

PLM-Systeme als unternehmensspezifische Fallbasis zur Kostenschätzung

Annett Bierer, Silke Meyer

Professur Wirtschaftsinformatik I
Technische Universität Chemnitz
Thüringer Weg 7
D-09126 Chemnitz
annett.bierer@wirtschaft.tu-chemnitz.de

Professur Informationsmanagement
Hochschule Mittweida (FH)
Technikumplatz 17
D-09648 Mittweida
meyer@htwm.de

Abstract: Betriebliche Informationssysteme zum Produktlebenszyklusmanagement (PLM) dienen in den Unternehmen der Integration von technischer und betriebswirtschaftlicher Informationsverarbeitung. Ihnen kommt eine besondere Bedeutung für die produktbezogene Kostenschätzung im Angebotsengineering und tendenziell für das Lebenszykluskostenmanagement zu. Im vorliegenden Beitrag wird diese zentrale Rolle von PLM-Systemen als unternehmensspezifische Fallbasis für ein fallbasiertes Kostenmanagementsystem diskutiert.

1 Einleitung

In Unternehmen mit auftragsgebundener Einzel- und Kleinserienfertigung komplexer Investitionsgüter stellt das Angebotsengineering einen wettbewerbskritischen Prozess dar. Er umfasst „alle Tätigkeiten der technischen und betriebswirtschaftlichen Spezifizierung des Angebots, vor allem das Abschätzen der konstruktiv-technologischen Realisierungsmöglichkeiten und die Bewertung dieser sowohl aus technischer als auch aus betriebswirtschaftlicher Sicht“ [Me01]. Durch den internetbasierten Zugang zu den weltweiten Märkten und die damit verbundene Transparenz und Intensivierung des Wettbewerbs erhöhen sich die Innovationsraten enorm. Die Verkürzung der Produktlebenszyklen führt dazu, dass der sogenannte „Stand der Technik“ einer starken Dynamisierung unterliegt. Insbesondere der Erfolg kleiner und mittlerer Unternehmen (KMU) hängt in diesem Wettbewerbsumfeld davon ab, inwieweit sie in der Lage sind, technologisch neuartige und qualitativ hochwertige Produkte zu einem angemessenen Preis-Leistungs-Verhältnis gewinnbringend anbieten zu können.

KMU müssen sich durch eine höhere Flexibilität und in starkem Maße kundenindividuelle Lösungen und Angebote gegenüber Großunternehmen am Markt behaupten. Das resultiert in hohen Anforderungen an das Angebotsengineering. Neben der technischen Lösung determiniert vor allem der Angebotspreis das Erzielen von Aufträgen. Grundlage für die Ermittlung der Angebotspreise bildet die Abschätzung der voraussichtlichen Herstellkosten. Dies ist mit einem erheblichen Informations- und Wissensbedarf sowie Kommunikations- und Koordinationsaufwand verbunden (vgl. auch [En06]). Dieser zum Teil hohe Aufwand für die Erstellung eines Angebots kann in der Regel nicht bzw. nicht vollumfänglich an den Kunden weitergegeben werden. Das Risiko von Fehlkalkulationen ist in der Praxis allein durch den Anbieter zu tragen. Somit ist es für die anbietenden Unternehmen „erfolgsentscheidend, schnell und zuverlässig bei der Angebotserstellung über die Kosten eines Auftrags informiert zu sein“ [Sc98].

Erfolgreiche Angebote hängen zum einen von der Erfahrung und Kompetenz der Mitarbeiter im Angebotsengineering und zum anderen von der entscheidungsorientierten Bereitstellung angebotsrelevanter Informationen ab. Die Aufbereitung und Präsentation dieser Informationen muss dabei in einer Weise erfolgen, dass die Mitarbeiter in ihren "natürlichen" Problemlösungsprozessen zielorientiert unterstützt werden. Der vorliegende Beitrag behandelt hierfür zunächst die zentrale Rolle, die episodisches Erfahrungswissen im Problemlösungsprozess des Angebotsengineerings einnimmt. In Abschnitt 2 wird das fallbasierte Schließen als methodischer Ansatz zur Unterstützung menschlicher Problemlösungs- und Entscheidungsprozesse in Konstruktion und Kostenschätzung vorgestellt. Der Hauptteil mit Abschnitt 3 fokussiert auf die Bedeutung von Produktlebenszyklusmanagementsystemen (PLM-Systemen) als unternehmensspezifische Plattform zur Integration technischer und betriebswirtschaftlicher Produktdaten. Es wird ein fallbasierter Ansatz diskutiert, der auf Basis eines PLM-Systems und unter Verwendung von unscharfen ähnlichkeitsbasierten Suchalgorithmen eine effektive Unterstützung der Kostenschätzung im Angebotsengineering schafft. Diese kann in ihren Grundzügen auch für das Kostenmanagement über den gesamten Produktlebenszyklus Verwendung finden.

