

Konzept eines Wissensintegrationssystems zur benutzerfreundlichen, benutzerspezifischen und selbstständigen Integration von Konstruktionswissen

Martin Kratzer¹, Michael Rauscher², Hansgeorg Binz¹ und Peter Göhner²

¹ *Institut für Konstruktionstechnik und Technisches Design (IKTD)*

² *Institut für Automatisierungs- und Softwaretechnik (IAS)
Universität Stuttgart*

This paper presents an approach for a knowledge integration system to integrate engineering design knowledge user friendly, user specific and independent from a knowledge engineer into a multi-agent design system. In order to obtain requirements on this knowledge integration system, a survey was made. The results of this survey are presented here. Based on these requirements, the concept of the knowledge integration system and the modified knowledge base are explained. An example illustrates the previously described approach.

1 Einleitung

Die Informations- und Wissensbasis ist in der heutigen Zeit innerhalb von produzierenden und service-orientierten Unternehmen eine wichtige Ressource in Geschäftsprozessen. Diese wird zudem in naher Zukunft noch wichtiger, um wettbewerbsfähig und innovativ zu bleiben [1]. Der Schlüssel liegt u. a. in der unternehmensweiten Einführung des kodifizierten Wissensmanagements (WM), das neben dem personellen WM den Schwerpunkt auf die elektronische Speicherung von Wissen legt [2]. Über die elektronische Spei-

cherung ist die rechnergestützte Verbreitung von individuellem Fachwissen im Unternehmen möglich [1]. Hierzu können wissensbasierte Systeme (WBS) verwendet werden, die im Produktentwicklungsprozess den Konstrukteur in Verbindung mit einem CAD-System von Routinetätigkeiten entlasten [3].

Ein neuartiger Ansatz im Bereich der WBS sind agentenbasierte Systeme in der Konstruktion (engl. MADS, multi-agent design system). Auf Basis früherer Entwicklungen konnte mit dem ProKon-Unterstützungssystem ein grundsätzlich neuer Ansatz entwickelt werden [4]. Hierbei entstand ein Basissystem (BS), das ein Produktmodell auf Konsistenz mit geltenden Anforderungen an das spätere Produkt und auf Konsistenz mit Gestaltungsrichtlinien (DfX, DtX) überprüft. Während der Entwicklung konnten frühere Behauptungen bestätigt werden, dass eine erfolgreiche Überführung eines unter akademischen Bedingungen entwickelten Systems in die Industrie nur dann möglich ist, sofern Konstrukteure die Möglichkeit haben, Konstruktionswissen benutzerfreundlich, benutzerspezifisch und selbstständig zu integrieren. Aus diesem Grund ist es im aktuellen Forschungsprojekt das Ziel, ein Wissensintegrationssystem (WIS) zu entwickeln, das genau diese Grundanforderungen erfüllt. Mit diesem System kann die Funktionalität des in der indirekten Wissensakquisition notwendigen Wissensingenieurs übernommen und der Wartungsaufwand minimiert werden. Jedoch ist bisher im Bereich der agentenbasierten Konstruktionssysteme nicht geklärt, wie ein solches WIS aussehen könnte und ob ein bereits existierendes für die eigene Entwicklung adaptiert werden kann. Besonders das Zusammenspiel der einzelnen Agenten bzw. des gesamten Agentensystems mit den lokalen Wissensbasen bzw. der zentralen Wissensbasis ist nicht geklärt. Zudem sind die Anforderungen der Industrie an ein WIS nicht definiert, deren Erfüllung für eine erfolgreiche Überführung des Gesamtsystems (BS + WIS) wichtig ist.

In diesem Beitrag wird zunächst im Stand der Forschung (Abschnitt 2) das bereits entwickelte Basissystem kurz vorgestellt und die indirekte Wissensakquisition erläutert. Darauf folgt eine Einführung in bisher entwickelte Wissensintegrationssysteme bzw. -komponenten. Abschnitt 3 handelt von den aus Industrie und Forschung erhobenen Anforderungen. Auf dieser Basis erfolgt die Vorstellung des Konzepts eines Wissensintegrationssystems, das die zuvor genannten Probleme beheben soll (Abschnitt 4). Der Beitrag wird von einer Zusammenfassung der Ergebnisse und einem Ausblick abgerundet.

