

February 2007

# Unterstützung wissensintensiver Prozesse im Produktlebenszyklus durch Suche in Produkt- und Prozessdaten

Thomas Barth

*Universität Siegen*, [barth@fb5.uni-siegen.de](mailto:barth@fb5.uni-siegen.de)

Christian Lütke Entrup

*Universität Siegen*, [luetke-entrup@fb5.uni-siegen.de](mailto:luetke-entrup@fb5.uni-siegen.de)

Walter Schäfer

*Universität Siegen*, [jonas@fb5.uni-siegen.de](mailto:jonas@fb5.uni-siegen.de)

Follow this and additional works at: <http://aisel.aisnet.org/wi2007>

---

## Recommended Citation

Barth, Thomas; Entrup, Christian Lütke; and Schäfer, Walter, "Unterstützung wissensintensiver Prozesse im Produktlebenszyklus durch Suche in Produkt- und Prozessdaten" (2007). *Wirtschaftsinformatik Proceedings 2007*. 87.  
<http://aisel.aisnet.org/wi2007/87>

This material is brought to you by the Wirtschaftsinformatik at AIS Electronic Library (AISEL). It has been accepted for inclusion in Wirtschaftsinformatik Proceedings 2007 by an authorized administrator of AIS Electronic Library (AISEL). For more information, please contact [elibrary@aisnet.org](mailto:elibrary@aisnet.org).

In: Oberweis, Andreas, u.a. (Hg.) 2007. *eOrganisation: Service-, Prozess-, Market-Engineering*; 8. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik 2007. Karlsruhe: Universitätsverlag Karlsruhe

ISBN: 978-3-86644-094-4 (Band 1)

ISBN: 978-3-86644-095-1 (Band 2)

ISBN: 978-3-86644-093-7 (set)

© Universitätsverlag Karlsruhe 2007

# Unterstützung wissensintensiver Prozesse im Produktlebenszyklus durch Suche in Produkt- und Prozessdaten

Thomas Barth, Christian Lütke Entrup, Walter Schäfer

**Institut für Wirtschaftsinformatik**  
Fachbereich Wirtschaftswissenschaften  
Universität Siegen  
57068 Siegen  
{barth, luetke-entrup, jonas}@fb5.uni-siegen.de

## Abstract

Entlang des Produktlebenszyklus generierte Daten enthalten das in einer Vielzahl von Prozessen angewandte Wissen der an Planung, Entwicklung, Herstellung etc. beteiligten Experten eines Unternehmens. Ein Ansatz zur Unterstützung komplexer, wissensintensiver Prozesse ist, dieses Wissen so wieder zu verwenden, dass zu einer neuen Aufgabenstellung ähnliche Fälle in historischen Daten gesucht, identifiziert und ggf. als Vorlage verwendet werden können.

In diesem Beitrag wird ein ausgewählter Prozess – die Angebotserstellung – auf das notwendige Wissen hin analysiert und ein generischer Suchprozess auf Produkt- und Prozessdaten als Ansatz für die Wiederverwendung von Wissen in Prozessen motiviert. Der Nutzen dieses Ansatzes wird anhand eines Werkzeugs in einem industriellen Szenario eines mittelständischen, auftragsorientierten Serienfertigers der Automobilzulieferindustrie demonstriert.

## 1 Einleitung

Der Produktlebenszyklus – und im Idealfall ein adäquates Produktlebenszyklusmanagement (PLM) – stellt für produzierende Unternehmen mit hohem Anteil komplexer Engineering-Leistungen eine Möglichkeit der Integration von Prozessen, IT-Infrastruktur und Organisation dar [AbSL05]. Daher ist es sinnvoll, den Produktlebenszyklus als Orientierung für die Analyse von Prozessen, des darin benötigten Wissens und den entsprechenden Daten aufzufassen, um Möglichkeiten der Prozessunterstützung identifizieren und realisieren zu können.

Entlang des Produktlebenszyklus wird eine erhebliche Menge an Daten generiert (meist strukturierte Dokumente oder Datensätze mit numerischen und alphanumerischen Inhalten sowie CAD-Zeichnungen mit Geometrieinformationen), die idealer Weise in Produktdatenmanagement-(PDM-)Systemen abgelegt sind. Diese Daten enthalten das Wissen der an Planung, Entwicklung, Herstellung etc. beteiligten Experten aller Bereiche eines Unternehmens, da dieses Expertenwissen in den Prozessen des Unternehmens angewendet wird und damit in die Daten einfließt, die während der Prozesse erzeugt werden. Eine systematische Erfassung, Verwaltung und Nutzung des in den Prozessen angewendeten relevanten Wissens ist ein Ansatz, Prozesse entlang des Produktlebenszyklus sowohl zu unterstützen und zu optimieren als auch den Verlust von Expertenwissen zu vermeiden.

Einleitend sollen für die weiteren Betrachtungen Abgrenzungen der zentralen Begriffe der Wissens- (implizites ↔ explizites Wissen) und Prozesssicht (Wissensprozess ↔ wissensintensiver Prozess) vorgenommen werden. Implizites Wissen bezeichnet schwer formulier- und formalisierbares Wissen, dessen sich evtl. selbst der Träger des Wissens nicht bewusst ist und das damit nicht direkt durch IT-Werkzeuge erfassbar, abbildbar und anwendbar ist. Unter explizitem Wissen wird demgegenüber Wissen verstanden, das bspw. in Form von Regeln formalisiert und daher mit IT-Werkzeugen verwaltet und angewendet werden kann [NoTa97].

Bezüglich der Prozesse kann grundsätzlich zwischen „Wissenprozessen“ und „wissensintensiven Prozessen“ unterschieden werden: Wissensprozesse dienen dazu, die Ressource Wissen für die Durchführung der wissensintensiven Prozesse zu identifizieren, zu erfassen, aufzubereiten, zu verwalten und zur Nutzung zu verteilen. Demgegenüber zeichnen sich wissensintensive Prozesse dadurch aus, Expertenwissen im jeweiligen Anwendungsbereich zu erfordern, das beispielsweise durch Wissensprozesse zur Verfügung gestellt werden kann [Remu02].

Insbesondere in kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU) ist eine explizite Erfassung, Verwaltung und Nutzung des relevanten Wissens durch eigenständige und aufwändige Wissensprozesse organisatorisch kaum möglich. Daher muss für eine effiziente Unterstützung der wissensintensiven Prozesse eine transparente Integration der relevanten Wissensprozesse durch standardisierte Komponenten vorgenommen werden.

In diesem Beitrag wird eine Herangehensweise vorgestellt, mit der eine Unterstützung wissensintensiver Prozesse in einem mittelständischen Unternehmen – in diesem Szenario aus der Automobilzulieferindustrie – realisiert werden kann. In dieser Branche dominieren KMU, die ein hohes Maß an (Erfahrungs-)Wissen über ggf. lange Zeiträume aufgebaut haben und deren wirt-

schaftlicher Erfolg bzw. ihre Überlebensfähigkeit von diesem Wissen über Produkte, Herstellungsprozesse, Fertigungstechnologien, Kunden, Marktentwicklungen etc. abhängt. Dieses Wissen in Gegenwart der folgenden konkurrierenden Rahmenbedingungen

- Kostendruck (von Kunden- und Mitbewerberseite),
- steigende Produkt- und Prozesskomplexität und -qualität
- Verkürzung des Produktlebenszyklus insbesondere in den frühen Phasen

effizient zu finden und wieder verwenden zu können ist daher eine Herausforderung an Unternehmen, der durch geeignete Methoden und Werkzeuge zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse begegnet werden kann.

