

MÖGLICHKEITEN ZUM MODELLIEREN UND MANAGEN VON PROZESSEN IN DER PRODUKTENTWICKLUNG

Sándor Vajna

1 Kurzfassung

Die Produktentwicklung bildet die wesentliche Informations- und Innovationsquelle eines Unternehmens. Neben der Nutzung leistungsfähiger Methoden und Werkzeuge ist es für eine effiziente und flexible Produktentwicklung vor allen Dingen notwendig, alle darin ablaufenden Aktivitäten zu kennen, zu überwachen und bei Bedarf zu regeln. Aufgrund des eindeutig kreativen Charakters dieser Aktivitäten (die letztendlich den Wettbewerbsvorsprung eines Unternehmens ausmachen) kann die aktuelle Situation in der Produktentwicklung als eher chaotisch und unübersichtlich beschrieben werden. Um trotzdem Aufträge mit dem geforderten Leistungsumfang innerhalb der gesetzten Zeit- und Kostenrahmen bearbeiten zu können, benötigt ein Unternehmen für jeden Produktentwickler eine Unterstützung bei der Projektbearbeitung in Form einer Navigation statt eines Zwangsablaufs (wie sie bei Workflowsystemen üblich ist). Bei der Navigation werden dem Entwickler unterschiedliche Möglichkeiten der Vorgehensweise zur Entscheidung vorgelegt, aus denen er die ihm momentan am besten geeignete auswählt, die es erlaubt, Aktivitäten innerhalb der vorgegebenen Bedingungen zu modellieren, sie auszuführen, auf Störgrößen im Ablauf dynamisch zu reagieren und die gewählte Vorgehensweise zu bewerten.

2 Einleitung

Die Produktentwicklung umspannt in einem weiten Bogen Produktplanung, Marketing, Entwicklung und Konstruktion, Produktionsvorbereitung (Prozeßplanung), Prototypenbau bzw. Musterbau sowie den Test. Aus Prozeßsicht umfaßt die Produktentwicklung alle Aktivitäten und Prozesse und die darin benötigten Methoden, Verfahren und Werkzeuge, die mit Entstehung und exakter Dokumentation eines Objektes zu tun haben (ein Objekt kann sein ein dingliches Produkt, Software, ein Beratungskonzept oder eine Dienstleistung). Die Aktivitäten hier sind üblicherweise komplex und dynamisch, nicht nur, weil Innovationen und Kreativität nicht einem strikt vorgegebenen Weg folgen, sondern weil viele Projekte von zahlreichen Mitarbeitern mit wachsenden Aufgabenspektren und unterschiedlichen Qualifikationen mehr oder minder gleichzeitig ausgeführt werden. Hinzu kommt, daß viele Projekte an verschiedenen Standorten bearbeitet werden, die nicht immer nur zu einem einzigen Unternehmen gehören (beispielsweise Entwicklungspartnerschaften in der Automobilindustrie). In der Produktentwicklung findet sich oft auch eine komplexe Konfiguration von Aktivitäten, in der einige seriell und andere im Zuge des Simultaneous Engineering und des Concurrent Engineering¹ parallel ablaufen. Aufgrund unklarer Abläufe und Informationsflüsse ist es schwierig, den aktuellen Projektfortschritt zu erfassen.

¹ Simultaneous Engineering: Mehrere unterschiedliche Prozesse (z.B. Konstruktion, Planung der Fertigungsprozesse) werden parallel bearbeitet, gegebenenfalls mit einem leichten Zeitverzug zwischen den Prozessen, um in den logisch nachfolgenden Prozessen (im Beispiel die Planung der Fertigungsprozesse) mit einigermaßen sicheren und stabilen Daten arbeiten zu können.

Concurrent Engineering: Ein einzelner Prozeß wird in mehrere Teilprozesse aufgeteilt, die parallel bearbeitet werden. Hierbei müssen in regelmäßigen Abständen Anforderungen, Arbeitsergebnisse und Randbedingungen konsolidiert werden (diese Abstimmungen werden häufig auch als "Gatings" bezeichnet).

