

# Entwicklung von agentenbasierten Unterstützungssystemen in der Konstruktion unter Berücksichtigung von Ansätzen aus dem Wissensmanagement

Martin Kratzer  
Hansgeorg Binz  
Daniel Roth

Veröffentlicht in:  
Multikonferenz Wirtschaftsinformatik 2012  
Tagungsband der MKWI 2012  
Hrsg.: Dirk Christian Mattfeld; Susanne Robra-Bissantz



Braunschweig: Institut für Wirtschaftsinformatik, 2012

# Entwicklung von agentenbasierten Unterstützungssystemen in der Konstruktion unter Berücksichtigung von Ansätzen aus dem Wissensmanagement

## Martin Kratzer

Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design,  
70569 Stuttgart, E-Mail: martin.kratzer@iktd.uni-stuttgart.de

## Hansgeorg Binz

Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design,  
70569 Stuttgart, E-Mail: hansgoerg.binz@iktd.uni-stuttgart.de

## Daniel Roth

Universität Stuttgart, Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design,  
70569 Stuttgart, E-Mail: daniel.roth@iktd.uni-stuttgart.de

## Abstract

In diesem Beitrag wird ein Ansatz zur Entwicklung von agentenbasierten Unterstützungssystemen in der Konstruktion unter Berücksichtigung des prozessorientierten Wissensmanagements, des modellbasierten Wissensmanagements und der modellbasierten Wissensverarbeitung beschrieben. Mit Hilfe dieses integrierten Ansatzes ist bei der Entwicklung von agenten- bzw. wissensbasierten Systemen eine stärkere Fokussierung auf den zentralen Geschäftsprozess, hier der Konstruktionsprozess, möglich. Die Aufbau- und Ablauforganisation im Unternehmen wird hierbei ganzheitlich analysiert, modelliert und in die Entwicklung methodisch eingebunden.

## 1 Einleitung

Der von der Produktentwicklung abgeleitete Konstruktionsprozess ist wie andere Geschäftsprozesse wissensintensiv und komplex, jedoch wird hierbei eine Ausprägung in diesen beiden Dimensionen erreicht, die nach Eppler et al. zusammen mit dem Produktinnovationsprozess einzigartig ist [3]. Der Konstruktionsprozess (KP) ist geprägt durch einen partiell nicht vorhersehbaren Verlauf, durch vielfältige Einflussmöglichkeiten von Rollen auf den Prozess (z. B. Kunden, Entwickler, Entscheider etc.), komplexe Entscheidungspfade und demnach einen großen Lösungsraum, einer geringen Halbwertszeit relevanten Fach- und Vorgehenswissens etc.

Bereits Stand der Technik ist die Integration von Methoden und Werkzeugen aus dem Wissensmanagement in den KP, um die dortige Wissensverarbeitung effizienter zu gestalten. Hierbei sind personelle, organisatorische und technologische Ansätze denkbar (siehe [13]). Besonders der Einsatz von technologischen Maßnahmen und deren reibungslosen Einbettung in den Geschäftsprozess wurde vielfältig untersucht, jedoch ist die Nutzbarkeit und Akzeptanz der dabei entstandenen Systeme häufig nicht gegeben [16].

Eine Möglichkeit im Bereich des technologischen Wissensmanagements ist die Unterstützung von Konstrukteuren durch ein agentenbasiertes System, das diese bei der Arbeit mit einem CAD-System proaktiv unterstützt. Der Vorteil dieser Technologie im Konstruktionsbereich stellt die Möglichkeit dar, Konstruktionsprozesse und Konstruktionsteams in einem System exakter abzubilden. Darüber hinaus besitzen agentenbasierte Systeme eine bessere Wartbarkeit und Erweiterbarkeit [8]. Im in diesen Beitrag beschriebenen exemplarischen System „ProKon“ wird das Produktmodell auf Inkonsistenzen gegenüber Anforderungen und Gestaltungsrichtlinien überprüft. Das Agentensystem besteht aus Objektagenten, die Bauteile, Baugruppen und Verbindungen zwischen Bauteilen betreuen, Aspektagenten, die eine Gestaltungsrichtlinie vertreten, Fachagenten zur Unterstützung der Aspektagenten und einem Managementagent zur Koordination der Aufgaben. Ein erstes System wurde in einem Kooperationsprojekt entwickelt (ProKon-Basissystem). Neben dem Basissystem ist die Wissensakquisitionskomponente (ProKon-Wissensintegrationssystem) ein weiterer Bestandteil des Gesamtsystems, die es Konstrukteuren erlaubt, Wissen selbstständig auf eine benutzerspezifische und benutzerfreundliche Art und Weise zu integrieren. Hierdurch soll die Akzeptanz und Nutzbarkeit des Systems steigen [7].