Der Beitrag gliedert sich wie folgt: In Kapitel 2 werden wissensintensive Prozesse im Produktlebenszyklus charakterisiert. Zur Unterstützung dieser Prozesse wird der Ansatz einer Suche in Produkt- und Prozessdaten begründet und deren wesentliche Bestandteile erläutert. Kapitel 3 hat das Beispielszenario des wissensintensiven Prozesses der Angebotserstellung in einem mittelständischen Automobilzulieferunternehmen zum Gegenstand, untersucht dabei den Prozess sowie das dabei einfließende Wissen und stellt ein Werkzeug vor, das die Suche nach ähnlichen Produkten zur Wiederverwendung des eingeflossenen Wissens realisiert. Im vierten Kapitel werden relevante Forschungsarbeiten in benachbarten Forschungsgebieten dargestellt, bevor im abschließenden Kapitel eine Zusammenfassung sowie ein Ausblick auf weitere Forschungsarbeiten gegeben werden.

## **2 Unterstützung wissensintensiver Prozesse durch Wiederverwendung von Wissen**

### **2.1 Wissensintensive Prozesse im Produktlebenszyklus**

Wissensintensive Prozesse lassen sich beispielsweise durch Eigenschaften wie individuell variierende Abläufe, hohe Autonomie der Mitarbeiter, deren vergleichsweise breiter Entscheidungsspielraum bei der Erfüllung ihrer Funktion und geringe Unterstützung durch IT-Werkzeuge charakterisieren [Remu02], also durch eine prozessinhärente strukturelle Komplexität. Das in diesen Prozessen relevante Wissen lässt sich näher dadurch charakterisieren, dass es sich um sehr spezifisches Expertenwissen der jeweiligen Domäne handelt, dessen Anwendung in den

Prozessen unverzichtbar ist und daher einen erheblichen Wert darstellt [Star92]. Auch in Routinevorgängen kann Wissen erforderlich sein, das allerdings in diesem Kontext keine Klassifikation des Prozesses als wissensintensiv zulässt.

Insbesondere die Qualität und Effizienz der Durchführung wissensintensiver Prozesse sind daher für Unternehmen besonders wesentlich, da sie – wie etwa im Falle von Prozessen in der Produktentwicklung – für die Qualität der Produkte entscheidend sind oder aber – wie im Falle von Prozessen in der Planung – über die strategische Ausrichtung von Aktivitäten in der Entwicklung und im Vertrieb und damit über die Zukunft eines Unternehmens mitentscheiden. In Abschnitt 3.1 wird die Relevanz des wissensintensiven Prozesses der Angebotserstellung detailliert beschrieben. Abb. 1 zeigt eine Klassifikation von Prozessen nach deren struktureller Komplexität und Wissensintensität. Im oberen rechten Quadranten sind die wissensintensiven Prozesse aufgeführt, während im unteren linken Quadranten eher formalisierbare Routinetätigkeiten platziert sind. Hervorgehoben (Fettdruck) sind Beispiele für Prozesse, die in diesem Kontext und mit dem hier vorgestellten Lösungsansatz zu unterstützen sind. Tätigkeiten rund um die Entwicklung und Konstruktion neuer Produkte stehen dabei im Mittelpunkt. Darüber hinaus sind auch Prozesse relevant, die beispielsweise durch Analyse der bisherigen Produktpalette und der Entwicklung auf Kundenseite im Bereich des strategischen Vertriebs die Ausrichtung von Vertriebs- und Entwicklungstätigkeiten überprüfen und an die Marktentwicklung anpassen.

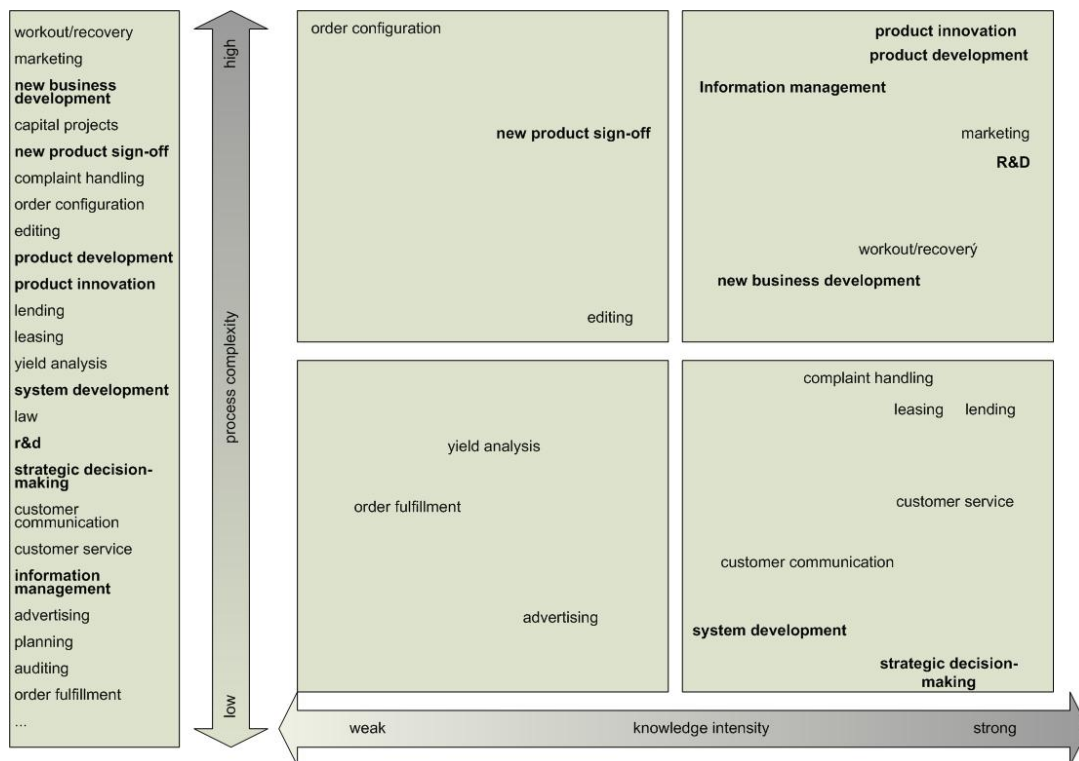


Abb. 1 Klassifikation von Prozessen nach Komplexität und Wissensintensität (vgl. [EpSR99])

## 2.2 Anforderungen an Werkzeuge zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse

Wie bereits bei der Charakterisierung wissensintensiver Prozesse dargestellt, sind die inhaltliche wie strukturelle Komplexität der Abläufe sowie mangelnde Unterstützung durch IT-Werkzeuge allgemeine Merkmale.

Eine Unterstützung von Prozessen dieser Charakteristik stellt daher aus unserer Sicht an prozessübergreifende Lösungsansätze und entsprechende Werkzeuge die folgenden Anforderungen:

- Prozess-übergreifende Einsetzbarkeit

Verbreitet und angewendet wird Wissen in unterschiedlichen Phasen des Produktlebenszyklus, in unterschiedlichen Funktionen und mit unterschiedlichen Zielen. Daher sollte ein generischer Ansatz eine solche Nutzung unterstützen.

