

# PMI-basierte Informationsvernetzung in der Wertschöpfungskette

Volker Berbohm, Dr. Martin Strietzel, Christian Willmann; Köln

**Der Nutzen heutiger PLM-Infrastrukturen beruht auf der Chance, bereichsübergreifende Prozessschritte miteinander zu verknüpfen. Es wird die gesamte Wertschöpfungskette optimiert und die Wiederverwendung von Informationen ist von großer Bedeutung. Die Möglichkeiten der Wiederverwendung sind dabei zahlreich: Beginnend bei der Produktionsplanung über die Nutzung bei der Technischen Dokumentation, einer Einbindung in Serviceprozesse bis hin zu einer Unterstützung in den kaufmännischen Bereichen. Betrachtet man die technischen Möglichkeiten, so sollte diese Entwicklung bereits heute tägliche Praxis sein. Betrachtet man jedoch die existierenden Prozesse in der Industrie, so stellt man fest, dass diese Vernetzung von Daten und Informationen nur sehr begrenzt stattfindet. Der Beitrag beschreibt dieses Phänomen am Beispiel des Toleranzmanagements und beleuchtet dabei insbesondere die Rolle der Product and Manufacturing Information (PMI). Eine konsequent umgesetzte PLM-Strategie ist auch für diesen Anwendungsfall die Grundlage für Effizienzsteigerungen und eine höhere Produktqualität.**

Werden neue Produkte vorgestellt, wird die Investition oft durch nachfolgende Argumente bekräftigt: Kürzer gewordene Entwicklungs- und Planungszeiten sowie die höhere Anzahl von Varianten erfordern den Einsatz moderner Techniken und Methoden. Der Einsatz innovativer Technik soll die verschiedenen Phasen in der Wertschöpfungskette effizienter machen.

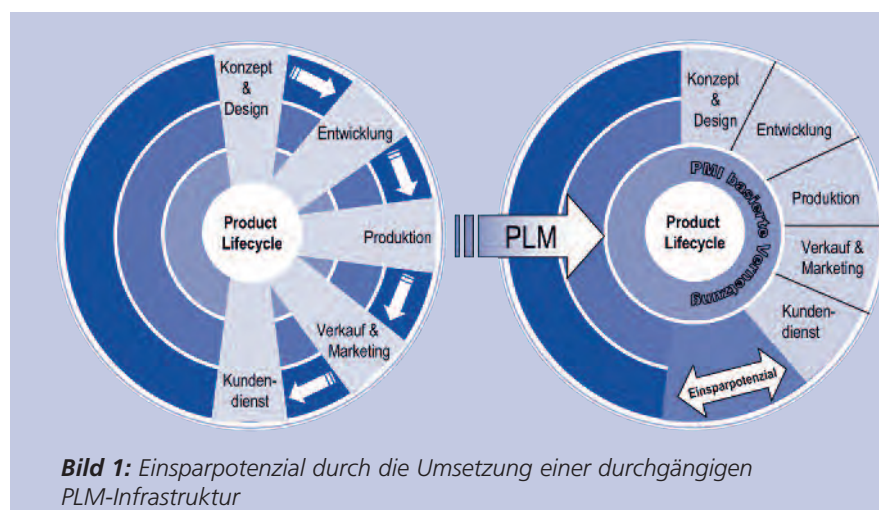
Tatsächlich ist gegen diese Argumentation nichts einzuwenden. Das Ganze ergibt dann einen Sinn, wenn nicht nur ein Element des Puzzles, wie z. B. der Erwerb einer Simulationssoftware damit begründet wird. Konsequenterweise ist auch der Daten- und Informationsprozess um das Werkzeug herum in den Fokus zu rücken. Neben dem Werkzeug selbst ist die Verknüpfung aller Daten und Informationen aus den verschiedenen Phasen der Wertschöpfungskette („Product Lifecycle“, siehe Bild 1) relevant. Erst eine durchgängige digitale Prozesskette hilft die vermeintlichen Einsparpotenziale nachhaltig zu erreichen. Diesbezüglich können offene Standards in Verbindung mit geeigneten PLM-Werkzeugen einen wesentlichen Beitrag zur Zielerreichung liefern. Ein zentrales Element dabei sind die Product and Manufacturing Information (PMI), wie das nachfolgende Beispiel des Toleranzmanagements deutlich macht.