## 2 Problembeschreibung und Zielsetzung

Bei der Entwicklung dieses agentenbasierten Unterstützungssystems in der Konstruktion ergaben sich, wie auch durch Literaturstudien bestätigt werden konnte, mehrere Probleme, die im Folgenden aufgegriffen werden und als Motivatoren des vorliegenden Beitrags dienen. Zu aller erst konnte auf keine generische Vorgehensweise zur Entwicklung des agentenbasierten Unterstützungssystems ProKon zurückgegriffen werden. Diese Problematik ist bereits durch Lander [8] beschrieben worden. Es wurden aus diesem Grund einzelne Schritte von Vorgehensweisen aus dem Knowledge-based Engineering (u. a. [9], [14]), dem Knowledge Engineering (u. a. [13]) und der klassischen agentenorientierten Softwareentwicklung (u. a. [6]) verwendet. Dies hatte zur Folge, dass die Entwicklung des Systems verteilt durchgeführt wurde (Konstruktionstechnik/Wissensmanagement bzw. Softwaretechnik/Agententechnik) und zur Folge hatte, dass Ergebnisse schwierig in den nächsten Schritt der darauffolgenden Phase übertragen werden konnten. Dieses Problem ist bereits durch Schreiber [13] und Stokes [14] beschrieben worden. Weiterhin ist ein Rapid-Prototyping-Ansatz verfolgt worden, bei dem ein Prototyp sukzessive erweitert wurde. Jedoch ist dieser Ansatz höchst unmethodisch und nur bei niederkomplexen Geschäftsprozessen anzuwenden (vgl. auch Funkat [4]). Zusätzlich war die Verwendung unterschiedlicher Begriffswelten ein Problem, die beide Entwicklungspartner gewohnt waren. Diese Problematik führt auch Lutz [9] auf. Zudem war die eigene Vorgehensweise nicht auf die Organisation abgestimmt, in der das System zur Anwendung kommt. Dies lag u. a. an der fehlenden Berücksichtigung von Aufbau- und Ablaufstrukturen bzw. der Unternehmenskultur in der gewählten Vorgehensweise (siehe auch Schreiber [13]). Besonders die Unternehmenskultur ist ein wichtiger Faktor, da hier bestimmte Eigenheiten und Eigenschaften

einer Organisation implizit definiert sind, die auf die Entwicklung des Systems einen Einfluss haben. Ferner konnte die Wissensverarbeitung, also die Überführung von informalem Wissen aus Wissensquellen in semi-formales/formales Wissen, nicht adäquat unter Berücksichtigung der üblichen Vorgehensweisen umgesetzt werden, da diese keine Agentenorientierung aufweisen. Letztlich fehlen Anhaltspunkte zur systematischen Analyse von wissensintensiven Geschäftsprozessen in der Konstruktion auf deren Tauglichkeit hinsichtlich der Unterstützbarkeit von Agentensystemen.

Aufbauend auf der vorgestellten Problematik ist es das Ziel, einen Ansatz für ein generisches, ganzheitliches Vorgehen zur Entwicklung von agentenbasierten Systemen in der Konstruktion zu erarbeiten. Der Ansatz soll hierbei auf den Erkenntnissen aus der eigenen Entwicklung und auf den Erkenntnissen aus weiteren Fallstudien basieren. Letztlich soll die Vorgehensweise Unternehmen helfen, agentenbasierte Unterstützungssysteme in der Konstruktion unternehmensspezifisch zu entwickeln und einzusetzen. Mit Hilfe von Forschungsfragen kann die Forschung, und dementsprechend der Beitrag, strukturiert werden (siehe Tabelle 1).

Forschungsfragen	Abschnitt 2	Abschnitt 3	Abschnitt 4	Abschnitt 5
Forschungsfrage 1: Welche Probleme existieren aktuell bei der Entwicklung von agentenbasierten Unterstützungssystemen in der Konstruktion?	●			
Forschungsfrage 2: Welche Anforderungen lassen sich aus der Problematik bei der Entwicklung von agentenbasierten Unterstützungssystemen in der Konstruktion ableiten?		●		
Forschungsfrage 3: Welche generellen Lösungen lassen sich aus den Anforderungen ableiten?			●	
Forschungsfrage 4: Wie sieht ein generisches, ganzheitliches Vorgehen zur Entwicklung dieser Systeme aus?			●	
Forschungsfrage 5: Wie kann die generische Vorgehensweise unter Berücksichtigung wissenschaftstheoretischer Überlegungen evaluiert werden?				●

**Tabelle 1: Forschungsfragen und Strukturierung des Beitrags**

Unter Berücksichtigung der Problematik und Zielsetzung in Bezug auf eine ganzheitliche Vorgehensweise ist es im nachfolgenden Abschnitt das Ziel, bisherige Ansätze systematisch zu untersuchen, um daraufhin in Abschnitt 4 die neue, ganzheitliche Vorgehensweise abzuleiten. In Abschnitt 5 werden die Ergebnisse zusammengefasst und kritisch diskutiert. Ein Ausblick rundet den Beitrag ab (siehe Abschnitt 6).

### 3 Stand der Forschung und Betrachtung relevanter Ansätze

In diesem Abschnitt erfolgt die Beschreibung der für den eigenen Ansatz relevanten Anforderungen unter Berücksichtigung der in Abschnitt 2 beschriebenen Probleme. Hierbei werden die Anforderungen gleichzeitig mit bereits existierenden Ansätzen aus den Bereichen des Wissensmanagement und der Wissensverarbeitung lösungsneutral beschrieben. Die Aufzählung erfolgt stichwortartig und beinhaltet sowohl Anforderungen an die Vorgehensweise sowie an das System als Ergebnis dieser Vorgehensweise.

