

PRODUKTBESCHREIBUNG FÜR EINE ASSOZIATIVE INTEGRATION VON ONLINE-PRODUKTKATALOGEN IN VIRTUELLE MARKTPLATZSYSTEME

Dipl. Ing. I. Keutgen, Prof. Dr.-Ing. H. Birkhofer

Kurzfassung

Vorge stellt wird ein Arbeitspaket aus dem Europäischen Forschungsprojekt POINT (Improved Product Development By Online Information System Integration) [1,8].

Das Forschungsvorhaben POINT soll das Bereitstellen von Informationen über Lösungen und Methoden für die Produktentwicklung optimieren und einen anbieterübergreifenden Zugriff auf diese Informationen ermöglichen. Die assoziative Integration anbieterseitig bereitgestellter Online-Katalogsysteme in virtuelle Marktplätze stellt den Schlüssel zur Erreichung dieses Zieles dar. Der Begriff assoziative Integration bedeutet in diesem Zusammenhang die „inhaltliche“ Verknüpfung der beim Anbieter vorhandenen Produktinformationen mit den Produktinformationen in einem virtuellen Marktplatz. Auf diese Weise wird es möglich, auf virtuellen Marktplätzen einen anbieterübergreifenden Zugriff auf gesuchte Zulieferkomponenten zu bieten. Der Beitrag beschäftigt sich mit der Thematik, welche Produktinformationen in virtuelle Marktplätze integriert werden müssen und wie diese Informationen modelliert und ausgetauscht werden können. Zu diesem Zweck wird die Eignung des Konzeptes der Norm ISO-13584 PartsLibrary und die Eignung der standardisierten Modellierungssprache ISO 10303 STEP EXPRESS (Part 11/12) kritisch analysiert und als Ergebnis eine auf den Ideen der ISO-13584 basierende Metasprache vorgestellt. Sie ermöglicht das Beschreiben von Produkten mittels HTML-Metatags auf die das Marktplatzsystem zugreifen kann.

Als Abschluß wird der erste Prototyp des anbieterübergreifenden Produktzugriffs in einem virtuellen Marktplatz vorgestellt.

1 Einleitung

In Folge einer immer stärker wachsenden Notwendigkeit für Unternehmen, Effektivität und Effizienz zu steigern, um Entwicklungszeiten zu verkürzen und Zeit sowie Kosten zu sparen, konzentrieren sich Unternehmen vermehrt auf ihre Kernkompetenzen. Eine Folge dieser Entwicklung ist eine zunehmende Anzahl von Zulieferer/Abnehmer Beziehungen und eine Erhöhung des Anteils von Zulieferkomponenten in den Produkten. Der deutsche VDMA [2] prognostizierte '96 für 1997 einen durchschnittlichen Anteil von 48% an Zulieferkomponenten in den heutigen Produkten. Jede Entwicklung wird also in einem hohen Maß durch die Auswahl und Verwendung von Zulieferkomponenten bestimmt. Die neuen Ansätze zum Supply Chain Management (SCM) [13/14] sollen den effizienten Umgang mit globalen Liefer- bzw. Logistikketten unterstützen. Jedoch greifen diese Systeme erst ein, nachdem ein Lieferant gefunden und ausgewählt wurde. Bisher fehlen Softwaresysteme, die das Unternehmen anbieterübergreifend bei der Suche und der Auswahl von geeigneten Zulieferern unterstützen. An dieser Stelle setzen virtuelle Marktplätze an und wollen eine geeignete Unterstützung bieten.

