

# EINSATZPOTENZIAL KOMMERZIELLER PDM/PLM-SOFTWAREPRODUKTE FÜR INGENIEURBAUPROJEKTE<sup>1</sup>

Mathias Obergriesser<sup>2</sup>, Yang Ji<sup>1</sup>, Markus Schorr<sup>3</sup>, Katharina Lukas<sup>1</sup>, André Borrmann<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Lehrstuhl für Computation in Engineering, Technische Universität München

{y.ji | lukas | borrmann}@bv.tum.de

<sup>2</sup> Fachbereich Bauinformatik/CAD, Hochschule Regensburg,

mathias.obergriesser@bau.fh-regensburg.de

<sup>3</sup> Lehrstuhl für Fördertechnik Materialfluss Logistik, Technische Universität München

schorr@fml.mw.tum.de

**Kurzfassung:** *Kommerzielle Systeme für das Produktdatenmanagement (PDM) bzw. das Produktlebenszyklusmanagement (PLM) bilden in der stationären Industrie (Maschinen- und Fahrzeugbau) heutzutage die Standard-Lösung zur ganzheitlichen und konsistenten Verwaltung aller produkt- und prozessrelevanten Daten über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts. All diese Informationen, vom Entwurf bis zum Recycling eines Produktes, werden in einem zentralen Modell vorgehalten. Dies führt zu einer schnellen Verfügbarkeit der Daten und somit zu einer erheblichen Steigerung der Produktivität. Intelligentes Datenmanagement macht zudem das parallele Arbeiten an einem Produkt möglich und kann so die Entwicklungszeit verkürzen. In der Bauindustrie besteht ebenfalls ein großes Potential für den Einsatz solcher PDM/PLM-Softwareprodukte. In diesem Paper wird die Funktionsweise von PDM/PLM-Systemen erläutert. Außerdem werden Anforderungen an PDM/PLM-Softwareprodukte für einen gewinnbringenden Einsatz in der Bauindustrie, insbesondere im Ingenieurbau, formuliert.*

## 1 Einführung

Unter Product-Lifecycle-Management (PLM) versteht man ein IT-Konzept, das ursprünglich für die Fertigungsindustrie entwickelt wurde, in dem alle produktrelevanten Daten, z.B. CAD-Konstruktionsdaten und alle prozessrelevanten Informationen im Produktlebenszyklus sowohl aus Sicht der Produktentstehung als auch aus betrieblicher

---

<sup>1</sup> Das vorgestellte Projekt wird von der Bayerischen Forschungsförderung im Rahmen des Forschungsverbunds „FORBAU – Virtuelle Baustelle“ gefördert.

Hinsicht zentral konsistent verwaltet werden. In diesem Sinne können PLM-Systeme als ein sehr mächtiges Datenbanksystem betrachtet werden.

Ein weiterer Vorteil ist die integrierte Unterstützung von Workflows. Mit einer integrierten Workflow-Engine wird der Nutzer automatisch über Änderungsaufträge, Freigabeprozesse bzw. Modelländerungen benachrichtigt. Ebenso werden in der Regel vordefinierte Sichten auf den Datenbestand für unterschiedliche Nutzergruppen angepasst.