2 Stand der Forschung

Das bereits entwickelte ProKon-Basissystem dient als Kernsystem zur Überprüfung von Produktmodellen im CAD-System in Bezug auf Inkonsistenzen gegenüber nicht erfüllten Anforderungen an das spätere Produkt und gegenüber nicht eingehaltenen DfX-Richtlinien. Die Funktionalität wird durch ein Agentensystem abgebildet, das eine einer Konstruktionsabteilung nachempfundenen Struktur aufweist. Agenten sind autonome Softwareeinheiten, die die ihnen gegebenen Ziele verfolgen und dabei untereinander oder mit der Umgebung interagieren können [5]. Eine zentrale Aufgabe im ProKon-Basissystem kommt den Aspektagenten zu, die jeweils eine DfX-Richtlinie (z. B. fertigungsgerechtes Konstruieren) betreuen. Unterstützt werden sie durch Fachagenten mit Wissen über ein spezielles Maschinenelement (z. B. Fachagent für die Welle). Die dritte Agentenklasse bilden die Objektagenten. Diese Agenten sind zuständig für CAD-Objekte (Bauteile, Baugruppe, Verbindungen), die Anforderungsliste und weitere sich in der Umgebung des Systems befindenden Objekte. Letztlich koordiniert der Managementagent als „Konstruktionsleiter“ die Konsistenzprüfung, die Lösungsfindung und Lösungsumsetzung. Durch die somit erreichte Funktionalität kann der Konstrukteur bei der Arbeit mit dem CAD-System von Routinetätigkeiten entlastet werden [4].

Darauf aufbauend stellt die benutzerfreundliche, benutzerspezifische und selbstständige Integration von Wissen für den Konstrukteur im Umgang mit dem entwickelten Basissystem ein wichtiger Baustein dar, um das System auf spezifische Projekte und firmeninterne Gegebenheiten anzupassen. Die Notwendigkeit begründet sich auch in der Tatsache, dass in den verbreitetsten Definitionen von Experten- und wissensbasierten Systemen stets eine Wissensenerwerbs- bzw. Wissensakquisitionskomponente aufgeführt wird [6]. Diese Art der Integration wird hauptsächlich als direkte Wissensakquisition eingestuft, da dort im Gegensatz zur indirekten Wissensakquisition die Tätigkeiten des Wissensingenieurs weitgehend übernommen werden. Diese Maßnahme ist für den Konstrukteur eine deutlich flexiblere Lösung, da ein Wissensingenieur als Vermittler nicht mehr notwendig ist. Ein Kommunikations- und Verständnisproblem kann in diesem Fall somit nicht mehr auftreten. Vorteile ergeben sich durch einen zeit- und kosteneffizienteren Produktentwicklungsprozess. Letztlich wird das organisationale Wissensmanagement verbessert. Zusammenfassend kann gesagt werden, dass bereits vielfältige Wissensakquisitionskomponenten entwickelt wurden, die jedoch punktuell Schwachstellen aufweisen (notwendige Schulungsmaßnahmen, Fokussierung auf spezielle Wissensformen und Wissenstypen etc.). Zudem ist eine Anbindung an ein agentenbasiertes System bisher nicht erfolgt. Aus diesem Grund ist es

zweckmäßig, ein Wissensintegrationssystem unter Berücksichtigung der bisherigen Forschung zu entwickeln. Eine Adaption, wie sie in Abschnitt 1 in Betracht gezogen wurde, ist demnach nicht möglich. Im nächsten Abschnitt werden zunächst Anforderungen an das Wissensintegrationssystem aufgeführt.

3 Anforderungen an ein Wissensintegrationssystem

Mit Hilfe einer empirischen Untersuchung wurden im Vorfeld der eigentlichen Entwicklung Anforderungen an das Wissensintegrationssystem erhoben. An der Untersuchung haben sich insgesamt 24 Probanden beteiligt (21 aus der universitären Forschung und 3 aus der industriellen F&E). Die Untersuchung bestand aus einem Fragebogen, der aus einer Signifikanzbewertung von vorgegebenen Anforderungen und aus einem Freitextteil bestand. Die Auswertung der Signifikanzbewertung zeigt Bild 1.

