

## **KOMPLEXITÄTSASSISTENT – EIN BEISPIEL FÜR DEN EINSATZ VON THESAURI IN DER AUTOMOBILINDUSTRIE**

### **Zusammenfassung**

Der folgende Beitrag soll die Möglichkeiten eines Einsatzes der Thesaurustechnologie im Bereich des Komplexitätsmanagements in der Automobilindustrie aufzeigen. Es wird ein Überblick über den derzeitigen Stand des Komplexitätsmanagements gegeben und das Konzept bzw. die Implementierung eines Komplexitätsassistenzsystems vorgestellt.

### **1 Einleitung**

Aufgrund der Forderung des Kunden nach immer individuelleren Produkten wächst die Variantenvielfalt und damit auch die Produkt- und Prozesskomplexität in der Automobilindustrie stetig. Komplexitätsmanagement im Maschinen- und Automobilbau bezeichnet eine Disziplin, die sich mit der ständig anwachsenden Bauteilvielfalt im Unternehmen auseinandersetzt, d.h. Strategien zur Beherrschung der Vielfalt in verschiedenen Bereichen aufzeigt, versucht die Vielfalt zu bewerten und nach Möglichkeit abzubauen.

Das Ziel des Komplexitätsmanagements ist es, diese vom Kunden geforderte Angebotsvielfalt mit möglichst wenig Bauteil- und Baugruppenvarianten zu erreichen, um Entwicklungs-, Logistik-, Fertigungs- und Montageprozesse einfacher und kostengünstiger gestalten zu können [1, 2]. Im Komplexitätsmanagement wird daher unterschieden zwischen Produktvarianten, die gewollt und notwendig sind, um die Kundenwünsche zu erfüllen und den Bauteil- und Baugruppenvarianten, die es einzuschränken gilt, ohne dabei die Angebotsvielfalt für den Kunden zu reduzieren.

Als Beispiel zur Erläuterung der Notwendigkeit des Komplexitätsmanagements können Pkws dienen, die aufgrund der Wahlmöglichkeiten des Kunden theoretisch zu mehr als einer Milliarde Varianten (Volkswagen A.G.) montiert werden können. Diese Zahl wird jedoch nicht annähernd durch die Menge der verkauften Fahrzeuge erreicht. Dennoch müssen die für alle Konfigurationen notwendigen Fahrzeugkomponenten entwickelt und getestet werden. Vor allem die Montierbarkeit und Funktionsfähigkeit selten vom Kunden geforderter Produktvarianten, der so genannten „Exoten“, kann oft nicht in ausreichendem Maß getestet werden. Die Folge sind Montagefehler an Fahrzeugen und verlängerte Lieferzeiten.

### **2 Methoden des Komplexitätsmanagement**

Im Folgenden soll ein Überblick über die Methoden gegeben werden, die heute im Komplexitätsmanagement eingesetzt werden. Für diese Methoden sind verschiedene Strukturierungsmöglichkeiten denkbar. Da es von entscheidender Bedeutung ist, zu welchem Zeitpunkt die Methoden im Entwicklungsprozess eingesetzt werden können, soll der Produktlebenszyklus als Strukturierungskriterium verwendet werden.

Man kann unterscheiden zwischen Basismethoden, die vorwiegend der Beherrschung der Variantenvielfalt dienen, und Methoden, mit denen eine Reduzierung von Varianten an bestehenden Produkten erzielt werden kann. Aus konstruktionsmethodischer Sicht sind Methoden zur Vermeidung von Varianten im frühen Produktentwicklungsprozess die effizientesten. Daher erscheint eine Strukturierung nach frühen und späten

Konstruktionsphasen sinnvoll. In der Automobilindustrie werden die Methoden zur Produktsanierung und Produktaufwertung nicht nur in den späten Phasen angewendet. Da bei der Neukonstruktion eines Fahrzeugs dessen Produktstruktur nicht wesentlich geändert wird, werden im Automobilbau die Stücklisten des Vorgängermodells als Ausgangsbasis für das Nachfolgemodell übernommen. In diesem Fall trifft die Bezeichnung „frühe Phasen des Konstruktionsprozesses“ nur bedingt zu, da in vielen Bereichen auf die Produktstruktur des Vorgängers zurückgegriffen wird. Dies eröffnet die Möglichkeit für das Komplexitätsmanagement, die Variantenstrukturen des Vorgängers zu analysieren und Komplexitätsreduktionen zu erreichen, die in das Nachfolgeprodukt einfließen.