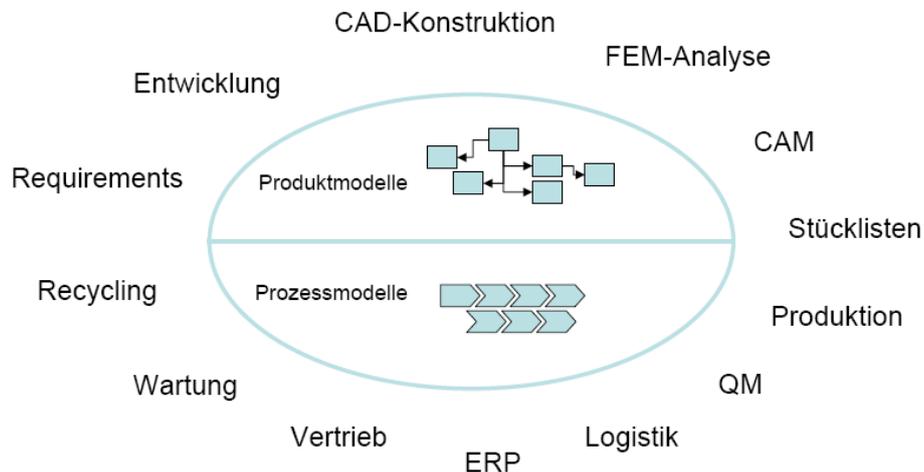


Abb. 1: Produktlebenszyklusmanagement

Durch die Vorkonfiguration des PLM-Systems können spezielle CAD-Modelle aufgenommen und versioniert werden. Durch die Bereitstellung von Systemkomponenten zum schnellen Aufsetzen eines minimalen Workflows ist der Aufwand zur Anpassung des Systems an die Anforderungen eines Unternehmens niedriger als bei einer vollkommen eigenen Entwicklung. Da die Anforderungen einzelner Unternehmen jedoch stark variieren, ist der Aufwand für dieses sogenannte „Customizing“ dennoch nicht zu vernachlässigen und im Gegenteil als hoch und entsprechend kostenintensiv einzuschätzen.

Das PLM-System wurde in einer Reihe von Industriezweigen, insbesondere in der Luft- und Raumfahrttechnik sowie der Automobilbranche mit großen Erfolg eingesetzt. Das große Potenzial wurde in den letzten Jahren sowohl von PLM-Systemherstellern als auch von führenden Bauunternehmen erkannt. In folgenden Abschnitten wird der Aufbau eines PLM-Systems, insbesondere der Standardprozess in der Bauindustrie speziell für den Trassen- und Brückenbau vorgestellt, anschließend werden die bauspezifischen Anforderungen an einen PLM-Ansatz erläutert.

## 2 Aufbau von PLM-Systemen

Wie im vorigen Abschnitt erwähnt, unterscheidet sich das PLM-System von anderen IT-Systemen dadurch, dass die produkt- und prozessrelevanten Informationen in einem einheitlichen und strukturierten Modell verwaltet werden können. In der Praxis besteht dieses Modell häufig aus zwei Teilmodellen, nämlich dem Produktmodell und dem Prozessmodell und kann somit die Komplexität besser beherrschen (Abb. 1). In Folgendem werden diese zwei Modelle als wichtige Kriterien für die Bewertung des Potenzials der PLM-Systeme für die Bauindustrie betrachtet und analysiert.

### 2.1 Unterstützung von CAD-Modellen

Die Art und der Umfang der Unterstützung von CAD-Modellen als Teil der Produktdaten ist ein entscheidendes Kriterium aus dem Blickwinkel des konstruktiven Ingenieurbaus. Hierbei kann man zwei grundlegend verschiedene Ansätze unterscheiden:

- *Dateiverwaltung.* Im einfacheren, weniger mächtigeren Fall nimmt das PDM-System die CAD-Daten als Datei-Blöcke auf. Es stehen damit die Möglichkeiten eines Dateiverwaltungssystems wie z.B. Versionskontrolle und rechtsbasierter Zugriffsverwaltung zur Verfügung, jedoch nur auf einfacher Dateiebene und ohne Berücksichtigung der einzelnen Objekte in der CAD-Datei. Damit ist bei einem konkurrierenden Zugriff beispielsweise das gesamte Modell gesperrt, bis der aktuelle Bearbeiter die Datei wieder schließt und sie dadurch freigibt. Derartige PDM-Systeme stellen in der Regel einen mächtigen CAD-Datei-Viewer zur Verfügung, der den Inhalt einer entsprechenden Datei dreidimensional visualisieren kann. Eine Bearbeitung des Modells mit dem Viewer ist jedoch ausgeschlossen. Es besteht lediglich die Möglichkeit, Kommentare zu der CAD-Datei hinzu zu fügen, damit die Konstruktionsteilnehmer auf dieser Basis Textinformationen austauschen können. Die Wahl eines derartigen PDM-Systems ist nur dann sinnvoll, wenn eine simultane Bearbeitung des CAD-Modells vergleichsweise selten auftritt bzw. die kommentarbasierte Kommunikation durch ein Visualisierungsmodell ausreichend ist.
- *Modellverwaltung.* Für andere Fälle, zu denen beispielsweise auch die Phase des Entwurfs von Ingenieurbauwerken zählt, ist die Verwendung eines PDM-Systems sinnvoller, das die Verwaltung eines CAD-Modells in seinen Einzelobjekten bzw. -teilen erlaubt. Die verfügbaren PDM-Systeme, die eine derartige Funktionalität bieten, bedienen sich hierfür des Umstandes, dass mit traditionellen Maschinenbau 3D-CAD-Programmen wie z.B. Catia, NX oder Autodesk Inventor erstellte Modelle ohnehin in mehreren Dateien abgelegt werden, die