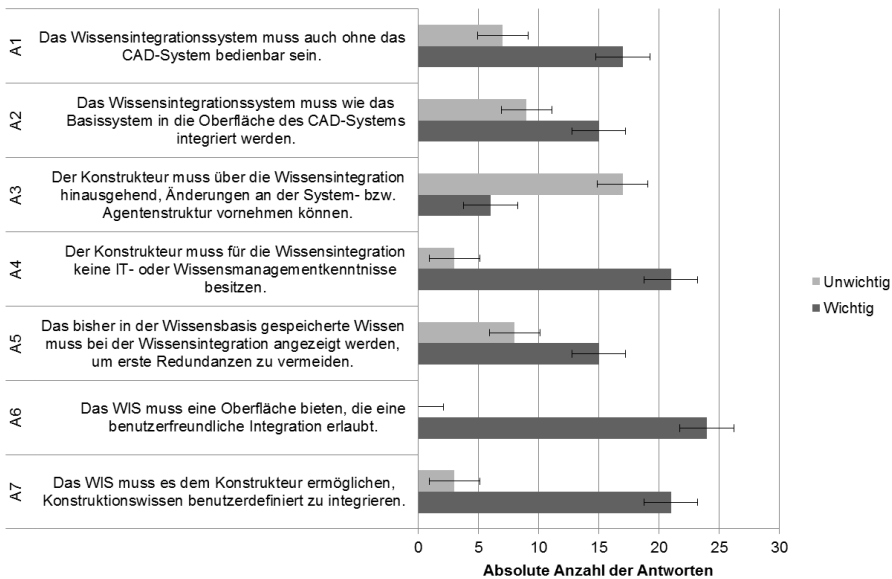


Bild 1: Auswertung der Signifikanzbewertung (A = Anforderung)

Die Anforderungen 1, 2, 4, 6 und 7 können für die weitere Entwicklung des Wissensintegrationssystems verwendet werden. Hierbei stellen Anforderungen 4, 6 und 7 grundsätzliche Anforderungen dar, die eine benutzerfreundliche, benutzerspezifische und selbstständige Integration von Konstruk-

tionswissen fordern. Anforderung 5 wurde nicht eindeutig als wichtig empfunden. Die von Probanden abgegebenen Antworten stehen hierbei z. T. den Erkenntnissen aus dem Stand der Forschung entgegen. Beispiel hierfür ist die Behauptung, dass es für Fachexperten schwierig ist, Inkonsistenzen in einer Wissensbasis zu identifizieren, sollte mit der Integration auf „einer grünen Wiese“ begonnen werden. Als offensichtlich unwichtig wurde die Anforderung nach einer über die Wissensbasis hinausgehenden Änderung an der Systemstruktur eingestuft (Anforderung 3). Zudem konnten die Probanden über ein Freitextfeld eigene Anforderungen an das WIS angeben. Bild 2 listet diese Anforderungen ungeachtet deren Wichtigkeit auf. Nach eigener Interpretation im Hinblick auf das auszuarbeitende Konzept erfolgt zudem eine Einstufung in Forderung (F) und Wunsch (W).

Nr.	Beschreibung
A8	Einheitliche Definition von Begriffen, Attributen oder Kategorien bzgl. der Wissensbeschreibung (F).
A9	Geringer Aufwand bei der eigentlichen Integration von Konstruktionswissen (F).
A10	Informationsquelle muss bei der Integration von Wissen stets angegeben werden, um eine Rückverfolgung zu gewährleisten (F).
A11	Das WIS muss eine Systemperformance aufweisen, die es Konstrukteuren erlaubt, sofort an der Konstruktion weiter zu arbeiten (F).
A12	Die Oberfläche des WIS sollte nach den Normen und Richtlinien der Interfacegestaltung ausgelegt sein (W).
A13	Die Eingabe von Wissen sollte u. a. grafisch möglich sein (F).
A14	Die Integration muss über Wissensrepräsentationsformen erfolgen, die dem Konstrukteur bekannt sind (F).

Bild 2: Weitere Anforderungen an das WIS

Auf Basis dieser Anforderungen wird im nächsten Schritt ein Konzept für das Wissensintegrationssystem präsentiert.

4 Konzept eines Wissensintegrationssystems

In diesem Abschnitt wird zunächst auf das Gesamtkonzept und auf die Eingliederung in das Gesamtsystem eingegangen (Abschnitt 4.1). Anschließend erfolgt die Beschreibung der zentralen Wissensbasis, die für das Wissensintegrationssystem sowie für das Basissystem eine wichtige Rolle spielt (Abschnitt 4.2). Eine abschließende Verdeutlichung der Thematik mit Hilfe eines Beispiels findet in Abschnitt 4.3 statt.