Bild 1: Methoden des Komplexitätsmanagements

### 3 Motivation Komplexitätsassistent

Die Verwendung der verschiedenen Komplexitätsmanagementmethoden erfolgt jedoch häufig mit unzureichender Rechnerunterstützung. Aus diesem Grund liegt es nahe, für alle Methoden ein Softwaremodul zu entwickeln. Da der Funktionsumfang der einzelnen Komplexitätsmanagementmodule sehr groß ist und entsprechend zur effizienten Nutzung ein äußerst umfangreiches Fachwissen im Bereich Komplexitätsmanagement erforderlich ist, scheint die Entwicklung einzelner Softwaremodule für jede einzelne Methode und der Einsatz eines Komplexitätsassistentensystems sinnvoll. Dieses kann den Komplexitätsmanager, ähnlich wie ein Expertensystem, bei der Beantwortung von Komplexitätsfragestellungen, d. h. bei dem Einsatz der unterschiedlichen Softwaremodule, unterstützen.

Die Unterstützung des Komplexitätsmanagers durch den Komplexitätsassistenten kann auf Basis einer üblichen Hilfefunktionalität, wie sie heute Standard in vielen Softwareprogrammen ist, erfolgen. Hauptsächlich soll das Assistenzsystem dem Anwender die erforderlichen Komplexitätsmanagementmethoden bzw. die zugehörigen Softwaremodule aufzeigen und anbieten, mit welchen eine Bearbeitung der Problemstellung möglich ist. Hierzu muss die Möglichkeit gegeben sein, eine Fragestellung textuell eingeben zu können. Weiterhin erscheint es sinnvoll, dem Komplexitätsmanager das im Assistenzsystem vorhandene Wissen in komprimierter Form graphisch darzustellen, z.B. mittels einer Baumstruktur. Somit wäre auch eine manuelle Suche nach bestimmten Themen möglich. Weiterhin ist Wissen nicht immer formal beschreibbar. Dieser Tatsache Rechnung tragend sollte in keinem Wissensmanagementsystem der Hinweis auf interne oder externe Experten fehlen. Durch die Verknüpfungen zwischen Themengebieten oder Begriffen und Experten kann eine schnellere Verfügbarkeit von Erfahrungswissen gewährleistet werden. Um die geforderte Suchfunktionalität zu realisieren, ist eine Suche nach Keyword-Begriffen notwendig, welchen verschiedene Hilfedokumente bzw. ein Link zum passenden Softwaremodul zugeordnet sind. Ist die Anzahl der Keywörter sehr klein bzw. die Bedeutung der Begriffe klar und eindeutig, so stellt eine einfache Keyword-Suche, die einen eingegebenen String mit denen der im Assistenten verfügbaren Begriffe vergleicht, eine ausreichende Lösung dar. Sind diese Voraussetzungen nicht gegeben, wovon im Bereich Komplexitätsmanagement ausgegangen werden muss, so ist der Einsatz eines Thesaurus erforderlich, da dieser eine Vielzahl verschiedener Beziehungen zwischen den einzelnen Keywörtern im Datenbestand des Assistenzsystems verwalten und auswerten kann [3, 4, 5]. In beiden Fällen ist jedoch eine Datenbank unabdingbar, in welcher das im Assistenzsystem vorhandene Wissen hinterlegt sein muss.

Zusammenfassend kann gesagt werden, dass das Komplexitätsassistentensystem daraufhin abzielt, den Komplexitätsmanager in erster Linie mit nicht formalisierbarem Wissen, dem so genannten heuristischen Wissen, zu versorgen. Weiterhin soll das System auch für Personen hilfreich sein, die in dem Gebiet des Komplexitätsmanagements nur ein gewisses Basiswissen besitzen, also keine Experten sind.

### 4 Systemkonzept, prototypenhafte Implementierung

Kapitel 4 gibt schaffte einen Überblick über das zugrunde liegende Konzept und erläutert stichpunktartig die prototypenhafte Implementierung des Komplexitätsassistenten.

