

# Unterstützung kollaborativer Entwicklungsprozesse durch Peer-to-Peer basierte Produktdatensuche

Thomas Barth<sup>1</sup>, Jörg Müller<sup>2</sup>, Ulf Müller<sup>1</sup>, Patrick Stiefel<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Institut für Wirtschaftsinformatik  
Universität Siegen  
Hölderlinstraße 3  
57076 Siegen  
{barth, mueller}@fb5.uni-siegen.de

<sup>2</sup>Institut für Informatik  
MECLAB – PLM Project Group  
Technische Universität Clausthal  
Julius-Albert-Straße 4  
38678 Clausthal-Zellerfeld  
joerg.mueller@tu-clausthal.de  
patrickstiefel@gmx.de

**Abstract:** Die Auswahl geeigneter und leistungsfähiger Kollaborationspartner stellt, wie auf allen Märkten, auch auf dem Automobilssektor hohe Anforderungen an die beteiligten Parteien. Ein Ansatz zum Abgleich der Anforderungen und Kompetenzen aller Kollaborationspartner besteht in einem systematischen Vergleich der gefertigten und der nachgefragten Produkte anhand von Produktmodellen. Dieser Artikels beschreibt einen neuartigen Ansatz zur Bestimmung der geometrischen Ähnlichkeit zwischen Produktmodellen sowie die Einbettung des ähnlichkeitsbasierten Suchalgorithmus in ein Peer-to-Peer-basiertes Informationssystem zur Unterstützung produktbezogener Kollaborationsprozesse, der Product Collaboration Platform (PCP).

## 1 Einleitung und Motivation

Die sich in den letzten Jahren auf den internationalen Märkten immer weiter verschärfende Wettbewerbssituation und der infolge dessen zunehmende Preis- und Innovationsdruck hat dazu geführt, dass die Anforderungen an effiziente und effektive Produktentwicklung und Produktion immer weiter gestiegen sind. Um diesen gestiegenen Anforderungen zu begegnen, kommt es wie auf anderen Märkten auch auf dem Automobilmarkt verstärkt zu Zusammenschlüssen, Kooperationen und Fusionen. Ein virtuelles Netzwerk, in dem sich Anbieter und Nachfrager vergleichbarer Produkte flexibel zusammenschließen können, um durch die Zusammenarbeit ihre Situation auf dem Markt zu verbessern, ist die auf Peer-to-Peer (P2P)-Technologie basierende Product Collaboration Platform (PCP). Die PCP übernimmt als neutrale Instanz ähnlich einem

virtuellen Marktplatz die Funktion eines virtuellen Informations- und Arbeitsraums, der die Etablierung von Kontakten und den Datenaustausch zwischen Partnern, Anbietern und Nachfragern sowie Prozesse des Change Management unterstützt. Besonderes Merkmal der Plattform ist ihre dezentrale Architektur und die daraus resultierende Unterstützung unternehmensübergreifender Kollaborationsprozesse.

Wie auf allen Märkten stellt sich auch im Rahmen der PCP die Frage, wie die Prozesse des Findens von Partnern und Ressourcen technisch realisiert wird, d.h. wie ein Nachfrager einen seinen Anforderungen entsprechenden Anbieter identifizieren kann und umgekehrt. Dieses Papier stellt einen Ansatz vor, der die Suche nach geeigneten Partnern mittels einer Suche nach ähnlichen, von diesen Partnern bereits gefertigten Produkten durchführt.

Die in der PCP publizierten Produkte werden unter anderem in Form von geometrischen Produkt-Modellen (3D-CAD-Modelle) repräsentiert, die dem suchenden Experten durch ihre Dreidimensionalität einen direkten Eindruck vom gefundenen Produkt vermitteln. Ergänzt wird dies zusätzlich durch Metainformationen, die das Produkt weitergehend spezifizieren. Da es in den seltensten Fällen möglich ist, alle Faktoren, die den Produktentwicklungs- und Produktionsprozess beeinflussen, zu bestimmen, bietet sich dieses Vorgehen, das mittels exemplarischer Produkte die technischen Möglichkeiten und das „Know-how“ des einzelnen Unternehmens dokumentiert, für die PCP an. Problemstellungen wie diese, die aufgrund ihrer Komplexität und Dynamik nicht umfassend beschrieben oder in Regeln gefasst werden können, bezeichnet Hinrichs [Hin92] als sog. ‚Open-World-Probleme‘. Das in der Vergangenheit entwickelte und gefertigte Produkt vermittelt dem suchenden Experten auf intuitiv nachvollziehbare Weise einen Eindruck vom jeweiligen Unternehmen, dessen technischen Möglichkeiten und seinem Produktportfolio. Dies trifft in besonderer Weise auf den in diesem Papier näher beschriebenen Markt für Automobilzulieferer zu. Dort erhält in der Regel der Zulieferer sehr konkrete Anfragen hinsichtlich des von ihm zu fertigenden Produktes vom Automobilhersteller z.B. in Form von CAD-Vorlagen oder Zeichnungen. Diese Vorlagen muss der Zulieferer dann mit seinen technischen Möglichkeiten und verfügbaren Ressourcen abgleichen, um zu entscheiden, ob er das angefragte Produkt produzieren kann.