2 Fallbasiertes System für das Lebenszykluskostenmanagement

2.1 Problematik der Kostenschätzung

Die Abschätzung der Herstellkosten einer technischen Lösung im Rahmen der Angebotskalkulation weist eine hohe Entscheidungskomplexität und Unsicherheit auf. Die technische Lösungsfindung steht in einem Spannungsfeld aus Kunden- und Unternehmensinteressen. Kundenindividuelle konstruktive Anpassungen einzelner Produktkomponenten können in ihrer detaillierten technischen Ausarbeitung sehr zeit- und kostenintensiv sein. Dem steht der Anspruch der Wirtschaftlichkeit, d.h. der Forderung nach relativ kurzen Reaktionszeiten im Angebotsengineering und einem vertretbaren Erarbeitungsaufwand, gegenüber. So wird die Problemlösung in der Praxis oft nur bis zur Abschätzung der technologischen Realisierbarkeit erarbeitet.

Die Leistungserstellungsprozesse bei auftragsgebundener Einzel- und Kleinserienfertigung weisen aufgrund der Individualität und Komplexität der angebotenen Lösungen und zahlreicher Verflechtungsbeziehungen für eine hohe Produktionsflexibilität (u.a. variable Verbundfertigung) vielfältige Interdependenzen und damit größtenteils unbestimmte Kostenbeziehungen und -wirkungen auf. Dies erschwert eine verursachungsgerechte Kostenzuordnung, macht sie zu einem gewissen Grad in der Praxis sogar unmöglich. Herkömmliche analytische Kalkulationsverfahren, die auf den deterministischen Kostenzuordnungen beruhen, benötigen detaillierte Produktinformationen als Input für die Kostenschätzung. In der Angebotskalkulation können diese Methoden daher nicht sinnvoll eingesetzt werden. Synthetische bzw. pauschalisierende Verfahren zur Kostenschätzung, wie sie vorwiegend im Bereich der konstruktionsbegleitenden Kalkulation genutzt werden, benötigen dagegen keine vollständigen, detaillierten Produktinformationen und sind somit frühzeitig einsetzbar. Sie besitzen aber nur geringe Aussagekraft, da sie die Kosten nach statistisch ermittelten funktionalen Zusammenhängen auf der Basis von Vergangenheitswerten (u. a. unter Nutzung von Regressionsanalysen) und in Abhängigkeit von nur wenigen kostenbestimmenden Einflussfaktoren ermitteln [Me01].

Die Diskrepanzen zwischen benötigten und verfügbaren Informationen erfordern eine wissensbasierte Unterstützung des Kostenschätzers. Dabei ist zu beachten, dass es aufgrund der vielfältigen Interdependenzen der unternehmensspezifischen Leistungserstellung kein vollständiges, allgemeingültiges Modell zum Abschätzen der Herstellkosten in der Angebotsphase geben kann. Die Anwendungsdomäne der Kostenschätzung weist damit eine Indeterminiertheit auf und stellt ein sogenanntes „open-world“-Problem dar (z.B. [Eh05], [St96]). Einzige Möglichkeit zur Unterstützung der Problemlösungsprozesse in „open-world“-Domänen besteht deshalb darin, der Vorgehensweise der Konstrukteure und Kostenschätzer zu folgen [OF96].

Diese greifen zur Problemlösung auf ihr Erfahrungswissen hinsichtlich der Kostenwirkungen alternativer Konfigurations- bzw. Konstruktionsentscheidungen zurück. Erfahrungswissen ist dabei fach- und anwendungsspezifisches Wissen, welches durch einen Experten während früherer Problemlösungsprozesse erworben wurde. Es integriert spezifisches episodisches Wissen bezüglich der technischen Lösungsgestaltung und ihrer Kostenwirkungen mit kontextspezifisch anzuwendendem generalisiertem Domänenwissen über Problemlösungsprozesse, Methoden und Verfahrensweisen zu prototypischen Erfahrungen [Ep03], [Ni96], [Be02]. Der Rückgriff auf das Erfahrungswissen erfolgt in der Regel analogie- bzw. ähnlichkeitsbasiert, indem die Problemstellung der aktuellen Angebotsituation früheren, bereits erstellten Angeboten und realisierten Aufträgen gegenüber gestellt wird. Anhand der Ähnlichkeitsvergleiche werden die Wiederverwendbarkeit früherer technischer Lösungen und deren Kosten eingeschätzt und für das aktuelle Angebotsproblem übernommen bzw. angepasst. Da die Vorgehensweise der Experten, durch diesen ähnlichkeitsbasierten Rückgriff auf episodische Erfahrungen gekennzeichnet ist und die Kostenschätzung ein „open-world“-Problem darstellt, stellen fallbasierte Systeme die einzige Chance für eine effektive informationstechnische Problemlösungsunterstützung dar [AB96].

2.2 Fallbasiertes Schließen als Problemlösungsansatz zur Kostenschätzung

Für die Problemlösekompetenz eines fallbasierten Systems spielt episodisches Erfahrungswissen eine besondere Rolle: „a case-based reasoner solves problems by using or adapting solutions to old problems“ [RS89]. Alten „ähnlichen“ Problemstellungen wird eine potenzielle Nützlichkeit zur Lösung der aktuellen Problemstellung zugesprochen gemäß der Grundannahme, dass ähnliche Probleme ähnliche Lösungen besitzen. Der Problemlösungsprozess des Fallbasierten Schließens wird in Abbildung 1 dargestellt und anwendungsspezifisch nachfolgend erläutert.