#### 4.1 Thesaurus (Definition nach DIN 1463)

Ein Thesaurus stellt die Begriffe einer Anwendung oder eines Fachgebietes systematisch zusammen, vergibt für jeden Begriff eine Vorzugsbenennung (den "*Descriptor*") und verweist

von alternativen Synonymen auf die entsprechenden Descriptoren. Der Unterschied zur einfachen Keywordliste besteht vor allem darin, dass zwischen den Begriffen semantische und strukturelle Relationen ausgewiesen werden, speziell die Unter-/Oberbegriffsrelation. Soweit dies nicht zur Klärung der Begrifflichkeiten ausreichen sollte, können noch verbale Definitionen und andere beliebige Objekte zugeordnet werden. Wichtig ist, dass der Thesaurus bei Indexierung<sup>1</sup> und Retrieval<sup>2</sup> komfortabel zur Verfügung steht und dass das Retrieval die Begriffsrelationen mit einbinden kann (Suche nach einem Begriff inklusive all seiner Unterbegriffe). In einem mehrsprachigen System lassen sich - keineswegs trivial, aber doch besser als bei allen Alternativen – die Übersetzungsäquivalente mit einbinden. Jedoch ist auch ein Thesaurus mit Nachteilen behaftet: Er ist in der Erstellung und Pflege für viele Anwendungen zu aufwendig. Die Erstellung ist ein methodisch anspruchsvoller und auf langfristige Nutzung angelegter Arbeitsgang [6]. Für den Komplexitätsassistenten scheint die Verwendung eines Thesaurus aufgrund den bereits oben genannten Gründen von Vorteil zu sein.

## 4.2 Das Datenmodell

Wie Bild 2 veranschaulicht, besteht die Datenstruktur im Kern aus der Klasse „Descriptor“, welche mit verschiedenen anderen Klassen vernetzt ist.