Häufig kennen Kunden bei der Vergabe eines Auftrages noch gar nicht alle Anforderungen an das gewünschte Produkt (so daß diese sich erst während der Entwicklung ergeben) oder ändern ihre Anforderungen während der laufenden Entwicklung aufgrund neu aufgetretener Erkenntnisse (beide Effekte werden auch als "running targets" bezeichnet), wobei wie selbstverständlich erwartet wird, daß, trotz dieser Änderungen die einmal vereinbarten Anforderungs-, Zeit- und Kostenrahmen eingehalten werden.

Insofern sind Abläufe in der Produktentwicklung weder vorhersehbar noch ohne weiteres vollständig reproduzierbar. Außerdem ist es in diesem dynamischen Umfeld schwierig, Ziele, Zeiten, Ressourcen und Kosten eines Projektes zu kontrollieren und zu dokumentieren. Damit unterscheiden sich diese Prozesse grundlegend von denen aus Fertigung, Vertrieb, Verwaltung und Controlling (**Bild 1**). Diese Unterschiede liefern die wesentlichen Gründe dafür, daß Softwarelösungen zur Unterstützung von Prozessen aus den letztgenannten Bereichen (beispielsweise ERP-Systeme) nicht (oder nur mit erheblichem Anpassungsaufwand und begrenztem Nutzen) zur Unterstützung der Produktentwicklung eingesetzt werden können.

| (Geschäfts-) Prozesse in Fertigung, Controlling, Verwaltung | Prozesse in der Produktentwicklung (Engineering-Prozesse) |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> • Prozesse sind fixiert, starr, zu 100 % reproduzierbar und überprüfbar • Resultate müssen vorhersehbar sein • Material, Technologien und Werkzeuge sind in Fertigung physisch vorhanden und vollständig beschrieben • Wahrscheinlichkeit für Störungen ist gering, da Objekte und Umgebungen präzise beschrieben sind • Dynamische Reaktionsfähigkeit ist nicht erforderlich | <ul style="list-style-type: none"> • Prozesse sind dynamisch, kreativ, chaotisch; viele Schleifen und Sprünge • Resultate sind nicht immer vorhersehbar • Definierte Objekte, Konzepte, Ideen, Entwürfe, Ansätze, Versuche (und Irrtümer) sind virtuell und oft nicht präzise • Wahrscheinlichkeit für Störungen ist hoch aufgrund fehlerhafter Definitionen und Änderungswünsche • Dynamische Reaktionsfähigkeit wird benötigt |
| ⇒ Prozeßsteuerung | ⇒ Prozeß und Prozeßnavigation |

Bild 1: Unterschiede der Prozesse im Unternehmen

Produktentwickler nutzen unterschiedliche Technologien und Werkzeuge in den Prozessen, z.B. CAx-Systeme, EDM/PDM-Systeme, Virtual Reality, Digital Mock-Up (DMU), Internet- und Office-Anwendungen, allerdings ohne dabei die jeweils vorhandene Leistungsfähigkeit voll auszunutzen². Oft ist es nicht einfach (genug), das jeweils am besten geeignete System und die dazugehörigen Dokumente, Daten oder Informationen zur richtigen Zeit, im richtigen Umfang und Güte zu finden, zumal die Systeme viele (zum Teil redundante) Dokumente, Dateien und Informationen erzeugen. Häufig kommt es vor, daß an den verschiedenen Standorten unterschiedliche Systeme für das gleiche Einsatzgebiet verwendet werden. Die Systeme sind in der Regel nur mäßig integriert, die Schnittstellen zwischen ihnen vielfältig, aber nicht immer leistungsfähig, so daß üblicherweise nach einer Übertragung Nacharbeit geleistet werden muß (vor allem bei Produktdaten). Deshalb ist es schwierig, bei knappen Personalressourcen (als Folge des Lean Managements) die tägliche Arbeit schnell und in guter Qualität zu erledigen.

Damit ein Unternehmen konkurrenzfähig bleiben kann, muß es laufend seine Innovationsfähigkeit verbessern, Produkte in kürzerer Zeit und zu geringeren Kosten entwickeln, die Qualität steigern, die Durchlaufzeit verkürzen und Engpässe vermeiden. Der wesentliche Erfolgsfaktor zum Erreichen dieser Ziele sind geschmeidig und störungsfrei ablaufende Prozesse im

² Schätzungen besagen seit Jahren, daß üblicherweise nicht mehr als 10 – 15 % der vorhandenen Leistungsfähigkeit einer Software auch tatsächlich genutzt werden.

