

Ermittlung von Nutzen und Kosten von PLM für die Fertigung

Josef Kriegmair, MTU Aero Engines, München

1. Einleitung

Der Erfahrungsbericht basiert auf der Vorstudie zur Einführung eines PLM-Systems mit den Teilbereichen Konfigurationsmanagement, Dokumentenmanagement, CAD-Datenmanagement bei der MTU Aero Engines in München. Mit ihr wurde die technische und wirtschaftliche Machbarkeit geprüft.

Meine Ausführungen konzentrieren sich auf den Teilbereich Fertigung und hierin auf die Erläuterung des Vorgehens, mit dem wir Nutzen und Kosten für die Fertigung ermittelt haben.

2. Warum PLM in der Fertigung?

2.1 Situation

Die Bauteile, die gefertigt werden, besitzen eine Produktstruktur, die deren Aufbau aus Einzelteilen widerspiegelt. Dokumente – Werkstattzeichnungen, CAD-Daten, Normen & Vorschriften, NC-Programme, Erprobungsberichte, Zulassungen von Maschinen, Bauteilzulassungen, etc. - existieren zu den Bau-, Einzel- und Vorstufenteilen, um diese zu spezifizieren, zu fertigen und deren Qualität sicherzustellen. Über Strukturen und Dokumente erfolgt die Rückverfolgung, d. h. was, wann, wer, mit welchen Verfahren die Bau-, Einzel- und Vorstufenteile gefertigt und geprüft hat. Die Nachweispflicht bei diesen Unterlagen ist teilweise bis zur Außerdienststellung des letzten Bauteils + x Jahre.

Diese Strukturen und Dokumente werden in den Planungs-, Fertigungs- und Unterstützungsprozessen erzeugt. Der Planungsprozess umfasst sowohl die Arbeitsvorbereitung als auch die notwendigen Maßnahmen zur Qualitätssicherung. Unter dem Fertigungsprozess sind alle Aktionen zusammengefasst, die sich in der Werkstatt abspielen. In diesem fallen Dokumente an, die meistens auftragsspezifisch sind. Unterstützungsprozesse sind z. B. der Maschinenservice zur Aufrechterhaltung der Anlagenverfügbarkeit und die Logistik.

2.2 Notwendigkeit von PLM

Die geschilderte Situation ergibt die Notwendigkeit für:

- Configuration-controlled data management
- Komplette Dokumentation für ein Bauteil über den gesamten Lebenszyklus des Bauteils – angefangen bei der ersten Erprobung, über die Zulassung bis hin zum Ablauf der Dokumentationspflicht
- Unterstützen der integrierten Produktentwicklung über Unternehmensgrenzen hinweg
- Änderungsmanagement
- Zugriffsmanagement

Das PLM-System ist der Backbone für die Daten des Engineering zu den Bauteilen für alle Bereiche des Unternehmens.

3. Herausforderung bei der Ermittlung von Nutzen und Kosten

Nutzen und Kosten von PLM sind vor dem Start des Projektes zu ermitteln, denn beide Werte sind Entscheidungskriterien für die Freigabe des Projektes. Die Herausforderung in dieser Phase vor dem Projekt ist, eine Balance zwischen dem Aufwand für die Ermittlung von Nutzen und Kosten für PLM und dem Härtegrad der Aussage zu diesen Entscheidungskriterien zu finden. Eine detaillierte Betrachtung der aktuellen Prozesse und eine klare Vorstellung von den zukünftigen Prozessen liefert belastbare Werte, bedeutet aber einen hohen Aufwand und erfordert einen langen Zeitraum für die Vorstudie. Die Güte der Aussage hängt entscheidend davon ab, dass die Prozesse mit großer Wirkung auf den Nutzen und die Kosten erkannt werden und mit ausreichender Genauigkeit betrachtet werden. Der Aufwand resultierend aus dem erforderlichen Customizing aufgrund fehlender Funktionalität im Standardsystem wird leicht unterschätzt. Diese kundenspezifischen Erweiterungen bedeuten oft auch erhebliche Wartungskosten nach dem Ende des Projektes.

4. Ansätze zur Kosten-Nutzen-Betrachtung

Das Ziel jeder Investition ist ein positiver Return on Investment (ROI), der aus dem Verhältnis von Nutzen zu Kosten ermittelt wird bzw. ein positiver Net Present Value (NPV), der sich aus der Subtraktion der Kosten vom Nutzen ergibt.