4.1 Gesamtkonzept

Auf Basis der erhobenen Anforderungen wird im Folgenden ein Konzept für das Wissensintegrationssystem (WIS) präsentiert. Die bisher existierende ProKon-Wissensbasis wird für diesen Zweck inhaltlich bzw. strukturell überarbeitet und angepasst. Neben dem formalen Teil der Wissensbasis, die lediglich vom Agentensystem verwendet wird (siehe Bild 3, dunkelblaue Wissensenselemente), unterstützt die semi-formale Wissensbasis den Konstrukteur mit für ihn aufbereiteten Wissensenselemente (siehe Bild 3, weiße Wissensenselemente). Des Weiteren besteht das WIS aus einem Front-end, das über Kommunikations- und Interaktionsfähigkeiten bzgl. der semi-formalen Wissensbasis verfügt und für den Konstrukteur eine Benutzungsoberfläche bereitstellt. Letztlich ist die WIS Middleware für die Aufbereitung von Wissensenselementen aus dem formalen Teil und für die Rückführung modifizierter Wissensenselemente aus dem semi-formalen Teil der Wissensbasis zuständig. Bild 3 zeigt den Aufbau des Wissensintegrationssystems im Kontext des Gesamtsystems.

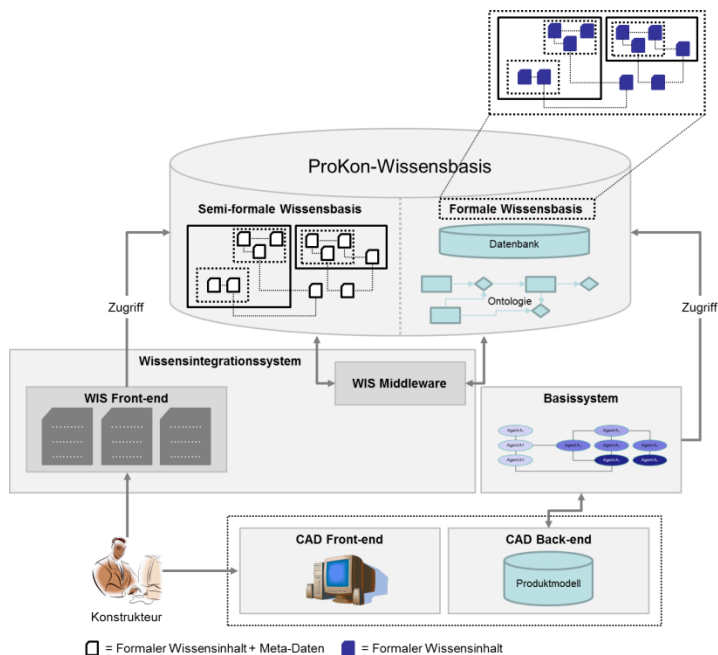


Bild 3: Gesamtaufbau des ProKon-Systems mit Wissensintegrationssystem

Das Wissensintegrationssystem stützt sich auf zwei grundlegende Prinzipien, die im weiteren Verlauf erläutert werden:

1. Prinzip des fallbasierten Kreislaufs
2. Prinzip der Initialisierung

Das Prinzip des fallbasierten Kreislaufs ist vom Cased-based Reasoning (CBR) in dessen Grundidee adaptiert worden und regelt den Zugriff auf die Wissensbasis durch den Konstrukteur, die Verarbeitung semi-formaler Wissensselemente zuzüglich deren Überprüfung auf Abgeschlossenheit und Konsistenz sowie letztlich das Einpflegen in die Wissensbasis. Die Notwendigkeit des Konstrukteurs zur Wissensintegration (z. B. eine Regel für das funktionsgerechte Gestalten eines Querpressverbands) stellt den Anfang der Integration dar. Der Konstrukteur verwendet eine Suchfunktion unter der Verwendung von Schlagwörtern. Die WIS Middleware sucht auf Anfrage des Konstrukteurs mögliche Wissensselemente zusammen und bildet daraus Anwendungsfälle (z. B. funktionsgerechtes Gestalten von Pressverbänden), Sachverhalte (z. B. Regel bzgl. des Übergangs vom Presssitz zum nächsten Wellenabschnitt) und einzelne Wissensselemente, den so genannten *ProKon-Knowledge-Forms* (PKF). Die Abgrenzung zwischen Anwendungsfall, Sachverhalt und PKF verdeutlicht Bild 4 mit den jeweiligen Beispielen.