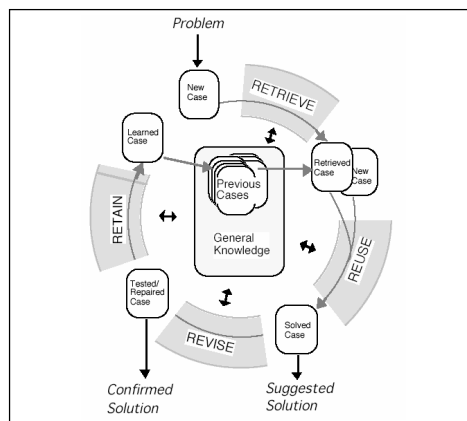


Abbildung 1: Zyklus des Fallbasierten Schließens (Quelle: [AP94])

Aus der Analyse des Kundenproblems wird eine technisch-betriebswirtschaftliche Problemstellung für das Angebotsengineering abgeleitet. Zum Angebotsproblem werden ähnliche Problemfälle der Vergangenheit gesucht (Retrieve). Die Auswahl der erfolgversprechendsten Lösung oder Lösungsbausteine (hohe technische Ähnlichkeit, geringe Anpassungskosten usw.) erfolgt systemunterstützt durch den Experten, der vom System umfassende Lebenszyklusinformationen (inklusive Kostenabschätzungen) erhält (Reuse). Es schließt sich die Verifizierung der angebotenen Lösung, ggf. in Interaktion mit dem Kunden, an (Revise). Nach erfolgreicher Auftragsbearbeitung liegt zum aktuellen Problem die tatsächlich realisierte technisch-betriebswirtschaftliche Lösung vor, die als neuer, potenziell nützlicher Fall in die Fallsammlung aufgenommen wird (Retain).

Um diesen fallbasierten Problemlösungsprozess informationstechnisch zu unterstützen, ist ein wissensbasiertes System notwendig. Dessen Wissensbasis setzt sich sowohl aus episodischem Wissen als auch aus generalisiertem Domänenwissen zusammen. Das generalisierte Wissen steuert u.a. den Zugriff auf die konkreten Episoden der Vergangenheit sowie deren Auswertung für die fallbasierte Kostenschätzung. Die Wissensbasis des fallbasierten Systems besteht nach dem so genannten Wissenscontainer-Modell [Ri98] aus 4 Wissenscontainern, welche nachfolgend in ihren Besonderheiten für die hier dargestellte Anwendung näher ausgeführt werden.

- **Fallbasis (engl.: case base).** Die Fälle in der Fallbasis bestehen aus zwei Teilen: der Problembeschreibung aus Sicht des Entwicklers (in der Rolle des Kostenschätzers) und der technisch-betriebswirtschaftlichen Lösungsbeschreibung mit allen Informationen über den Produktlebenszyklus, inklusive episodischer Kosteninformationen, u. a. aufbereitete Kostenwerte aus Nachkalkulationen.
- **Fallbeschreibung (engl.: vocabulary).** Die Fälle in der Fallbasis müssen vor allem für die zielorientierte Suche (Retrieval) in ihrer Problembeschreibung einheitlich beschrieben werden. Diese umfasst kostenrelevante technische Merkmale der Produkte bzw. Komponenten mit den notwendigen Informationen ihres Metadatenmanagements, z.B. die Attributsbezeichnung sowie deren Wertebereichsdefinition.
- **Ähnlichkeitsmaße (engl.: similarity).** Der Retrievalprozess wird durch die Verwendung von Produktfamilien für die initiale Fallsuche und von wissensintensiven Ähnlichkeitsmaßen innerhalb einer Produktfamilie bestimmt. Dabei ermöglichen die wissensintensiven Ähnlichkeitsmaße auch den Umgang mit unscharfen Problembeschreibungen in frühen Phasen der Produktentwicklung (vgl. Abschnitt 3.3).
- **Adaption (engl.: adaptation).** Um episodische Kosteninformationen zu Lösungen der Vergangenheit für aktuelle Problemstellungen nutzbar zu machen, sind diese an die aktuelle technisch-modifizierte Lösung sowie an die betriebliche Situation anzupassen. Hierzu besteht die Wissensbasis aus zusätzlichem generalisiertem Anpassungswissen (vgl. Abschnitt 4).

Diese Strukturierung der Wissensbasis in die Wissenscontainer ist zugleich auch die Basis für die Modularisierung von fallbasierten Systemen, welche sich für deren Wartung und Pflege als vorteilhaft erweist: „From a software engineering point of view, there is another advantage of CBR, namely that the content of the containers can be changed locally, i.e., manipulations on one container have little consequences on the other ones“ [Ri98]. Sie ermöglicht es weiterhin, die in den Unternehmen vorhandenen Datenspeicher, Technologien und prozessbezogenen Wissens Elemente zur inhaltlichen und technischen Realisierung der oben definierten Wissenscontainer zu nutzen.