Heutige elektronische Marktplätze basieren auf Datenbanken in denen Anbieter verschiedenen Produktklassen zugeordnet sind. Der Nutzer kann nach Produkten suchen

und erhält vom Marktplatz verschiedene Anbieter übermittelt. Problematisch für Nutzer ist die mangelnde Integration von Produktinformationen in virtuelle Marktplätze. Angenommen ein produktsuchender Ingenieur hat sich für einen Produktbereich entschieden und will sich über die Produkte und die möglichen Anbieter informieren, beginnt in den einzelnen Katalogen der jeweiligen Anbieter erneut die Suche nach dem geeigneten Produkt. Eine anbieterübergreifende Suche fällt schwer, da jeder Katalog anders aufgebaut ist und die Produktdaten aus den unterschiedlichen Katalogen einzeln verglichen werden müssen. Es erscheint sinnvoll, neben der Produkt-Anbieter Zuordnung auch Produktinformationen in virtuellen Marktplätzen bereit zu halten. Bisher werden die Daten in einem virtuellen Marktplatz von einer Redaktion aktualisiert und gepflegt. Sollen neben dem Produktspektrum auch Informationen über die Produkte der Anbieter auf dem Marktplatz angeboten werden, würde sich der redaktionelle Aufwand noch um ein vielfaches erhöhen. Daher eignet sich eine redaktionelle Datenpflege nicht für die Einbindung von Produktinformationen in virtuelle Marktplätze. An dieser Stelle setzt das in Deutschland vom Bundesministerium für Wirtschaft (BMWi) geförderte Projekt POINT an. An dem Projekt sind neben dem Fachgebiet Maschinenelemente und Konstruktionslehre, TU Darmstadt und Institut für Konstruktion und Bauweisen ETH Zürich noch 11 Unternehmen der Zulieferindustrie beteiligt. Es wird ein Verfahren erarbeitet, das die bereits in den elektronischen Online-Katalogen enthaltenen Produktinformationen in virtuelle Marktplätze integriert. Einerseits wird damit der hohe redaktionelle Aufwand minimiert und andererseits die Problematik der doppelten Datenhaltung in virtuellen Marktplätzen und bei den Produkthanbietern vermieden [3].

2 Informationsmodell für Zulieferkomponenten aus Sicht der Produktentwicklung

In diesem Abschnitt soll geklärt werden, welche Informationen bei einer anbieterübergreifenden Suche nach Zulieferkomponenten auf einem virtuellen Marktplatz benötigt werden. Betrachtet man den Prozeß des Beschaffens von Zulieferkomponenten, so erkennt man, daß zuerst eine Kommunikation zwischen einem Anbieter und vielen unterschiedlichen Abnehmern stattfindet. Erst nachdem sich ein Abnehmer für einen Anbieter entschieden hat, wird die Kommunikation bilateral (siehe Bild 1). Bei feststehendem Anbieter und Abnehmer ist der elektronische Online-Produktkatalog das geeignete Werkzeug zur optimierten Anbieter- und Abnehmerkommunikation. Bevor sich Anbieter und Abnehmer gefunden haben, bietet der virtuelle Marktplatz die geeignete Unterstützung [1].

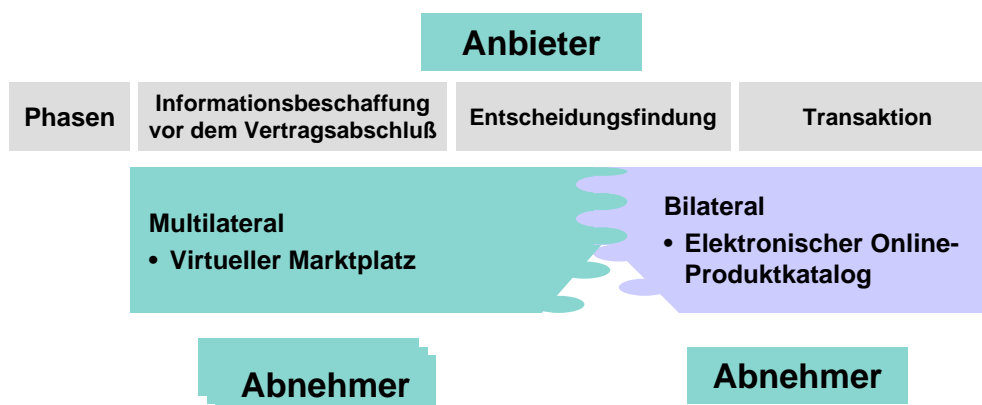


Bild 1: Konzept: Aufgabenteilung Online-Produktkataloge / Virtuelle Marktplätze

Die Aufgabe des Marktplatzes besteht also primär darin, den Konstrukteur bei der Produktvorauswahl zu unterstützen. Diese Auswahl erfolgt in der Regel über funktionsbestimmende Merkmale der Zulieferkomponenten. Beispiele sind der Hub eines