Die geometrische Ähnlichkeitssuche nutzt die mit jedem in der PCP publizierten Produkt zur Verfügung stehen geometrischen Daten, um eine Indexstruktur aufzubauen, die anders als in anderen strukturierten P2P-Netzwerken nicht nur Sachmerkmale oder einzelne Schlüsselwörter, sondern zusätzlich geometrische Charakteristiken berücksichtigt. Genau dieser Ansatz kann die in DHT-basierten Netzen bisher vermisste Ausdruckskraft existierender Suchverfahren liefern.

Um einen umfassenden Eindruck von der Product Collaboration Platform, dem Aufbau der Indexstruktur und dem Suchprozess zu bekommen, ist dieses Papier wie folgt gegliedert. Zunächst wird die PCP als Einheit vorgestellt, anschließend werden dann einzelne der zum Einsatz kommenden geometrischen Suchverfahren knapp erläutert bevor im darauffolgenden Kapitel ihre Integration in die PCP sowie ihr dortiger Einsatz beschrieben werden. Abschließend wird exemplarisch ein Anwendungsfall skizziert, der

den Nutzen der PCP und der darin zum Einsatz kommenden geometrischen Suchverfahren im Umfeld des Automobilzuliefermarktes veranschaulicht.

## 2 Die Product Collaboration Platform

Die Product Collaboration Platform (PCP) ist eine Peer-To-Peer (P2P) basierte Softwarearchitektur für die integrierte und kollaborative Produktentwicklung [SM07]. Die Top-Level-Architektur sieht eine Dreiteilung vor, deren Kernstück die PCP-Middleware bildet. Diese bietet generische Services an, mit deren Hilfe externe Anwendungen im PLM-Kontext um die Funktionalität einer unternehmensübergreifenden, kollaborativen Produktentwicklung erweitert werden können.

Als Netzwerk wird ein strukturiertes, Distributed-Hash-Table (DHT) basiertes P2P-System verwendet. Die auf Bamboo [BA04] basierende und an Scribe [RKCD02] angelehnte API (TUC-DRM) implementiert ein Multicast-Protokoll für effizientes Routen und Verwalten von Produktmodell-Ressourcen in verteilten, kollaborativen Umgebungen und stellt für die PCP-Middleware Operationen wie `publish(ID)`, `subscribe(ID)`, `search(ID)` und `modify(ID)` bereit, wie es bereits in [DI04, REAL05] vorgeschlagen wird. Auf die Implementierung dieser Operationen soll in diesem Papier nicht genauer eingegangen werden.

Als Begründung für die Wahl eines DHT-basierten P2P-Systems sei an dieser Stelle darauf hingewiesen, dass nicht nur die bekannten Skalierbarkeits-Probleme durch das Verteilen der Routing-Informationen und Produktmodell-Ressourcen über mehrere teilnehmende Knoten (Peers) von zentralen Systemen vermieden werden, sondern in Netzen wie Bamboo-DHT der Aufwand für das Datenauffinden ( $O(\log N)$ ) erheblich geringer ist als in unstrukturierten P2P-Netzwerken ist, wo „flooding-basierte“ Suchen ( $O(N^2)$ ) zum Einsatz kommen [SW5, BMZW04]. Speziell die P2P-basierte Suche erfordert intelligente Entscheidungen hinsichtlich eines effizienten Query-Routings. Der hier verfolgte Ansatz folgt den Ideen aus [CG05, AC05], nämlich der Schaffung eines semantischen Overlay-Netzwerks (SON), jedoch hier mit speziellem Fokus auf das Routing in DHT-basierten Netzen.

Alle Services der PCP-Middleware operieren auf einem dezentral organisierten Meta-Daten-Repository, welches ein Abbild des im Laufe einer Kollaboration entstehenden, integrierten Produktmodells darstellt und in einem mehrstufigen Request-Response-Prozess entsteht, initiiert vom Produktdesigner (z.B. Automobilhersteller) in Form einer Produktmodell-anfrage und vervollständigt durch die Erstellung konkreter Modellvorschläge potentieller Lieferanten (z.B. Automobilzulieferer). Dabei werden selektierte Metadaten aus den am Anfang lokal bei den Benutzern und in den jeweiligen PDM-Systemen vorgehaltenen, lebenszyklusübergreifenden Ausgangsformen von Produktmodellen extrahiert und als P2P-Ressourcen in die PCP überführt. Zu unterscheiden sind einerseits strukturorientierte Produktmodelle inklusive komponentenbasierter Beschreibungen wie Identifikations-, Konstruktions-, Produktions-, Beschaffungs-, Kalkulations- und Absatzdaten, die zur Abbildung der Baugruppenstruktur von Produkten dienen und andererseits geometrieorientierter

Produktmodelle, welche das Gestaltsmodell (2D- oder 3D-Geometriemodelle) in den Mittelpunkt stellen [AN07].