Da Angebotsprobleme nicht immer vollständig und mit Sicherheit beschrieben werden können, wird Wissen für den Umgang mit verschiedenen Unschärfearten benötigt. Daraus ergeben sich spezielle Erweiterungen der oben genannten Wissenscontainer, insbesondere der „Fallbeschreibung“ und der „Ähnlichkeitsmaße“ (vgl. Abschnitt 3.3).

2.3 Architektur des fallbasierten Systems zur Kostenschätzung

Episodisches Erfahrungswissen zu in der Vergangenheit konstruierten und realisierten Problemlösungen, inklusive Kosteninformationen, ist in unternehmensspezifischen Datenbanken gespeichert. Dessen nicht-entscheidungsorientierte Bereitstellung und ungeeignete Zugriffsmöglichkeiten verhindern die bereichsübergreifende Nutzung dieser wertvollen Wissens Elemente.

Für die fallbasierte Kostenschätzung ist die Integration aller unternehmensspezifischen Wissensquellen, d.h. insbesondere „eine Vernetzung und Korrelation mit den betriebswirtschaftlichen Kenngrößen“ [Sc06] erfolgsentscheidend, „um einerseits eine wirtschaftlich-effiziente Entwicklung sicherzustellen und andererseits das Alignment von Produktentwicklung und Markteinführung herbeizuführen“ [Sc06]. So muss der Wissenscontainer „Fallbasis“ für die Kostenschätzung vor allem technische und betriebswirtschaftliche Daten zusammenführen. Das hier vorgestellte Gesamtkonzept verfolgt dabei die Zielstellung, keine zusätzliche eigenständige Datenbasis für die Kostenschätzung aufzubauen, sondern im Unternehmen verfügbare technische und betriebswirtschaftliche Informationssysteme „anzzapfen“. Die Gesamtarchitektur des fallbasierten Systems zur Kostenschätzung unter Nutzung von im Unternehmen verfügbaren Informationssystemen wird in Abbildung 2 dargestellt (vgl. dazu [Me01], [Rö05]).

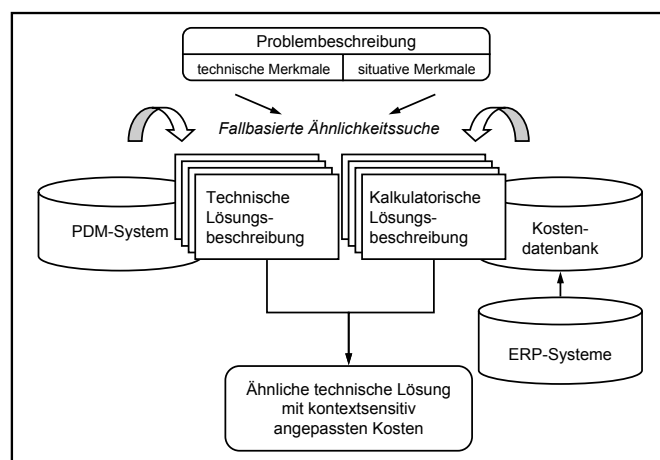


Abbildung 2: Architektur des fallbasierten Kostenschätzsystems

Für den Zugriff auf die Lebenszyklusdaten der angebotenen Lösung wie auch auf die betriebswirtschaftlichen Informationen bieten sich PLM-Systeme an. Auf der Basis von Business Intelligence-Lösungen ist es daneben effizient möglich, entscheidungsorientiertes Kostenwissen problembezogen (in einer Kostendatenbank) und empfängerbezogen mittels rollenbasierter Informationsverteilung zur Verfügung zu stellen. PLM-Systeme haben sich als bevorzugte Integrationstechnologie für die verteilte Bereitstellung und unternehmensweite Nutzung aller produktbezogenen Informationen etabliert. Auf ihre zentrale Stellung als Fallbasis, zur Bereitstellung und Referenzierung aller produktbezogenen Informationen („360°-Blick“ auf das Produkt) und damit für eine effektive Unterstützung der fallbasierten Kostenschätzung wird nachfolgend ausführlich eingegangen. Dabei ist die Eigenschaft von PLM-Systemen, bereichsübergreifende Integrationsplattform zu sein, für den Zugriff auf alle technischen Produktlebenszyklusinformationen und die Zuordnung entscheidungsorientierter Kostendaten unentbehrlich.

3 PLM-Systeme als Fallbasis für die Kostenschätzung

3.1 Produktlebenszyklusmanagementsysteme

Die Produktentwicklung stellt sich als Informationsverdichtungsprozess dar [Eh05]. Bestimmten in der Vergangenheit noch die Unternehmensmitarbeiter mit ihrem persönlichen Erfahrungswissen und Erinnerungsvermögen die Gestalt und die Eigenschaften eines Produktes, so entscheiden heute zunehmend die durch Informationssysteme unternehmensweit bereitgestellten Produktinformationen über die Qualität der Entwicklungsprozesse und den Erfolg der Produkte. Aus Teilebibliotheken entstanden leistungsstarke PLM-Systeme, die eine immer stärkere Verbreitung finden. Dabei dienen diese eher technischen Informationssysteme der Speicherung, der Verwaltung, dem Transfer und der Bereitstellung aller produktbeschreibenden Daten während des gesamten Produktlebenszyklus. Der Lebenszyklus eines Produktes reicht hier von der Idee über die Entwicklung, die Produktion, den Vertrieb, die Produktnutzung und -wartung bis hin zur Marktentnahme und Entsorgung [SGS03].