Hubzylinders, das übertragbare Drehmoment einer Kupplung oder die Nennleistung eines Elektromotors. Betrachtet man die traditionellen Produktinformationssysteme wie Papierkataloge fällt auf, daß die Produkte in Form von Produkthierarchien strukturiert sind. Der Anbieter unterscheidet dabei in erster Instanz verschiedene Produktklassen wie beispielsweise Freilauftechnik, Kuppeln und Bremsen, etc. Diese Klassen werden dann in weitere, feinere Produktklassen untergliedert. Am Ende der Produkthierarchien liegen die Produkte, die durch Merkmale beschrieben werden. Die Art der beschreibenden Merkmale hängt dabei primär von der Produktklasse ab (Bsp.: Zylinder -> Hub, ...). Eine Alternative dazu bilden Produkte, die als Baukastensystem aufgebaut sind. In diesem Fall stehen am Ende der Produkthierarchie nicht eine Liste von Produkten sondern eine Folge von Einzelbausteinen, die zusammen konfiguriert das Produkt ergeben.

Aus dieser Betrachtung ergeben sich Anforderungen an das Beschreiben der Produkte für virtuelle Marktplätze. Der Produktentwickler wählt Zulieferkomponenten über Eigenschaften (Merkmal und Wert) aus, daher müssen die Produkte mit Ihren Eigenschaften beschrieben werden. Da die verschiedenen Merkmale sehr produktklassenspezifisch verwendet werden, müssen auch die Produktklassen der Anbieter beschrieben werden. Damit auf dem Marktplatz der sinngemäße Bezug zwischen den Produktbeschreibungen der verschiedenen Anbieter hergestellt werden kann, ist eine assoziative Beschreibung der Produktklassen und Merkmale erforderlich. Dies geschieht optimaler Weise durch Zuordnen der Produktklassen und Merkmale des Anbieters zu auf dem Marktplatz bekannten Produktklassen und Merkmalen. Da es bisher keine allgemeingültige Produkthierarchie oder Merkmaldefinition gibt, werden im Projekt POINT auf Marktplatzseite eine eindeutige Produkthierarchie und allgemeine Merkmale definiert.

Ist das Produktprogramm des Anbieters als Baukastenprodukt ausgebildet, bilden sich die Merkmale, über die der Produktentwickler die Produkte im Marktplatz auswählen will, erst durch Konfiguration der verschiedenen Bausteine zu Produkten aus. In der Regel sind nicht alle Kombinationen der Bausteine möglich. Es existieren sogenannte Ausschluß- oder Kombinationstabellen. Sowohl die Bausteine als auch die Ausschluß- oder Kombinationstabellen müssen beschrieben werden, damit auf dem Marktplatz die möglichen Produkte gebildet werden können.

Einen Sonderfall bilden sogenannte diskrete Merkmale. Bei diesen Merkmalen wird der Wert nicht durch Einheit und Zahlenwert, sondern durch unterschiedliche Begriffe beschrieben. Ein Beispiel für ein solches diskretes Merkmal ist die Anordnung von Ein- und Ausgangswelle bei einem Getriebe. Diese kann je nach Getriebeart Axial, Koaxial oder auch Rechtwinklig sein. Bei diskreten Merkmalen muß auch der Wert dem Marktplatz zugeordnet werden.

Zum Beschreiben hierarchisch aufgebauter Daten, wie bei Zulieferprodukten, eignet sich vor allem die objektorientierte Datenmodellierung [12]. Sie ermöglicht auf einfache Weise das Beschreiben der Produkthierarchien und der Produkte mittels Merkmalen. Produktklassen werden in der objektorientierten Beschreibung als Objektklassen verstanden. Produkte bilden die Instanzen der Produktklassen. Ein besonderer Vorteil der objektorientierten Datenmodellierung liegt in der Möglichkeit, Merkmale von Produktklassen an abgeleitete Produktklassen zu vererben.