## Motivation

Der richtige Einsatz von Toleranzsimulation hilft, frühzeitig Fehler, Risiken, oder auch Informationslücken aufzudecken und Gefahren abzuwehren. Es wird eine wichtige Entscheidungshilfe auf der Basis von Fakten geliefert. Ein wesentlicher Aspekt für den Erfolg des Toleranzmanagements ist eine solide Anwenderausbildung und viel Praxiswissen sowie die korrekte Simulation des Montageprozesses selbst. Nehmen wir an, dass diese Faktoren gegeben sind. Was bleibt, ist ein permanenter Kampf gegen die Uhr. Werden die Simulationsergebnisse nicht rechtzeitig bereitgestellt, werden sie für

die Konstruktion uninteressant. Es ist dann nur noch ein Nachbessern, im günstigsten Fall die Bestätigung der soliden Konstruktionsleistung möglich. Waren das die eigentlichen Ziele? Wollten wir nicht Entwicklungsschleifen und damit Zeit und Kosten einsparen?

Damit Toleranzmanagement (das gilt auch für andere Simulationen) wirklich greifen kann, ist sicherzustellen, dass sehr früh aussagekräftige Simulationsergebnisse vorgelegt werden können. Nur mit geringst möglichem Zeitversatz und schneller Rückkopplung kann der Anspruch unserer Kunden befriedigt werden. Hierfür ist ein durchgängiger



Daten- und Informationsprozess ein wesentlicher Erfolgsfaktor! Die Prozessstandards sind in vielen Unternehmen dafür nicht ausreichend definiert und werden durch eine sehr heterogene Daten- und Systemwelt enorm beeinträchtigt.

In der Praxis werden Simulationsmodelle gleich mehrfach von verschiedenen Experten aufgebaut. Zudem stehen die Basisdaten im 3D-CAD-Modell häufig nicht in der notwendigen Qualität zur Verfügung (vgl. Bild 2). Man stelle sich einmal das Einsparpotenzial vor, wenn alle eingesetzten Systeme bzw. Werkzeuge auf einen gemeinsamen Standard zurückgreifen. Die notwendigen Technologien sind vorhanden und etabliert. Bisher werden sie zur Abbildung einer durchgängigen Wertschöpfungskette jedoch nur unzureichend genutzt.

## Product and Manufacturing Information im Produktentwicklungsprozess

Der Begriff „Product and Manufacturing Information“ (PMI) beinhaltet den Anspruch, sämtliche nicht-geometrischen Fertigungsinformationen eines Produktes hinsichtlich dessen Abmessungen und Toleranzen, Flächenbehandlung und Materialspezifikation digital in einem 3D-Modell abzubilden. Dabei sind in der CAD-Software auch der zu PMI analoge Begriff „Functional Tolerancing and Annotation“ (FTA) und die durch [1] geprägte Bezeichnung „Geometric Dimensioning and Tolerancing“ (GD&T) verbreitet.

## Entwicklungsphase

Moderne CAD-Systeme bieten neben einer parametrisch-assoziativen Geometriemodellierung den Ansatz, Bauteilfunktionen und fertigungsrelevante