Allgemeingültige Services, welche durch die Middleware bereit gestellt werden, sind u.a. der Connection-, der Generation-, der Event- und der allen untergeordnete Maintenance-Service, die im Folgenden kurz vorgestellt werden. Der spezielle Collaboration-Service wird definiert durch Anforderungen, die seitens des betrachteten Anwendungsfalls an die PCP gestellt werden (vgl. Kapitel 4).

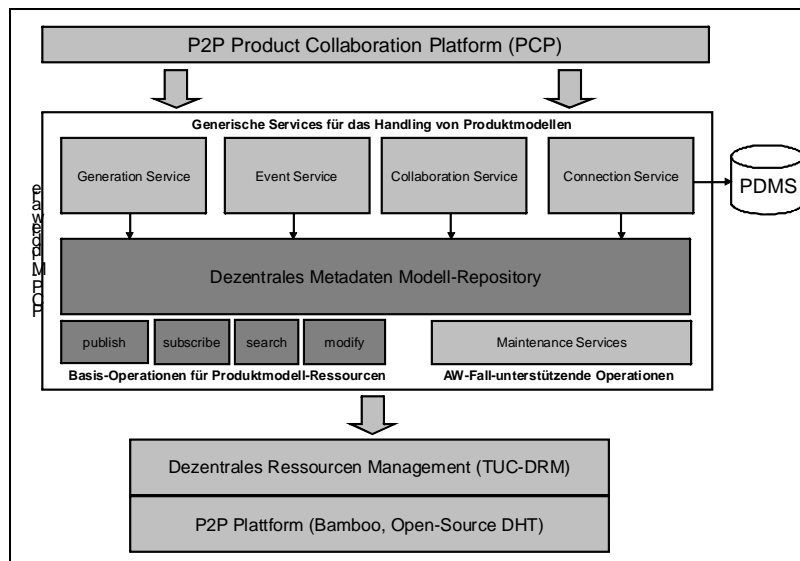


Abbildung 1 : Top-Level Architektur der PC

Der Connection-Service dient dem Zugriff auf externe PDM-Systeme (PDMS). Die Anforderungen an einen PDMS-Konnektor bestehen darin, sorgfältig selektierte Produktmetadaten eines Bauteils aus dem zugrundeliegenden PDMS zu extrahieren und diese je nach Lebenszyklusphase in ein entsprechendes Partialmodell der PCP zu überführen [HA06], dargestellt durch die PCP-Ressourcen. Für die Produktentwicklungsphase würden also beispielsweise Metadaten virtueller Geometriemodelle extrahiert, die benötigt werden, um die Gestalt eines Produktes zu beschreiben.

Der Generation-Service dient dem Aufbau und der Erhaltung des Metadaten-Repositories. Er bedient sich einiger Basisoperationen, die auf dem im Hintergrund arbeitenden P2P-System agieren. In Zusammenarbeit mit dem Connection-Service ist er für die Schaffung des kollaborativen Entwicklungsnetzwerks verantwortlich. Die lokalen PCP-Request-Ressourcen werden nicht nur im P2P-Netzwerk veröffentlicht (publish), sondern Ihre Existenz wird automatisch den beteiligten Produktentwicklungspartnern mitgeteilt (subscribe).

Der Event-Service sorgt für die korrekte Verarbeitung von Benutzer(re)aktionen auf eine oder mehrere Produktmodellfragen. Mit einem speziellen Pipelineverfahren wird vermieden, dass zeitnah abgegebene Produktmodellvorschläge kollidieren. Die Pipeline befindet sich aus logischer Konsequenz bei dem Peer, der den PCP-Request veröffentlicht hat. Dieser übernimmt eine zentrale Koordinator-Rolle für die gesamte Zeit der Existenz dieser Anfrage.

Der Maintenance-Service steht unter allen anderen beteiligten Services und sichert einen reibungslosen Kollaborationsverlauf durch Sicherung bestimmter, system- und benutzerdefinierter Qualitätsanforderungen (QoS). Hier spielt u.a. die Schaffung einer Replikationsgruppe eine Rolle. Diese verwaltet Kopien von PCP-Ressourcen in einem durch den Benutzer als vertrauenswürdig eingestuftem Peer-Verbund bestehend aus bis zu drei Peers und stellt damit selbst nach einem ungeplanten Ausfall eines Teilnehmers die Existenz der Kollaboration sicher. Um die gezielte Vererbung der benötigten Koordinator-Rolle des Event-Service bei einem als Churn bezeichneten Ausfall kümmert sich ebenfalls der Maintenance-Service.

### **3 Die geometrische Suche**

In diesem Abschnitt wird die geometrische Suche bzw. werden die innerhalb der Suche zum Einsatz kommenden geometrischen Verfahren vorgestellt. Zu Beginn wird der grundsätzliche Abbau der geometrischen Suche geschildert, anschließend erfolgt die exemplarische Darstellung einzelner Verfahren.