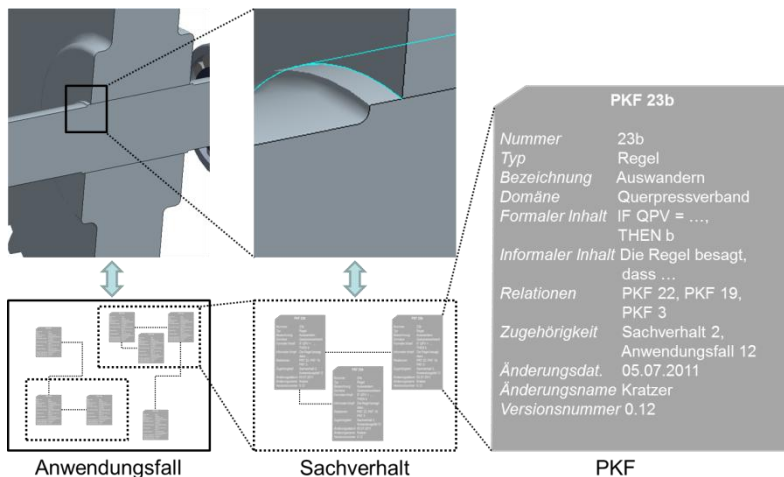


Bild 4: Abgrenzung Anwendungsfall, Sachverhalt und PKF

Die PKFs stellen eine Weiterentwicklung der ICARE-Forms aus der MOKA-Methodik [3] dar und beinhalten unter den Oberkategorien Regel, Bedingung, Formel, Parameter, Tabelle und Begriff den kleinsten Teil eines Wissensselements. Dieser Zugriff kann mit dem aus dem CBR bekannten Begriff *Retrieve*

verglichen werden. In einem zweiten Schritt greift sich der Konstrukteur den Anwendungsfall bzw. Sachverhalt heraus. Dort fügt er innerhalb des Anwendungsfalls oder Sachverhalts ein neues PKF an oder ändert ein bestehendes PKF ab (CBR: *Reuse*). Der dritte Schritt *Überprüfen* beinhaltet die komplexe Aufgabe, die abgeänderten PKFs bzw. neu hinzugefügten PKFs zum einen auf Abgeschlossenheit gegenüber der gesamten Wissensbasis und zum anderen auf Konsistenz, d. h. Redundanz- und Widerspruchsfreiheit, hin zu überprüfen. Wird beispielsweise die Regel für das funktionsgerechte Gestalten eines Querpressverbands integriert, weist das WIS den Konstrukteur darauf hin, dass u. a. eine übergeordnete Regel angepasst und eine Bedingung erstellt werden muss. Die Überprüfung auf Redundanzfreiheit beinhaltet die Funktionalität, doppelte Wissens Elemente anhand deren Kennung (z. B. bei Formeln der Ergebnisoperand oder die einzelnen Formeloperanden) zu identifizieren. Die Widersprüchlichkeit von Wissens Elementen wird z. B. bei Bedingungen erkannt, die sich gegenseitig widersprechen (z. B. $I_F/D_F \geq 1,5$ und $I_F/D_F < 0,5$). Dieser Vorgang entspricht beim CBR dem Schritt *Revise*. Letztlich sind die Wissens Elemente (Anwendungsfälle, Sachverhalte und PKFs) in die Wissensbasis über die WIS Middleware zurückzuführen (CBR: *Retain*). Das Prinzip der Initialisierung regelt nach der Modifikation der Wissensbasis die Neuzusammenstellung des gesamten Systems. Sofern nur geringfügige Änderungen an der Wissensbasis erfolgt sind, ist eine reine *Neuinitialisierung* notwendig. Die Agenten greifen hierbei auf den gewohnten Kommunikationspfaden auf die formalen Wissens Elemente zu. Sofern eine größere Änderung an der Wissensbasis durchgeführt wurde oder sogar ein neuer Agent instanziiert werden soll, muss das Wissensintegrationssystem das Agentensystem neu zusammenstellen (*Neugenerierung*). Diese Aktion läuft für den Konstrukteur im Hintergrund ab. Nach der Beschreibung des grundsätzlichen Aufbaus des WIS und der Erläuterung der Funktionalitäten durch die beiden Prinzipien wird im nächsten Abschnitt die Wissensbasis in ihrem Aufbau näher beschrieben.

