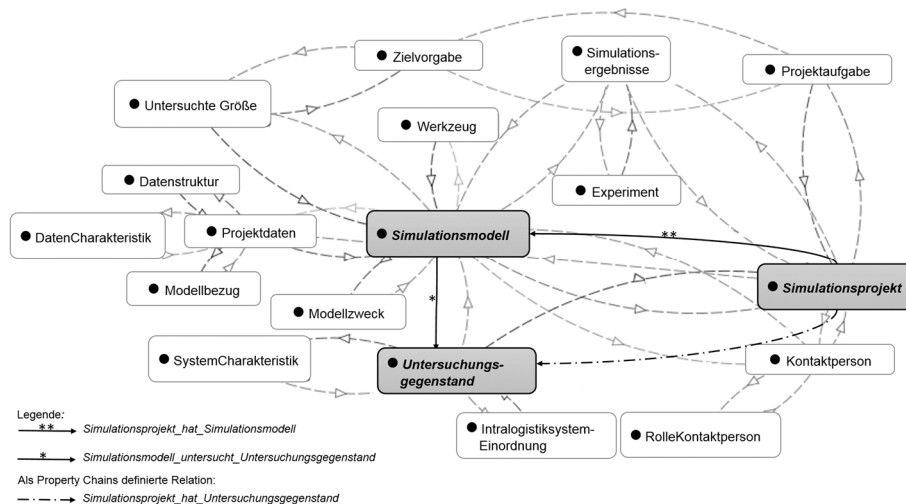


Abbildung 3: Relationen und Klassen der SimWis-Ontologie

Die Dokumentation der Ontologie sowie des Entwicklungsprozesses ist ein wichtiger, nicht zu vernachlässigender Bestandteil bei der Entwicklung einer Ontologie. Auch die Formalisierung der SimWis-Ontologie ist mittels des Werkzeuges Protégé durch eine sogenannte Annotation *Beschreibung* dokumentiert. Die Beschreibungen der einzelnen Klassen erfolgen nach den Definitionen aus der Fachliteratur zur Ablaufsimulation in Produktion und Logistik, außerdem werden auch die vorreservierten Individuals der SimWis-Ontologie (z. B. die Individuals der Unterklasse *IntralogistiksystemEinordnung* (dazu Abb. 2), wie *Fördersystem*, *Kommissioniersystem*, *Lagersystem*, *Montagesystem*, *Sortiersystem*, *Transportsystem* usw.), die zur einfachen Einordnung und zur standardisierten Charakterisierung der relevanten Informationen dienen, mittels der Annotation *Beschreibung* erläutert; hier wird auch ihr Zweck im Wissensmodell erklärt. Zudem werden ausgewählte Relationen und insbesondere die in der Ontologie SimWis definierten Axiome dokumentiert. Diese Annotationen sind in der SimWis-Ontologie gespeichert, reichern diese mit zusätzlichen Informationen an und erleichtern somit das Verständnis der definierten Ontologie.

### 3.2 Evaluation der SimWis-Ontologie und des Software-Prototyps

Nach dem oben beschriebenen Vorgehensmodell (Abschnitt 3.1) sind während der Erstellung einer Ontologie die Dokumentation ihrer Bestandteile und die Überprüfung ihrer semantischen Strukturen als iterative Prozesse durchzuführen. Die Überprüfung der Effektivität der SimWis-Ontologie in Bezug auf die Nachnutzung von Simulationwissen in simulationsgestützten Logistikprojekten erfolgt in Absprache mit Simulationsexperten, dabei werden insbesondere ihre Taxonomie, die Wahl der Begriffe und die dazugehörigen Definitionen sowie der strukturelle Aufbau der SimWis-Ontologie (z. B. ihre Relationen) überprüft. In diesem Zuge entsteht eine Liste mit möglichen Kompetenzfragen, die an eine Wissensbasis bei der Suche nach nachnutzungsrelevanten Informationen gestellt werden können. Hierzu zählen Fragen nach dem in einem Projekt untersuchten System, nach den dazu erstellten Simulationsmodellen und nach ihrem Aufbau und den verwendeten Modellelementen, Fragen nach der Art der Modellbeschreibung und der Modellkomplexität, Fragen zum Detaillierungsgrad, zur Kopplungsfähigkeit, hinsichtlich zukünftiger Wartungsmöglichkeiten und geplanter Wiederverwendung sowie Fragen nach den bei der Modellierung eingesetzten Werkzeugen. Gleichzeitig können Fragen nach den erzielten Simulationsergebnissen und den dazu definierten Simulationsexperimenten mit den dabei variierten Parametern oder nach den im Simulationsmodell untersuchten Kenngrößen gestellt werden. Die vollständige Frageliste ist im Excel-basierten Software-Prototypen mit der SPARQL-Abfragesprache (SPARQL Protocol And Resource Description Framework (RDF) Query Language) formuliert.