Anwendungsbezogene Funktionen der PLM-Systeme realisieren mit einem leistungsstarken Metadatenmanagement in erster Linie die Bereitstellung detaillierter Produktinformationen. Die Metadaten dienen u.a. der Klassifizierung und Referenzierung und dem effizienten Auffinden sämtlicher produktbeschreibender Daten. Hier sind u. a. das Konstruktionsstammdatenmanagement (inkl. dem Viewing von 2D- und 3D-Modellen) sowie die Sachmerkmalsleistenverwaltung hervorzuheben. Anwendungsübergreifende Funktionalitäten gewährleisten den prozessbegleitenden Informationsfluss. Auf der Basis einer rollenbasierten Benutzerverwaltung und dem Workgroup- und Workflowmanagement werden leistungsfähige Entwicklungs-, Änderungs- und Freigabeprozesse abgebildet und gesteuert. Sie ermöglichen damit auch das Management kollaborativer Entwicklungsprozesse sowie die frühzeitige Datenweitergabe an nachfolgende betriebswirtschaftliche Prozesse.

Ähnlich der Produktentwicklung werden im Angebotsengineering bis zu 70% der voraussichtlichen Herstellkosten der angebotenen Lösung festgelegt [Bi98]. Angesichts des bestehenden Zeit- und Kostendrucks sowie dem scheinbaren Widerspruch zwischen Standardisierung und Individualität ist es von besonderer Bedeutung, dass für die Erarbeitung der Angebote hinreichend detaillierte und genaue technische (z.B. Produktdaten, Fertigungsdaten) und betriebswirtschaftliche Informationen (z.B. Kostendaten, Kapazitätssituation, Auftragslage) zu bewährten Produkten und Produktkomponenten der Vergangenheit zur Verfügung stehen [En06].

Über mächtige Retrievalmechanismen und Klassifikationsfunktionen (z.B. Sachmerkmalsleisten) eines PLM-Systems kann die Neuentwicklung bzw. -konstruktion von Produktkomponenten wirkungsvoll vermieden werden, indem geeignete Lösungen bzw. Lösungskomponenten schnell auffindbar sind. So tragen diese Technologien zur Vermeidung von unnötigen Produktvarianten, des damit verbundenen Entwicklungsaufwandes und von Risiken bei Produktqualität und -kosten bei [SJ06]. Der Rückgriff auf geeignete technische Lösungen der Vergangenheit ist auch dem Problemlösungszyklus der fallbasierten Kostenschätzung immanent. Im Folgenden werden beide informationstechnischen Ansätze

zusammengeführt, wobei das PLM-System nicht nur die Grundlage für die „Fallbasis“, sondern auch für die Umsetzung weiterer Wissenscontainer bildet.

3.2 PLM-Systeme als Fallbasis für die Kostenschätzung

PLM-Systeme stellen im Unternehmen eine umfangreiche Fallsammlung bewährter Lösungen der Vergangenheit bereit. Da dieses „Betriebssystem des Ingenieurs“ unternehmensweit tagtäglich im Einsatz ist und alle Änderungen in den produkt- und prozessbezogenen Daten protokolliert werden, ist die dadurch referenzierte Fallbasis stets „up-to-date“. Die umfangreichen Datenbestände und vielfältigen Beziehungen gehen weit darüber hinaus, was in einer „gesonderten“ Fallbasis zur Kostenschätzung erfasst werden könnte. Die durch das PLM-System referenzierten Produktdaten aus technischen und betriebswirtschaftlichen Leistungserstellungsprozessen, die dem Entwickler (Kostenschätzer) die Nützlichkeit vorgeschlagener Lösungen für deren Wiederverwendung und Kostenabschätzung beurteilen helfen, blieben ohne die Verwendung des PLM-Systems als Fallbasis ungenutzt.

Der Wissenscontainer „Fallbasis“ umfasst dabei die technisch-betriebswirtschaftlichen Problem- und Lösungsbeschreibungen. Für die Ähnlichkeitssuche müssen die einzelnen Angebotsprobleme in der Problembeschreibung nicht durch viele Einzelheiten beschrieben werden, sondern lediglich durch wenige, für die Kostenschätzung relevante Merkmale (sog. kostenrelevante Merkmale). Die Identifizierung dieser Merkmale ist eine nur induktiv zu lösende Aufgabe der Wissensakquisition. Sie ist ein unternehmensspezifischer, dynamischer Prozess, der auf das jeweilige Produktspektrum abgestimmt umzusetzen ist.