Bild 2 verdeutlicht die notwendigen Schritte zur Anbindung der Produkte in Online-Produktkatalogen verschiedener Anbieter an den virtuellen Marktplatz.

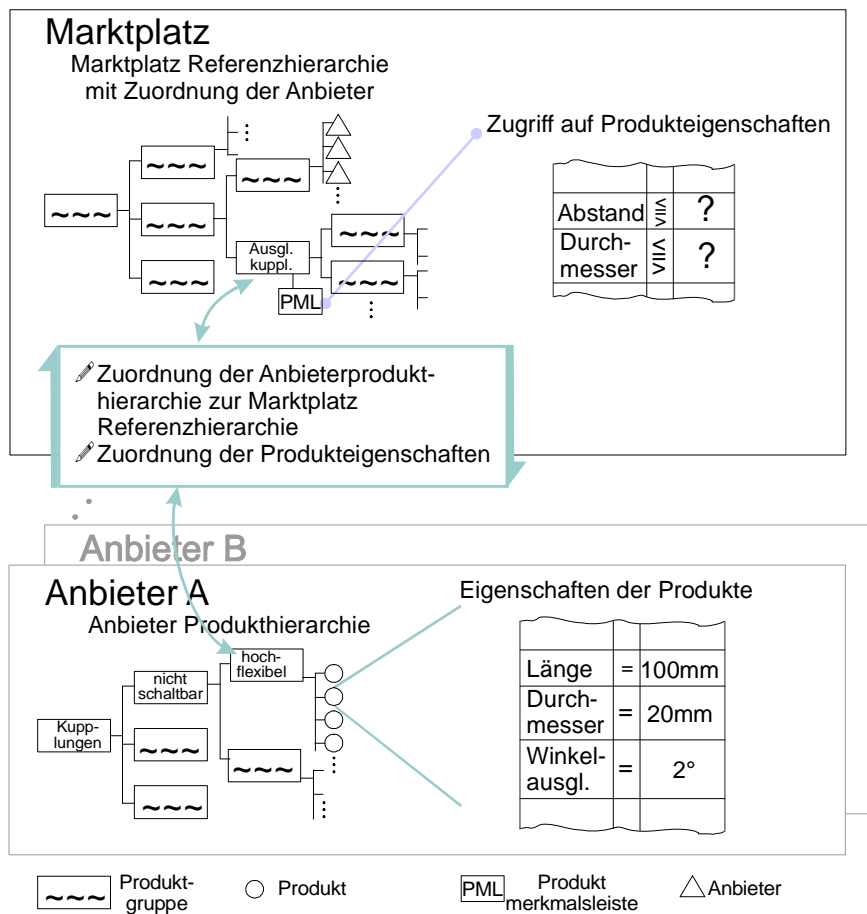


Bild 2: Konzept: Anbindung Online-Produktkataloge / Virtuelle Marktplätze

3 Eignung bestehender Normen für die Produktmodellierung und den Produktinformationsaustausch

Um die notwendigen Produktinformationen vom Anbieter zum Marktplatz übertragen zu können, müssen die Produktinformationen modelliert und dann zwischen Anbieter und Marktplatz ausgetauscht werden. In diesem Abschnitt wird zuerst die Anwendbarkeit bestehender Konzepte zur Datenmodellierung bezüglich der im letzten Abschnitt entwickelten Anforderungen diskutiert. Danach wird die Eignung bestehender Konzepte zum Datenaustausch der Datenmodelle zwischen Anbieter und virtuellem Marktplatz untersucht.