- Unterstützung dynamischer Prozesse

Entscheidungen, die auf Basis von Wissen in Prozessen getroffen werden, können auf unterschiedliche Art zustande kommen (z.B. in Abhängigkeit vom jeweils Entscheidenden). Die Unterstützung sollte daher losgelöst von a priori vorgegebenen Abläufen sein.

- Kombinierbarkeit von Verfahren

Wenn unterschiedliche Verfahren zur Nutzung von Wissen verfügbar sind, sollten beliebige Kombinationen von Verfahren möglich sein und unterstützt werden, um eine möglichst hohe Adaptierbarkeit an unterschiedliche Vorgehensweisen zu ermöglichen.

- Integration mit PLM/PDM- und /oder ERP-Systemen

Datenbasis für die Nutzung des Wissens sind verbreitet PLM/PDM- bzw. ERP-Systeme, die als Integrationsplattform eine konsistente Sicht auf betriebswirtschaftliche wie technische Produkt- und Prozessdaten ermöglichen [PBFL00]. Daher müssen Werkzeuge auf diesen Datenbestand zugreifen können, um Redundanzen und Inkonsistenzen zu vermeiden.

- Anwendbarkeit in verteilten Szenarien

Da der Lebenszyklus von Produkten und Herstellungsprozessen in zunehmendem

Maße geografisch verteilt und organisationsübergreifend durchlaufen wird, ist eine Unterstützung in einem verteilten Szenario anzustreben.

### 2.3 Generische Suchprozesse als Lösungsansatz

Hinrichs klassifiziert die Probleme, zu deren Lösung die hier betrachteten wissensintensiven Prozesse durchgeführt werden, als „open world“-Probleme, die sich durch generell unvollständiges Wissen zu ihrer Lösung auszeichnen [Hinr92]. Nach Hinrichs sind sie damit weder durch eine abgeschlossene Menge an Regeln hinreichend genau zu formulieren noch können Experten bei der Problemlösung durch regelbasierte Systeme unterstützt werden. Der Ansatz des fallbasierten Schließens („case-based reasoning“, CBR [AaPl94], s.a. Abschnitt 4.1) wird dahingegen als geeignet für die Problemlösung in solchen „offenen“ Anwendungsbereichen angesehen [AlBa96]. Der hier präsentierte Ansatz basiert daher auf einer generischen Suche nach Ähnlichkeiten in den Produkt- und Prozessdaten.

Die Suche als Werkzeug zur Wiederverwendung von Wissen bietet gegenüber bspw. regelbasierten Ansätzen den Vorteil, dass die Datenbasis und damit die Menge möglicher Ergebnisse und des verfügbaren Wissens nicht in Regeln transformiert werden muss. Da Regeln der Form *if Bedingungen then Aktionen* mit einem bestimmten Ziel (der Aktion) definiert werden müssen, ist die Verwendung eines einheitlichen Regelwerks in unterschiedlichen Prozessen problematisch. Z.B. kann kaum ein einheitliches Regelwerk sowohl in der Konstruktion als auch in der Kostenrechnung angewendet werden. Ebenso entfällt die Notwendigkeit der Pflege (Aktualisierung, Konsistenzerhaltung) einer wachsenden Regelbasis.

Bei der Analyse (Beobachtung, Interviews) der Arbeitsweise der Experten in ihren jeweiligen Funktionen entlang der Prozesskette werden Gemeinsamkeiten in der Vorgehensweise deutlich:

- Verwendung von funktionspezifischen Informationen
- Variierende Reihenfolge in der Analyse der Informationen
- Notwendigkeit variierender, fallspezifischer Informationen
- Nutzung von unvollständigen und unscharfen Daten/Informationen

Für einen generischen Suchprozess hat dies zur Folge, dass es rollenspezifische Mengen der Daten gibt, nach denen gesucht werden kann. Darüber hinaus ist sowohl die Kombination der Informationen als auch die Reihenfolge, in der gesucht wird, a priori unbekannt und kann fallweise variieren. Da eine Suche in unterschiedlichen Phasen entlang des Produktlebenszyklus



eingesetzt werden kann, ist es notwendig, auch mit unvollständigen oder unscharfen Informationen sinnvolle Ergebnisse erzielen zu können, falls überhaupt möglich. Daher ist eine unscharfe Suche (d.h. eine Suche mit vorzugebender Genauigkeit/Unschärfe, s. a. Abschnitt 2.4) nötig.

## 2.4 Komponenten der Suchprozesse

Voraussetzung für eine effiziente Suche innerhalb von Produkt- und Prozessdokumenten ist die Identifikation der Daten, in die das relevante Wissen eingeflossen ist. So ist beispielsweise ein Arbeitsplan, bestehend aus Maschinen, Beschreibungen von Arbeitsgängen, Parametern der Fertigung wie die Angabe „Hub pro Minute“ oder „Vorschub pro Hub“ etc., das Ergebnis eines wissensintensiven Prozesses, in den Wissen über Fertigungstechnik, Materialeigenschaften, Kosten etc. einging. Eine Suche nach diesem spezifischen Wissen sollte als Ergebnis Arbeitspläne (bzw. vollständige Produktdatensätze) liefern, die bzgl. einer Metrik ähnlich sind.

Es ergeben sich die folgenden Voraussetzungen für eine Implementierung von Suchprozessen:

- Identifikation von relevantem Wissen

Das in den Prozessen relevante Wissen hängt von den jeweiligen Funktionen und den Kompetenzen und Verantwortlichkeiten der Funktionsträger ab. Dieses Wissen muss qualitativ erfasst und in die Prozesse eingeordnet werden. Auf dieser Basis kann ein Datenmodell für die zu durchsuchenden Daten erstellt werden.

- Identifikation von Daten

Das identifizierte Wissen ist für die Suche auf die verfügbaren Daten abzubilden. Wenn bspw. das Wissen über Materialeigenschaften bestimmter Bauteile und Fertigungstechnologien relevant ist, sind die für die Suche relevanten Daten z.B. Stückliste und Arbeitsplan, während Informationen über Maschinenstundensätze hier irrelevant sind. Prinzipiell lassen sich diese Daten nach Typen klassifizieren, für die dann jeweils Ähnlichkeitsmaße spezifiziert werden können:

- Numerische Daten

Technische bzw. betriebswirtschaftliche, skalare numerische Daten wie etwa Materialstärke und -preise, Brutto-/Nettogewicht, Vorschub, Hubzahl, Instandhaltungskosten etc.

- Alphanumerische Daten

Beschreibungen von Produkten, Texte/Schlüsselworte von Beschreibungen

gen der Arbeitsgänge, frei formulierte Bemerkungen oder Identifikatoren (etwa Teilenummern gemäß einer unternehmensspezifischen Nummernsystematik)

- Geometrische Daten  
Spezifikation der Geometrie eines Produkts durch CAD-Dokumente, Bitmap-Grafiken etc.