Systemtechnisch wird dieser Wissenscontainer unter Ausnutzung der Sachmerkmaleistenverwaltung im PLM-System des Unternehmens implementiert. Die Definition von Sachmerkmaleisten erfolgt „in Abhängigkeit einer konkreten betrieblichen Anwendung“ [ES01] und ist dann besonders vorteilhaft, wenn „viele Gruppen von Objekten (Gegenstandsgruppen) mit sehr unterschiedlichen Eigenschaften zu beschreiben sind“ [ES01]. Damit eignet sich die Sachmerkmaleistenverwaltung in besonderer Weise für die Abbildung der kostenrelevanten Merkmale und die Klassifizierung der betrachteten Objekte (Produkte, Komponenten, Teile) in Kostenfamilien. Über die Strukturierung des Produktspektrums mit Hilfe von Kostenfamilien und deren Beschreibung durch kostenrelevante Merkmale übernimmt die Sachmerkmaleistenverwaltung die Spezifizierung der Problembeschreibung, d.h. die Implementierung des „problembezogenen“ Teils der Wissenscontainer „Fallbasis“ und „Fallbeschreibung“.

Die Lösungsbeschreibung umfasst alle technischen und betriebswirtschaftlichen Informationen zu geeigneten Produkten bzw. Produktkomponenten, welche durch das PLM-System über die Ähnlichkeitssuche gefunden werden. Dazu gehören 2D-/3D-Modelle, Arbeitspläne, aber auch unstrukturierte Information wie Montageanleitungen oder Berechnungen. Der Zugang zu diesen Informationen unterstützt die Experten zusätzlich zum angegebenen Ähnlichkeitsgrad, in der Entscheidung, welche die am besten geeignete Lösung für das Angebotsproblem ist.

Analog der Referenzierung der technischen Produktdaten und ihrer datenerzeugenden Anwendungssysteme (u.a. der CAx-Systeme) realisieren PLM-Systeme den Verweis auf die entsprechenden Kostendaten aus betriebswirtschaftlichen Informationssystemen. So können Nachkalkulationswerte des ERP-Systems ebenso zugeordnet werden, wie analytische Kostendaten aus einer so genannten Kostendatenbank (vgl. Abbildung 2). Dadurch gelingt es, den Entwicklern (Kostenschätzern) innerhalb ihrer gewohnten (technischen) Arbeitsumgebung auch Kosteninformationen für die Erarbeitung von Angeboten mit angemessenem Preis-Leistungs-Verhältnis zu liefern.

3.3 Unscharfe Suche in der Fallbasis des PLM-Systems

Die Wahl einer für das aktuelle Angebotsproblem geeigneten Kostenfamilie im PLM-System entspricht der initialen Fallauswahl eines fallbasierten Systems im Teilprozess des Retrieval. Die ähnlichkeitsbasierte Suche nach wieder verwendbaren Produkten bzw. Produktkomponenten innerhalb einer Kostenfamilie geht jedoch über die Fähigkeiten eines PLM-Systems hinaus, da es üblicherweise nur scharfe, wenn auch zum Teil unvollständige Anfragen an die zugrunde liegende Datenbank erlaubt.

Hierzu sind wissensintensive Ähnlichkeitsmaße zu implementieren. Sie repräsentieren für die einzelnen kostenrelevanten Merkmale deren domänenspezifischen Ähnlichkeitsbegriff. Derartiges Wissen liegt bei erfahrenen Konstrukteuren bzw. Kostenschätzern in der Praxis vor, muss allerdings aufwendig eruiert werden [Me01], [Rö05]. Daraus werden lokale Ähnlichkeitsfunktionen oder Ähnlichkeitsmatrizen für einzelne Merkmale abgeleitet und für die Bestimmung der globalen Ähnlichkeit zwischen einem Fall der Fallbasis und dem aktuellen Angebotsproblem gewichtet und aggregiert. Die Zuordnung der Gewichte folgt dem Einfluss der Merkmale auf die Herstellkosten.

Die Basis der Ähnlichkeitsbeurteilung bilden neben den Ähnlichkeitsmaßen die Ausprägungen der kostenrelevanten Merkmale im aktuellen Angebotsproblem. Exakte Daten zur vollständigen Problembeschreibung sind in der Praxis, u.a. auf Grund hoher Informationsbeschaffungskosten, häufig nicht gegeben. Merkmalsausprägungen können nicht nur unvollständig und unsicher sein. Aufgrund ihrer subjektiven Einschätzung und ihrer Verbalisierung mittels der menschlichen Sprache sind sie nicht selten ebenfalls durch Ungenauigkeit und Vagheit gekennzeichnet. Hier ist die Integration von Methoden und Techniken der unscharfen Informationsverarbeitung erforderlich¹.