- **Bei der Entwicklung müssen komplexe, wissensintensive Geschäftsprozesse abgebildet werden:** Agentenbasierte Systeme sind an sich nicht komplex. Systeme werden erst dann komplex, sofern sie eine komplexe Situation, wie z. B. den Konstruktionsprozess berücksichtigen. Wie bereits in der Problemstellung beschrieben wurde, erfolgte die Entwicklung anhand eines Rapid-Prototyping-Ansatzes. Schreiber [13] und Uschold [17] schlagen jedoch vor, diese Systeme nicht wie herkömmlich mit einem Transfer- oder Rapid-Prototyping-Ansatz zu entwickeln, sondern modellbasierte Ansätze zu verwenden. Diese Ansätze haben den Vorteil, dass zunächst in unterschiedlichen Modellen das System ganzheitlich modelliert wird und somit eine Konsistenzprüfung bereits vor der eigentlichen Implementierung stattfinden kann.
- **Die Entwicklung muss unter Berücksichtigung des Unternehmens erfolgen:** Die Anforderung entstand aus der Betrachtung mehrerer Problemstellungen: Fehlende generische Vorgehensweise, verteilte Entwicklung, Verwendung unterschiedlicher Begriffswelten, fehlende Abstimmung auf die Organisation (siehe Abschnitt 2). Zur Behebung dieser Probleme ist die Einführung eines Gestaltungsrahmens für die Entwicklung eines agentenbasierten Systems eine entscheidende Zielsetzung, da dieser die eigentliche Erarbeitung des Systems, d. h. Modellierung und Operationalisierung, mit dem betrachteten Unternehmen in Verbindung bringt. Remus [12] hat in seiner Arbeit hierfür unterschiedliche Prozesse im Bereich des Wissensmanagements untersucht. Auf der oberen Ebene wird zwischen Wissensfluss, WM-Aktivität, Wissenskreislauf und wissensintensiver Prozess unterschieden. Der wissensintensive Prozess kann weiterhin in wissensintensiver Geschäftsprozess, Wissensprozess und Wissensmanagementprozess unterteilt werden. So kann der Zusammenhang zwischen dem in einem System abzubildenden wissensintensiven Geschäftsprozess, dem daraus resultierenden Wissensprozess und dem für die eigentliche Umsetzung notwendigen Wissensmanagementprozess hergestellt werden. Heisig [5] hat theoretische und empirische Ansätze im Bereich des prozessorientierten Wissensmanagements vereint und liefert eine Methode zur Vereinigung von Wissensmanagement und Geschäftsprozessmanagement. Heisig definierte hierbei zunächst ein umfassendes Referenzmodell bestehend aus drei durch eine Nutzergruppe evaluierten Modellebenen. Für eine letztendliche Kopplung zwischen dem Wissensprozess und dem ausführenden Wissensmanagementprozess bieten sich zudem die Interventionsebenen nach Remus [12] an (Wettbewerbsstrategie, WM-Strategie, Wissensbasis, WM-Instrumente/-systeme, Kultur und WM-Organisation/-prozesse), die die Abhängigkeitsbeziehungen zwischen den Wissensaktivitäten regeln. So können über die korrekte Anwendung der Interventionsebenen auf reale Problemstellungen zum einen die richtigen Wissensaktivitäten identifiziert und zum anderen die Anordnung der Wissensaktivitäten festgelegt werden.

Der Konstruktionsprozess spielt neben dem Gestaltungsrahmen bei der Entwicklung des Systems eine wichtige Rolle, da die Tätigkeiten der Konstrukteure vom späteren System übernommen werden sollen. Für die Abbildung dieses wissensintensiven Geschäftsprozesses können die Vorgehensmodelle nach Heisig [5] und Allweyer [2] zur Analyse und Modellierung, d. h. zur Abbildung der wissensintensiven Geschäftsprozesse auf das zu entwickelnde System verwendet werden.

Ein Team aus Konstrukteuren, die in einem Konstruktionsprozess Tätigkeiten durchführen, beinhaltet i. d. R. mehrere Rollen, die im Prozess kommunizieren und interagieren. Rollen haben dabei unterschiedliche Fähigkeiten und verfolgen unterschiedliche Ziele. Beispielhaft

kann an dieser Stelle ein Experte im Bereich des Leichtbaus genannt werden, der das Produkt unter Berücksichtigung seines Wissens und Erfahrung, u. U. konträr zu seinen Kollegen, auf Leichtbau optimiert. Er handelt hierbei im Rahmen des Gesamtziels, jedoch können Konflikte mit Kollegen entstehen, die das Produkt lediglich auf deren Fertigbarkeit optimieren wollen. Die Orientierung an einem Konstruktionsteam ist somit mit der Orientierung am Konstruktionsprozess zentral. Speziell agentenbasierte Entwicklungsansätze, wie die von Jennings [6], berücksichtigen durch eine Ziel- und Rollenanalyse besonders den wissensintensiven Geschäftsprozess und können somit Rollenverteilungen in einem Prozess abbilden. Zudem ist die Berücksichtigung der Unternehmenskultur für die Abbildung der Organisation in einem System wichtig. Heisig [5] hat hierfür mehrere Einordnungskriterien erarbeitet (Berufskulturen, funktionalen Kulturen, Werte und Traditionen), die in einer Unternehmensanalyse und in dem darauffolgenden Modellierungsschritt berücksichtigt werden müssen.

- **Die Vorgehensweise muss eine Agentenorientierung aufweisen:** Die Berücksichtigung eines Agentensystems kann auf mehreren Ebenen erfolgen. Eine Agentenorientierung umfasst zum einen die Begriffswelt und zum anderen Methoden und Vorgehensweisen [6]. Besonders Methoden und Vorgehensweise sind zwar in Grundzügen an die herkömmliche objektorientierte Softwareentwicklung angelehnt, unterscheiden sich aber in der Wahl der Mittel. Die bereits aufgeführte Ziel- und Rollenanalyse, als auch die Festlegung der Kommunikation und Kooperation zwischen den Agenten werden in einem neuen Kontext eingebettet.
- **Die Vorgehensweise muss die eigentliche Wissensverarbeitung und komplexe, verteilte, heterogene Wissensbasen berücksichtigen:** Aufgrund einer fehlenden generischen Vorgehensweise und der Tatsache, dass die Wissensverarbeitung nicht agentengerecht durchgeführt wurde, lässt sich die folgende Anforderung ableiten. Zunächst ist es das Ziel, die Wissensverarbeitung in den bereits beschriebenen Gestaltungsrahmen einzuordnen. Die Wissensverarbeitung ist nach Remus [12] ein Serviceprozess zur Operationalisierung und Unterstützung der eigentlichen Wissensprozesse. Der weitverbreitetste Wissensverarbeitungsansatz stammt von Schreiber et al. [13] mit *CommonKADS*. Ziel von *CommonKADS* ist es, eine Vorgehensweise auf Modellbasis bereitzustellen, um wissensbasierte Systeme methodisch zu entwickeln. Insgesamt beinhaltet der Ansatz sechs unterschiedliche Modelle, die aufeinander aufbauen. Zunächst wird durch die Erarbeitung des Organisationsmodells, des Aufgabenmodells und des Agentenmodells der für das Problem relevante Teil des Unternehmens mit seinen Geschäftsprozessen analysiert und modelliert. Hierbei baut das Modell auf Ansätze aus der Geschäftsprozessanalyse auf. Nachfolgend wird im Wissensmodell und im Kommunikationsmodell die eigentliche Wissensverarbeitung erarbeitet bzw. neu gestaltet, bevor im Designmodell die zur Operationalisierung notwendig IT-Infrastruktur und Software definiert wird. Gerade diese von Schreiber et al. weiterentwickelte und von Uschold [17] begründete modellbasierte Wissensverarbeitung wird bei der Entwicklung von heutigen wissensbasierten Systemen eine große Rolle zugeschrieben. Die strikte Trennung zwischen der Modellierung des Unternehmens bzw. des darin enthaltenen Wissens und der letztendlichen formalen, rechnerverarbeitbaren Repräsentation (d. h. der Implementierung) stellt den Wesenskern dar. Stokes et al. [14] entwickelten mit MOKA eine Methode zur methodischen Entwicklung von wissensbasierten Systemen in der Konstruktion, das auf die Grundzüge von *CommonKADS* (damals *KADS*) aufbaut. Interessant sind hierbei einige Modellierungsmethoden für Wissen, die speziell den Formalisierungsgrad (informal - semiformal - formal)