Unternehmen, insbesondere aber in der Produktentwicklung. Dieser Bereich benötigt daher ein dynamisches und flexibles Projekt- und Prozeßmanagement, um die dort ablaufenden Aktivitäten zu beherrschen.

Dabei kann dies nicht in Form eines rigiden Ablaufplans bzw. von verbindlichen Referenzprozessen erfolgen, denn solche Formen bieten keine Möglichkeit, auf unvorhergesehene Störungen und Änderungen flexibel und dynamisch zu reagieren. Vielmehr muß eine geeignete Lösung dem Anwender mögliche Engpässe im Projektdurchlauf zu jedem Zeitpunkt (und, wenn irgend möglich, im Vorhinein) aufzeigen, Alternativen bei Störungen vorschlagen und die unterschiedlichen Vorschläge auch im Vorfeld bewerten können. Die Entscheidung über die weitere Vorgehensweise trifft dabei stets der Anwender, aber das ihn unterstützende System zeigt ihm geeignete Alternativen und die möglichen Folgen seiner Entscheidung auf. Ein solches System soll in diesem Zusammenhang als **Prozeßnavigator** (Lotse) bezeichnet werden, das den Anwender durch ein Projekt oder einen Prozeß mit allen seinen Unwägbarkeiten begleiten und dabei sicherstellen kann, daß alle notwendigen Arbeitsschritte im richtigen Zusammenhang zur vollständigen Entwicklung eines Produkts von der ersten Idee bis zur Serienfreigabe bearbeitet werden.

Vor der Darstellung der Anforderungen an einen Prozeßnavigator werden Begriffe aus diesem Umfeld wie folgt definiert:

- Ein **Prozeß** ist ein virtuelles Objekt, das beschreibt, wie bestimmte Aufgaben auf die (jeweils) bestmögliche Weise gelöst werden können. Er besteht aus sinnvoll miteinander verbundenen Aktivitäten oder Teilprozessen zur Bearbeitung einer bestimmten Klasse von Aufgaben. Die Menge der Aktivitäten oder die Teilprozesse in einem Prozeß sind in ihrer Länge und Dauer nicht begrenzt. Die Verbindungen zwischen den Aktivitäten und/oder den Teilprozessen sind nicht rigide. Die Kombinationen aus Aktivitäten und Teilprozessen bleibt stets flexibel und kann daher dynamisch an geänderte Aufgaben oder Randbedingungen angepaßt werden.
- Ein **Arbeitsschritt** bildet die kleinste Einheit innerhalb der Tätigkeiten in der Produktentwicklung, sozusagen das "Atom"
- Eine **Aktivität** ist die kleinste Menge in der Produktentwicklung, sozusagen ein "Molekül". Erst die Aktivität bildet eine logisch abgeschlossene Operation. Es enthält mindestens einen oder mehrere Arbeitsschritte ("Atome") in einer bestimmten Konfiguration. Die Aktivität wird durch einen oder mehrere Ereignisse ausgelöst und führt zu einem oder zu mehreren Ereignissen. Sie benötigt eine bestimmte Eingabe und generiert eine bestimmte Ausgabe, deren Formate üblicherweise festgelegt werden.
- Ein **Teilprozeß** ist die Teilmenge eines Prozesses und kann dabei ebenfalls eine Menge von Aktivitäten oder weiteren Teilprozessen sein.
- Ein **Prozeßelement** beschreibt (in bewußt generischer Form) eine Aktivität, Tätigkeit bzw. einen oder mehrere Arbeitsschritte. Sie wird durch ein oder mehrere Ereignisse gestartet und endet in einem oder mehreren Ereignissen. Die einzelnen Prozeßelemente (Aktivitäten) sind inhaltlich abgeschlossen, sie stehen in einem logischen Zusammenhang zueinander. Ihre Beschreibung erfolgt auf der Grundlage einer definierten Struktur, so daß sie auch für die Verwendung in einem rechnerunterstützten System geeignet sind.
- Ein **Workflow** ist eine fest verkettete, rigide Folge von Arbeitsschritten, Prozeßelementen oder Teilprozessen, die aus Gründen der Vergleichbarkeit und Reproduzierbarkeit bzw. aufgrund gesetzlicher Vorschriften nicht geändert werden kann (bei-

spielsweise Freigabeprozess, Änderungsprozess in der Produktentwicklung, aber auch jeder Prozess in Fertigung und Buchhaltung).