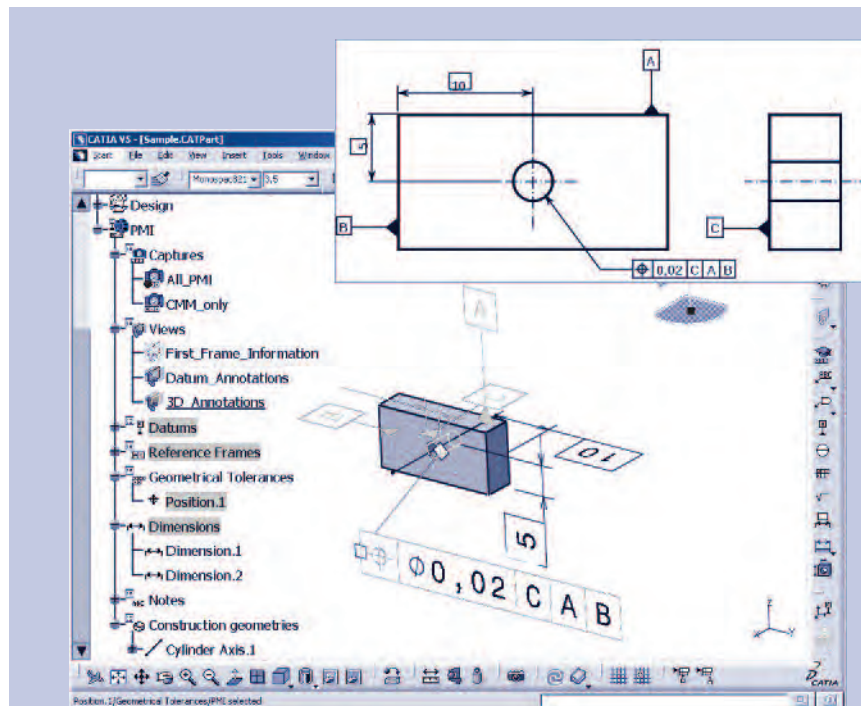


Bild 3: Beispiel von PMI in einem 3D-Modell sowie auf einer Zeichnung [2]

Informationen auf Grundlage von PMI direkt am 3D-Modell anzubringen (vgl. Bild 3). Damit lässt sich eine durchgängige dreidimensionale Produktbeschreibung und folgerichtig der Verzicht auf die klassische Fertigungszeichnung umsetzen.

Verglichen mit der Zeichnung lassen sich PMI-Elemente in geometrische Bemaßungen und Toleranzen (GD&T) sowie weitere Textnotizen unterteilen, welche den Informationsgehalt eines Zeichnungsschriftkopfes und Änderungsindex aufweisen.

Die ASME-Standards Y14.41 und Y14.5 sind Referenzen für die fertigungsge-

rechte Bemaßung und Tolerierung eines digitalen Produktes. Diesbezüglich nennt dieses Dokument grundlegende Regeln zur Definition sowie gezielte Anwendungsbeispiele ([1], vgl. auch [2], Abschnitt 2).

Für alle PMI-Elemente bieten die CAD-Systeme Werkzeuge zur Definition, Änderung und Aufbereitung. Üblicherweise werden die Elemente in speziellen Ansichten strukturiert, welche die Orientierung und Sichtbarkeit von PMI im 3D-Modell steuern. Eine weitere Möglichkeit der Strukturierung ist die Umsetzung eines Sichtenkonzepts, um PMI für nachfolgende Bereiche oder Aufgaben (z.B. Toleranzsimulation, NC-Bearbeitung) bedarfsgerecht zusammen zu stellen. Dieses wird üblicherweise mit einer farblichen Kennzeichnung ergänzt. Schließlich fördert auch die Funktionalität einer gemeinsamen Hervorhebung von Geometrie und dazugehörigen PMI-Informationen (nach deren Selektion) die Prozesstransparenz hinsichtlich sämtlicher definierter Produktbeschreibungen (vgl. Bild 3).



Bild 2: Prozessbrüche aufgrund inkompatibler Formate am Beispiel Toleranzmanagement

Beispiele für durchgängig benötigte Daten sind Geometriedaten (Nenngeometrie, Maß-, Form- und Lagetoleranzen), fertigungsrelevante Angaben (Material, Fügeinformationen), Prüfbedingungen sowie Änderungsbeschrei-