Die wichtigsten Nutzenfaktoren durch ein PLM sind:

- Senken der Kosten aufgrund des Entfalls von Tätigkeiten bzw. der Automation von diesen
- Steigern der Produktivität, indem z. B. Teile wieder verwendet werden, Suchzeiten reduziert werden, Änderungen mit weniger manuellem Aufwand ablaufen, reduzieren der time-to-market über Parallelisierung von Prozessen, Standardisierung von Produkten und Prozessen
- Reduzieren des Prozessrisikos durch die eindeutige Zuordnung der Dokumente zum Bauteil und durch den Zugriff auf einen Masterdatensatz, was sich positiv auf die Kapitalkosten auswirkt

Die wichtigsten Kostenblöcke durch ein PLM sind:

- Hardware für das System und für die Anwender
- Softwarelizenzen für das System und für die Schnittstellen zu anderen Systemen
- Installation des Systems
- Schulung der Anwender und der Betreuungsmannschaft
- Abbildung der Prozesse im System, wobei insbesondere Customizing kostenintensiv sein kann
- Betrieb des Systems

Die Kosten für das System hängen entscheidend von der installierten Funktionalität ab. Je mehr Prozessanpassungen notwendig sind bzw. je mehr das Potenzial von PLM genutzt wird, desto mehr Anpassungen sind bei den Prozessen notwendig, die wiederum Schulung und teilweise Customizing nach sich ziehen.

Für die Ermittlung des Nutzens und der Kosten sind die Erfahrungen von anderen Unternehmen nur sehr bedingt tauglich, weil die Prozesse meistens unterschiedlich sind, die Systemlandschaft voneinander differiert und weil die Absprungbasis eine andere ist.

Bei der MTU Aero Engines wird die Methode $\sum \text{Nutzen} - \sum \text{Kosten} > 0$ (Net Present Value) zur Ermittlung der Wirtschaftlichkeit verwendet.

5. Vorgehen zur Ermittlung von Nutzen und Kosten

Aus meiner Sicht muss zuerst erst die notwendige Funktionalität definiert werden, denn diese bestimmt den Nutzen. Die Funktionalität legt aber auch die notwendigen Systemfunktionen fest und diese wiederum definieren die Kosten für das System und die Implementierung. Das folgende Vorgehen zur Ermittlung von Nutzen und Kosten trägt diesem Umstand Rechnung:

- Analyse der Prozesse
- SWOT-Analyse zur Identifikation der Potenzialfelder
- Auswahl von Referenzbauteilen
- Nutzen pro Potenzialfeld bei Referenzbauteilen ermitteln
- Nutzen aus Potenzialfeldern für das gesamte Bauteilspektrum über Mengentreiber und Skalierung bestimmen
- Ermittlung des Gesamtnutzens
- Kosten ergeben sich aus den Potenzialfeldern, der Funktionalität und der Anwenderzahl
- Ermittlung der Wirtschaftlichkeit aus Gesamtnutzen und Kosten

5.1 Analyse der Prozesse

5.1.1 Methode

Mit den vorhandenen Prozessbeschreibungen erfolgte die Vorbereitung der Interviews. Sie dienten insbesondere dem Berater vom Hersteller des Systems dazu, sich vorab ein Bild vom Themenfeld zu machen.

An den strukturierten Interviews nahmen immer Top-Wissensträger teil. Der Leiter des Arbeitspaketes informierte sie vorab im Detail über das Ziel des Projektes, über das durch das Interview angestrebte Ergebnis – den vorhandenen Prozess erfassen, die Verbesserungspotenziale identifizieren (Wo wollen wir hin?) -, damit sich die Teilnehmer hierauf gezielt vorbereiten konnten.

Die involvierten Berater erstellten die Dokumentation in der Form, dass sie für die Mitarbeiter des Systemlieferanten verständlich waren. Die Teilnehmer an den strukturierten Interviews lasen die Dokumentation gegen als auch der Leiter des Arbeitspaketes, um zu prüfen, ob die dokumentierten Abläufe mit den Ergebnissen aus den Interviews übereinstimmten. Änderungen und Verbesserungen flossen in Abstimmung mit dem Leiter des Arbeitspaketes in die Dokumentation ein.

Die von den Interviewteilnehmern genannten Verbesserungsvorschläge fassten wir in der Dokumentation unter einem eigenen Punkt pro Prozess zusammen, um sie bei der nachfolgenden SWOT-Analyse, die auf der Dokumentation aufbaute, einfach abgreifen zu können.