berücksichtigen. Vor allem die Modellierung von Wissen durch so genannte ICARE-Forms als Methode zur Verarbeitung von semi-formalen Wissen wurde bereits zur ersten Entwicklung des agentenbasierten Systems ProKon verwendet und diese gezielt weiterentwickelt (vgl. [7]).

- **Die Vorgehensweise hat ein System als Ergebnis, das in die bestehende IT-Landschaft des betrachteten Unternehmens integriert werden kann:** Letztlich ist für die Entwicklung eines wissensbasierten Systems, das sich an der Ablauf- und Aufbauorganisation eines Unternehmens orientiert, die Berücksichtigung der IT-Landschaft zielführend. Hierfür haben Allweyer [2] und Schreiber et al. [13] erste Ansätze präsentiert. Allweyer entwickelte eine an die 4-Ebenen-Architektur angelehnte Systematik zur durchgängigen, unternehmensweiten Einführung und Verwaltung von Informationssystemen zu einem umfassenden Wissensmanagementsystem. Diese Systematik besteht aus den Ebenen *Gestaltung*, *Management*, *Steuerung* und *Anwendung*. Des Weiteren haben Schreiber et al. [13] mit der Einführung des Designmodells u. a. eine Basis für die Berücksichtigung der IT-Landschaft geschaffen. In diesem Modell werden neben den softwaretechnischen Fragestellungen, die das System an sich betreffen, auch übergreifende Zusammenhänge beschrieben. Speziell auf die in Abschnitt 2 beschriebenen Problematik einer fehlenden Analyse von wissensintensiven Geschäftsprozessen hinsichtlich einer Umsetzung mit einem agentenbasierten Unterstützungssystem in der Konstruktion, wurde bereits von Eppler [3] und Remus [12] entscheidende Grundlagen gelegt, die einer Erweiterung bedürfen.

#### 4 Ein Ansatz zur Entwicklung von agentenbasierten Unterstützungssystemen in der Konstruktion

Nach der Betrachtung der relevanten Ansätze zur Entwicklung von agentenbasierten Systemen in der Konstruktion in Hinblick auf die in Abschnitt 2 eingeführten Probleme, sind Schlussfolgerungen für den eigenen Ansatz abzuleiten. Zunächst werden in Tabelle 2 die Erkenntnisse aus Abschnitt 3 zusammengefasst. Die Anforderungen sind wie in Abschnitt 3 in identischer Reihenfolge, jedoch mit höherer Detaillierungsstufe angeordnet. Es findet zudem eine Zuordnung zu den Lösungsmöglichkeiten mit jeweiligem Autor statt (siehe Pfeildarstellung zwischen den gepunkteten Boxen), so dass für die eigene Vorgehensweise ein logischer Zusammenhang entsteht. Zunächst ist aufgrund des komplexen Konstruktionsumfelds und dementsprechend aufgrund eines komplexen Systems eine modellbasierte Vorgehensweise anzustreben, die in einen Gestaltungsrahmen eingebettet werden muss (vgl. Schreiber [13] und Uschold [17]). Hierbei werden die Grundsätze der Modellierungstheorie, bereits existierende Modelle von Schreiber et al. [13] und Jennings [6] und Methoden zur Wissensverarbeitung von Stokes et al. [14] integriert. Beim modellbasierten Vorgehen verschafft sich der Entwickler einen Überblick über die Domäne und kann bereits im Vorfeld Fehler identifizieren und beheben (vgl. [15]). So kann letztlich die von Uschold [17] geforderte strikte Trennung zwischen der Modellierung und der abschließenden Operationalisierung im softwaretechnischen Sinne erzielt werden.