Bevor geometrisch gesucht werden kann, muss zunächst eine Datenbasis zur Verfügung stehen in der gesucht werden kann. Im Falle der geometrischen Suche, so wie sie hier beschrieben wird, besteht die Datenbasis aus 3D-Flächenmodellen im StereoLithography-Format (stl-Format). In Abhängigkeit des jeweiligen geometrischen Verfahrens werden sog. Deskriptoren erzeugt, die die eigentliche Geometrie in vereinfachter abstrakter Form repräsentieren. Das Verfahren „Globale Merkmale“, das später im Zuge der Größenklassifizierung eingesetzt wird, extrahiert bspw. einen Deskriptor, der die Abmessungen und die Lage der Geometrie im 3D-Raum dokumentiert. Jede Geometrie wird durch eine endliche Anzahl von Deskriptoren beschrieben. Um nach einer Geometrie suchen zu können wird nachfolgender Prozess durchlaufen (vgl. Abb. 2). Zunächst werden von der angefragten Geometrie alle Deskriptoren abgeleitet, die für die spätere Suche benötigt werden. Anschließend werden in Abhängigkeit des jeweiligen Verfahrens alle Deskriptoren der Datenbasis mit dem zugehörigen Deskriptor der aktuell angefragten Geometrie verglichen. Der eigentliche Vergleich wird dabei mittels eigens für die jeweiligen Verfahren entwickelter Ähnlichkeitsmaße durchgeführt. Aufbauend auf der Ähnlichkeitsmessung werden die Geometrien der Datenbasis entsprechend der ermittelten durchschnittlichen Ähnlichkeit sortiert und ausgegeben.

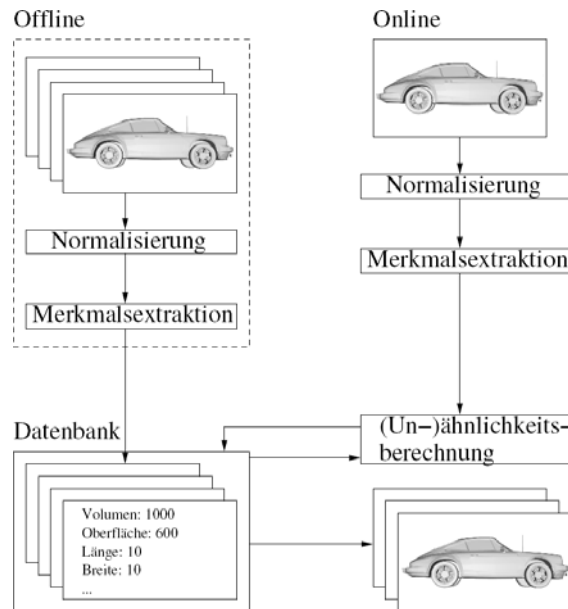


Abbildung 3: Deskriptorerzeugung und geometrische Suche

Im Kontext der PCP kommen zwei Typen geometrischer Verfahren zum Einsatz. Zum einen findet das schon erwähnte „Globale Merkmale“-Verfahren Anwendung und zum anderen werden eine Reihe bildbasierter Techniken eingesetzt, deren Ähnlichkeitsmessung auf dem Vergleich von Bildern der Geometrie aus verschiedenen Perspektiven beruht.

Der Deskriptor-Erzeugung beider Verfahren geht ein Normalisierungsprozess voran, der die Geometrien hinsichtlich ihrer Lage im Raum vereinheitlicht und für Rotationsinvarianz sorgt. Zur Lagenormalisierung wird die Karhunen-Loeve-Transformation, so wie sie von Vranić [Vran04] beschrieben wird, eingesetzt. Sie sorgt dafür, dass alle Geometrien einheitlich im Raum orientiert und positioniert sind.

Darauf folgend wird der „Globale Merkmale“-Deskriptor erzeugt. Er enthält Angaben zur Größe und zur Lage der Geometrie vor und nach ihrer Normalisierung. Anschließend wird die Geometrie auf eine einheitliche Größe skaliert und aus zwanzig unterschiedlichen Perspektiven „fotografiert“. Die Auswahl der Perspektiven erfolgt dabei in Anlehnung an Chen [Chen03], der in der Vergangenheit bereits ein ähnliches Verfahren vorgestellt und erfolgreich eingesetzt hat.

Die im Zuge der bildbasierten geometrischen Ähnlichkeitsmessung eingesetzten Verfahren ColorLayout, EdgeHistogram und ScalableColor wurden dem MPEG7-Standard entnommen und nur geringfügig an die Bedürfnisse der geometrischen Suche angepasst [Manj02].