5.1.2 Themenfelder

Die Themenfelder umfassten:

- Arbeitsvorbereitung (Entwicklung, Serie)
- Qualitätssicherung (Entwicklung Serie)
- Betriebsmittel
- NC-Programme
- Werkstattdokumente
- CAx-Schnittstellen

Der Fokus lag beim Themenfeld Arbeitsvorbereitung auf den Prozessen von den repräsentativen Bauteilgruppen – Blisk, Scheibe, Niederdruck- und Hochdruckturbinenschaufel, Gehäuse – als auch bei den Prozessen für die Spezialverfahren – thermisches Spritzen, Strahlen, verlängerte Werkbank, chemische Verfahren. Die Unterscheidung zwischen Entwicklung und Serie erfolgte, um den unterschiedlichen Anforderungen bei der Nachvollziehbarkeit, Änderungshäufigkeit und der integrierten Produktentwicklung (IPE) Rechnung zu tragen.

Ein Prozess zur Qualitätssicherung – feststellende Prüfung, Qualitätsplanung, Zulassung bei Partnern und Behörden - begleitet im Triebwerksbau jeden

Fertigungsprozess. Die Unterscheidung zwischen Entwicklung und Serie macht Sinn aufgrund der unterschiedlichen Anforderungen.

Viele Bearbeitungsverfahren und Qualitätssicherungsmaßnahmen, z. B. die Herstellung von Blisken, das Einbringen von Kühlluftbohrungen bei Turbinenschaufeln, erfordern umfangreiche CNC-Programme, die teilweise wiederum maßgeschneiderten Prozesse bedingen. Diese Situation erforderte eine detaillierte Betrachtung der Prozesse.

Zu den Produktionsanlagen existiert eine umfangreiche Dokumentation, insbesondere bei prozesskritischen Anlagen, um deren Zustand, der bei der Fertigung pro Bauteil gültig ist, zu dokumentieren. Dies umfasst zum Beispiel Zulassungen der Anlage für das Bauteil, Überprüfungen von Genauigkeiten, Softwarestände. Hier wurden auch Mitarbeiter der Werkstatt – insbesondere die Meister – eingebunden.

Die Entwicklung und Bereitstellung der Betriebsmittel – Vorrichtungen wie Werkzeuge – erfordert insbesondere bei den Triebwerksschaufeln und bei den komplexen Gehäusen einen umfangreichen Entwicklungsprozess. Dieser läuft während der Hauptentwicklungsphase des Triebwerks unter hohem Zeitdruck und mit vielen externen Lieferanten.

Die CAx-Systeme benötigen eine starke Integration in das PLM-System, um deren Funktionalität in einer integrierten Produktentwicklung mit einer hohen Prozesssicherheit voll nutzen zu können. Die Bearbeitung von komplexer Geometrie erfordert zwingend CAx-Systeme. Aus diesem Grund unterzogen wir diesen Bereich einer gesonderten Betrachtung.

5.1.3 Koordination

Die Koordination der Aktionen erfolgte durch den Leiter des Arbeitspaketes, der von der MTU Aero Engines gestellt wurde. Er wählte die Teilnehmer zu den strukturierten Interviews aus, stellte dem Berater die notwendigen Prozessbeschreibungen zur Verfügung und informierte ihn vor dem Interview über die Prozessinhalte und über die kritischen Faktoren. Der Berater hatte die Rolle inne, den Prozess aus Sicht des PLM-Systems zu betrachten und zu dokumentieren mit dem Ziel, Anforderungen und Notwendigkeiten zu identifizieren, die außerhalb der Standardfunktionalität des PLM-Systems liegen, als auch die notwendigen Funktionen, die für die Umsetzung der Anforderungen erforderlich sind. Beide Funktionsblöcke stellten wichtige Kenngrößen für die Ermittlung der Kosten dar.

5.2 SWOT-Analyse zur Identifikation von Potenzialfeldern

Die Ergebnisse aus der Analyse der Prozesse zu den Themenfeldern Arbeitsvorbereitung, Qualitätssicherung, Betriebsmittel, NC-Programme, Werkstattdokumente, CAx-Schnittstellen untersuchten wir auf Verbesserung unter der Prämisse, dass die Kernfunktionen Artikel, Dokumente, Strukturen angelegen, freigeben, ändern,

verteilen, strukturieren, suchen, Historie zu Aktionen erstellen, Workflows, Zugriffsrechte von PLM im Einsatz sind.