- Identifikation von Ähnlichkeitsmaßen

Einfachster Ansatz für die Definition der Ähnlichkeit numerischer Daten ist die Berechnung des Abstands zwischen Werten, der innerhalb einer vorgegebenen Schranke liegen muss. Für Vektoren kann bspw. die euklidische Distanz oder ein im Kontext sinnvolles Distanzmaß gewählt werden. Bei der Berechnung von Ähnlichkeiten zwischen alphanumerischen Daten wird in diesem Kontext die Ähnlichkeit einzelner Worte betrachtet. Dazu kann beispielsweise die Hamming- oder die Levenshtein-Distanz verwendet werden, die auf der (normierten) Anzahl von Einfüge-, Lösch- oder Änderungsoperationen basiert, die eine Zeichenkette in eine andere überführt (s. z.B. [Apos99]). Im Zusammenhang mit ingenieurtechnischen Anwendungen werden Geometrien typischerweise in Form von CAD-Dokumenten spezifiziert und ausgetauscht. Daher werden Ähnlichkeitsmaße zwischen Geometrien sinnvoller Weise ebenfalls auf CAD-Dokumenten definiert. Zur Berechnung der Ähnlichkeit zwischen Geometrien können Ansätze wie D2 [OFCD01], Lightfield Descriptor [Psra06] und Spherical Harmonics [SaVr01] eingesetzt werden. Sie unterscheiden sich in ihrem jeweiligen Ansatz, CAD-Dokumente zu analysieren. Es werden die Distanzen von zufällig ausgewählten Punkten auf der Oberfläche des Bauteils errechnet und miteinander verglichen (D2), zu vergleichende Objekte werden aus mehreren Perspektiven miteinander verglichen (Lightfield Descriptor) oder es werden Schnittmengen des Objektes mit konzentrischen Kugeln als Basis für einen Vergleich berechnet (Spherical Harmonics).

In Abb. 2 ist ein allgemeines Schema eines solchen iterativen Suchprozesses dargestellt, der in unterschiedlichen wissensintensiven Prozessen durchgeführt werden kann, aber in jedem Fall auf der gleichen Wissensbasis aufsetzt. Wesentlich ist, dass sowohl die Attribute als auch die Genauigkeit (oder „Unschärfe“), mit der gesucht werden soll, durch den Benutzer beliebig gewählt werden kann. Somit kann die Suche auf die Qualität und den Umfang der vorliegenden

Daten abgestimmt werden. Da die Genauigkeit von Daten entlang des Produktlebenszyklus (z.B. eine genauer werdende Beschreibung des Herstellungsprozesses im Arbeitsplan) typischerweise variiert, ist auch dies mit einer derartigen unscharfen Suche zu berücksichtigen. Darüber hinaus kann dadurch von Schreib- oder Übertragungsfehlern abstrahiert werden. Prozesse können dabei durch diese Suche auf das Wissen zurückgreifen, das in den produkt- und prozessbezogenen Daten enthalten ist. Da dieses Wissen nicht – etwa in Form von Entwurfsregeln o. ä. – explizit gemacht wird, ist es in einer impliziten Wissensbasis abgelegt und wird durch ein Wissensmodell, ein daraus abgeleitetes Datenmodell und einer Menge von Ähnlichkeitsmetriken zu diesem Datenmodell zugreifbar gemacht.

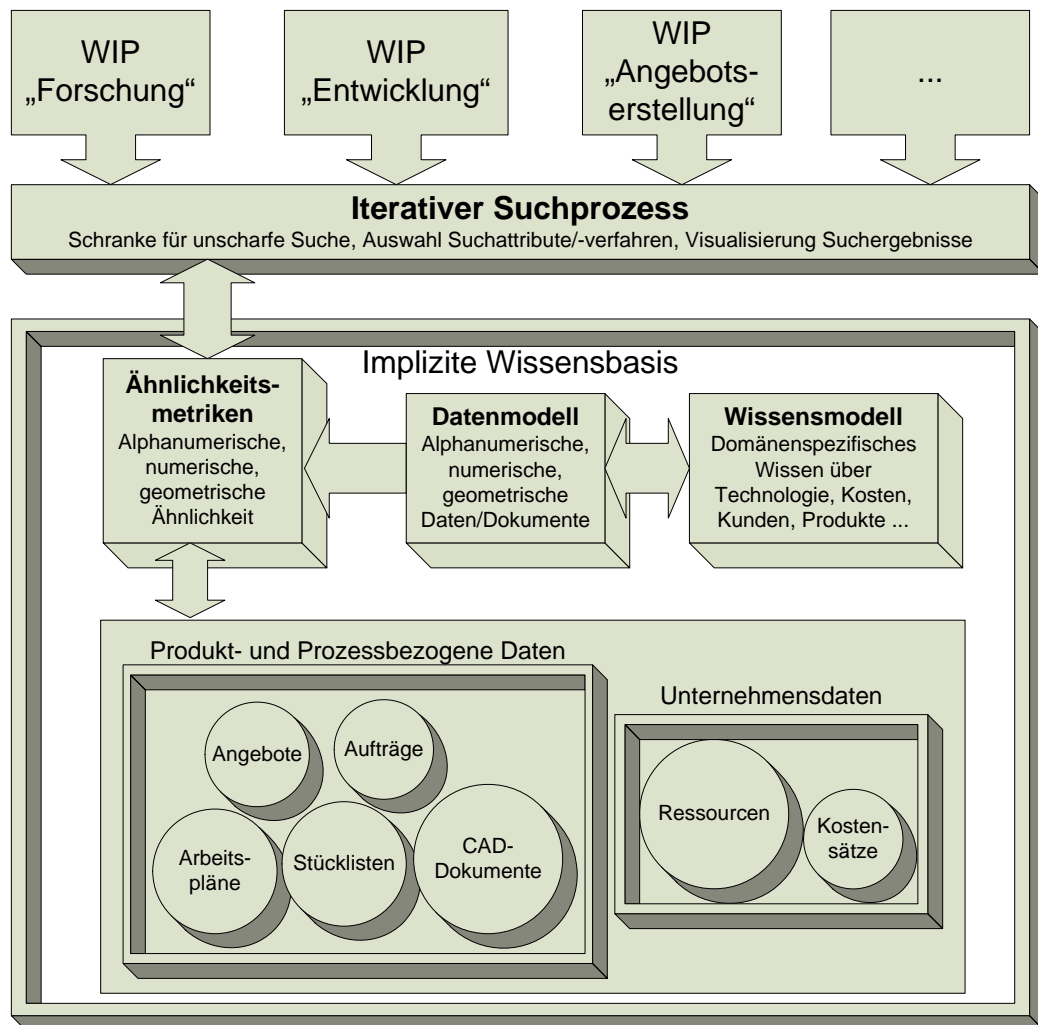


Abb. 2: Schematische Darstellung eines unscharfen Suchprozesses auf Produkt- und Prozessdaten zur Unterstützung unterschiedlicher wissensintensiver Prozesse (WIP) entlang des Produktlebenszyklus.