Nr.	Anforderungen	Eppler [4]	Remus [19]	Heisig [8]	Allweyer [2]	Schreiber [20]	Stokes [22]	Jennings [9]
1	Berücksichtigung eines komplexen Systems							
2	Bereitstellung eines Gestaltungsrahmens							
3	Orientierung am Konstruktionsprozess							
4	Nachbildung eines Konstruktionsteams							
5	Orientierung an der Unternehmenskultur							
6	Berücksichtigung eines Agentensystems							
7	Berücksichtigung der Wissensverarbeitung							
8	Berücksichtigung von komplexen, verteilten, heterogenen Wissensbasen							
9	Berücksichtigung der Wissensakquisition (informell > semi-formell)							
10	Berücksichtigung der IT-Landschaft des betrachteten Unternehmens							

	Grund für modellbasierte Vorgehensweise
	Grund für Kopplung zwischen Wissensprozess und Wissensmanagementprozess
	Grund für die Einführung eines Organisationsmodells nach dem Vorbild von Schreiber
	Grund für die Einführung eines Agentenmodells nach dem Vorbild von Schreiber
	Grund für die Einführung eines Wissensmodells nach dem Vorbild von Schreiber
	Grund für die Einführung eines Systemmodells nach dem Vorbild von Schreiber

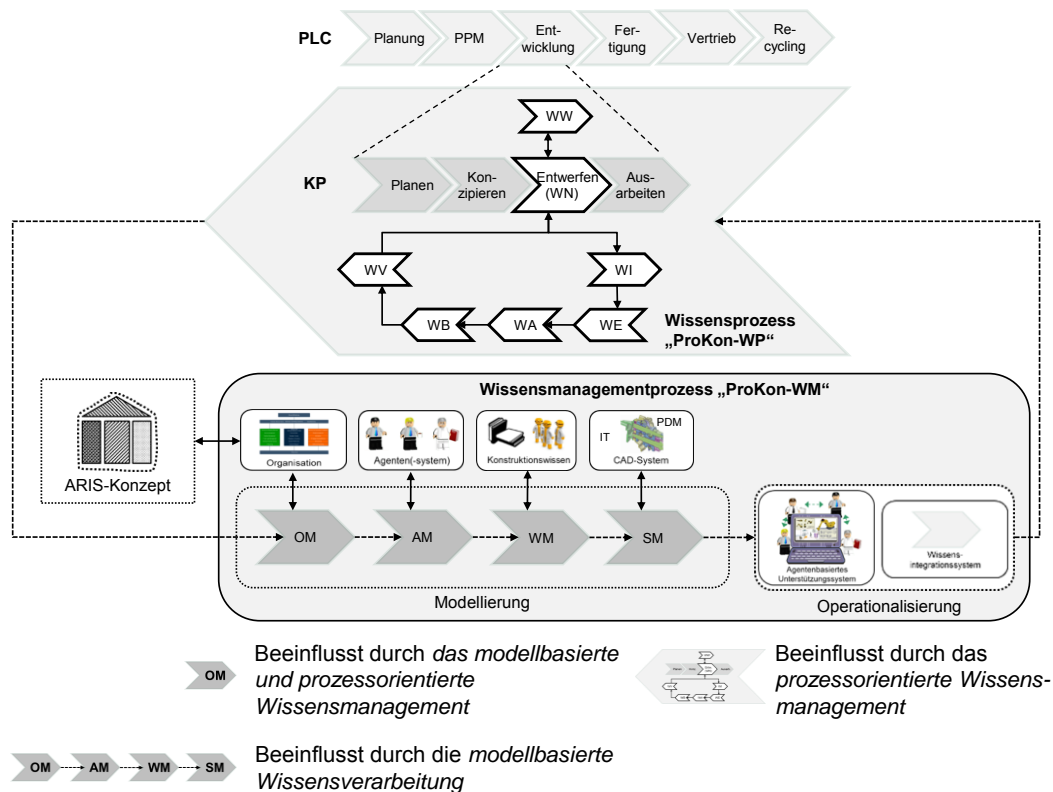
**Tabelle 2: Abgleich der Zielsetzungen bzw. Anforderungen mit den betrachteten Ansätzen**

Dieser geforderte Gestaltungsrahmen soll, wie bereits beschrieben, den Zusammenhang zwischen dem wissensintensiven Geschäftsprozess, dem Wissensprozess und dem Wissensmanagementprozess herstellen. Der Wissensmanagementprozess als Serviceprozess beinhaltet hierbei die Entwicklung des agentenbasierten Unterstützungssystems. Heisig [5] und Mertins [11] stellen den Geschäftsprozess als den zentralen Ort der Wissensnutzung dar. Eine effiziente Einbettung des Agentensystems in den Konstruktionsprozess (KP) gelingt nur dann, sofern während der Entwicklung des Geschäftsprozesses dieser detailliert mit Methoden aus dem prozessorientierten Wissensmanagement (poWM) analysiert wurde. Hierbei müssen Wissensaktivitäten identifiziert und zu einem Wissensprozess zusammengefasst werden. Das von Allweyer [2] entwickelte Knowledge Process Redesign (KPR) soll im ersten Schritt des Wissensmanagementprozesses *Wissensverarbeitung analysieren* den Entwickler mit den Modellierungsmethoden aus dem Wissensmanagement (Wissenslandkarte, Wissensstrukturdiagramm) und aus dem Geschäftsprozessmanagement (BPM) unterstützen. Hierbei werden unterschiedliche Sichten auf das Unternehmen analysiert und modelliert. Eine Hilfestellung gibt das von Allweyer modifizierte ARIS-Konzept.

Das *Organisationsmodell* ist unter Berücksichtigung der vorherigen Überlegungen das erste Modell in der modellbasierten Vorgehensweise, das die Analyse und Modellierung der Ablauforganisation (Konstruktionsprozess) und der Unternehmenskultur übernimmt (siehe Tabelle 2). Daran schließt sich die Analyse und Modellierung der Aufbauorganisation (Konstruktionsteam) an (*Agentenmodell*). Mit Hilfe eines *Wissensmodells*, das Agententypen mit den für die Zielerreichung notwendigen Wissens-elemente vereint, Wissensquellen identifiziert und das Wissenssystematisch in eine semi-formale Repräsentation überführt, kann im letzten Schritt die Ausgestaltung des System vorgenommen werden und zudem die Eingliederung in die IT-Landschaft des Unternehmens erfolgen (*Systemmodell*). Auf Basis der Analyse in Abschnitt 3 und den Erkenntnissen aus Tabelle 2 beschreibt der im Folgenden vorgestellte Ansatz zum einen die