Das Ziel war, Maßnahmen zu generieren, die zu einer Beseitigung der Schwächen und zu einer Verbesserung der Prozesse führen, indem die sich durch PLM bietenden Chancen ergriffen werden.

Folgende Potenzialfelder lieferte die SWOT-Analyse:

- Reduzierung des administrativen Aufwands
- Verringerung der Datenredundanz
- Steigerung der Informationstransparenz
- Erhöhung der Prozesssicherheit

5.3 Auswahl von Referenzbauteilen

Auf Basis der Prozessbeschreibungen, der strukturierten Interviews und des Arbeitsplanes erfolgte eine Auflistung aller Aktionen inklusive Kosten und Zeiten, die für die Planung der Referenzbauteile notwendig sind.

Die Arbeitsvorbereitung der MTU Aero Engines agiert in drei Verwaltungssystemen: ERP (SAP), CAQ (Guardus) und EDM (CADIM/EDB).

Viele Aktionen – Fräsen, Schleifen, Rissprüfen, Zulassen, etc. – sind zu planen, um ein Bauteil fertigen zu können. Die Aktionen, die von PLM unterstützt werden können, wurden gekennzeichnet und den aus den Schwächen und Chancen der SWOT-Analyse abgeleiteten Potenzialfeldern zugeordnet. Anschließend erfolgte ein Definieren von Maßnahmen zur Verbesserung der Aktionen durch PLM. Ein Beispiel hieraus ist: Eine redundante Datenhaltung auf Papier beim Zulassungsantrag, die mit einem hohen manuellen Aufwand konsistent gehalten wird, kann durch im PLM-System verwaltete digitale Dokumente ersetzt werden. Die Differenz beim Aufwand zwischen dem manuellen papierbasierter Prozess und dem elektronischen Dokument im PLM ergab das Potenzial unter der Aktion Zulassungsantrag. Eine Kurzbeschreibung zu jedem Potenzial ergänzte jede Maßnahme, um somit die Basis für das Projektcontrolling zu legen. Mit diesem Verfahren erfolgte die Ermittlung von über dreißig Potenzialen zu den Referenzbauteilen.

5.4 Ermittlung des Nutzens aus den Potenzialfeldern

Potenzial pro Referenzbauteil	x	Häufigkeit pro Referenzbauteil	x	Anzahl ähnlicher Bauteile	=	Nutzen pro Potenzial
$\sum \text{Nutzen pro Potenzial} = \text{Nutzen aus Potenzialfeldern}$						

Die Häufigkeit pro Referenzbauteil bestimmten wir, sofern Daten hierfür vorlagen, aus bestehenden Systemen – u. a. ERP, CAQ, Konfigurationsmanagement, EDM –,

um auf harten Fakten aufbauen zu können. Wenn es sich bei diesen Zahlen um Daten aus der Vergangenheit gehandelt hatte, erfolgte anschließend ein Überprüfen, ob diese auch die Zukunft widerspiegeln, um bei Bedarf eine Änderung der Daten entsprechend den Erwartungen in der Zukunft vorzunehmen. Anpassungen erfolgten z. B. bei der Anzahl der Bauteilneuzulassungen, wenn klar war, dass wir aufgrund der Neuanläufe in bestimmten Jahren mehr oder weniger Volumen als in der Vergangenheit haben werden. Wenn keine Daten zur Verfügung standen, dann wurden Daten für das Referenzteil erhoben und diese mit der Anzahl der ähnlichen Teile multipliziert. Dieses Verfahren kam insbesondere dann zur Anwendung, wenn es sich um ein Potenzial mit hohem Volumen gehandelt hatte. Bei einem geringen Volumen ersetzte eine Schätzung mit einem nachfolgenden Verproben auf Sinnfälligkeit das Erheben der Daten, um den Aufwand im vertretbaren Ausmaß zum Potenzial zu halten. Den Potenzialen mit geringem Volumen, die außerhalb des Standardumfangs von PLM lagen, wiesen wir einen Nutzen von Null Euro zu. Die Potenziale, bei denen die Kennzahlen fehlten bzw. diese sehr unsicher waren, erhielten ebenfalls eine Bewertung mit Null Euro beim Nutzen und einen Vermerk im Härtegrad, dass keine Kennzahlen vorlagen.

Ein von der Datenqualität abhängiger Härtegrad – gesichert, weich, geschätzt, keine Kennzahlen vorhanden – charakterisiert jedes Potenzial, um zu erkennen, mit welcher Sicherheit dieses realisiert werden kann.