Recherchiert man in der Fachliteratur existierende Konzepte zur Datenmodellierung von Zulieferinformationen, so ist vor allem die Norm ISO 13584 PartsLibrary (PLib) zu nennen. PLib hat das Ziel, den Standard zum Austausch von Daten über Teilebibliotheken zwischen Rechnersystemen festzulegen und definiert dazu die Struktur eines Teilebibliothekssystems [7]. Teilebibliotheken sind in diesem Zusammenhang als Bibliotheken von Zukaufteilen, wie Normteile oder Zulieferkomponenten, zu verstehen. Das PLib-Teilebibliothekssystem bietet dem Anwender die Möglichkeit, Teilebibliotheken zu speichern, semantische Bezüge zwischen dem Inhalt der Bibliothek und anderen Teilebibliotheken zu organisieren und auf externe Anfragen an die Teilebibliothek zu reagieren. Weiterhin soll der Anwender des Systems die Möglichkeit erhalten, Teilebibliotheken anderer Anbieter in sein System zu integrieren [7].

Diese kurze Beschreibung von PLib zeigt, daß die Norm sehr viel weitgehender angelegt ist, als es in dem bisher diskutierten Zusammenhang benötigt wird. So sind die meisten Funktionalitäten eines Teilebibliothekssystems für die Datenmodellierung von Zulieferprodukten nicht erforderlich. Außerdem gibt es zur Zeit noch keine industriell anwendbaren Softwarelösungen zur Erzeugung und zum Management von PLib kompatiblen Teilebibliotheken. Auch wenn sich die Norm nicht für eine direkte Anwendung in POINT eignet, bietet sie doch mächtige Werkzeuge zum Beschreiben von Teilefamilien und Zulieferkomponenten [9,10]. Sofern die in PLib definierten Konstrukte zur Beschreibung von Zulieferprodukten für virtuelle Marktplätze notwendig und geeignet erscheinen, werden sie im Rahmen des Projektes POINT verwendet. Auf diese Weise können fast alle im letzten Abschnitt geforderten Anforderungen verwirklicht werden. So kann das objektorientierte Beschreiben der Produktklassen mittels Definieren von Merkmalen und Werten realisiert werden. Ebenso ist das Referenzieren von Produktklassen und Merkmalen und das Beschreiben von Merkmalen in Abhängigkeit von anderen Merkmalen mit den PLib Konstrukten möglich.

Das Beschreiben von Baukastenprodukten ist mit den PLib Konstrukten zwar prinzipiell möglich, jedoch sehr aufwendig. Eine Ergänzung der vorhandenen Konstrukte um spezielle Konstrukte zur Beschreibung von Baukastenprodukten ist erforderlich. In POINT ist die Erstellung solcher Konstrukte geplant.

Nachdem nun ein geeignetes Konzept für das Datenmodellieren der Zulieferprodukte gefunden wurde, wird noch eine Beschreibungssprache für den Austausch der Produktinformationen zwischen Anbieter und Marktplatz benötigt. Das Normenwesen sieht für diese Aufgabe vor allem die Norm ISO10303 STEP (Standard for the Exchange of Product Model Data) mit der Modellierungssprache EXPRESS vor [4,5]. EXPRESS eignet sich zum Beschreiben der Produktstruktur. Sie wird sogar innerhalb von PLib dazu verwendet. Jedoch können mit EXPRESS nicht die Produkte selbst, also die Instanzen der Produktstruktur, beschrieben werden. Dazu ist in STEP die Sprache EXPRESS-I vorgesehen [6]. EXPRESS und EXPRESS-I repräsentieren sehr allgemeine Beschreibungssprachen mit denen sich nahezu alle Informationsmodelle abbilden lassen. Aufgrund dieses generellen Ansatzes von EXPRESS sind die entstehenden Beschreibungen sehr komplex. Das Erstellen und das Lesen erfordert von einem Anwender Expertenwissen. Um die Akzeptanz der Produktbeschreibung für virtuelle Marktplätze zu erhöhen, ist allerdings eine möglichst einfache Beschreibungssprache notwendig. Im Rahmen des Projektes POINT wurde daher, basierend auf den von PLib übernommenen Konstrukten, eine geeignete Beschreibungssprache definiert. Sie ermöglicht das einfache von Menschen lesbare und leicht verständliche Beschreiben der Zulieferprodukte.