4.2 Wissensbasis

Wie bereits erwähnt, wurden die sechs verschiedenen Wissensformen *Bedingung, Regel, Formel, Parameter, Tabelle und Begriff* identifiziert. Die einzelnen Wissens Elemente gehören jeweils einer dieser Formen an, jedoch bestehen diverse Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Formen. Eine Übersicht über diese Abhängigkeiten ist in Bild 5 dargestellt, eine Erläuterung erfolgt am Beispiel der Wissensform *Formel*. Jedes Wissens Element besitzt zwei Kategorien von Informationen. Die semi-formale Beschreibung unterstützt den Autor der Wissens Elemente und enthält beispielsweise textuelle Beschreibungen, Skizzen oder Ähnliches. Die formale Beschreibung enthält die Informationen, die für das ProKon-Basissystem von funktionaler Bedeutung sind.

Das jeweils unterstrichene Attribut identifiziert ein Wissenselement eindeutig, kursive Begriffe bezeichnen den Typ eines Attributs. So enthält ein Wissensselement vom Typ *Formel* ein Ergebnis. Dieses ist für jede Formel eindeutig, da für jedes Ergebnis nur eine einzige Formel im System existieren darf. Das Ergebnis ist vom Typ *Parameter* und somit mit einer anderen Wissensform verknüpft. Die Formel selbst besteht aus Operanden, die wiederum *Parameter* sind, und Operatoren. Schließlich werden die für die weitere Verarbeitung der Formel notwendigen veränderlichen Parameter angegeben.

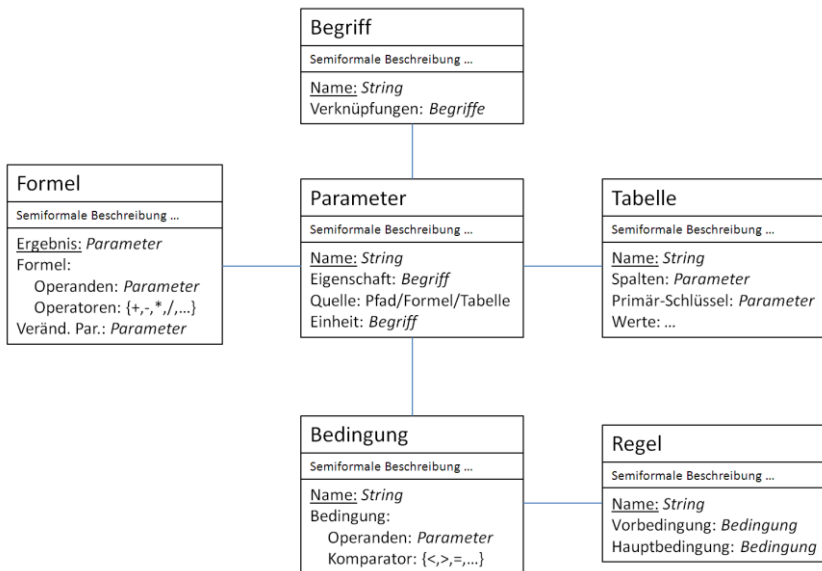


Bild 5: Übersicht über die abzubildenden Wissensformen

Die Wissenselemente werden innerhalb der Wissensbasis in einfachen Datenbanktabellen abgebildet. Die Datenbanktabellen besitzen für jedes Attribut eines Wissenselements eine oder mehrere Spalten, die Wissenselemente selbst sind somit zeilenweise abgelegt. Die Verknüpfung zwischen den Wissenselementen wird jeweils durch die Angabe des identifizierenden Attributs des zu verknüpfenden Elements realisiert. Wissenselemente des Typs *Begriff* werden zusätzlich in einer Ontologie abgelegt. In dieser sind die Begriffe selbst als Konzepte und die Verknüpfungen zwischen diesen als Relationen abgebildet. Die Ontologie dient als Grundlage für die Wissensbasis, da hier die Begriffe definiert werden, die in den übrigen Wissenselementen benutzt werden. Für die Konsistenzsicherung der Wissensbasis sind folgende Überprüfungsmechanismen vorgesehen. Der Aufbau jedes Wissenselements wird