### 3 Unterstützung des Prozesses „Angebotserstellung“ in der Automobilzulieferindustrie durch Suchprozesse

#### 3.1 Der wissensintensive Prozess „Angebotserstellung“

Der Prozess der Angebotserstellung zeichnet sich in vielen Unternehmen – in diesem Kontext mittelständische, auftragsorientierte Serienfertiger der Automobilzulieferindustrie – durch hohen Zeit- und Kostendruck aus, wobei gleichzeitig sehr hohe Anforderungen an das Wissen der Beteiligten gestellt werden. In komplexen und wissensintensiven Prozessen wie der Angebotserstellung wird bereits ein Großteil der bei der Herstellung anfallenden Kosten (ca. 70% [Bind98] bis 90% [Saku97]) festgelegt. Allerdings führen nur ca. 10% der erstellten Angebote zu Aufträgen, was eine effiziente Angebotserstellung notwendig macht [ToBT95]. Da insbesondere bei Unternehmen kleiner und mittelständischer Größe und Organisation – für die Automobilzulieferindustrie der dominierende Unternehmenstyp – nicht davon ausgegangen werden kann, dass notwendige Kompetenzen (Mitarbeiter) mehrfach vorhanden sind, kommt einer effizienten Nutzung des impliziten Wissens unabhängig von konkreten Personen erhebliche Bedeutung zu.

Das notwendige Wissen lässt sich dabei wiederum in unterschiedliche Bereiche gliedern:

- (Fertigungs-) Technisches Produkt- und Prozesswissen

In diesem Prozess muss die technische Machbarkeit eines Produkts mit (bestehenden oder neu anzuschaffenden) verfügbaren Maschinen und dem bestehenden Fertigungs-„Know how“ dargestellt werden („Herstellbarkeitsanalyse“). Ergebnis dieser Analyse ist ein (vorläufiger) Arbeitsplan und eine Stückliste, welche die Kosten des Produkts bestimmen.

- Betriebswirtschaftliches Produkt- und Prozesswissen

Aus den mit dem Ergebnis der Herstellbarkeitsanalyse verbundenen Kosten (Material-, Lohn- und Logistikkosten, Investitionen, etc.) muss ein Selbstkostenpreis ermittelt und auf dieser Basis ein Angebotspreis festgelegt werden.

In Abb. 3 ist ein Modell des Angebotsprozesses, seine Einordnung in die Prozesskette entlang des Produktlebenszyklus sowie das einfließende Wissen in einzelnen Prozessschritten informell dargestellt. In der oberen Prozesskette ist der Produktlebenszyklus eines Automobilherstellers angedeutet, der, nach abgeschlossener Planung und Konstruktion, Aufträge unter den Zuliefer-

unternehmen ausschreibt. Für auftragsorientierte Fertigungsunternehmen ist diese Anfrage der Startpunkt der Prozesskette zur Anfragebearbeitung. Zur Analyse der Anfrage ist bspw. Wissen über die aktuelle und zukünftige Produktpalette relevant, um die Wichtigkeit eines Auftrags für das eigene Unternehmen abschätzen zu können. Die Wahrscheinlichkeit einer erfolgreichen Angebotserstellung kann ebenfalls zu diesem Punkt auf Basis von Erfahrungen und Wissen über die eigenen Produktionsstätten und die des Kunden abgeschätzt werden. Auf dieser Grundlage wird entschieden, ob der ggf. kostspielige Prozess der Angebotserstellung überhaupt gestartet wird. Ist dies der Fall, wird ein technisches Konzept erstellt, in das etwa Wissen über die verfügbare und vom Kunden geforderte Fertigungstechnologie und die zu verwendenden Materialien und ihre Eigenschaften für ein bestimmtes Produkt einfließt. Wird auf dieser Basis die Machbarkeit positiv eingeschätzt, wird als Ergebnis eine vorläufige Stückliste sowie ein vorläufiger Arbeitsplan erstellt, der zur kostenrechnerischen Bewertung weitergeleitet wird. Auf Basis u. a. von Lohn- und Energiekosten an unterschiedlichen Standorten, aktuellen und prognostizierten Materialkosten über die gesamte Auftragslaufzeit (typischerweise mehrere Jahre) und anderen Kostensätzen wird ein Selbstkostenpreis ermittelt. Der daraus abgeleitete Angebotspreis beinhaltet ggf. Aspekte, die von der Wichtigkeit der Erlangung eines Auftrags abhängen. Für die eigentliche Erstellung eines Angebotsdokuments sind schließlich Kenntnisse der kundenspezifischen Anforderungen an das Format und die Inhalte eines Angebots erforderlich.

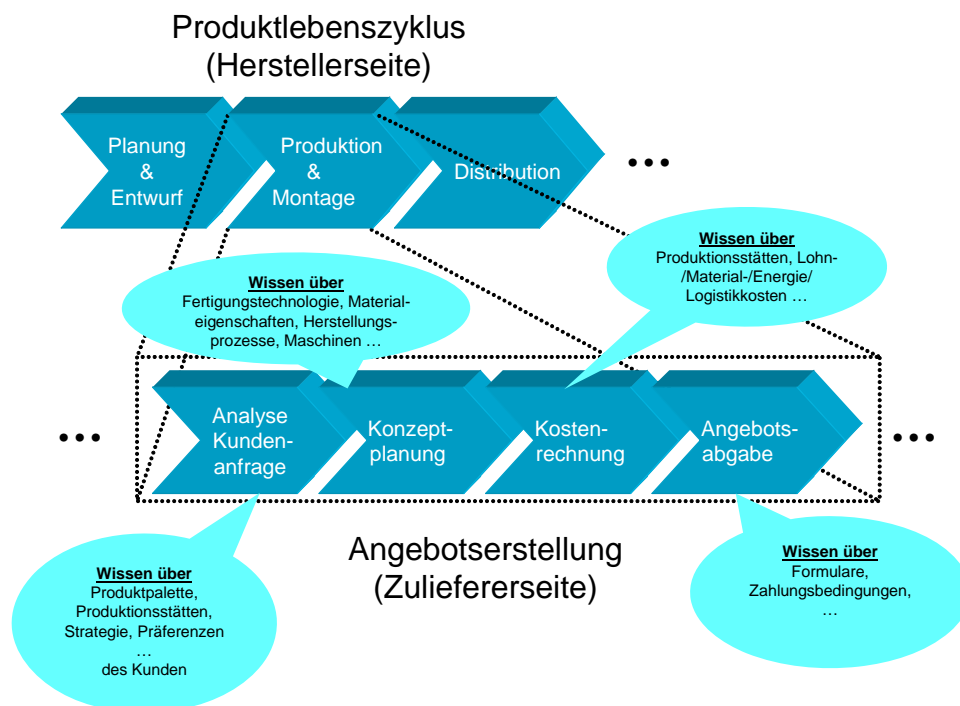


Abb. 3: Modell des Produktlebenszyklus (Ausschnitt oben) und der Angebotserstellung mit Beispielen des jeweils notwendigen Wissens

Im hier untersuchten Szenario war ein PDM-/PLM-System als gemeinsame Datenbasis noch nicht verfügbar. Daher wurde in einer Analyse des in diesem Prozess benötigten Wissens mit den in unterschiedlichen Anwendungssystemen verfügbaren Daten abgeglichen und ein Datenmodell erstellt (s. Abb. 4), welches den Suchraum des wieder verwendbaren Wissen definiert. In diesem Modell lassen sich unterschiedliche Arten von Wissen identifizieren: das notwendige Produktwissen wird repräsentiert durch die evtl. mehrstufige Stückliste. Komponenten einer Stückliste können dabei wiederum Stücklisten sein, die als Einzelteile (Baugruppen) in ein komplexeres Produkt einfließen. Neben selbst hergestellten Stanz- oder Walzteilen können Verpackungen, fremdbezogene Zukaufteile und Handelswaren Bestandteil einer Stückliste sein. Das Prozesswissen wird in diesem Modell abgebildet durch den Arbeitsplan, der eine Folge von Arbeitsgängen enthält. Jeder Arbeitsgang kann mit Werkzeugen ausgeführt werden und auf einer bestimmten Walz- oder Stanzmaschine (gegeben durch eindeutige Arbeitsplatznummern), von Hand oder fremd vergeben durchgeführt werden. Jenseits dieser beiden Arten von Wissen ist Wissen über die unternehmensweiten Ressourcen (Standorte, standortspezifische Kostensätze, Maschinen) und die jeweiligen kundenspezifischen Projekte relevant.