- Ein **Prozeßnetz** enthält dagegen die maximal möglichen Verbindungen zwischen mehreren Arbeitsschritten, Prozesselementen oder Teilprozessen. Die tatsächlich benötigten Verknüpfungen werden erst dynamisch bei der Bearbeitung der aktuellen Aufgabe erzeugt, üblicherweise durch scharfe und unscharfe Regeln.
- Ein **Projekt** umfaßt alle Prozesse und/oder Workflows zu Entstehung und Dokumentation eines individuellen, durch Anforderungen, Rand-, Anfangs- und Umgebungsbedingungen aktuell beschriebenen Objekts für einen bestimmten Zweck, in einer bestimmten Konfiguration, mit bestimmten Ressourcen (z.B. Mitarbeiter, Werkzeuge, Budget) und in einem bestimmten Zeitrahmen. Ein Projekt ist immer einmalig und hat einen Anfang und ein definiertes Ende.
- Eine **Methode** ist eine geordnete Sammlung von Regeln, die ein planmäßiges Erreichen eines bzw. mehrerer Ziele eines Teilprozesses oder Aktivität erlaubt. Regeln sind immaterieller Natur.
- Ein **Hilfsmittel** ist ein Werkzeug, welches das Erreichen eines bzw. mehrerer Ziele eines Teilprozesses unterstützt. Hilfsmittel können manuell und rechnerunterstützt sein.

3 Anforderungen an die Prozeßnavigation

Die Auslöser für die Entwicklung eines neuen Objekts (sowohl eines physischen Produkts als auch einer immateriellen Dienstleistung) sind Aufträge, Kundenanforderungen, allgemeine Marktbedürfnisse oder spontane innovative Ideen. Es ist bekannt, daß die wichtigsten Eigenschaften eines Produktes in den frühen Phasen der Entwicklung festgelegt werden. Eine systematische, flexible und methodische Unterstützung dieser Aktivitäten erhöht die Produktivität eines Unternehmens nachhaltig. Ein solches Unterstützungssystem sollte dabei folgende Anforderungen³ erfüllen:

- Jeder Anwender sollte durch einen Prozess oder ein Projekt navigiert werden. Das System muß den Anwender bei seiner täglichen Arbeit unterstützen. Dies bedingt neben einer anwendungsorientierten Benutzungsoberfläche vor allen Dingen ein anwendungskonformes Reagieren und Verhalten des Systems "ohne Überraschungen" in der Wissensdomäne des Anwenders. Entsprechend muß der Aufwand zum Erlernen dieser Unterstützung minimal sein.
- Die Transparenz der Entwicklungsprozesse innerhalb jedes Projektes muß verbessert werden, insbesondere wenn viele Projekte parallel bearbeitet werden. Wenn alle Aktivitäten bekannt sind, die auf die eigene Tätigkeit folgen oder die vorher durchlaufen wurden, dann kann auch besser abgeschätzt werden, welchen Einflüssen einerseits die eigene Tätigkeit unterliegt, andererseits, welche Auswirkungen die eigenen Entscheidungen auf andere Aktivitäten und Bereiche haben können. Dadurch können

³ Die hier bewußt nicht weiter detaillierten Anforderungen an ein flexibles und dynamisches Projekt- und Prozessmanagementsystem fassen die Ergebnisse aus [Fsl-01] [PaB-93] [Sch-01] sowie Erfahrungen aus mehrjähriger Projektarbeit im Bereich der Produktentwicklung in Firmen unterschiedlicher Größen und Branchen zusammen.

bessere Entscheidungen gefällt werden oder die richtige Person kann zu möglichen Einflüssen lokalisiert und befragt werden⁴.