In PLib ist die Definition von sogenannten „View Exchange Protocols“ vorgesehen. Es erscheint sinnvoll, daß basierend auf der in POINT definierten Beschreibungssprache ein weiteres „View Exchange Protocol“ für den Austausch von Zulieferinformationen von PLib-Teilebibliotheken mit virtuellen Marktplätzen, wie sie in POINT entstehen, definiert wird. Auf diese Weise können Zulieferkomponenten, die in Zukunft in PLib-Teilebibliothekssystemen verwaltet werden, auf einfache Weise in virtuelle Marktplätze integriert werden.

4 Konzept für den Informationsfluß zwischen Zulieferer und Abnehmer

Im Rahmen des Projektes POINT wurden die verschiedenen Datenhaltungskonzepte bei den beteiligten Anbietern untersucht. Es stellte sich heraus, daß die einzige gemeinsame elektronische Bereitstellung von Produktinformationen von den verschiedenen Anbietern

eine Bereitstellung der Produktinformationen in elektronischen Online-Produktkatalogen ist. Es wird das Konzept verfolgt, daß die Bereitstellung der Produktbeschreibung für virtuelle Marktplatzsysteme ebenfalls in den elektronischen Online-Produktkatalogen erfolgen soll. Die Produktbeschreibung wird, für den Kunden nicht sichtbar, in den produktbeschreibenden Seiten als „HTML Meta-Tags“ implementiert (siehe Bild 3). Dieses Vorgehen hat den Vorteil, daß der Marktplatz zusätzlich erkennt, wo das Produkt für potentielle Kunden genauer beschrieben ist und diesen Verweis dem Produktentwickler bereitstellen kann.

Die Vorteile dieses Konzeptes kann man wie folgt zusammenfassen: Die Informationen ...

.... befinden sich in der Seite des Anbieters, wo sie auch dem Kunden bereit gestellt werden.

... sind unsichtbar für den Kunden.

... können durch den Marktplatz automatisiert erfaßt werden.