jeweils die Geometrie einer einzelnen Baugruppe (engl. Part) enthalten. Diese Dateien können dann wieder im Sinne eines Dateiverwaltungssystems durch das PDM-System verwaltet werden, jetzt allerdings mit der Konsequenz, dass beispielsweise die Versionierung auf der Ebene einzelner Baugruppen erfolgen kann. Dieser „Trick“ führt jedoch zu dem Problem, dass CAD-Systeme, die ihre Modelle in monolithischen Dateien ablegen, wie nahezu alle im Bauwesen eingesetzte CAD-Software wie beispielweise Autodesk Revit, Autodesk Architecture, Bentley Microstation, nur schlecht durch derartige PDM-Systeme unterstützt werden. Im Gegensatz dazu wird für weltverbreitete Maschinenbau-CAD-Programme häufig eine „tiefe“ Integration angeboten, was bedeutet, dass Funktionalitäten des PDM-Systems wie Land und Zurückspeichern direkt aus der Oberfläche des CAD-Programms heraus aufgerufen werden können.

In jedem Fall wird das CAD-Modell als BLOB (Binary Large Object) in der Datenbank abgelegt. Eine Auflösung der Geometrieinformationen in einem entsprechenden BRep-Schema o.ä. erfolgt i.d.R. nicht. Dies kann jedoch als ein möglicher Weg zur Integration monolithisch abgelegter CAD-Files unter Realisierung von objektbasiertem Zugriff gesehen werden – erfordert allerdings einen nicht unerheblichen Programmieraufwand und muss besonders hinsichtlich des Laufzeitverhaltens beim Zugriff auf das PLM-System kritisch untersucht werden.

## **2.2 Workflow-Modellierung**

Die Workflow-Modellierung eines PLM-Systems wird als Teilbereich des „Customizings“ verstanden. Das bedeutet die systemtechnische Anpassung des PLM-Systems an die unternehmensspezifischen Anforderungen. Für die Durchführung eines „Customizing“-Prozesses werden im ersten Schritt die Prozessabläufe mit ihrem Informationsflüssen einem Workflow-Modell abgebildet [1]. Damit eine Umsetzung der bauspezifischen Prozesse in ein PLM –System erfolgen kann, werden Workflows aus Sicht des Anwenders und des Systementwicklers erstellt. Beide Sichten sind eng miteinander Verbunden und lassen sich jeweils voneinander ableiten. Je feiner diese Prozesse im Worklfow abgebildet werden, desto besser kann eine Umsetzung bzw. Customizing des Systems erfolgen [8].

### **2.2.1 Anwendersicht**

In der Anwendersicht beschreibt man Standardprozesse, die sich bei der Realisierung eines Bauprojektes ergeben. Hiefür benötigt man ein Schema, das die iterativen Beziehungen der Prozessbeteiligten untereinander (Planer, Baufirmen, Gutachter etc.), den

Datenfluss der jeweiligen Datenmodelle und den Kontrollfluss darstellt. Im Wesentlichen setzt sich der Standardprozess im Bauwesen aus den Prozesskomponenten der Planfeststellung, Bauplanung und Bauausführung zusammen. Eine verfeinerte Spezifizierung der Unterprozesse hängt stark von dem zu betrachtenden Bausektor (Hoch- oder Tiefbau) ab und kann im PLM- System individuell angepasst werden [2].