gemäß Spezifikation geprüft. Zusätzlich wird die Eindeutigkeit sichergestellt, indem die Werte der identifizierenden Attribute auf Einmaligkeit im System geprüft werden. Da die Vollständigkeit der Wissensbasis nicht überprüft werden kann, wird lediglich die Abgeschlossenheit untersucht. Hierzu werden die Verknüpfungen der einzelnen Wissens Elemente analysiert. Jede im Wissensmodelltyp definierte Verknüpfung muss gesetzt sein und eine Verknüpfung muss in einem existierenden Element enden. Sind alle drei Mechanismen erfolgreich durchlaufen, so ist die Konsistenz der Wissensbasis gegeben. Diese Mechanismen werden bereits während der Eingabe des Konstrukteurs angewendet, damit diesem direkt Rückmeldung gegeben werden kann, wenn eine Inkonsistenz vorliegt, und dieser entsprechende Korrekturen vornehmen kann. Zur Überführung der Wissens Elemente aus der Wissensbasis in das bereits angesprochene ProKon-Basissystem werden die Elemente zunächst aus der Wissensbasis extrahiert und gemäß dem Einsatz im Basissystem gruppiert. Je nach Gültigkeitsbereich (Aspekt) werden sie einem bestimmten Agenten zugeordnet und die formalen Teile der Wissens Elemente in das im Basissystem verwendete Dateiformat (XML) übersetzt. Tabellen werden in einer dem Basissystem zugehörigen Datenbank erstellt und die einzelnen Werte übernommen. Die die Begriffe enthaltende Ontologie wird direkt kopiert, da sie für das Basissystem ebenfalls als Grundlage für die Wissensverarbeitung bzw. als Begriffsdefinition für die Agenten dient.

4.3 Beispiel zur Wissensintegration

Im Folgenden wird ein Beispiel zur Wissensintegration durch den Konstrukteur aufgezeigt, um das in Abschnitt 4.1 und 4.2 vorgestellte Konzept zu veranschaulichen. Ausgangspunkt stellt der Konstrukteur dar, der eine Regel zur Überprüfung der funktionsgerechten Gestaltung eines Querpressverbands nachträglich integrieren möchte. Er bekommt nach der Suche in der Wissensbasis vom WIS den Anwendungsfall *Gestaltung von Querpressverbänden*, den Sachverhalt *funktionsgerechtes Gestalten von Querpressverbänden* und die dazu passenden PKFs angezeigt (Retrieve). Ein Ausschnitt aus dem Anwendungsfall wird in Bild 6 dargestellt. Im darauf folgenden Schritt (Reuse) wird der aufgerufene Anwendungsfall beibehalten und die Regel 3 (siehe Bild 6, 1) hinzugefügt. Nach dieser Eingabe überprüft das System die Konsistenz und Abgeschlossenheit der integrierten Wissens Elemente (Revise). Hierbei wird der Konstrukteur auf weitere zu integrierende Wissens Elemente aufmerksam gemacht. Zum einen sind bereits bestehende PKFs zu erweitern (2) und zum anderen ein neues PKF hinzuzufügen (3).