makroskopische Vorgehensweise zur Entwicklung von agentenbasierten Systemen in der Konstruktion. Hierbei wird eine grobe Struktur für eine spätere feingranulare Ausarbeitung der einzelnen Teilschritte festgelegt. Jedoch ist diese Grobstruktur von großer Wichtigkeit, da nur auf makroskopischer Ebene entscheidende Zusammenhänge und Einflussgrößen identifiziert und beachtet werden können. Zum anderen fungiert der vorgestellte Ansatz als eine Art Orientierungshilfe zur Einordnung des Ansatzes in den übergeordneten Kontext (vgl. [5], S. 78, Einordnung der GPO-WM®-Methode). Insgesamt kann der Ansatz in Anlehnung an Abecker et al. [1] als die Verbesserung des Wissensmanagements und demnach des Geschäftsprozesses durch die reine Zugriffsbereitstellung von Informationen und Wissen klassifiziert werden. Jedoch muss beachtet werden, dass hierbei ein wissensbasiertes System und kein Wissensmanagementsystem entwickelt wird (vgl. [10]). Auf Basis der adaptierten Ansätze aus dem Wissensmanagement kann eine übergeordnete Vorgehensweise entwickelt werden, die wie bereits erläutert, auch als Einordnung in den gesamten Kontext verstanden werden kann. Bild 1 zeigt die Vorgehensweise und Einordnung in einen allgemeinen Produktlebenszyklus (PLC) und dem untergeordneten Konstruktionsprozess (KP).

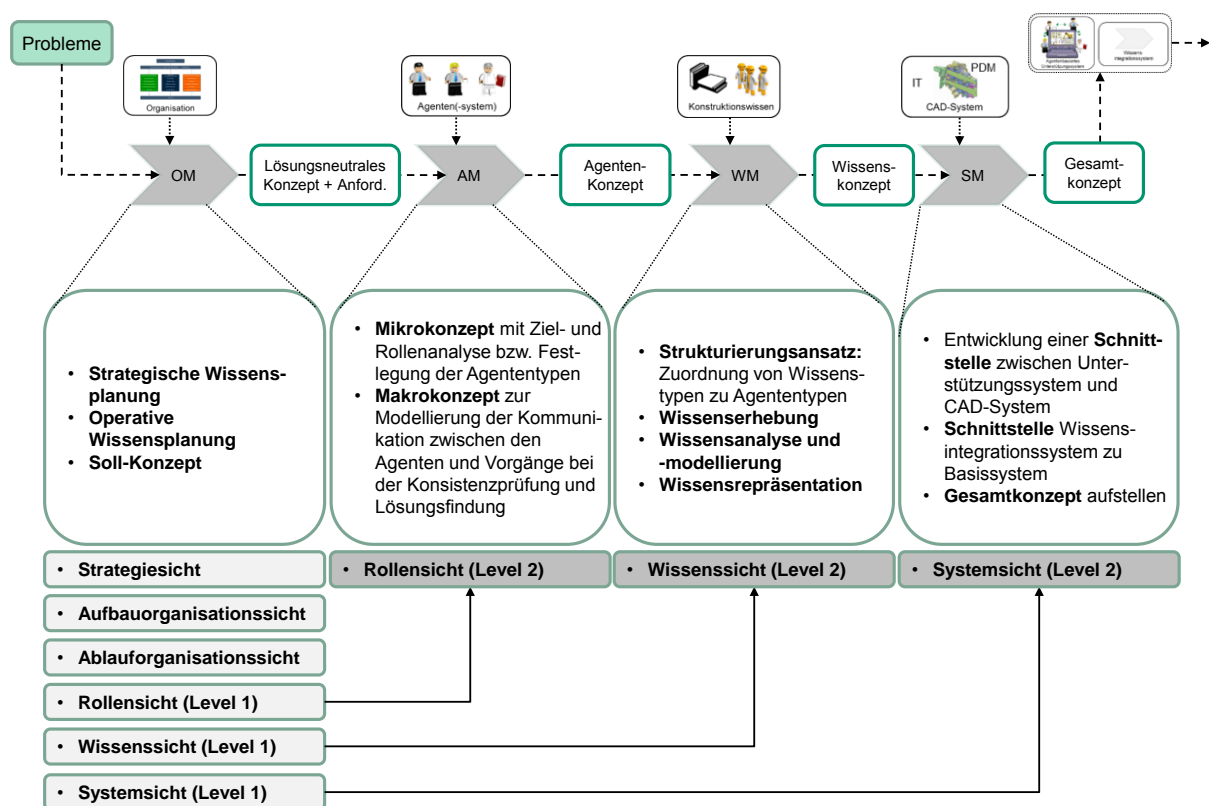


**Bild 1:** Ansatz als makroskopische Vorgehensweise und Einordnung in den übergeordneten Kontext (PLC = Produktlebenszyklus, PPM = Produktportfoliomanagement, KP = Konstruktionsprozess, OM = Organisationsmodell, AM = Agentenmodell, WM = Wissensmodell, SM = Systemmodell)

Die für das ProKon-System maßgebliche Phase des Entwerfens (siehe Bild 1) ist der Ort der Wissensnutzung (WN). Konstrukteure nutzen bei der Entwicklung von Produkten bestehende Informationen bzw. bestehendes Wissen. Unterschieden werden muss hierbei zwischen Handlungs- und Prozesswissen (vgl. [1]). Handlungswissen beschreibt das Wissen, das Konstrukteure für die eigentliche Durchführung von Tätigkeiten innerhalb des Prozesses verwenden.