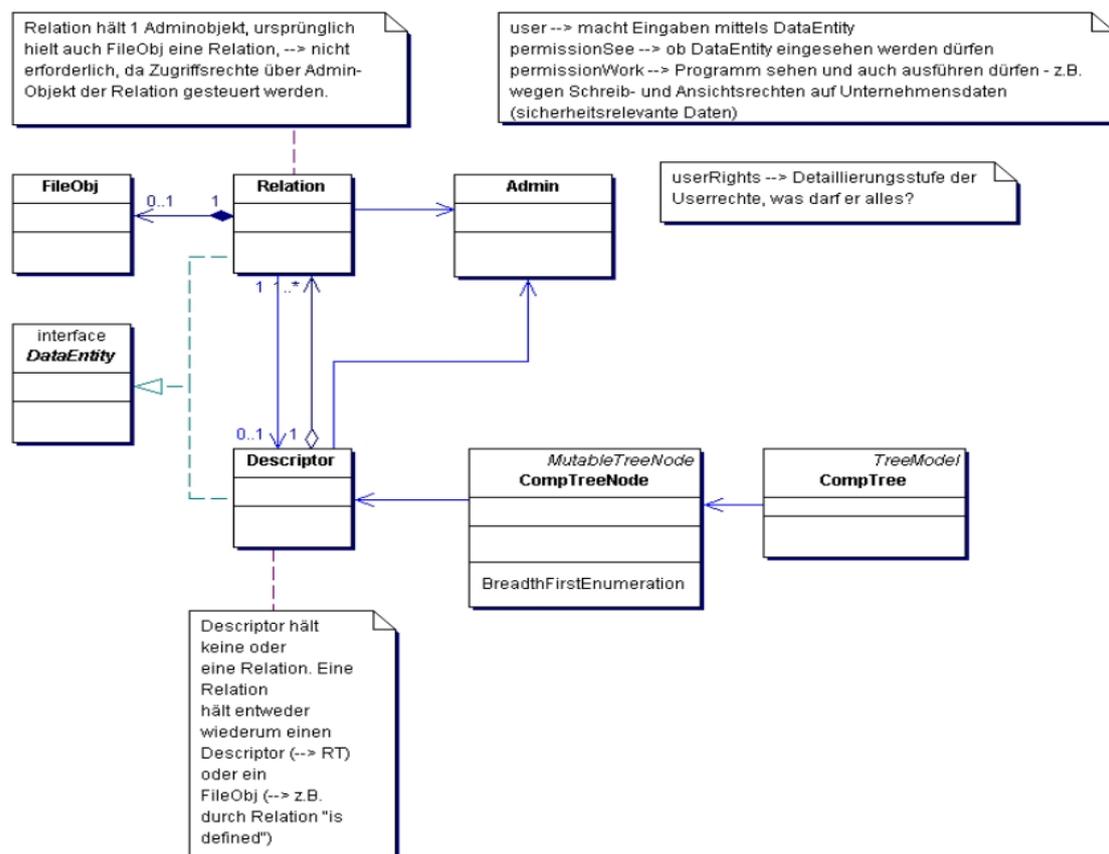


Bild 2: Datenmodell des Thesaurus

Zum einen muss die Relation zwischen einem „Preferred Term“ und seinen zugehörigen Synonymen erzeugt werden. Dies geschieht dadurch, dass der Ausgangsdescriptor (also der

1 Eingabe von neuen Begriffen und Verknüpfung dieser mit anderen Begriffen in der Thesaurusdatenbank

2 Verwenden des Thesaurus (Suche nach bestimmten Begriffen)

„Preferred Term“) über ein „Relation“-Objekt wiederum einen weiteren Descriptor an sich bindet, welcher dann als „Synonym“ fungiert. Zum anderen müssen einem Preferred Term auch weitere Objekte zugeordnet werden können, wie z. B. verschiedene Textdokumente (z. B. Definitionen) oder ausführbare Programmdateien bzw. der Pfad zu diesen. Dies wird mittels der Klasse „FileObj“ realisiert, wobei jeder Preferred Term wiederum über jeweils ein Relation-Objekt mehrere File-Objekte besitzen kann. Ergänzt wird die Struktur durch eine sog. „Admin“-Klasse, in welcher verschiedene Administrations-Informationen, wie z. B. Zugriffsrechte, Quellenangaben usw., abgelegt werden können. Alle instantiierten Descriptor-Objekte werden schließlich in der Klasse „CompTree“ abgelegt, welche eine Baumstruktur repräsentiert.

### 4.3 Graphische Benutzeroberfläche

Bild 3 zeigt das Hauptfenster des Assistenten. Es besteht einerseits die Möglichkeit, sich den Datenbestand des Thesaurus mittels einer Baumstruktur anzeigen zu lassen und hierin selbst manuell zu navigieren bzw. zu suchen. Die Darstellung der Suchergebnisse übernimmt der rechte Bereich der GUI. Hier werden textuelle Beschreibungen, verwandte Themen (sog. Related Terms), für den Hilfeeintrag zur Verfügung stehende Programmmodule und zuständige Experten eingblendet. Weiterhin steht dem Anwender eine erweiterte Suchfunktionalität zur Verfügung, mit welcher z.B. eine Bereichseinschränkung durchgeführt werden kann oder die Suchkriterien selbst variieren kann.

**Variantenbäume**

Der Variantenbaum (siehe Bild 1) dient als Hilfsmittel, um die für ein Bauteil existierenden Varianten aufzuzeigen. Mit Hilfe des Variantenbaums wird der vorher analysierte Zusammenhang zwischen der Angebotebene (siehe Merkmale und Ausprägungen in Bild 1) und der Bauteilebene dargestellt. Wenn den einzelnen Varianten die tatsächlichen oder prognostizierten Verkaufszahlen der Spezifikationen (und damit die Einbauraten einzelner Bauteile) zugeordnet werden (siehe Spalte Ist-Nachfrage in Bild 1), ist eine Identifizierung von Exoten möglich. Dies wird Exotenfrüherkennung genannt.

Merkmale	Design	Material	Lenkungsanordnung	Farbe	Handschuhfach	Ist-Nachfrage
<b>Ausprägungen</b>	• I ○ II	• geschäumt ○ gespritzt	• links ○ rechts	• schwarz ○ blau □ braun	• klein ○ groß	[%]
						7,58
						44,38
						1,32
						2,73
						0,67
						1,70
						0,01
						4,64
						0,00
						0,29
						0,00
						25,24
						1,97
						6,62
						0,60
						1,54
						0,14
						0,00
						0,00
						0,00
						0,24
						0,00
						0,16

**Bild 1:** Variantenbaum, auch Strukturvariantenbaum genannt

Mit Hilfe des Programms "iViP-Variantenmanager" kann ein Strukturvariantenbaum aus bestehenden Produktdaten aufgebaut werden.