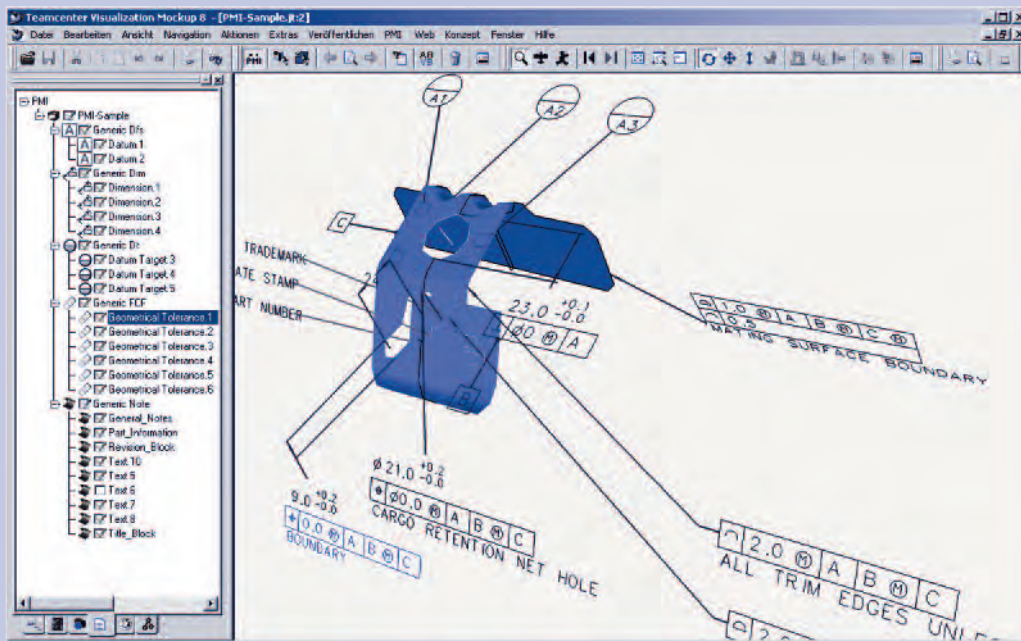


Bild 4: Visualisierung von PMI am Beispiel JT

bungen, Artikelnummer und Copyright. Einige dieser Elemente sind in Bild 3 sowie Bild 4 dargestellt.

Die technologische Umsetzung von PMI ist in den gängigen CAD-Systemen bereits erfolgt. Der konsequente Einsatz von PMI in der Produktentwicklung ist damit möglich und bietet viel Potenzial. Er bietet jedoch auch Risiken hinsichtlich der praktischen Herausforderungen bei der Arbeit mit dem GD&T-Standard. Eine fehlerhafte bzw. unvollständige Anwendung von PMI durch den Produktentwickler oder einen anderen Beteiligten in der Entwicklungsphase macht sich erst in den Folgeprozessen wie der Fertigungsplanung oder der Produktion selbst negativ bemerkbar.

Ein großer Pluspunkt in der Nutzung von PMI gegenüber einer Zeichnung gerät indessen nicht stark genug in den Fokus des täglichen Einsatzes: Die Durchführung von Semantikprüfungen von Bauteilbemaßung und -tolerierung in ihrer Gesamtheit und in Bezug auf den GD&T-Standard. Dabei leistet diese Funktionalität einen wesentlichen Beitrag zur Prozesssicherheit und folglich auch zur Erhöhung der Effizienz in der gesamten Wertschöpfungskette (vgl. Bild 2: „Preview instead of review“).

## Visualisierung

Für die Nutzung von PMI in der Wertschöpfungskette ist entscheidend, dass

diese nicht nur die Fertigungsanforderungen für das Produkt funktional beschreiben. Insbesondere die durchgängige Visualisierung von PMI in nachfolgenden Prozessen bietet eine höhere Transparenz, kürzere Entscheidungswege und eine weitere Fehlerreduzierung der Entwicklungsphase. Dabei kann die Visualisierung auch ohne CAD-Systemeinsatz erfolgen.