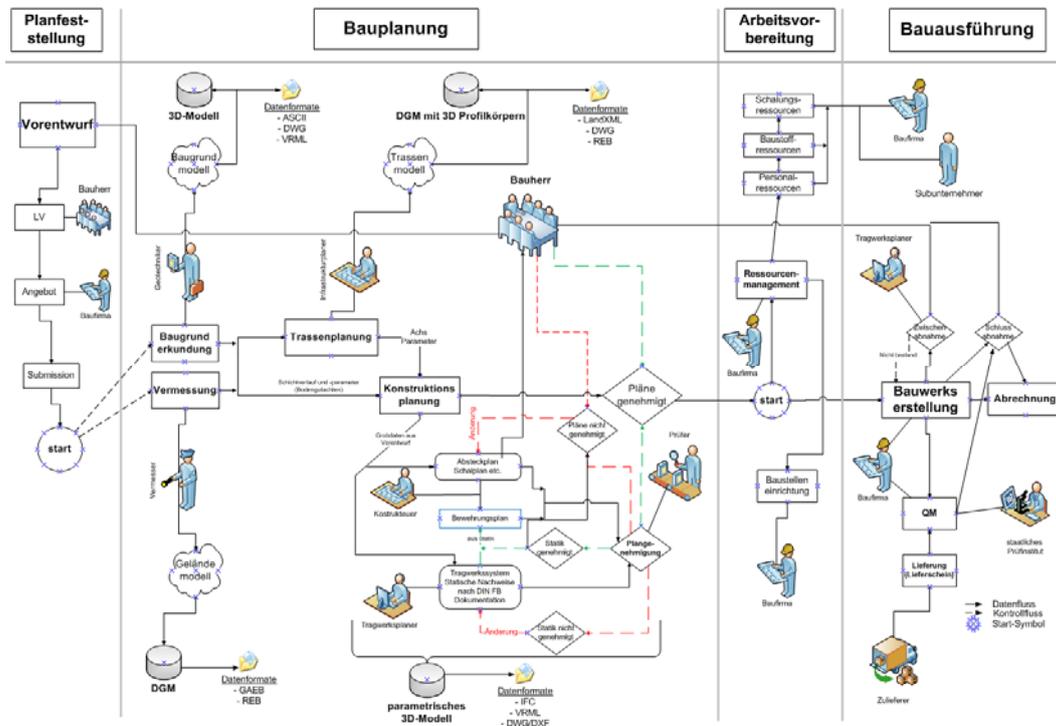


Abb. 2: Standardworkflow Brücken- und Trassenbau aus Sicht des Anwenders

In der Planfeststellung wird ein Modell von der Trasse, dem Baugrund und dem Bauwerk entwickelt, welches in groben Zügen das Bauprojekt beschreibt. Dadurch bestätigt man die Machbarkeit des Projektes und stellt Grundlageninformationen für die Vergabe der (Teil-) Leistungen zur Verfügung [3]. In der Bauplanungsphase beschreibt, plant und modelliert man das Vorentwurfsmodell detaillierter. Dies bedeutet, dass der Grad der Detailplanung eines Modells von anfänglich ca. 20-30% auf 100% vervollständigt wird. In diesem Prozessabschnitt herrscht eine enge Vernetzung zwischen den einzelnen Fachplanern wie Geotechniker, Vermesser, Trassen- und Bauwerksplaner. Diese iterativen Beziehungen können aus der Abb.1 entnommen werden [8]. Aus den Modellen des Baugrunds, der Trasse und des Bauwerks ergibt sich in dem Planungsprozess eine Fülle von geometrischen und zusätzlichen Daten, die durch ein im PDM- System zentral vorgehaltenes Produktdatenmodell aufgenommen werden können. Gleichzeitig ermöglicht man dem Fachplaner einen kontinuierlichen Zugriff auf die für in wichtigen Informationen und gewährleistet ein simultanes Arbeiten mit mehreren Projektpartnern an einem Datenmodell.