Die technische Überprüfung der semantischen Strukturen der SimWis-Ontologie wird anschließend mit entsprechenden Plug-ins für die Software-Umgebung Protégé durchgeführt. Zur Überprüfung der Richtigkeit der definierten semantischen Strukturen der SimWis-Ontologie werden der Debugger OntoDebug und FACT++ als Reasoner in Protégé verwendet. Nach der Überprüfung der Korrektheit der Formulierung des semantischen Modells erfolgt unter Nutzung des für die Ontologie SimWis entwickelten Excel-basierten Software-Prototyps das Befüllen der SimWis-Ontologie mit einigen Beispielprojekten. Dabei werden die Bestandteile der Ontologie nochmals überprüft und die zuvor formulierten Kompetenzfragen als SPARQL-Fragen an die erweiterte Ontologie SimWis gestellt. Mit diesen SPARQL-Fragen können die einzelnen Bestandteile der Ontologie und insbesondere die Informationen zu den in der Ontologie eingefügten Beispielen abgefragt werden. Diese Anfragen erfolgen in Form von Tripel, also Instanz-Paaren mit jeweils einer Relation, und liefern dann die Antworten in Form von Tabellen.

Nach der Überprüfung der Korrektheit der Formulierungen des semantischen Modells der SimWis-Ontologie und nach dem Einpflegen von Projektbeispielen in ihre Struktur findet die Phase der Evaluation der gesamten ontologiebasierten Methodik mit ausgewählten Simulationsexperten statt. Für die Externalisierung des Simulationswissens, für die Dokumentation von projektrelevanten Informationen und für die Vereinfachung der Instanziierung der SimWis-Ontologie (automatische Instanziierung ihrer Klassen und ihrer Beziehungen) wird der erwähnte Software-Prototyp verwendet. Um die erarbeitete Ontologie und den erstellten Demonstrator zu evaluieren, wird ein fragebogenbasiertes Interview mit sieben Simulationsexperten aus Industrie und Forschung durchgeführt. Hierbei wird zunächst die erarbeitete Methodik, die



SimWis-Ontologie und der erstellte Demonstrator den Experten vorgestellt. Im Rahmen der Evaluation wird den Simulationsexperten in Gesprächen der Einsatz der Methode anhand eines Beispielsimulationsprojektes erläutert. Die Überprüfung der Kompetenzfragen erfolgt dann direkt in Protégé. Für die Bewertung der vorgestellten Evaluationsgegenstände stehen den Experten ein Fragenbogen und die Dokumentation der SimWis-Ontologie sowie des Demonstrators zur Verfügung. Kriterien für die Evaluation sind Vollständigkeit, Verständlichkeit, Einfachheit und Eignung der SimWis-Ontologie für das Umfeld der simulationsgestützten Intralogistikprojekte und Bedienfreundlichkeit des Demonstrators. Die Experten erklären die Nutzung von Wissensbasen als wichtig und die entwickelte Methodik für die Nachnutzung von Simulationswissen in Intralogistikprojekten als praxisrelevant. Im Rahmen der Evaluation wird abschließend festgehalten, dass die SimWis-Ontologie als eine Wissensbasis eingesetzt werden kann. Die Simulationsexperten bewerten die SimWis-Ontologie grundsätzlich als verständlich und ihre Strukturen als nachvollziehbar. Kritikpunkte sind die Form der SPARQL-Abfragen und Art und Umfang der Weiterentwicklung bei unternehmensspezifischen Änderungen in der SimWis-Ontologie. Als Mehrwert kann vor allem die systematische Dokumentation und Nutzbarkeit von Expertenwissen über mehrere Simulationsprojekte gesehen werden. Die Praktikabilität im Rahmen von Simulationsprojekten muss allerdings noch erprobt werden, damit quantifizierbare Aussagen zu Effizienz und Effektivität gemacht werden können.

#### 4 Zusammenfassung und Ausblick

Durch die Bereitstellung von relevanten Informationen in einem Wissensmodell können die Zusammenhänge und Ergebnisse einer Simulationsstudie besser nachvollzogen, die relevanten Artefakte, wie Daten, Modelle und Experimente, schneller wiedergefunden, die bei der Simulation im Bereich Intralogistik auftretenden Begriffe und ihre Zusammenhänge erklärt sowie die Struktur und die Bestandteile eines Simulationsprojektes abgebildet werden. Die SimWis-Ontologie stellt somit eine geeignete Grundlage für eine gemeinsame Terminologie dar, trägt dazu bei, ein gemeinsames Verständnis von projektbezogenen Begriffen aufzubauen, und erleichtert so das Management und die Dokumentation von Simulationsprojekten anhand von relevanten Informationen. Außerdem kann das Wissensmodell als ein Erklärungsmodell, z. B. für die Erstellung von Wissensverwaltungssystemen, eingesetzt werden. Darüber hinaus kann die SimWis-Ontologie als Wissensbasis für durchzuführende Projekte verwendet werden. Hierzu müssen die Klassen und die Beziehungen der SimWis-Ontologie instanziiert werden, d. h. in das Modell werden projektrelevante Informationen in Form von Objekten bzw. Individuals eingefügt. Das kann entweder manuell mit dem Werkzeug Protégé oder direkt in der OWL-Datei der SimWis-Ontologie gemäß der Spezifikation erfolgen. Zukünftig werden auf der Grundlage dieser Ergebnisse weitere Forschungen zum Thema *Nachnutzung und Beschreibung von Simulationswissen* durchgeführt. Ein wichtiges Forschungsziel ist in diesem Zusammenhang die Weiterentwicklung eines nachnutzungsorientierten Dokumentationsprozesses für Simulationsstudien in Unternehmen.