Die traditionell vorhandenen heterogenen Systemlandschaften haben eine Vielzahl von verschiedenen Datenformaten entlang der Prozesskette zur Folge. Demnach sind die Möglichkeiten, eine Durchgängigkeit in der Wertschöpfungskette zu realisieren, in Bezug auf die Austauschbarkeit von PMI begrenzt. Konkrete Datenaustauschformate, welche PMI unterstützen, sind das STEP-Format (ISO 10303-238:2007 aka STEP-NC, [3]), das 3D-PDF-Format der Firma Adobe (ISO 32000-1:2008 aka PDF 1.7) und das Format JT der Firma Siemens (ISO Standard seit 2009) sowie das 3D-XML-Format der Firma Dassault Systèmes als proprietäres Format. In der Praxis werden diese Austauschformate in eingesetzten Applikationen direkt genutzt oder über Datenkonvertierungswerkzeuge erzeugt.

Einige Datenformate bieten neben der reinen Visualisierung eine Weiterverwendung der PMI in Bezug auf die NC-Programmierung (z.B. STEP-NC) oder die Toleranzsimulation (z.B. Siemens JT).

Eine Herausforderung bei der Visualisierung von Produktdaten inklusive PMI ist die Zusammenführung und Verknüpfung verschiedener Datenbestände aus verschiedenen Werkzeugen bzw. Systemen, da deren Überführung in eine konsistente Produktstruktur ebenfalls einen geeigneten Umgang mit PMI erfordert.

Bild 4 stellt die Visualisierung von PMI basierend auf dem JT-Format dar. Der Strukturbaum am linken Rand erlaubt die analog zu CAD-Systemen sortierte Darstellung und Filterung der PMI. Ebenfalls äquivalent zur nativen CAD-Anwendung wird die Verknüpfung von PMI und dazugehöriger 3D-Geometrie im Visualisierungswerkzeug angezeigt.

Die für die Visualisierung bzw. Interpretation erforderlichen Kenntnisse von PMI sind keinesfalls umfangreicher als jene im Rahmen der klassischen Zeichnung. Eher wird der Gelegenheitsanwender durch die 3D-Visualisierung, insbesondere durch die Verknüpfung von Geometrie und PMI, besser unterstützt. Die Grundlage dafür schafft eine Integration von Visualisierungswerkzeugen in den PLM-Ansatz.

Ungeachtet der Anforderungen an eine durchgängige Datenbasis gibt es aus Produktdatenmanagement-Sicht den bislang nur unzureichend umgesetzten Bedarf der Visualisierung von Metainformationen. Dazu gehören Materialspezifikation, Schriftkopfeinträge oder Ände-

mit der Simulation des Bauteilverhaltens einen weiteren direkten Nutzen – und das auf Basis schlanker Visualisierungsformate. Die daraus resultierende Optimierung der Zusammenarbeit zwischen Produktentwicklung und Fertigungsplanung in Punkto Prozesssicherheit und Effizienzsteigerung deckt sich mit dem Anspruch der Digitalen Fabrik [4].

In jedem Fall verlangt die Umsetzung einer PMI-basierten Informationsvernetzung nach einem optimierten Änderungsprozess. Der im PDM-System veröffentlichte Stand einer 3D-Produktgeometrie bedeutet nicht, dass die PMI hinsichtlich ihrer Eignung für die Fertigungsplanung auf Vollständigkeit und Konsistenz validiert sind. Idealerweise darf ein Bauteil folglich erst für nachfolgende Prozesse freigegeben werden, wenn alle erforderlichen Bauteilbeschreibungen und Fertigungsinformationen im benötigten Umgang enthalten sind. Dies muss ggf. über ein Digital Review gemäß Bild 2 geschehen.

Solche Konzepte können durchaus auf der Basis der heutigen CAD- und PDM-Technologien erstellt werden. Im Detail sind sicherlich Erweiterungen insbesondere in der Behandlung der PMI-Objekte notwendig. Die größte Herausforderung liegt jedoch in der Umsetzung und Einführung dieser Strategien, da die Produktentwicklung bereits fertigungsrelevante Informationen im Modell anlegen muss. Hierfür benötigen diese Bereiche die notwendigen Zeit- und Personalbudgets sowie die erforderlichen Kompetenzen. Die nächste Evolutionsstufe von PLM-Infrastrukturen wird also nur durch technische und organisatorische Veränderungen erreichbar sein. Ein bereichsübergreifender Standard für den Umgang mit Product and Manufacturing Information und ein dazugehöriges standardisiertes Datenformat werden an dieser Stelle dringend empfohlen. ■

rungsangaben. Diese Angaben müssen im PDM-System für alle Beteiligten zugänglich und idealerweise auch losgelöst von der 3D-Visualisierung, über Tabellen- oder Exportfunktionen, verfügbar gemacht werden.