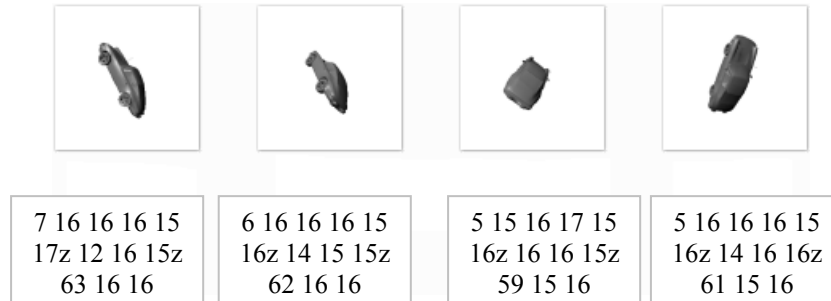


Abbildung 4 : Vier Perspektiven eines Autos und vier ColorLayout-Deskriptoren

Für jedes Bild wird jeweils ein Deskriptor entsprechend der Erfordernisse des jeweiligen Verfahrens bestimmt. Abschließend wird für jedes Verfahren ein Deskriptor generiert, der die Deskriptoren der zwanzig Bilder zu einem einzigen Geometriedeskriptor vereinigt. Abb. 5 zeigt vier Perspektiven eines Automobils und den dazu jeweils erzeugten ColorLayout-Deskriptor.

Neben der Deskriptor-Erzeugung spielt die Bestimmung der Ähnlichkeit im Kontext der geometrischen Suche eine ebenso wichtige Rolle. Allein durch die Möglichkeit, die Ähnlichkeit zweier Geometrien bzw. Deskriptoren zu messen, wird die Suche möglich. Im Falle des „Globale Merkmale“-Deskriptors wird zur Bestimmung der Ähnlichkeit ein Verfahren eingesetzt, das mittels der euklidischen Distanz die durchschnittliche Ähnlichkeit in Punkto Länge, Breite und Höhe ermittelt. Zur Messung der Ähnlichkeit der bildbasierten Deskriptoren wurde eine Methode entwickelt, bei der die Ähnlichkeit zweier Geometrien auf die Ähnlichkeit der beiden Deskriptor-Folgen zurück geführt wird, deren Elemente so angeordnet sind, dass die ermittelte durchschnittliche Ähnlichkeit maximal ist. Die Ähnlichkeitsberechnung zweier einzelner Bild-Deskriptoren erfolgt dabei auch hier wieder unter Verwendung der euklidischen Distanz.

## 4 Integration von PCP und geometrischer Suche

### 4.1 Kollaborationstypen

Wie in Kapitel 2 bereits erwähnt, stellt der Anwendungsfall spezielle Anforderungen an die durch die Services der PCP bereitgestellten Funktionen. Zunächst werden dazu die in der PCP verwendeten Kollaborationstypen  $K_x$  dargestellt.

Im Typ  $K_1$  betrachten wir eine Kollaboration zwischen Partnern mit gleichen Interessen, z.B. mehreren kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMU), die sich auf die Produktentwicklung in einer bestimmten Anwendungsdomäne spezialisiert haben. Zur Realisierung sieht die PCP zur Zeit entsprechende, fest verdrahtete Ablauflogiken vor, so dass die Partner sich mit Hilfe des intensiven und durch entsprechende Collaboration-Services geregelten Austauschs von Produktmodellfragen und -vorschlägen auf eine gemeinsame, neue Produktlinie einigen können. Wenn nun Produktentwickler  $P_B$  eine Modellfrage von  $P_A$  in der PCP entdeckt, auf die er gerne reagieren möchte, so stellt

sich für  $P_B$  die Frage, in wie weit sein lokales Daten-Repository (im Regelfall sein PDMS) bereits gültige Modellvorschläge enthält. Die Entscheidung durch Vergleich strukturorientierter Produktdaten stellt keine Schwierigkeit dar, jedoch ist der Vergleich geometrischer Strukturen nicht trivial und benötigt eine entsprechende, geometrische Suche auf dem lokalen Datenbestand.

Im Typ  $K_2$  betrachten wir einen unternehmensübergreifenden Verbund mit Partnern gleicher Interessen (z.B. ein Lieferantennetzwerk), sowie einem oder mehreren Produktentwicklern, die nach Produktmodellen im Verbund suchen. Durch Veröffentlichung des Angebots in Form von Produktmodellvorschlägen in der PCP etabliert sich zunächst ein unstrukturierter Modellverbund im dezentralen Metadaten-Repository (so wie im Typ  $K_1$ ). In diesem Kollaborationstyp soll aber die geometrische Suche dazu dienen, beim Veröffentlichungsprozess automatisch eine Struktur durch Gruppierung der vorhandenen Ressourcen und damit eine Katalogisierung durchzuführen. Ein Produkthersteller ist damit anschließend ebenfalls in der Lage, einen auf sein nachgefragtes Produktmodell passenden Vorschlag nicht nur anhand von komponentenbasierten Schlüsselwörtern, sondern auch über den Geometrievergleich zu ermitteln.

#### **4.2 Technische Anforderungen für die PCP**

Wir beziehen uns in diesem Papier auf den Kollaborationstyp  $K_2$ , da dieser den deutlich komplexeren Fall darstellt. Die benötigten geometrischen Informationen liegen ohne Beschränkung der Allgemeinheit als .STL – Files im PDMS eines Kollaborationspartners vor und können so mit Hilfe des Connection-Service zur Bestimmung der geometrieorientierten Produktmetadaten für die P2P-Ressourcen, aber auch für die Berechnung der Deskriptoren zur Verfügung gestellt werden.