**Available programs:**  
Variantenmanager

**Related Terms:**  
Variantenmanager  
Exotenfrüherkennung

**Responsible experts:**  
Hauck, Christian KTrmfk  
Koch, Alexander KTrmfk  
Puri, Werner KTrmfk  
Schmidt, Winfried KTrmfk

Bild 3: Hauptfenster der Benutzeroberfläche des Assistenten

## 4.4 Funktionalität

Im folgenden sollen ausgewählte Hauptfunktionalitäten des Komplexitätsassistenten vorgestellt werden.

### 4.4.1 *Automatische Suche nach einer eingegebenen Fragestellung*

Es soll möglich sein, eine beliebige Fragestellung zu einem Komplexitätsmanagementproblem textuell in den Assistenten einzugeben. Nach Anstoß der Suche wird die im Assistenzsystem hinterlegte Wissensdatenbank durchsucht. Alle Schlagwörter des Thesaurus (sog. Preferred Terms) zu den Komplexitätsthemen werden hierarchisch in einer Baumstruktur dargestellt. Wird nun bei der Datenbanksuche ein passendes Thema gefunden, so werden alle gefundenen Begriffe in einer Liste dargestellt. Bei der Anwahl des Hilfethemas im Baum oder in der Liste erscheint im rechten Fenster die zugehörige Beschreibung, die den Anwender mittels bebilderten Texts eingehend über den ausgewählten Begriff informiert. Im Text enthaltene Schlagwörter sind hervorgehoben und nach Klick auf diese erscheint ein kleines Fenster mit der entsprechenden Begriffsdefinition oder näheren Informationen. Auch können sämtliche Beschreibungen des rechten Programmfensters ausgedruckt werden. Ist einem Hilfethema zusätzlich zur bebilderten Textbeschreibung ein Programmmodul zugeordnet, mit welchem der entsprechende Eintrag bearbeitet werden kann, so erscheint im unteren linken Fenster eine Liste mit den passenden Softwaremoduln.

Neben der Modulbezeichnung existieren Startbuttons, mit Hilfe derer das Programm gestartet werden kann. Möchte der Anwender detaillierte Informationen über das jeweilige Software-Modul selbst, so kann vom Komplexitätsassistenten aus die Programmhilfe des Moduls gestartet werden. Während der Anwender sein Komplexitätsmanagementproblem mit einem oder mehreren Programmmodulen bearbeitet, bleibt der Komplexitätsassistent im Hintergrund geöffnet. Dies macht es dem Akteur möglich, bei weiteren auftretenden Fragestellungen wiederum den Assistenten zu Rate zu ziehen.

### 4.4.2 *Manuelle Bearbeitung einer Komplexitätsfragestellung*

Die Suche nach Hilfethemen bzw. geeigneten Programmmodulen zur Beantwortung der Komplexitätsfragestellung läuft in diesem Fall ähnlich ab wie bereits bei der automatischen Suche. Der Anwender besitzt die Möglichkeit, in der Baumstruktur manuell zu navigieren, d.h., er kann die Äste des Baums beliebig öffnen bzw. schließen. Hat er einen geeigneten Eintrag gefunden, so wird wiederum im rechten Fenster die entsprechende Beschreibung eingeblendet bzw. passende Programmmodule im unteren linken Fenster vorgeschlagen.

### 4.4.3 *Manueller Programmstart der Komplexitätsmanagement-Module*

Selbstverständlich ist es dem Akteur ebenfalls möglich, einzelne Komplexitätsmanagement-Module nach Belieben direkt selbst zu starten. Dies wird der Fall sein, wenn es sich bei dem Anwender um den Systemadministrator oder den Komplexitätsmanager handelt, einen Personenkreis also, welcher fundiertes Fachwissen im Bereich Komplexitätsmanagement besitzt und daher sehr selten auf die Hilfefunktionalität des Komplexitätsassistenten zurückgreift. Alle verfügbaren Einzelmodule sind in der Menüleiste des Assistenten zusammengefasst und können mittels Mausclick gestartet werden.