Für die interne Repräsentation unscharfer aktueller Problembeschreibungen im Angebotsengineering bieten sich dazu Possibilitätsverteilungen an, die durch Erweiterungen der herkömmlichen wissensintensiven Ähnlichkeitsmaße adäquat verarbeitet werden können [Me07]. Dabei kann jede Art von unscharfer Problembeschreibungen, inklusive Präferenzordnungen der Merkmalsausprägungen wie auch vage Konzepte (mittels Zugehörigkeitsfunktionen), unvollständiges (fehlende Werte) oder auch unsicheres Wissens (mittels Unsicherheitsfaktoren für ganze Wertebereichsteilmengen) verarbeitet werden. Die daraus resultierenden Modifikationen der vorab vorgestellten Wissenscontainer werden umfassend

¹Zur Berücksichtigung von Unschärfen in Fallbasierten Systemen vgl. z.B. [Ri97], [PS04] und [PDY00]

in [Me01] behandelt, exemplarisch erläutert und an nachvollziehbaren (realen) Praxisszenarien validiert. Das so aufgebaute fallbasierte System zeichnet sich mit diesen integrierten Ansätzen der unscharfen Informationsverarbeitung durch eine hohe Flexibilität und ein erweitertes Einsatzfeld, beispielsweise in den frühen Phasen der Produktentwicklung oder bei (prinzipiell) nur unsicheren und unscharfen Inputinformationen, aus.

4 Zusammenfassung und Ausblick

Im Beitrag wurde ein leistungsstarker Ansatz für die fallbasierte Kostenschätzung auf der Basis eines PLM-Systems vorgestellt. Das Konzept wird zukünftig auch geeignet sein, das Lebenszykluskostenmanagement effizient zu unterstützen, da durch das Metadatenmanagement des PLM-Systems alle produktbeschreibenden Daten über den gesamten Lebenszyklus referenziert und damit zusammengeführt werden.

Im Fokus der weiteren Forschungsarbeiten steht vor allem das Qualitätsmanagement des fallbasierten Systems [Bi07]. Hierbei ist zu betonen, dass die Lösungsqualität in erster Linie auch von der Umsetzung einer verursachungsgerechten Kostenzuordnung, der Verwendung von differenzierten Kostentreibern in der Kostenrechnung (inklusive in der Nachkalkulation) abhängt und in die Qualitätsbetrachtungen zu integrieren ist. Differenzen zwischen der Kostenschätzung im Angebotsengineering und der Nachkalkulation des entsprechenden realisierten Auftrages, können wertvolle Hinweise zur Verbesserung der Wissenscontainer des Systems liefern. So weisen diese z. B. auf notwendige Veränderungen der Kalkulationsschemata als Teil der Lösungsbeschreibung bzw. auf neue Kosteneinflussfaktoren hin, welche ggf. als weitere kostenrelevante Merkmale die bisherige Problembeschreibung erweitern bzw. aktualisieren. Hier können Methoden der Business Intelligence, insbesondere des Data Mining, die Identifizierung von bis dato unbekanntem Kostentreibern wirkungsvoll unterstützen. Die Idee der Kostentabellen (engl.: cost tables) japanischen Ursprungs kann aufgegriffen und auf der Grundlage von Business Intelligence-Lösungen unternehmensspezifisch implementiert werden, um Nachkalkulationswerte durch konsolidierte, analytische Kostenveränderungsdaten in einer Kostendatenbank (vgl. Abbildung 2) anzureichern und damit zugleich die Lösungsadaption wirkungsvoll zu unterstützen.

Für den kontinuierlichen Verbesserungsprozess wird vor allem auch das direkte Feedback des Entwicklers (Kostenschätzers) sehr wichtig sein. Dieser wählt nach der Ähnlichkeitsuche aus einem Lösungssatz von 3 – 5 Lösungen zu ähnlichen Problemen der Vergangenheit die erfolversprechendste Lösung auf Basis umfangreicher Lebenszyklusdaten aus. Mit seiner Wahl, ggf. einer Neuordnung dieser potenziellen Lösungen verleiht er seiner Einschätzung der Nützlichkeit der vorgeschlagenen Falldaten zur Lösung des aktuellen Problems Ausdruck. Gewichtungs- und Zuordnungsparameter der Ähnlichkeitsmaße, welche in fallbasierten Systemen eine zentrale Rolle spielen, können mittels dieses Feedbacks im Sinne eines „lernenden Systems“ sukzessive optimiert und unternehmensspezifischen Änderungen durch Modifikationen im entsprechenden Wissenscontainer angepasst werden.

Zur Erweiterung der Problemlösungsunterstützung müssen über den Wissenscontainer „Adaption“ Anpassungsverfahren nicht nur bezüglich technischer Besonderheiten sondern vorwiegend bezüglich der Variation betriebswirtschaftlicher Einflussfaktoren (z. B. zur Berücksichtigung aktueller Materialpreis- und Kapazitätssituationen) vorgehalten werden [Rö05]. Zur Adaption der Kosteninformationen ähnlicher Vergangenheitsprobleme an die aktuelle Unternehmenssituation ist die Integration von generalisiertem Domänenwissen wie pauschalen Kostenschätzverfahren (z. B. Kostenfunktionen), die zwischen den vorliegenden episodischen Erfahrungen „interpolieren“, unabdingbar, um eine hohe Lösungsqualität über dem gesamten Lösungsraum sicherzustellen. Eine stetige Weiterentwicklung des Kostenrechnungssystems (inklusive einer Implementierung der Prozesskostenrechnung) und die Nutzung von Business Intelligence-Technologien (z.B. Process Mining) zur Identifizierung und Abbildung realer Kostenstrukturen sollten hier unterstützend wirksam werden.