Während der Aufbauphase des Lieferantennetzwerks veröffentlichen alle Lieferanten ihre Produktmodelle (PM) in einer bestimmten Anwendungs-Domäne (z.B. „Volkswagen Golf VI“). Mittels der Deskriptoren wird eine Ähnlichkeitsanalyse zwischen  $PM_A$  (z.B. „Außenspiegel rechts“) und  $PM_B$  (z.B. „Außenspiegel links“) über die geometrische Suche vorgenommen. Das Ergebnis soll die Zuordnung des neuen Modells  $PM_B$  zu bereits existierenden Modellen (z.B.  $PM_A$ ) im Verbund unter Verwendung eines einzigen Klassen-Bezeichners sein (z.B. „Außenspiegel“).

Unabhängig vom verwendeten P2P-System ist dazu theoretisch jedes neu veröffentlichte Produktmodell  $PM_X$  über die geometrische Suche mit den im Produktmetadaten-Repository bereits vorhandenen Modellen abzugleichen, um die zugehörige Klasse zu bestimmen. Dieser Aufwand lässt sich jedoch bedeutend reduzieren, wenn man eine übergeordnete PCP-Klassen-Ressource bildet, die einen entsprechenden Deskriptor erhält, der für alle in der Klasse eingeordneten Produktmodelle gültig ist. Dadurch können die bei der strukturierten Suche im verwendeten DHT-basierten P2P-System erforderlichen Schritte zum Auffinden einer Ressource auf ein Minimum reduziert werden.

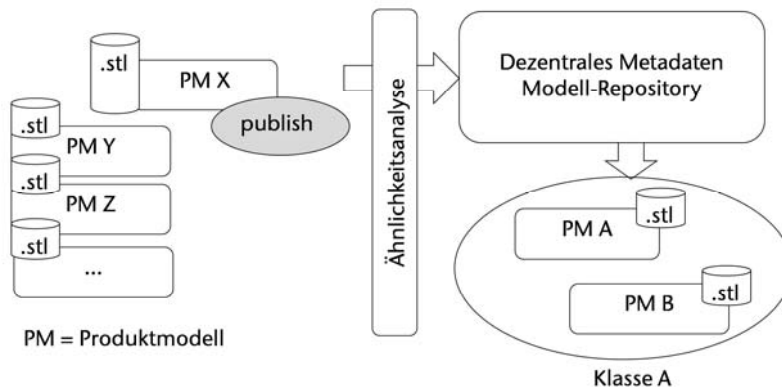


Abbildung 6 : Klassifizierung

#### 4.3 Ähnlichkeitsanalyse von Produktmodell-Ressourcen in der PCP

Bei der Veröffentlichung eines neuen Produktmodells mittels Generation-Service der PCP-Middleware, trägt die zugehörige Ressource zunächst das Schlüsselwort „ModellN“ (N für Nicht-Gruppirt). Alle nicht gruppierten Ressourcen werden also auf einem Peer gespeichert, und zwar auf demjenigen, der sich für den mittels der Lookup-Funktion des P2P-Systems berechneten Hashwert verantwortlich zeichnet.

Klassen werden gebildet auf Basis der Ergebnisse aus der geometrischen Vergleichssuche, jede Klasse besteht daher mindestens aus zwei Produktmodellen. Ein neu veröffentlichtes Produktmodell wird also zunächst mit allen Nicht-Grupperten Varianten in der PCP verglichen. Wird keine Ähnlichkeit festgestellt, so wird der Benutzer aufgefordert seinem Modell einen eindeutigen Bezeichner (z.B. „Außenspiegel – rechts“) und einen übergeordneten Baugruppen-Namen („Außenspiegel“) zu geben. Beide Angaben werden in einem Datenfeld der Ressource gespeichert.

Sobald zwei ähnliche Modelle gefunden wurden, wird das bisherige Schlüsselwort („ModellN“) der beiden zugehörigen Ressourcen ersetzt durch Ihren Bezeichner. Gruppierete Modelle werden durch Referenzlisten in sog. Klassenressourcen gespeichert und erhalten einen klassentypischen Deskriptor. Diese werden veröffentlicht unter einem Schlüsselwort, z.B. „Klasse A“, und erhalten in Ihrem Datenfeld den Baugruppen-Namen eines exemplarisch für die gesamte Klasse stehenden Modells, z.B. „Außenspiegel“.