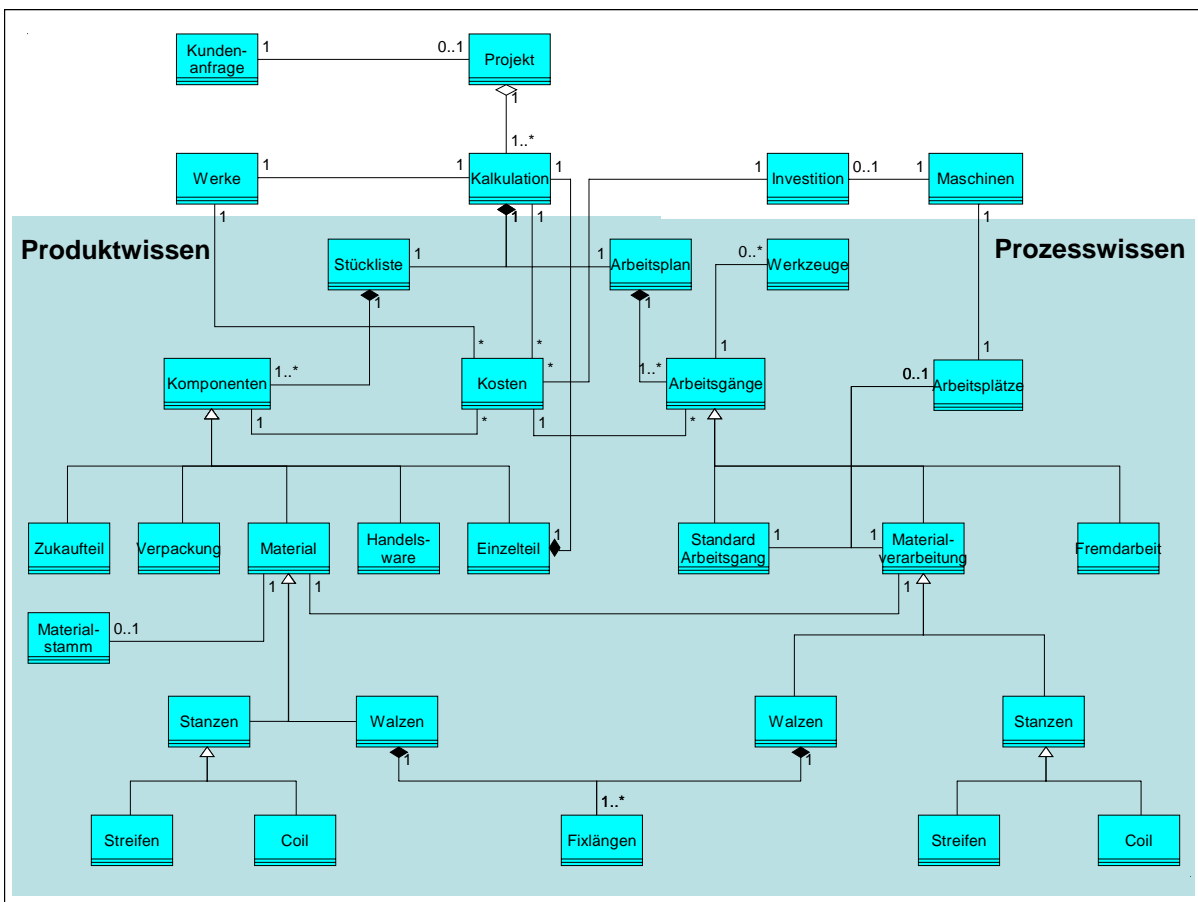


Abb. 4 Ausschnitt des Datenmodells des identifizierten Wissens

### 3.2 Ein Suchwerkzeug für Produkt- und Prozessdaten

Für beliebige Suchprozesse auf den identifizierten Daten (s. Abb. 4) und mit einer variablen, vorzugebenden Genauigkeit (oder Unschärfe) wurde ein datenbankbasiertes Werkzeug in Java prototypisch implementiert. Zur Aufbereitung der Suchergebnisse wurde eine Visualisierung integriert, die CAD-Dokumente im verbreiteten Austauschformat STL (Standard Transformation Language) dreidimensional rotierbar und mit der Möglichkeit zur Vergrößerung darstellt. Da ein visueller Abgleich durch Experten nur unvollständig formalisier- und durch Ähnlichkeitsmetriken abbildbar, jedoch nach Aussage der Anwender unverzichtbar ist, kommt dieser Funktionalität in der Praxis hohe Bedeutung zu.

In Abb. 5 ist das Ergebnis eines iterativen Suchprozesses nach alphanumerischen Daten (Bezeichnung des Produkts) sowie nach aus den CAD-Dokumenten extrahierten Informationen zur Lage des Produkts im Raum dargestellt. Da sich die Bezeichnungen der Teile voneinander unterscheiden und Suchergebnisse ausschließlich auf Basis einer unscharfen Suche in diesen Bezeichnungen keine hinreichend kleine Trefferliste ähnlicher Produkte ergibt, kann durch die Verkettung mit der geometrischen Suche nach Lageinformationen eine reduzierte Ergebnisliste erreicht werden, die durch visuellen Vergleich der verbleibenden Suchtreffer dem Experten die Auswahl des ähnlichsten Produkts und damit die Wiederverwendung von Stückliste, Arbeitsplan etc. und dem darin enthaltenen Wissen erlaubt.