Nachdem die Fachplanung diverse Kontrollflüsse durchlaufen hat, ergibt sich ein Übergang vom virtuellen (SOLL) zum realen Modell (IST). Dieser Wechsel findet zwischen der Bauplanungs- und Bauausführungsphase statt und kann als ein paralleler Ablaufprozess gestaltet werden. Anschließend führt die Baufirma eine baubetriebliche Ressourcenplanung (Baustoffe, Personal etc.) mit Hilfe des Soll-Modells durch. Während der Bauwerkserstellung werden Realdaten (Lieferschein, Materiallisten etc.) für das IST-Modell gesammelt und im PLM-System hinterlegt [5]. Die Abwicklung des Bauprojektes erfolgt mit einer hohen Anzahl von parallelen aber auch sukzessiven Prozessen (Logistik, QM, Abnahme etc.). Der Einsatz eines PLM-Systems ermöglicht eine übersichtliche, strukturierte und transparente Steuerung der Bauprozesse.

### **2.2.2 Systemsicht**

Aus der Sicht des Systementwicklers wird ein Workflow erstellt, der die Prozessstrukturen in Form von Informations- u. Datenfluss- bzw. Abhängigkeitsbeziehung abbildet. Hierbei ist nicht wichtig, welcher Planer welches Modell entwirft, sondern auf welche Art und Weise er seine Informationen weiterleitet bzw. empfängt. Er kann aus der Sicht des Anwenders abgeleitet werden, indem man systemrelevante Sichten und Rollen einführt [1]. Der Systementwickler erkennt hieraus, welche Informationen und Daten zu welcher Person zu welchem Zeitpunkt gesendet werden und wer welche Rechte zum ändern besitzt. Im Workflow legt man fest, welches Datenformat, welche CAD/CAE/CAM-Systeme eingesetzt werden und wie lange ein Prozess abläuft [6].

## **3 Anforderungen an ein PLM-Konzept im Bauwesen**

Um das Nutzenpotenzial eines PLM-Systems zukünftig auch im bauindustriellen Umfeld voll ausschöpfen zu können, sind umfangreiche branchenspezifische Anpassungsarbeiten (Customizing) nötig, da sich der Unternehmensprozess im Bauwesen von den Abläufen in anderen Branchen wie beispielsweise dem Maschinenbau unterscheidet.

Vor der Durchführung dieser Konfektionierungsarbeiten müssen jedoch zunächst die Anforderungen an eine bauspezifische PLM-Lösung definiert und nachvollziehbar dokumentiert werden. Infolgedessen wurde ein Dokument erarbeitet, welches im Sinne eines Pflichtenheftes als Grundlage für das spätere Customizing des Systems dient.

Diese Anforderungsliste ist in mehrere Kategorien untergliedert. Angefangen vom Datenmanagement mit den Grundanforderungen von der konsistenten Datenhaltung über die Versionierung bis hin zu einem Konfigurationsmanagement ist hier vor allem die Verwaltung eines durchgängig parametrisierten 3D-Baustellenmodells, in dem Auswirkungen auf Änderungen an verknüpften Stellen automatisch angepasst werden, von großer Relevanz. Im Bereich des Anforderungsmanagements sollte das Leistungsver-

zeichnung möglichst aufgelöst und in Verknüpfung zu den 3D-Modellen vorgehalten werden. Bestimmte Abmaße, die der Konstrukteur modelliert, stehen so in direkter Beziehung zu den Anforderungen und können gegebenenfalls Inkonsistenzen aufdecken. Ein in das System integriertes Projektmanagement-Modul soll es ermöglichen, auch den Bauzeitenplan digital vorzuhalten und diesen mit Projektfortschritt dynamisch zu aktualisieren. Bezüglich der Visualisierung müssen nicht nur alle Elemente der Baustelle und der Baustelleneinrichtung reibungslos in ein Baustelleninformationsmodell zusammengeführt werden, vielmehr sollen auch Prozesse im Bauzeitenplan mit einzelnen Baugruppen verlinkt werden können. So wird es möglich, zu jedem geplanten Bauausführungszeitpunkt den Soll-Baufortschritt a priori im virtuellen Modell zu verfolgen. Einen weiteren wichtigen Aspekt stellt der Soll-Ist Vergleich zwischen der Planung und dem tatsächlichen Stand der Bauausführung dar. Hierfür müssen dem PDM-System Daten aus der Bauausführungsphase zugeführt werden. Beispiele hierfür wären Rückmeldungen durch mobile Datenerfassung mit Hilfe von PDAs (Personal Digital Assistant) auf der Baustelle oder Daten aus der Maschinensteuerung sowie Auto-ID-Informationen (Automatische Identifikation und Datenerfassung). Die Implementierung von Workflows, Freigabemechanismen sowie eines umfangreichen Rechtemanagements soll neben den internen Mitarbeitern auch Subunternehmern die Möglichkeit bieten, Informationen aus dem System zu erhalten bzw. selbst Inhalte einzustellen. Da schwer vorhersehbare Teilprozesse der Baustellenabwicklung vorab simuliert werden sollen, muss der statische Projektplan durch Ergebnisse aus dem Simulationsmodell dynamisch aktualisiert werden. Hier muss es technisch möglich sein, eine Schnittstelle schaffen zu können. Eine weitere wichtige Anforderung ist zudem die Anbindung der Baustelle an das PDM-System – so soll es stets möglich sein, über einen Web-Client Zugang zu den zentral abgelegten Daten zu erhalten und je nach Rechtevergabe bestimmte Inhalte in das System einzupflegen.