#### Literatur

Abels, S.; Ahlemann, F.; Hahn, A.; Hausmann, K.; Strickmann, J.: PROMONT – A Project Management Ontology as a Reference for Virtual Project Organizations.

- In: Herrero, P.; Meersman, R.; Tari, R. (Hrsg.): On the move to meaningful internet systems 2006. Berlin: Springer 2006, S. 813-823.
- Bordt, A.: Wissensmanagement im Spannungsfeld des Projektmanagements. Illustriert am Beispiel der Unternehmensberatung eLoyalty. In: Abecker, A.; Hinkelmann, K.; Maus, H.; Müller, H.J. (Hrsg.): Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement. Berlin: Springer 2002, S. 323-342.
- Fernández-López, M.; Gómez-Pérez, A.; Juristo, N., 1997: Methontology: From ontological art towards ontological engineering, AAAI Technical Report SS-97-06. Online verfügbar unter [http://oa.upm.es/5484/1/METHONTOLOGY\\_.pdf](http://oa.upm.es/5484/1/METHONTOLOGY_.pdf), zuletzt geprüft am 06.05.2019.
- Fitsilis, P.; Gerogiannis, V.; Anthopoulos, L.: Ontologies for Software Project Management: A Review. Journal of Software Engineering and Applications 7 (2014) 13, S. 1096-1110.
- Gutenschwager, K.; Rabe, M.; Spieckermann, S.; Wenzel, S.: Simulation in Produktion und Logistik: Grundlagen und Anwendungen. Berlin: Springer Vieweg 2017.
- Lacy, L.W., 2006: Interchanging Discrete Event Simulation Process Interaction Models using The Web Ontology Language - OWL. Orlando, Florida. Online verfügbar unter [http://etd.fcla.edu/CF/CFE0001353/Lacy\\_Lee\\_W\\_200612\\_PhD.pdf](http://etd.fcla.edu/CF/CFE0001353/Lacy_Lee_W_200612_PhD.pdf), zuletzt geprüft am 05.05.2019.
- Lehner, F.: Wissensmanagement. Grundlagen, Methoden und technische Unterstützung. München: Carl Hanser 2014.
- Neumann, G.: Wissensmanagementkonzepte für die Validierung und Qualitätssicherung in der prozessorientierten Logistiksimulation. In: Engelhardt-Nowitzki, C.; Nowitzki, O.; Krenn, B. (Hrsg.): Management komplexer Materialflüsse mittels Simulation. Wiesbaden: Deutscher Universitäts-Verlag 2007, S. 183-202.
- Noy, N.F.; McGuinness, D.L.: Ontology Development 101: A Guide to Creating Your First Ontology: Stanford Knowledge Systems Laboratory Technical Report KSL-01-05 and Stanford Medical Informatics Technical Report SMI-2001-0880 2001.
- Probst, G.; Raub, S.; Romhardt, K.: Wissen managen: Wie Unternehmen ihre wertvollste Ressource optimal nutzen. Wiesbaden: Springer 2012.
- Rahim, M.A.; Stolipin, J.; Wenzel, S.: Wissensmanagement in der Produktionssystemplanung. ZWF 113 (2018) 6, S. 381-385.
- Sheeba, T.; Krishnan, R.; Bernard, J.M.: An Ontology in Project Management Knowledge Domain. International Journal of Computer Applications 56 (2012) 5, S. 1-7.
- Silver, G.A.; Miller, J.A.; Hybinette, M.; Baramidze, G.; York, W.S.: DeMO: An Ontology for Discrete-event Modeling and Simulation. Simulation 87 (2011) 9, S. 747-773.
- Staab, S.: Wissensmanagement mit Ontologien und Metadaten. Informatik Spektrum 25 (2002) 3, S. 194-209.
- Stock, W.G.: Wissensrepräsentation: Informationen auswerten und bereitstellen. München: Oldenbourg 2008.
- Stolipin, J.; Wenzel, S.: Nachnutzung von Wissen in Simulationsstudien. In: Wenzel, S.; Peter, T. (Hrsg.): Simulation in Produktion und Logistik 2017. Kassel: kassel university press 2017, S. 209-218.
- Wenzel, S.; Jessen, U.; Stolipin, J.: Rolle der Ablaufsimulation in Industrie 4.0. In: Gronau, N. (Hrsg.): Industrial Internet of Things in der Arbeits- und Betriebsorganisation: Aufgaben und Integration. Berlin: GITO 2017, S. 177-198.