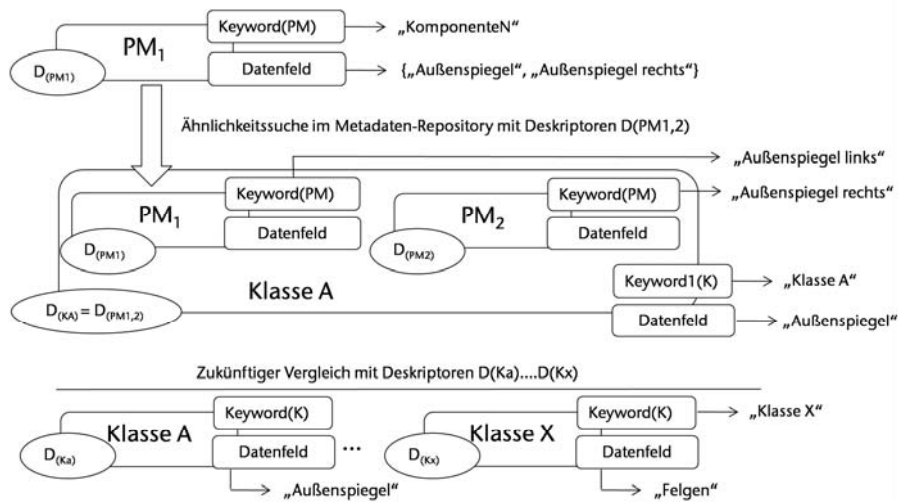


Abbildung 7 : Darstellung der Klassenentwicklung in der PCP

In der PCP werden zur Integration der geometrischen Suche nunmehr drei Ressourcentypen verwendet: Modell-Ressourcen Nicht-Gruppirt (MRN), Modell-Ressourcen Gruppirt (MRG) und Klassen-Ressourcen (KR). Schlüsselworte die auftreten können sind also „ModellN“, „Klasse A...X“ und produktmodelltypische Schlüsselwörter. Diese Eigenschaft sorgt im verwendeten P2P-System der PCP für eine möglichst hohe Gleichverteilung aller Ressourcen über die Peers und für eine optimale Skalierung. Die geometrische Suche vergleicht immer Deskriptoren des neuen Produktmodells mit MRNs und KR, dazu bedient sie sich der DHT-basierten Suche in der PCP, welche beschränkt werden kann auf die Schlüsselworte „ModellN“ und eine sogenannte Wild-Card-Suche nach „Klasse \*“. Alle bereits gruppierten Einzel-Ressourcen werden also bei der Suche ausgelassen.

## 5 Anwendungsfall

In diesem Abschnitt wird exemplarisch ein Anwendungsfall der Product Collaboration Platform dargestellt. Der in diesem Szenario beschriebene Markt ist der Markt für Automobilzulieferer, die beteiligten Akteure sind zum einen Automobilzulieferer, die ihre Produkte in der PCP publizieren, zum anderen Automobilhersteller, die in der PCP einzelne Teile oder komplette Baugruppen nachfragen. In diesem Anwendungsfall sind neben einer Reihe von Automobilzulieferern einige Automobilhersteller in der PCP registriert. Die Automobilzulieferer haben, je nachdem wo ihre Kernkompetenzen liegen, verschiedene Produkte aus ihrem jeweiligen Produktportfolio in der PCP publiziert. Beispiele für die publizierten Produkte sind z.B. Auspuffanlagen, Türelemente oder Motorkomponenten.

Entsprechend der im letzten Abschnitt vorgestellten Integration wurden die von den Zulieferern publizierten Fahrzeugkomponenten mittels geometrischer Ähnlichkeitsmessung klassifiziert und in Gruppen eingeteilt. Der in diesem Abschnitt beschriebene Anwendungsfall skizziert die Suche des Automobilherstellers A nach einem oder mehreren Anbietern für eine Baugruppe eines neuen Fahrzeugtyps. Neben allgemeinen Daten liegen dem Automobilhersteller A CAD-Modelle und Zeichnungen vor, die die zu produzierende Baugruppe detailliert beschreiben. Um innerhalb der PCP einen oder mehrere passende Zulieferer ausfindig zu machen stehen dem Hersteller zwei alternative Wege zur Verfügung. In der ersten Alternative kann er das von ihm nachgefragte Produkt in der PCP publizieren und darauf warten, dass sich interessierte Zulieferer bei ihm melden. In der zweiten Alternative ergreift er selbst die Initiative und sucht mittels der Vorgaben, die er durch die ihm zur Verfügung stehenden geometrischen Daten hat, innerhalb der PCP nach einem kompatiblen Zulieferer. Beide Alternativen bedingen zunächst, dass der Automobilhersteller die von ihm nachgefragte Auspuffanlage in die PCP überträgt. Das übertragene Produkt wird anschließend automatisiert einer Klasse zugeordnet, der es in Punkto geometrischer Ähnlichkeit am ehesten entspricht. Entschließt sich nun der Hersteller dazu abzuwarten und nicht direkt nach potenziellen Zulieferern zu suchen, endet an dieser Stelle sein Part im Anwendungsfall. Alle weitere Aktivität geht ab jetzt von den Zulieferern aus. Beginnt der Hersteller jedoch im Anschluss an die Übertragung des Produktes aktiv nach einem Zulieferer zu suchen, kann er dies innerhalb der PCP mittels verschiedener geometrischer Suchverfahren tun. Aus der Menge der gefundenen ähnlichen Komponenten kann er den für ihn passenden Zulieferer auswählen und eine direkte Anfrage starten. Vergleichbar dem Vorgehen des Herstellers können auch die Zulieferer nach potentiellen Kunden innerhalb der PCP suchen.