Diese hier lediglich knapp dargestellten Anforderungen wurden entsprechend ihrer Relevanz einer Gewichtung unterzogen und können in ihrer Gesamtheit wohl nur mit sehr großem Aufwand von einer Komplettlösung abgedeckt werden. Es wird deshalb auch zu untersuchen sein, ob entsprechende Anforderungspakete auf verschiedene Softwarelösungen umgelegt werden können bzw. ob die formulierten Anforderungen überhaupt vollständig abgebildet werden.

#### **4 Zusammenfassung und Ausblick**

Das Potenzial eines PLM-Ansatzes im Bauwesen ist sehr groß, jedoch ist die mangelhafte Unterstützung von bauspezifischen CAD-Modellen ein gravierendes Problem. Außerdem ist die Unterstützung der Prozessmodellierung möglicherweise nicht

ausreichend für die in der Bauausführungsphase häufig auftretenden unstrukturierten Ad-hoc Prozesse.

Das zeigt, dass die PLM-Systemhersteller noch nicht vollständig auf die Bauindustrie vorbereitet sind und ihr Fokus stark auf der stationären Industrie liegt. Die Bereitschaft der Bauunternehmen, mit einem fertigungsindustrieeorientierten PDM-System zu arbeiten ist aus diesen Gründen, auch unter Berücksichtigung der hohen Kosten von Installation und Customizing noch recht schwach. Aus diesem Grund wird eine enge Zusammenarbeit zwischen den PLM-Anbietern und den Bauunternehmen nötig sein, damit der Nutzungsgrad des PLM-Konzepts für die Bauindustrie weiter steigt.

## Literatur

- [1] V. Arnold, H. Dettmering, T. Engel, A. Karcher: Product Lifecycle Management beherrschen – Ein Anwenderhandbuch für den Mittelstand, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2005.
- [2] R. Chahrour: Integration von CAD und Simulation auf Basis von Produktmodellen im Erdbau, Institut f. Bauwirtschaft an der Universität Kassel, Kassel university press GmbH, Kassel, 2007
- [3] H.-J. Bargstädt, A. Blickling: "Neue Methoden für die bauteilorientierte Ausschreibung und Kalkulation unter Beachtung des Integrated Product Lifecycle Management (PLM/PDM) von Bauwerken", Proc. des Int. Kolloquiums über Anwendungen der Informatik und Mathematik in Architektur und Bauwesen (IKM), 2003
- [4] A. Saaksvuori, A. Immonen: „Product Lifecycle Management“, Springe, 2004
- [5] J. Schöttner: „Produktdatenmanagement in der Fertigungsindustrie“, Carl Hanser Verlag München Wien, 1999
- [6] U. Sandler, V. Wawer: „CAD-und PDM: „Prozessoptimierung durch Integration“ Hanser-Verlag, München, 2005
- [7] J. Stark: „Product Lifecycle Management: 21st century Paradigm for Product Realisation“, Springer, New York, 2005
- [8] U. Rüpl: Vernetzt- kooperative Planungsprozesse im Konstruktiven Ingenieurbau – Grundlagen, Methoden, Anwendungen und Perspektiven zur vernetzten Ingenieurkooperation, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, 2007.