Die Summe aus den Potenzialen ergibt den Nutzen aus den Potenzialfeldern.

Das Verhältnis zwischen dem Nutzen aus den Potenzialfeldern und der gesamten Leistung – Stunden, Budgets - der betroffenen Organisationseinheiten liefert wichtige Anhaltspunkte, ob das Verbesserungspotenzial plausibel erscheint. Werte bei der Steigerung der Produktivität, die über 15 Prozent lagen, prüften wir sehr kritisch, ob diese auch wirklich zu realisieren sind.

Wichtige Werttreiber waren bei unserer Erhebung die Anzahl der Bauteile, die Anzahl der Dokumente, die Anzahl der involvierten Mitarbeiter / Mitarbeiterinnen, die Änderungshäufigkeit, die Absprungbasis papierbasierter Prozess oder elektronischer Prozess unter dem vorhandenem EDM-System.

5.5 Ermittlung des Gesamtnutzens

Der Nutzen aus den Potenzialfeldern, der sich aus einer Reduzierung der Kosten ergibt, kann, von Ausnahmen abgesehen, auch direkt realisiert werden. Ein Beispiel: Wenn das Papierarchiv durch ein PLM-System abgelöst wird und die Mitarbeiter / Mitarbeiterinnen des Archivs bei anderen Aufgaben eingesetzt werden können, entfallen die Kosten für das Archiv. Der Nutzen kann voll angesetzt werden.

Der Nutzen, der sich aus einer erhöhten Produktivität ergibt, ist schwieriger zu realisieren als der Entfall von direkten Kosten. Wenn die erhöhte Kapazität belassen wird, um flexibler auf Spitzenbelastungen zu reagieren, um Ausfälle leichter bewältigen zu können, ist der monetäre Nutzen schwer zu beziffern. Es ist unklar, wann dieser Fall eintritt und welcher Schaden hierdurch vermieden wird bzw. welche Vorteile sich durch diese freie Kapazität ergeben. Erfahrungswerte aus der

Vergangenheit und Wahrscheinlichkeiten bieten hierfür Anhaltswerte. Der sichere Ansatz ist, nur eine qualitative anstatt einer monetären Verbesserung anzusetzen. Wenn die Kapazität verwendet wird, um neue Aufgaben anzugehen, dann ist dieser Nutzen in den Gesamtnutzen aufnehmen. Wenn ein Abbau der Kapazität erfolgt, dann entfallen in der Regel nur die direkten Personalkosten. Schwierig wird der Abbau der freien Kapazität, wenn bei verschiedenen Funktionen, mit stark unterschiedlichem Wissen, nur Bruchteile z. B. 0,1 Mitarbeiter pro Funktion frei werden.

Erst nach der Anpassung des Nutzens aus den Potenzialfeldern steht der Gesamtnutzen, der für eine Betrachtung der Wirtschaftlichkeit relevant ist, zur Verfügung.

5.6 Ermittlung der Kosten

Die Bestimmung der Kosten ergibt sich aus der benötigten Systemfunktionalität, die in der Ermittlung des Nutzens klar definiert und gegen den Funktionsumfang des PLM-Systems im Detail geprüft wurde.

$\text{Kosten} = \text{Lizenzen} + \text{Customizing} + \text{Schulung} + \text{Hardware} + \text{Software} + \text{Installation} + \text{Betrieb} + \text{Sonstiges}$
--

Aus dem Funktionsumfang ergeben sich die erforderlichen Lizenzen, das notwendige Customizing, die Anwenderzahl als auch der Schulungsumfang für die Anwender. Der Funktionsumfang und die Anzahl der Anwender haben auch einen großen Einfluss auf die für das PLM-System erforderliche Hardware. Installation und Betrieb des Systems sind, abgesehen von der Hotline, unabhängig von der Anwenderzahl.

5.6 Ermittlung der Wirtschaftlichkeit

Die Wirtschaftlichkeitsrechnung nach NPV ergab einen positiven Wert. Das Projekt wurde deshalb freigegeben.

6. Fazit

PLM bringt nach dem vorgestellten Verfahren einen Nutzen für die Fertigung. Die ermittelten Potenzialfelder sind:

- Reduzierung des administrativen Aufwands
- Verringerung der Datenredundanz
- Steigerung der Informationstransparenz
- Erhöhung der Prozesssicherheit