## Fertigungsplanungsphase

Entscheidend für die Fertigungsplanung ist eine frühzeitige, schnelle sowie jederzeit aktuelle Verfügbarkeit notwendiger Geometriedaten inklusive ihrer Fertigungsinformationen. Dies erfordert zugleich eine Datenkonsistenz zwischen Entwicklungs- und Fertigungsplanungsphase, welche die klassische Fertigungszeichnung durch den Medienbruch nicht erfüllen kann.

Die Verwendung von PMI-basierter 3D-Produktgeometrie auf Basis einheitlicher GD&T-Syntax sowie widerspruchsfreier Semantik ist die ideale Voraussetzung, um neben der Geometrie auch die Maßhaltigkeit und Funktionsweise eines Produktes sicherzustellen. Die einheitliche Verwendung eines Visualisierungsformats bietet zudem die Chance, Schwachstellen zwischen Entwicklung und Fertigungsplanung sowie nachfolgenden Bereichen zu identifizieren und Prozessbrüche zu eliminieren.

In Bezug auf das eingangs beschriebene Szenario „Toleranzmanagement“ ermöglicht der konsequente Einsatz von PMI neben der reinen Informationsvernetzung

Somit ist der Handlungsbedarf gegeben, den festgelegten Meilensteinen eines Product Lifecycles notwendige PMI gegenüber zu stellen, die zu diesem Zeitpunkt mit dem 3D-CAD-Modell verknüpft sein müssen. Entsprechend dem geforderten Reifegrad des Modells kann dies zu einem frühen Zeitpunkt beispielsweise die Kennzeichnung der für den Werkzeugbau relevanten Funktionsbohrungen sein. Sobald die Produktgeometrie ausreichend detailliert ist, werden die PMI um Positions- und Flächentoleranzen ergänzt, um die Informationsvernetzung in Richtung einer Bauteilsimulation und damit frühzeitigen Produktabsicherung zu erfüllen.

## Relevanz für zukünftige PLM-Konzepte

Eine PMI-basierte Informationsvernetzung über Bereichsgrenzen hinweg erfordert eine ganzheitliche Sicht mit folgenden zentralen Aspekten:

- PLM-Konzepte benötigen eine technische Lösung zur Erzeugung, zum Sichten und zum Austausch von PMI zwischen Bereichen und den bereichsspezifischen Softwarelösungen.
- PLM-Konzepte müssen unter Einbeziehung der Daten erzeugenden und der Daten konsumierenden Bereiche entwickelt und umgesetzt werden.
- Es müssen prozessimmanente Kontrollen geschaffen werden, die die Qualität und Vollständigkeit der bereitgestellten Informationen gewährleisten.

## Literatur:

- [1] The American Society of Mechanical Engineers: Digital Product Definition Data Practices. ASME Y14.41-2003. New York, 2003.
- [2] [http://en.wikipedia.org/wiki/Geometric\\_dimensioning\\_and\\_tolerancing](http://en.wikipedia.org/wiki/Geometric_dimensioning_and_tolerancing), Bild 1, Zugriff am 18.03.2010.
- [3] <http://en.wikipedia.org/wiki/STEP-NC>, Zugriff am 18.03.2010.
- [4] Verein Deutscher Ingenieure: VDI Richtlinie 4499 – Digitale Fabrik: Grundlagen. VDI Verlag, Düsseldorf, 2008.

## Kontakt

Christian Willmann  
RLE International GmbH  
Köln

Tel.: +49 221 8886 500  
E-Mail: [Christian.Willmann@rle.de](mailto:Christian.Willmann@rle.de)