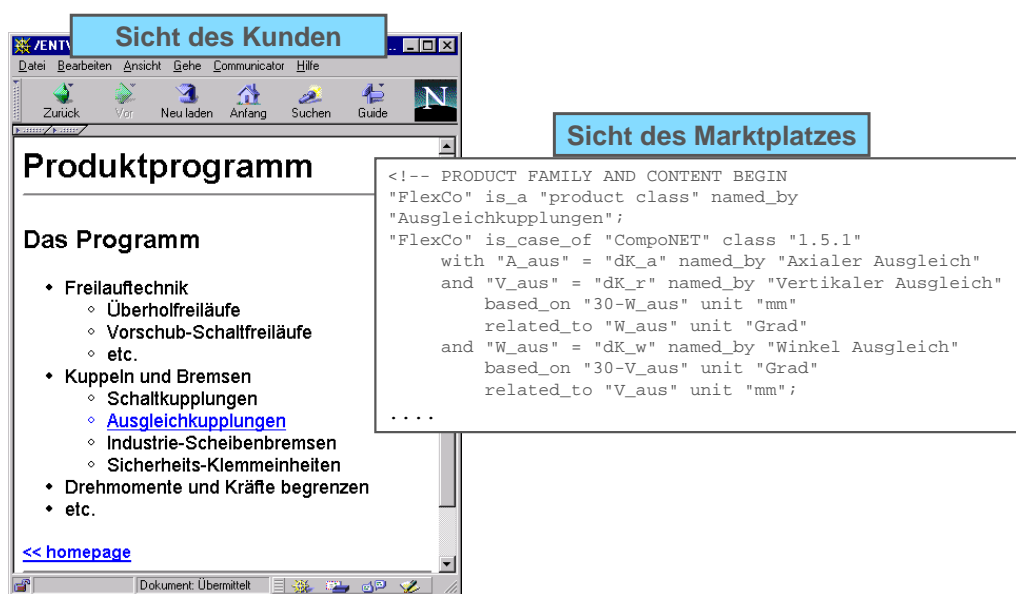


Bild 3: Konzept: Informationsfluß Anbieter - Abnehmer / Anbieter - Marktplatz

5 Ergebnis

Im Rahmen des Projektes konnte das hier vorgestellte Konzept realisiert werden. Abnehmer können mit dieser Erweiterung auf dem Marktplatz CompoNET anbieterübergreifend nach Zulieferkomponenten suchen. Dabei können sie aus drei Bereichen Merkmale auswählen. Erstens Merkmale, die von jedem Anbieter in dieser Produktklasse unterstützt werden müssen. Dieser Bereich enthält Merkmale, die zur Auswahl vom Produktentwickler benötigt werden. Zweitens Merkmale, die der Anbieter unterstützen kann. Dieser Bereich enthält Merkmale, die Produkte eventuell untereinander noch differenzieren, die aber nicht unbedingt vom Produktentwickler benötigt werden. Es wird dem Anbieter überlassen, diese Merkmale zu unterstützen oder nicht. Drittens Merkmale, die den Anbieter beschreiben.

Der Produktentwickler nutzt das System, indem er zuerst auf dem virtuellen Marktplatz, die ihn interessierende Produktklasse identifiziert. Dort kann er die Suche über Produktmerkmale anwählen. Er belegt nun die ihn interessierenden Merkmale mit Werten und schickt diese Auswahl als Anfrage an den Marktplatz ab. Das Marktplatzsystem sucht die für seine Anfrage passenden Produkte aus. Das Ergebnis der Suche wird dem Produktentwickler samt aller Informationen, die dem System über die Produkte zur

Verfügung stehen, übermittelt. Der Produktentwickler kann sich nun aus der Auswahl die ihn interessierenden Produkte heraussuchen und über den angebotenen Link weitere Informationen direkt im Katalog des Anbieters einholen. Bild 4 verdeutlicht die implementierte Suche über Produktmerkmale.

Suche über Produktmerkmale

Bereich: [1.5.1]: Kupplungen, nicht schaltbar (enthält z.Zt. 20 Produkte von 2 Anbietern).

Produktmerkmale (von allen Anbietern unterstützt)

Merkmal	Relation	Wert	Einheit
maximale Drehzahl	>=	2500	1/min
maximales Drehmoment	>=	500	Nm
maximaler Axialversatz	>=		
maximaler Radialversatz	>=		
maximaler Winkelversatz	>=		rad

Produktmerkmale (optional von den Anbietern unterstützt)

Merkmal	Relation	Wert	Einheit

Ergebnis der Produktsuche

Auswahlkriterien:

Produktmerkmal(e)
 maximale Drehzahl >= 2500 1/min
 maximales Drehmoment >= 500 Nm

Suchergebnis:

Anbieter	Produkt	maximale Drehzahl	maximales Drehmoment	Zusatzinformationen und Dienstleistungen
RINGSPANN GmbH	FlexCo LA, LA 50	2670 1/min	500 Nm	Kupplungsbild , FlexCo allgemeines Berechnungsprogramm
RINGSPANN GmbH	FlexCo LE, LE 50	2670 1/min	500 Nm	Kupplungsbild , FlexCo allgemeines Berechnungsprogramm
Ortlinghaus-Werke GmbH	Hochelastische Kupplung, gebohrt, Größe 39	4700 1/min	675 Nm	Bild
Ortlinghaus-Werke	Hochelastische Kupplung	3600	1380 Nm	Bild