#### 4.4.4 Befüllen und Verwalten der Thesaurusdatenbank, eine Hauptfunktionalität des Assistenzsystems

Wie bereits oben beschrieben, ist die Indexierung eines Thesaurus sehr anspruchsvoll und aufwendig. Werden von einem Benutzer, der über die entsprechenden Rechte verfügen muss, neue Preferred Terms oder Synonyme angelegt, so geschieht dies im Komplexitätsassistenten durch das Durchlaufen eines Wizards. Einige Stufen beim Anlegen eines neuen Preferred Terms sind in Bild 4 dargestellt. Nach Eingabe des Namens muss festgelegt werden, in welcher Hierarchiestufe der Preferred Term eingefügt werden soll. Dies geschieht durch die Auswahl des entsprechenden Ober- bzw. Unterbegriffs in der Baumstruktur des Thesaurus. Weiterhin werden verschiedene Administrationsinformationen wie z. B. letztes Änderungsdatum, Quelle usw. vergeben. In den folgenden Wizardstufen können dann Relationen mit anderen Preferred Terms bzw. auch verschiedenste Verbindungen zu zugehörigen Dokumenten u. ä. generiert werden (vgl. S. 126, „Das Datenmodell“).

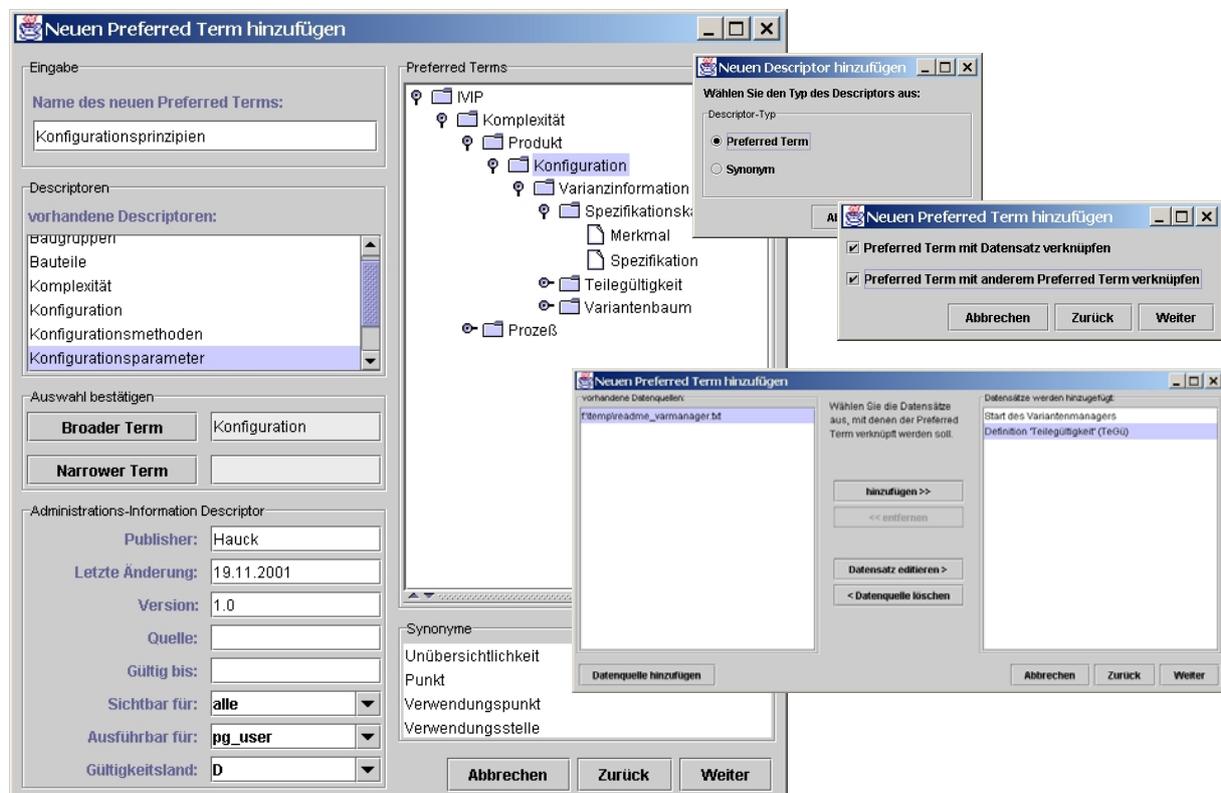


Bild 4: Anlegen eines neuen Preferred Terms durch Durchlaufen eines Wizards

## 5 Zusammenfassung und Ausblick

Aufgrund der Forderung des Kunden nach immer individuelleren Produkten wächst die Variantenvielfalt und damit auch die Produkt- und Prozesskomplexität in der Automobilindustrie stetig. Die Verwendung der verschiedenen Komplexitätsmanagementmethoden, um diese zu beherrschen bzw. zu reduzieren, erfolgt jedoch häufig mit unzureichender Rechnerunterstützung. Aus diesem Grund lag es nahe, für alle Methoden ein Softwaremodul zu entwickeln. Da der Funktionsumfang der einzelnen Komplexitätsmanagementmodule sehr groß ist und entsprechend zur effizienten Nutzung ein äußerst umfangreiches Fachwissen im Bereich Komplexitätsmanagement erforderlich ist, erschien die Entwicklung einzelner Softwaremodule für jede einzelne Methode und der

Einsatz eines Komplexitätsassistenzsystems sinnvoll. Dieses kann den Komplexitätsmanager, ähnlich wie ein Expertensystem, bei der Beantwortung von Komplexitätsfragestellungen, d. h. bei dem Einsatz der unterschiedlichen Softwaremodule, unterstützen.