Ein Beispiel ist hierbei das Wissen über die Lösung von Problemen. Darüber hinaus ist Prozesswissen beteiligt, welches für die generelle Bearbeitung des gesamten Prozesses mit beteiligten Personen, Rollen, Ressourcen etc. entscheidend ist. An dieser anfänglichen und auch resultierenden Wissensaktivität schließt sich ein typischer Wissensprozess bestehend aus Wissensidentifikation (WI), Wissensentwicklung (WE), Wissensaufbereitung (WA), Wissensbewahrung (WB) und Wissensverteilung (WV) an. Weiterhin ist für die Entwicklung des Wissensintegrationssystems die Wissensaktivität Wissensweiterentwicklung (WW) maßgeblich. In diesem Fall wurden zum einen die Interventionsebenen zur Identifikation der Wissensaktivitäten nach Remus [12] und zum anderen das von Heisig [5] angeführte Gestaltungsprinzip *Geschlossenheit des Kernprozesses* angewendet, um die Lösungsentwicklung nicht auf eine einzelne Wissensaktivität zu reduzieren.

Diese Wissensaktivitäten bzw. der übergreifende ProKon-Wissensprozess soll im weiteren Verlauf durch den ProKon-Wissensmanagementprozess umgesetzt werden (siehe Bild 2).



**Bild 2: Übersicht über die modellbasierte Wissensverarbeitung bei ProKon**

Dieser Wissensmanagementprozess besteht implizit aus den von Remus [12] identifizierten Bestandteilen eines generischen WM-Prozesses *Wissensverarbeitung analysieren*, *Wissensverarbeitung gestalten* und *Wissensverarbeitung entwickeln*. Die beiden ersten Phasen befinden sich in der Modellierungsphase des WM-Prozesses, die aus den zuvor vorgestellten vier Modellen besteht (siehe Bild 2 und Tabelle 2). Die Entwicklung der Wissensverarbeitung schließt sich daran an und wird in diesem Kontext Operationalisierung genannt. Für alle Modelle wurden in Anlehnung an Schreiber et al. [13] bereits sprachliche sowie prozessuale Meta-Modelle entwickelt, die letztlich den Entwickler des agentenbasierten Unterstützungssystems bei der Modellierung leiten und unterstützen. Die Verbindung zwischen dem ProKon-Wissensprozess und

dem ProKon Wissensmanagementprozess wird zudem mit Hilfe des ARIS-Konzepts und der Methode des modellbasierten Wissensmanagements unterstützt, in dem unterschiedliche Sichten auf das Unternehmen gebildet und diese mit Methoden aus dem Geschäftsprozessmanagement und dem Wissensmanagement initial im Organisationsmodell modelliert werden. Diese Bildung von Sichten ist analog zur Modellierungstheorie eine effektive Reduzierung auf das Wesentliche. Folgende Sichten wurden identifiziert: Strategiesicht, Aufbau- und Ablauforganisationssicht, Rollensicht, Wissenssicht und Systemsicht.

Die in Bild 2 dargestellte modellbasierte Wissensverarbeitung stellt abschließend den Wissensmanagementprozess dar und bildet mit der übergeordneten Vorgehensweise aus Bild 1 die grobgranulare Beschreibung der methodischen Entwicklung von agentenbasierten Unterstützungssystemen in der Konstruktion.

## 5 Zusammenfassung und Diskussion der Ergebnisse

Nach der Vorstellung des neuen Ansatzes zur Entwicklung von agentenbasierten Unterstützungssystemen in der Konstruktion unter Berücksichtigung von Ansätzen aus dem Wissensmanagement und aus der Wissensverarbeitung, erfolgt in diesem Kapitel die kritische Diskussion der Ergebnisse. Der daraus resultierende neue Ansatz gibt demnach zum einen einen Gestaltungsrahmen vor, d. h. eine Einbettung in den Kontext, und eine grobgranulare Vorgehensweise zur Entwicklung von agentenbasierten Unterstützungssystemen in der Konstruktion. Bei der letztendlichen Durchführung der Entwicklung des ProKon-WM wurden die von Schreiber et al. [13] entwickelten Modelle auf insgesamt vier reduziert und eine agentenorientierte Sichtweise integriert. Entscheidend ist zum einen die Abbildung der im ProKon-WP definierten Wissensaktivitäten im Wissensmodell. Zum anderen sind bei der mikroskopischen Vorgehensweise bei der Modellierung (siehe Bild 2) die Schnittstellen zwischen den einzelnen Modellen und die Übergabeparameter zu definieren. Dies dient einer benutzerfreundlichen Modellierung. Die Betrachtung der mikroskopischen Struktur der einzelnen Modelle ist jedoch nicht Bestandteil dieses Beitrags. Die der Modellierungsphase nachfolgende Operationalisierungsphase, die die Ergebnisse der vier Modelle informations- und softwaretechnisch umsetzt, ist zwar nicht methodisch in einer detaillierten Vorgehensweise zusammengefasst worden, es hat sich aber gezeigt, dass eine stringente Modellierung der unterschiedlichen Sichten die letztendliche Umsetzung deutlich erleichtert. Diese Beobachtung deckt sich im Allgemeinen mit den Ausführungen in der Literatur, dass der Engpass bei der Modellierung und nicht bei der Umsetzung der Modelle liegt (vgl. u. a. [13], [14]). Trotzdem sollte aus Gründen der standardisierten Entwicklung und Steigerung der Effizienz bzw. Effektivität letztendlich auch hierfür eine Vorgehensweise definiert werden. Mit der Vorgehensweise wurde die von Uschold [17] geforderte strikte Trennung zwischen Modellierung und Operationalisierung eingehalten und umgesetzt. Die in Abschnitt 3 aufgeführten, zur Lösung beitragenden Ansätze aus dem Wissensmanagement und Wissensverarbeitung können aufgrund deren Vielzahl nicht dem Vollständigkeitsanspruch genügen. Zudem erfolgte keine kritische Gegenüberstellung vergleichbarer Ansätze zur Auswahl eines erfolgversprechendsten. Somit sind u. U. relevante Ansätze aus dem prozessorientierten Wissensmanagement nicht berücksichtigt worden. Die abschließende Überprüfung der Ergebnisse im wissenschaftstheoretischen Sinne (Einhaltung der Anforderungen, Überprüfung auf Vollständigkeit und Konsistenz, Benutzerfreundlichkeit, Anwendbarkeit, Nützlichkeit) ist letztlich entscheidend (siehe Tabelle 1, Forschungsfrage 5). An dieser Stelle können lediglich die Einhaltung der Anforderungen in der Theorie und die Überprüfung auf Vollständigkeit und