Literatur

- [AB96] Althoff, K.-D.; Bartsch-Spörl, B.: Decision Support for case-based applications. In: Wirtschaftsinformatik 1, 1996.
- [AP94] Aamodt, A.; Plaza, E.: Case-Based Reasoning: Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches. In: AI Communications 7 (1994) 1, S. 39-59.
- [Be02] Bergmann, R.: Experience Management. Foundations, Development Methodology, and Internet-Based Applications, Springer Verlag, Berlin et al. 2002.
- [Bi98] Binder, M.: Produktkostenmanagement in Entwicklung und Konstruktion. Gabler Verlag, Wiesbaden, 1998.
- [Bi07] Bierer, A.: Methodological Assistance for Integrating Data Quality Evaluations into Case-Based Reasoning Systems. In: Richter, M. M.; Weber, R.: Proceedings of the 7th International Conference on Case-Based Reasoning; Lecture Notes in Artificial Science Vol. 4626, Springer Verlag, Berlin et al., 2007, S. 254-268.
- [Eh05] Ehrlenspiel, K.; Kiewert, A.; Lindemann, U.: Kostengünstig entwickeln und konstruieren. Kostenmanagement in der Produktentwicklung. Springer Verlag, Berlin et al., 2005.
- [En06] Entrup, Chr. L. et al.: Ähnlichkeitssuche in Informationssystemen verteilter Umgebungen. In: 2. GI-Tagung Informations- und Wissensdrehscheibe Produktdatenmanagement", Siegen, 2006.
- [Ep03] Eppler, M. J.: Managing Information Quality. Increasing the Value of Information in Knowledge-intensive Products and Processes. Springer Verlag, Berlin et al, 2003.
- [ES01] Eigner, M.; Stelzer, R.: Produktdatenmanagement-Systeme : ein Leitfaden für Product Development und Life-cycle-Management. Springer Verlag, Berlin et al, 2001.
- [Me01] Meyer, S.: Verarbeitung unscharfer Informationen für die fallbasierte Kostenschätzung im Angebotsengineering, Dissertation Technische Universität Chemnitz, Verlag der GUC, Chemnitz, 2001.

- [Me07] Meyer, S.: Representation and Processing of Imperfect Knowledge using Possibility Theory - An Approach for Case-based Cost Estimation. In: Wilson, D. C.; Khemani, D. (Hrsg.): Workshop Proceedings of the 7th International Conference on Case-Based Reasoning, Belfast 2007; S. 49-58.
- [Ni96] Nietsch, Th.: Erfahrungswissen in der computergestützten Angebotsbearbeitung: Erfassung, Darstellung und Anwendung mit Hilfe fallbasierter Methoden. Dissertation Universität Münster. Wiesbaden, 1996.
- [OF96] Oxman, R.; Voss, A.: CBR in Design. In: AI Communications, Vol. 9; 1996; S. 117-127.
- [PDY00] Pal, S. K.; Dillon, T. S.; Yeung, D. S. (Hrsg.): Soft Computing in Case Based Reasoning. Springer Verlag, Berlin, et al, 2000.
- [PS04] Pal, S. K.; Shiu, S. C.: Foundations of Soft Case-Based Reasoning. Wiley & Sons, Hoboken, 2004.
- [Ri97] Richter, M. M.: Perspectives on the Integration of Fuzzy and Case-based Reasoning Systems. Technischer Report Nr. TR-97-010, University Berkeley, CA USA 1997.
- [Ri98] Richter, M. M.: Introduction. In: Lenz, M.; Bartsch-Spörl, B. et al. (Hrsg.): Case-Based Reasoning Technology: From Foundations to Applications. Lecture Notes in Artificial Intelligence Vol. 1400. Springer Verlag, Berlin Heidelberg, 1998; S. 1-15.
- [Rö05] Rösler, M.: Kontextsensitives Kosteninformationssystem zur Unterstützung frühzeitiger Produktkostenexpertisen im Angebotsengineering. Dissertation Technische Universität Chemnitz. Verlag der GUC, Chemnitz 2005.
- [RS89] Riesbeck, Ch. K. and Schank, R. C.: Inside Case-based Reasoning. New Jersey 1989.
- [Sc98] Scholl, K.: Konstruktionsbegleitende Kalkulation: computergestützte Anwendung von Prozeßkostenrechnung und Kostentableaus. Dissertation Universität Stuttgart, Verlag Vahlen, München 1998
- [Sc06] Scheer, A.-W. et al.: Prozessorientiertes Product Lifecycle Management, Springer Verlag, Berlin et al, 2006.
- [SGS03] Seiler, C.-M.; Grauer, M.; Schäfer, W.: Produktlebenszyklusmanagement. In: Wirtschaftsinformatik 45 (2003) 1; S. 67-76.
- [SJ06] Scheer, A.-W.; Jost, W. et al.: Corporate Performance Management. Springer Verlag, Berlin et al., 2006.
- [St96] Steiner, J. M.: Rechnergestütztes Kostensenken im praktischen Einsatz. Shaker Verlag, Aachen, 1996.