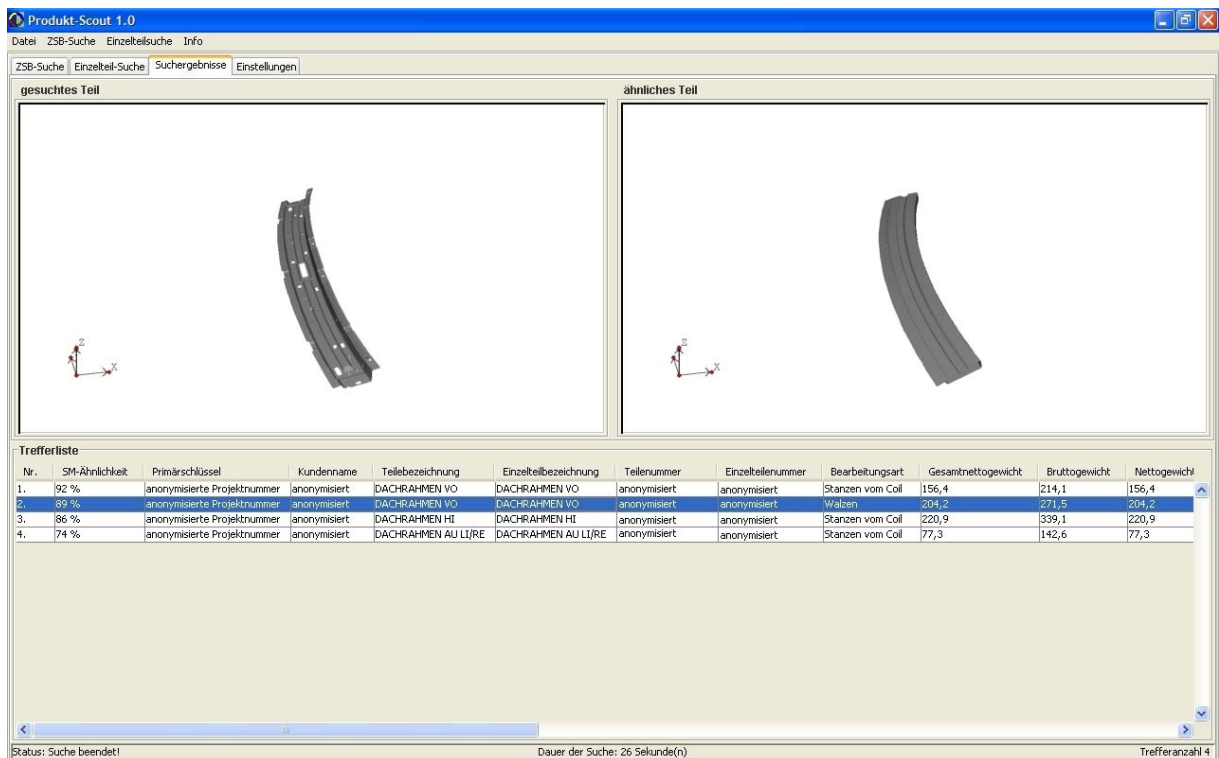


Abb. 5 Maske des Werkzeugs zur Visualisierung von Suchergebnissen anhand der CAD-Dokumente

Eine objektive und systematische Bewertung der Suchergebnisse zur Evaluierung der Genauigkeit der Suche anhand einer Metrik ist aufgrund der Vielzahl der Kriterien, die ein Experte an Ergebnisse anlegt, schwer zu realisieren. Bisher liegen qualitative Beurteilungen der Suchergebnisse durch eine Anzahl von Experten aus unterschiedlichen Bereichen der Automobilzulieferindustrie (Kostenrechnung, technische Konzeptplanung, Produktentwicklung) vor, die einheitlich diese Herangehensweise bestätigen und den Prototypen als einsetzbar in unterschiedlichen Prozessen der jeweiligen Bereiche einstufen. Insbesondere als integraler Bestandteil von PLM wird ein solches Suchwerkzeug als unverzichtbar eingeschätzt.

## **4 Related work**

Zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse – insbesondere in Anwendungsbereichen mit ingenieurtechnischem Hintergrund, wie beispielsweise in der Automobilindustrie – lassen sich drei relevante Bereiche identifizieren: Fallbasiertes Schließen („case-based reasoning“, CBR) wissensbasierte Konstruktion („knowledge-based engineering“, KBE) sowie das organisationale Wissensmanagement.

### **4.1 Fallbasiertes Schließen („case-based reasoning“, CBR)**

Wie bereits in Abschnitt 2.3 dargestellt, kann die Ähnlichkeitssuche in Produkt- und Prozessdaten als Teil des CBR-Zyklus [AaP194] aufgefasst werden. Der vollständige Zyklus enthält allerdings weitere Phasen („reuse“, „revise“ und „retain“), die explizit die Art der Wiederverwendung gefundener Fälle sowie die Pflege der Fallbasis behandeln. Diese Funktionalitäten werden im hier präsentierten Ansatz nicht weiter betrachtet, da zum einen die Wiederverwendung selbst als Teil des zu unterstützenden Prozesses eingeordnet wird und sich damit einer allgemeinen Betrachtung entzieht. Eine Versionierung/Revisionierung von in den Produkt- und Prozessdaten gefundenen Fällen (in diesem Szenario zum Beispiel die Erstellung einer Kopie eines Angebots als Vorlage und die nachfolgende Modifikation für eine neue Anfrage) ist Funktion eines PLM/PDM-Systems und nicht unbedingt in allen Prozessen erforderlich. Eine explizite Pflege der Fallbasis (Phasen „revise“ und „retain“) ist ebenfalls kein unabdingbarer Bestandteil, da die gefundenen Fälle/Dokumente durch die jeweiligen Benutzer gemäß des unterstützten Prozesses ausgewertet und beurteilt werden. Weiterentwicklungen des Ansatzes sind in Richtung einer automatisierten Analyse von Versionen der Dokumente möglich, um Fragen nach der Entwick-



lung eines Produkts bzw. eines Herstellungsprozesses über den gesamten Produktlebenszyklus hinweg – etwa bzgl. der verwendeten Technologie oder des Materials und die Konsequenzen auf die Kosten – beantworten zu können.

Zur Realisierung der Suche in Produkt- und Prozessdaten sind Verfahren zur Bestimmung von Ähnlichkeiten zwischen Datensätzen notwendig, die aus dem Information Retrieval bzw. Text Mining stammen (s. z.B. [BaRi99]); da sich im hier dargestellten Ansatz die verwendeten Verfahren im Bereich der Ähnlichkeitsanalyse von numerischen, alphanumerischen und geometrischen Daten auf Standardverfahren beschränken und derzeit nicht im Fokus der Betrachtung stehen, wird auf eine eingehende Diskussion verzichtet.

#### **4.2 Wissensbasierte Konstruktion („knowledge-based engineering“, KBE)**

Wissensbasierte Konstruktion hat vorrangig zum Ziel, Konstrukteure von Routinearbeiten bei der Erstellung von Produktentwürfen zu entlasten [Sand03]. Dies kann beispielsweise durch die Vorgabe und automatische Prüfung von Regelwerken und das entsprechende Erzeugen von CAD-Dokumenten realisiert sein [PBFL00]. Ebenso können standardisierte Entwurfsprozesse damit forciert werden. Mit Hilfe dieser Werkzeuge kann sich der Konstrukteur auf die komplexen Aspekte des Produkt- und Prozessentwurfs konzentrieren.

Eine Integration mit PLM/PDM-Systemen als unternehmensweiter Basis für Produkt- und Prozessdaten ist für Systeme des wissensbasierten Entwurfs sinnvoll, um eine konsistente Datenbasis für die Wiederverwendung von Wissen nutzen zu können [Vajn01, PBFL00]. Allerdings ist der generelle Ansatz losgelöst von der Integration mit PLM/PDM-Systemen, um eine möglichst breite Einsetzbarkeit zu gewährleisten.

Insgesamt ist der Ansatz der wissensbasierten Konstruktion jedoch auf die Unterstützung von Konstrukteuren und dabei schwerpunktmäßig auf die Erstellung von CAD-Dokumenten ausgerichtet und hat damit die ingenieurtechnischen Aspekte der Produktentwicklung und Konstruktion im Zentrum. Eine Abstraktion des hierbei verwendeten Wissens und dessen Nutzung in anderen Prozessen wird nicht thematisiert. Der prinzipielle Ansatz der Extraktion von Wissen in Form von Entwurfsregeln und die darauf basierende Unterstützung von Prozessen ist allerdings als viel versprechend einzustufen, falls die Regelbasis automatisch erzeugt und immer aktuell gehalten werden kann. Die manuelle Pflege (und Erhaltung der Konsistenz) einer Regelbasis ist für komplexere Fälle als in der industriellen Praxis als kaum umsetzbar einzuordnen. Im hier präsentierten Ansatz wird auf eine Extraktion von Wissen in Form von Regeln verzichtet (s. a. Abschnitt 2.3).