Konsistenz erfolgen. Es zeigte sich jedoch, dass mit den gewählten Ansätzen eine generische Vorgehensweise erarbeitet werden konnte, die die in Abschnitt 2 beschriebenen Problemen behebt. Sowohl die Forderung nach einer durchgängigen, generischen Vorgehensweise, die eine gemeinsame Entwicklung sowie die Verwendung einer Begriffswelt unterstützt, als auch die Forderung nach der Unterstützung komplexer Prozesse konnte mit Hilfe der Vorgehensweise erfüllt werden. Wie bereits in der Zusammenfassung beschrieben wurde, kann zudem die Eingliederung in die Organisation sowie in deren IT-Landschaft gewährleistet werden.

## **6 Ausblick**

Die Operationalisierung der einzelnen Modelle ist bisher noch nicht in einer methodischen Vorgehensweise abgebildet worden. Dies ist der nächste Schritt, der den Ansatz komplettiert. Hierbei sind zwei Aspekte zu beachten: Erstens stellt der Übergang von der Modellierung des gesamten Kontextes hin zur Operationalisierung eine auch in reale Aufbau- und Ablaufstrukturen in Unternehmen existierende, markante Grenze dar. In der Modellierung sind vornehmlich Fachexperten und Wissensingenieure beteiligt, wo hingegen die Operationalisierung eher durch Experten im Bereich des Engineering IT (u. U. auch durch Wissensingenieure) durchgeführt wird. Aus diesem Grund ist der Schnittstelle besondere Aufmerksamkeit zu widmen. Zweitens ist die Vorgehensweise unter Berücksichtigung von Methoden und Vorgehensweisen aus der konventionellen und agentenorientierten Softwareentwicklung zu erarbeiten. Letztlich ist die Vorgehensweise einem ersten Einsatz in der Praxis zum Nachweis der Anwendbarkeit und Nützlichkeit zu unterziehen.

## **7 Danksagung**

Die Autoren bedanken sich bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Förderung des Projekts ProKon (Proaktive Unterstützung von Konstruktionsprozessen durch Softwareagentensysteme).

## 8 Literatur

- [1] Abecker, A; Hinkelmann, K; Maus, H; Müller, H (2002): Integrationspotenziale für Geschäftsprozesse und Wissensmanagement. In: Abecker, A; Hinkelmann, K; Maus, H; Müller, H (Hrsg.), Geschäftsprozessorientiertes Wissensmanagement: Effektive Wissensnutzung bei der Planung und Umsetzung von Geschäftsprozessen. Springer, Berlin, S. 1-24.
- [2] Allweyer, T (1998): Modellbasiertes Wissensmanagement. Information Management, 1: 34-45.
- [3] Eppler, MJ; Seifried, P; Röpnack, A (1999): Improving Knowledge Intensive Processes through an Enterprise Knowledge Medium. In: J. Prasad (Hrsg), Proceedings of The 1999 ACM SIGCPR Conference Managing Organizational Knowledge for Strategic Advantage: The Key Role of Information Technology and Personnel, S. 222-230.
- [4] Funkat, A; Funkat, G (2003): Prozessbasiertes Knowledge Engineering in medizinischen Problemdomänen. Dissertation. Technische Universität Ilmenau, Fakultät für Informatik und Automatisierung.
- [5] Heisig, P (2005): Integration von Wissensmanagement in Geschäftsprozesse. Dissertation. Technische Universität Berlin, Institut für Werkzeugmaschinen und Fabrikbetrieb.
- [6] Jennings, NR (2000): On agent-based software engineering. Artificial Intelligence 117: 277-296.
- [7] Kratzer, M; Rauscher, M; Binz, H; Göhner, P (2011): An agent-based system for supporting design engineers in the embodiment design phase. In: Proceedings of the International Conference on Engineering Design 2011 (ICED 2011), 10:168-179.
- [8] Lander, SE (1997): Issues in multiagent design systems. IEEE Expert 12(2):18-26.
- [9] Lutz, C (2011): Rechnergestütztes Konfigurieren und Auslegen individualisierter Produkte. Dissertation, Technische Universität Wien.
- [10] Maier, R (2002): Knowledge Management Systems. Information and Communication Technologies for Knowledge Management. Springer, Berlin.
- [11] Mertins, K; Seidel, H (2009): Wissensmanagement im Mittelstand: Grundlagen - Lösungen - Praxisbeispiele. Springer, Berlin.
- [12] Remus, U (2002): Prozessorientiertes Wissensmanagement: Konzepte und Modellierung. Dissertation. Universität Regensburg, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik.
- [13] Schreiber, G; Akkermans, H (2002): Knowledge engineering and management: The CommonKADS methodology. MIT Press, Cambridge, (Mass.).
- [14] Stokes, M (2001): Managing engineering knowledge. MOKA: methodology for knowledge based engineering applications. Professional Engineering Publishing, London.
- [15] Studer, R (1999): Knowledge Engineering: Principles and methods. Data & Knowledge Engineering 25(1-2):161-197.
- [16] Szykman, S; Sriram, RD (2001): The role of knowledge in next-generation product development systems. ASME Journal of Computation and Information Science in Engineering 1(1):1-14.
- [17] Uschold, M (1998): Knowledge level modelling: concepts and terminology. The Knowledge Engineering Review 13(1):5-29.