Bild 4: Anbieterübergreifender Zugriff auf Zulieferkomponenten

6 Fazit und Ausblick

In diesem Beitrag konnte das realisierte Konzept zur Integration von Online-Produktkatalogen in virtuelle Marktplatzsysteme vorgestellt werden. Dieses Konzept bietet dem Produktentwickler die Möglichkeit, auf einem virtuellen Marktplatz anbieterübergreifend Zulieferkomponenten auszuwählen. Der Kernfaktor für einen Erfolg dieses Systems besteht in der Akzeptanz, die das System bei Anbietern von Zulieferkomponenten findet, da diese ihre Produkte für den Marktplatz beschreiben müssen. Deshalb ist die möglichst einfache Beschreibung der Produkte, wie sie im Projekt POINT realisiert wurde, sehr wichtig. Ein weiterer Faktor für die Akzeptanz sind anerkannte einheitliche Standards. Die ISO13584 kann mit den noch notwendigen Weiterentwicklungen dieser Standard für die Produktbeschreibung sein. Es fehlen jedoch noch allgemein anerkannte Produkthierarchien und Merkmalsdefinitionen für den Maschinenbau, wie sie in der Elektrotechnik mit der Norm IEC 61360 [11] bereits existieren. Es ist zu hoffen, daß Aktivitäten im Normenwesen diesen Mangel in Zukunft beheben werden.

7 Literaturverzeichnis

- [1] Eureka Forschungsprojekt EU 1694: POINT - Improved Productdevelopment by Online Information System Integration, ausführliche Informationen im Internet unter <http://www.muk.maschinenbau.tu-darmstadt.de/point>, Darmstadt 1998
- [2] VDMA: Statistisches Handbuch für den Maschinenbau, VDMA Berlin 1996
- [3] K. Büttner, E. Zwicker: Informations-Ressourcen-Management für elektronische Marktplätze, Zeitschrift Konstruktion Ausgabe 9/97, Springer Verlag, Düsseldorf 1997

- [4] ISO-10303-1; Product Data Representation and Exchange, Part 1: Overview and Fundamental Principles; ISO/IEC Schweiz, 1993
- [5] ISO-10303-11; Product Data Representation and Exchange, Part 11: Description methods: EXPRESS language reference manual; ISO/IEC Schweiz, 1994
- [6] ISO-10303-12; Product Data Representation and Exchange, Part 12: Description methods: EXPRESS-I language reference manual; ISO/IEC Schweiz, 1995
- [7] ISO-13584-1; Parts Library, Part 1 Title: Overview and Fundamental Principles; ISO/IEC Schweiz, 1995
- [8] K. Büttner, I. Keutgen, H. Schott, H. Birkhofer - Zulieferkomponenten im World Wide Web - Kooperationen und Kommunikation zwischen Zulieferer und Abnehmer, Tagungsband der Tagung: CAD 98, TeleCAD Produktentwicklung in Netzwerken, Fachgebiet DiK und Fraunhofer IGD, Darmstadt 1998
- [9] R.-D. Kasan, A. Neumaier: How Supplier Knowledge Can Be Systemized and Applied within a Computer Based Design System, Proceedings of the ICED 97 Conference WDK25 Vol.2, p515.619, Tampere 1997
- [10] E. Sardet, G. Pierra, Y. Ait-Ameur: Formal Specification, Modelling and Exchange of Classes of Components according to Plib. - A case study, Proceedings of the International Symposium on Global Engineering Networking Antwerp, Belgium, HNI-Verlagsschriftenreihe , Bd.21, Paderborn 1997
- [11] IEC-61360: Standard data element types with associated classification scheme for electric components - Part 1: Definitions - Principles and methods, ISO/IEC Schweiz, 1995
- [12] J. Rumbaugh, M. Blaha. W. Premerlani, F. Eddy, W. Lorenzen: Objektorientiertes Modellieren und Entwerfen, Carl Hanser Verlag, München Wien; Prentice-Hall International London 1993
- [13] A. Born: Supply Chain Management: Optimierte Lieferketten, in iX 9/1998, Heise Verlag 1998
- [14] VDI-n: SCM-Lösungen sollen globale Lieferketten effizienter machen; VDI-nachrichten 21.August 1998, VDI Verlag Düsseldorf 1998

Dipl.-Ing. Ingo Keutgen, Prof. Dr.-Ing. H. Birkhofer
Maschinenlemente und Konstruktionslehre
TU Darmstadt
Magdalenenstraße 4
64289 Darmstadt, Deutschland
Tel.: +49 6151 / 15-2155, Fax.: +49 6151 163355
E-mail: keutgen@muk.tu-darmstadt.de, birkhofer@muk.tu-darmstadt.de
URL: <http://www.muk.maschinenbau.tu-darmstadt.de>