## **6 Zusammenfassung und Ausblick**

In diesem Papier wurden die prinzipiellen Grenzen bei einer DHT-basierten Suche im Kontext der unternehmensübergreifenden, kollaborativen Produktentwicklung aufgezeigt und ein Vorschlag vorgestellt, mit dem diese Grenzen überwunden werden können. Dazu wurde ein Verfahren zur geometrischen Suche vereint mit einer P2P-basierten Softwarearchitektur für die kollaborative Produktentwicklung, der Product Collaboration Platform (PCP). Anhand eines exemplarischen Anwendungsfalls wurde explizit aufgezeigt, wie die Fähigkeiten eines DHT-basierten P2P-Ansatzes geschickt ausgenutzt werden können, um einen Produktmodellkatalog in Form einer Klassenstruktur zu implementieren und damit die eingeschränkte Suchfähigkeit zu verbessern. Diese Umsetzung schafft im Wesentlichen zwei Vorteile für die Kollaborationspartner. Die PCP kann dank Ihrer dezentral implementierten Mittlerfunktion ad-hoc-Kollaborationsverbände ohne aufwendige Customizing-Prozesse etablieren und schafft temporäre Marktplätze, z.B. für die Generierung von Herstellerkatalogen besonders von kleinen und mittelständischen Unternehmen (KMUs), die ansonsten nur schwer Möglichkeiten zur Teilnahme in existierenden Zuliefererverbänden bekommen. Weiterhin reduziert die geometrische Vergleichssuche die ansonsten aufwendigen Integrationstätigkeiten der Ingenieure beim Initialeintritt in eine PCP-Kollaboration,

sowie generell die Suchaufwände der Benutzer und erhöht damit gleichzeitig die Akzeptanz der PCP-Lösung beträchtlich.

## Literaturverzeichnis

- [AC05] Aberer, K.; Cudré-Mauroux, P.: Semantic Overlay Networks. In Proceedings of the 31st VLDB Conference, Trondheim, Norway, 2005
- [AN07] Anderl, R.: Skript zur Lehrveranstaltung "Produktdatentechnologie C". Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK), Fachbereich Maschinenbau, TU Darmstadt, 2007.
- [BA04] The Bamboo Distributed Hash Table: A Robust, Open Source DHT. <http://bamboo-dht.org/>, (Webabruf 2007/01/12).
- [Chen03] Chen, D.-Y.: Three-Dimensional Model Shape Description and Retrieval Based on LightField Descriptors. Dissertation, National Taiwan University, 2003.
- [CG05] Crespo, A.; Garcia-Molina, H.: Semantic overlay networks for p2p systems. In: Agents and Peer-To-Peer Computing (AP2PC) 2004.
- [DI04] Dischinger, M.: A flexible and scalable peer-to-peer multicast application using Bamboo. Studienarbeit am Institut für Telematik, TH Karlsruhe in Kooperation mit der University of Cambridge, 2004.
- [HA06] Hahn, A.: Integration verteilter Produktmodelle durch Semantic-Web Technologien. In: WIRTSCHAFTSINFORMATIK 47, 2005, S. 278–284.
- [Hin92] Hinrichs, T.: Problem Solving in Open Worlds: A Case Study in Design. Lawrence Erlbaum Associates, 1992
- [Manj02] Manjunath, B.S.; Salembier, P.; Sikora, T.: Introduction to MPEG-7: Multimedia Content Description Interface. John Wiley, England, 2002.
- [OOIT02] Ohbuchi, R.; Otagiri, T.; Ibató, M.; Takei, T.: Shape-similarity search of threedimensional models using parameterized statistics. In: 10th Pacific Conference on Computer Graphics and Applications (PG '02). IEEE, 2002, S. 265–273.
- [REAL05] Rhea S. et al. OpenDHT: A Public DHT Service and Its Uses. Proceedings of ACM SIGCOMM 2005, August 2005.
- [RKCD02] Antony, R.; Kermarrec, A.-M.; Castro, M.; Druschel, P.: Scribe: A large-scale and decentralized application-level multicast infrastructure. In: IEEE Journal on Selected Areas in Communications (JSAC) 20(8), 2002.
- [SM07] Stiefel, P.; Müller, J.P.: ICT Interoperability challenges in decentral, cross-enterprise product engineering. In: Enterprise interoperability II: new challenges and approaches. Springer-Verlag London, 2007, S. 171-182.
- [SW05] Steimetz, R.; Wehrle K.: P2P Systems and Applications, LNCS 3485, Springer-Verlag Heidelberg, 2005, S. 79-93.
- [BMZW04] Bender, M.; Michel, S.; Zimmer, C.; Weikum, G.: Towards Collaborative Search in Digital Libraries Using Peer-to-Peer Technology. In: 6th DELOS Workshop on Digital Library Architectures, S. Margherita di Pula, Italy 2004.
- [Vran04] Vranić, D.V.: 3D Model Retrieval. Dissertation, Universität Leipzig, 2004.