### **4.3 Organisationales Wissensmanagement**

Wissensmanagement stellt eine Vielzahl von Modellen und Methoden zur Verfügung, um Wissen (der Mitarbeiter) innerhalb eines Unternehmens systematisch zu erhalten und zu verteilen [MeHV03]. Dazu wurden Ansätze wie Wissenslandkarten, Content Management, Gelbe Seiten, Communities, „lessons learned“, „best practices“ und Suchmaschinen [Remu02] entwickelt, die den Austausch von Wissen – manuell oder halbautomatisch – unterstützen können. Daher sind sie auf die Kompetenzen der Mitarbeiter angewiesen, Wissen formalisieren und speichern zu können und darauf, dass dieses persönliche Wissen aktiv ausgetauscht und dieser Austausch gewollt wird. Daraus resultieren zwei Nachteile: Zur Unterstützung von Prozessen nutzbares Wissen muss explizit verfügbar und dazu durch den Wissensträger expliziert worden sein. Zum anderen wird durch diesen Ansatz nur Wissen erfasst, das auch dem Wissensträger bewusst ist.

## **5 Zusammenfassung und Ausblick**

In diesem Beitrag wurde ein Ansatz zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse durch Suche in Produkt- und Prozessdaten vorgestellt. Die Relevanz wissensintensiver Prozesse wurde erläutert und diese von Wissensprozessen abgegrenzt. Nach der Anforderungsanalyse und Motivation der Suche als Lösungsansatz wurden die Komponenten des Suchprozesses eingeführt und erläutert. Der Prozess der Angebotserstellung wurde als Rahmen zur Bestätigung der Anwendbarkeit dieser Systematik ausgewählt und detailliert vorgestellt. Über ein Wissensmodell wurde ein Datenmodell erstellt, auf dessen Basis die Suche vorgenommen werden konnte. Zur Überprüfung des Ansatzes und der Komponenten wurde ein Suchwerkzeug prototypisch implementiert.

Die Weiterentwicklung dieses Ansatz beinhaltet zwei Aspekte: Zum einen den Entwurf und die Implementierung eines service-orientierten Frameworks, das die Integration in verteilte Workflows auf Basis von Web bzw. Grid Services erleichtert. Ein weiterer Ansatzpunkt für zukünftige Arbeiten ist die Entwicklung einer allgemeinen Vorgehensweise für den Einsatz von Suchprozessen zur Unterstützung wissensintensiver Prozesse. Dazu ist geplant, einen Kriterienkatalog für die Identifikation der wissensintensiven Prozesse, des darin enthaltenen relevanten Wissens sowie der zu untersuchenden Daten aufzustellen. Auf dieser Basis lassen sich zu Prozessen und Daten „passende“, effiziente Suchprozesse generieren, die sich dann in entsprechende Workflows der Prozesse im Produktlebenszyklus integrieren lassen. Eine Optimierung dieser

Suchprozesse ist etwa durch Analyse der Vorgehensweise bei der Suche (z.B. Auswahl und Reihenfolge der Attribute, Wahl der Genauigkeiten, Länge der Suchprozesse bis zum Erreichen einer hinreichend kleinen Treffermenge oder Abbruch) und der entsprechenden Anpassung der Suchmasken und -attribute geplant. Durch Prozess- und Benutzerspezifische spezifische „Muster“ für (Erfolg versprechende) Suchprozesse könnte die Effizienz der Suche gesteigert werden.

### **Danksagung**

Teile der hier präsentierten Arbeiten wurden durch das Bundesministerium für Bildung und Forschung im Rahmen der D-Grid-Initiative im Projekt In-Grid (<http://www.ingrid-info.de>) unter #01AK806C gefördert.

### **Literaturverzeichnis**

- [AaP194] Aamodt, A., Plaza, E.: Case-based reasoning: Foundational issues, methodological variations, and system approaches, AI Comm., IOS Press, 7 (1), S. 39-59.
- [AlBa96] Althoff, K.-D., Bartsch-Spörl, B.: Decision support for case-based applications, Wirtschaftsinformatik 38 (1996) 1, S. 8-16.
- [Apos99] Apostolico, A.: General Pattern Matching. In: Atallah, A. (eds.): Algorithms and Theory of Computation Handbook. CRC Press 1999, S. 13-5 - 13-10.
- [AbSL05] Abramovici, M., Schulte, S., Leszinski, S.: Best Practice Strategien für die Einführung von PLM. In: industrie management 2/2005, GITO-Verlag.
- [Bind98] Binder, M.: Produktkostenmanagement in Entwicklung und Konstruktion. Gabler 1998.
- [BaRi99] Baeza-Yates, R., Ribeiro-Neto, B.: Modern Information Retrieval, Addison-Wesley 1999.
- [EpSR99] Eppler, M., Seifried, P., Röpnack, A.: Improving Knowledge Intensive Processes through an Enterprise Knowledge Medium. SIGCPR Conf., New Orleans 1999.

- [Hintr92] Hinrichs, T.: Problem Solving in Open Worlds – A Case Study in Design, Lawrence Erlbaum Associates 1992.
- [MeHV03] Mertins, K.; Heisig, P.; Vorbeck, J.: Knowledge Management. Springer 2003.
- [NoTa97] Nonaka, I., Takeuchi, H., Die Organisation des Wissens, Campus-Verlag 1997.
- [OFCD01] Osada, R.; Funkhouser, T.; Chazelle, B. und Dobkin, D.: Matching 3D Models with Shape Distributions. In: Shape Modeling International (2001), S. 154-166.
- [PBFL00] Penoyer, J., Burnett, G., Fawcett, D., Liou, S.-Y.: Knowledge based product life cycle systems: principles of integration of KBE and C3P, Computer-Aided Design 32 (2000), S.311-320.
- [Psra06] Princeton Shape Retrieval and Analysis Group: Shape Representations. <http://www.cs.princeton.edu/gfx/proj/shape/>, (Webabruf 2006/03/23).
- [Remu02] Remus, U.: Prozessorientiertes Wissensmanagement – Konzepte und Modellierung, Dissertation, Universität Regensburg 2002.
- [Saku97] Sakurai, M.: Integratives Kostenmanagement. Vahlen, München 1997
- [Sand03] Sandberg, M.: Knowledge-based engineering – in product development, Tech. Bericht, LTU-TR-2003/05-SE, Technische Universität Lulea 2003.
- [SaVr01] Saupe, D., Vranic, D. V.: 3D Model Retrieval with Spherical Harmonics and Moments. DAGM-Symposium 2001, S. 392-397.
- [Star92] Starbuck, W.: Learning by Knowledge-intensive Firms, Journal of Management Studies 29 (6), 1992, S. 713-740.
- [ToBT95] Tönshoff, H. K.; Brunkhorst, U.; Tracht, K.: Angebotsplanung in der Einzelfertigung. In: CIM-Management (1995) 5, S. 42-45.
- [Vajn01] Vajna, S.: Approaches of Knowledge-based Design. In: Proc. Int. Design Conf. 2002, Dubrovnik, S. 93-100.