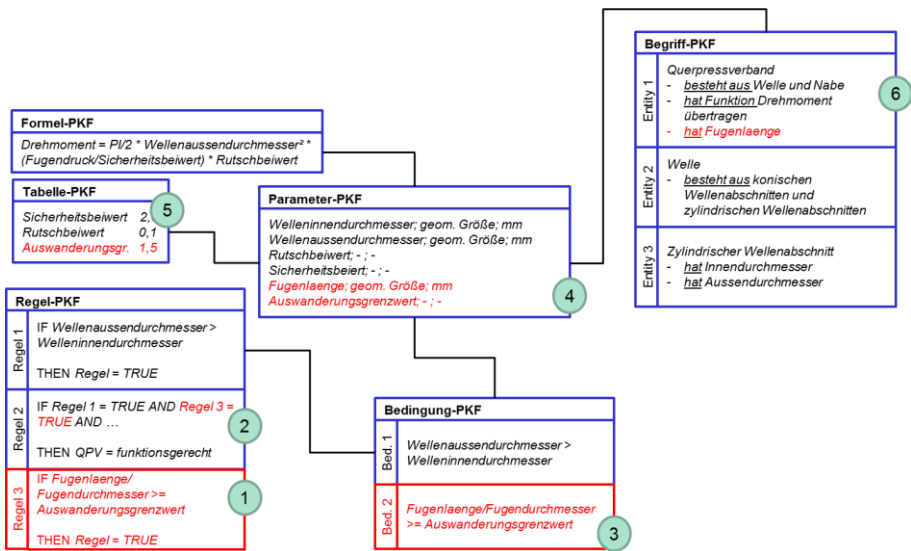


Bild 6: Beispiel für die Integration von Konstruktionswissen

Nach jeder Eingabe werden diese wiederum überprüft und es werden ggf. weitere zu integrierende Wissens Elemente identifiziert (4, 5, 6). Erst wenn alle Inkonsistenzen beseitigt sind und die Wissensbasis abgeschlossen ist, kann der Integrationsprozess abgeschlossen werden. Ist dies geschehen, so kann der Inhalt der Wissensbasis in das ProKon-Basissystem übertragen und verwendet werden.

5 Zusammenfassung und Ausblick

In diesem Beitrag wurden zum einen Anforderungen an das ProKon-Wissensintegrationssystem von Seiten der potenziellen Anwender aus Forschung und Industrie erhoben. Zum anderen ist ein Konzept vorgestellt worden, das es Konstrukteuren erlaubt, Konstruktionswissen benutzerfreundlich, benutzerspezifisch und selbstständig in das Unterstützungssystem zu integrieren. Auf Basis der Erkenntnisse aus dem Stand der Forschung können gemäß der Wissensstrukturierung in der Konstruktionstechnik verschiedene Wissenstypen und Wissensformen integriert werden. Dies wurde durch die Verwendung der ProKon-Knowledge-Forms (PKF) erreicht, die mit insgesamt sechs Ausprägungen die Wissensrepräsentation von Konstruktionswissen zulassen. Hierbei sind diese in der Wissensbasis in sogenannte Sachverhalte und Anwendungsfälle eingeordnet, um den Konstrukteur auch eine einfache Navigation durch die Wissensbasis zu ermöglichen. Das in der Literatur häufig er-

wähnte Problem der Anknüpfung neuer Wissens Elemente an bestehende wird somit umgangen. Im weiteren Verlauf des Projekts ist das Konzept weiter zu detaillieren. Besonders auf die Mechanismen zur Überprüfung der Abgeschlossenheit und Konsistenz ist Wert zu legen. Mit Hilfe zweier Anwendungsszenarien (Integration einer Norm und Integration einer bisher in der Wissensbasis fehlenden Welle-Nabe-Verbindung) ist abschließend ein Prototyp zu entwickeln, der in Kombination mit dem Basissystem im industriellen Umfeld erprobt wird.

Danksagung

Wir bedanken uns bei der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) für die Unterstützung des Projekts *ProKon – Proaktive Unterstützung von Konstruktionsprozessen durch Softwareagentensysteme*.

Literatur

- [1] Hicks, B. J.; Culley, S. J.; Allen, R. D.; Mullineux, G.: A framework for the requirements of capturing, storing and reusing information and knowledge in engineering design. In: International Journal of Information Management 22, 2002, S. 263-280
- [2] Remus, U.: Prozessorientiertes Wissensmanagement: Konzepte und Modellierung. Dissertation, Universität Regensburg, Lehrstuhl für Wirtschaftsinformatik III, 2002.
- [3] Stokes, M.: Managing engineering knowledge. MOKA: methodology for knowledge based engineering applications. Professional Engineering Publishing, London, 2001.
- [4] Kratzer, M.; Rauscher, M.; Binz, H.; Göhner, P.: An agent-based system for supporting design engineers in the embodiment design phase. In: Proceedings of the International Conference on Engineering Design (ICED), 2011
- [5] Wagner, T.; Göhner, P.; Urbano, Paulo G. A. de: Softwareagenten: Einführung und Überblick über eine alternative Art der Softwareentwicklung. In: atp Automatisierungstechnische Praxis, 2004, Nr. 4 Sonderdruck, S. 1-31
- [6] Görz, G.: Handbuch der künstlichen Intelligenz. 4. Aufl. München: Oldenbourg, 2003.