Die Unterstützung des Komplexitätsmanagers durch den Komplexitätsassistenten erfolgt auf Basis einer üblichen Hilfsfunktionalität, wie sie heute Standard in vielen Softwareprogrammen ist. Hauptsächlich jedoch zeigt das Assistenzsystem dem Anwender die erforderlichen Komplexitätsmanagementmethoden bzw. die zugehörigen Softwaremodule auf, mit welchen eine Bearbeitung der Problemstellung möglich ist. Hierzu wurde die Möglichkeit geschaffen, eine Fragestellung textuell eingeben zu können. Weiterhin wird dem Komplexitätsmanager das im Assistenzsystem vorhandene Wissen in komprimierter Form graphisch dargestellt. Somit ist auch eine manuelle Suche nach bestimmten Themen möglich. Wissen ist nicht immer formal beschreibbar. Dieser Tatsache Rechnung tragend wurde im Wissensmanagementsystem der Hinweis auf interne oder externe Experten hinterlegt. Durch die Verknüpfungen zwischen Themengebieten oder Begriffen und Experten kann somit eine schnellere Verfügbarkeit von Erfahrungswissen gewährleistet werden.

Da das Assistenzsystem modular aufgebaut ist, könnte es in weiterführenden Arbeiten in verschiedene andere Software des Automobilbaus integriert werden. Weiterhin ist das System nicht auf den Fachbereich „Komplexitätsmanagement“ beschränkt, es wäre somit vorstellbar, verschiedene andere Wissenbasen mit in das Assistenzsystem aufzunehmen und es dadurch globaler einsetzen zu können.

## 6 Literatur

- [1] Kreft, W.: Systeme und Montagemodule, Fachtagung „Verlag moderne Industrie“, Stuttgart 25./26.07.1997
- [2] Eversheim, W., Böhmer, D., Kümper, R.: Die Variantenvielfalt beherrschen, VDI-Z 134, Nr. 4 – April, 1992, S. 47-53
- [3] Leonard Will: Thesaurus principles and practice, Willpower Information, Information Management Consultants, 1992, <http://www.willpower.demon.co.uk/thesprin.htm>
- [4] Jessica L. Milstead: About Thesauri, Jelem Company, 1998, <http://www.jelem.com/about.htm>
- [5] Dagobert Soergel: Functions of a thesaurus / classification /ontological knowledge base, College of Library and Information Services, University of Maryland, 1997
- [6] Gerhard Knorz: Technologie und Methodik von Informationsspeicherung und Retrieval, Fachhochschule Darmstadt; Fachbereich IuD, 1994 <http://www.iud.fh-darmstadt.de/iud/wwwmeth/publ/paper/techno94/paper1.htm>

Dipl.-Ing. Cristian Hauck,  
Dipl.-Ing. Werner Puri,  
Lehrstuhl für Konstruktionstechnik  
FAU Erlangen-Nürnberg  
Martensstraße 9 - D-91058 Erlangen  
Tel: 0049-9131-85-23216  
Fax: 0049-9131-85-23223  
Email: [hauck@mfk.uni-erlangen.de](mailto:hauck@mfk.uni-erlangen.de)  
[puri@mfk.uni-erlangen.de](mailto:puri@mfk.uni-erlangen.de)  
URL: <http://www.mfk.uni-erlangen.de>