- Das Unterstützungssystem muß die Reaktionszeit auf (neue und geänderte) Kundenanforderungen reduzieren und dem Kunden die möglichen (insbesondere zeitlichen und monetären) Auswirkungen seiner Forderungen aufzeigen können. Dies steigert einerseits die Flexibilität in der Projektabwicklung, da allgemein bekannt ist, daß Kunden oft ihre Anforderungen während eines laufenden Projektes ändern, andererseits führt es dazu, dem Kunden begreiflich zu machen, welche Auswirkungen sein Änderungswunsch haben kann, um ihn noch einmal zum Überprüfen dieser Änderung zu bewegen.
- Das System muß auf sich ändernde Variablen wie Termine, Meilensteine, Ressourcen (und ihre Verfügbarkeit) sowie deren Verteilung auf die einzelnen Aktivitäten in Echtzeit reagieren und Alternativen aufzeigen können.
- Probleme und mögliche Engpässe im Projektdurchlauf müssen identifiziert werden können, bevor sie auftreten.
- Es sollte mit dem System eine Optimierung von Prozessen und Projekten nach verschiedenen Prioritäten möglich sein, z.B. Zeit- und Kostenrahmen, verfügbare Qualifikationen der Bearbeiter oder maximale Nutzung eines speziellen Werkzeugs. Eine Simulation von Prozeßalternativen vor den Start eines realen Projekts kann eine effizientere Projektabwicklung und Ressourcenausnutzung zur Folge haben.
- Mit der Projektnavigation muß sich die Durchlaufzeit durch die Produktentwicklung und somit auch die Zeit bis zur Markteinführung und bis zum Rückfluß der Investitionsmittel verkürzen.
- Nach der erfolgreichen Bearbeitung eines Projektes muß es möglich sein, signifikante Eigenschaften und relevante Details (beispielsweise in Form eines Musters) für die effektive Wiederverwendung des Wissens für ein nächstes ähnliches Projekt zu speichern.

4 Modellierungsmöglichkeiten

Neben den bekannten Modellierungsmethoden, die beispielsweise in [SRB-02] beschrieben wurden, soll hier auf eine Methode (und kurz auch auf ein darauf basierendes System) eingegangen werden, die folgende Wurzeln hat:

- Jeder Prozeß in der Produktentwicklung läßt sich in kleine, im wesentlichen nicht mehr zerteilbare Einheiten zerlegen, die, je nach Aufgabenstellung und Bedarf, kombiniert werden können. Die kleinste Einheit ist das Prozeßelement, aufbauend auf dem Therblig-Ansatz von FRANK B. GILBRETH und LILLIAN M. GILBRETH aus dem Anfang des letzten Jahrhunderts (zitiert nach [Fer-00]). Ein Therblig definiert eine standardisierbare und abgeschlossene Aktivität, die ursprünglich für die Fertigung definiert wurde, um die Situation des Arbeiters zu verbessern und seine Belastungen zu

⁴ Mit dieser Anforderung wird einer der Kerngedanken früherer CIM-Konzepte (beispielsweise [Vaj-91]) wieder aufgegriffen.

minimieren. Später übertrug LILLIAN M. GILBRETH den Therblig-Ansatz auf beliebige Aktivitäten⁵.

- Das Modellieren eines Prozesses erfolgt einerseits durch das Anpassen der benötigten Prozesselemente an den konkreten Anwendungsfall (Konfiguration), andererseits durch ihre Verknüpfung untereinander (Kombination), aufbauend auf den Prinzipien des Morphologischen Kastens des schweizerischen Astrophysikers FRITZ ZWICKY [Zwi-66], wobei sequentielle, parallele und hybride Prozeßnetzwerke entstehen können. Die Verknüpfungen werden als Regeln hinterlegt, denen bestimmte Eigenschaften (beispielsweise eine zeitlich begrenzte Gültigkeit) zugewiesen werden können.
- Die Strukturierung des so entstandenen Prozeßmodells sowie das Anknüpfen von beliebigen Informationen und Wissen an jedes Prozesselement folgen den Grundideen des CIM-Modells des Forschungsvorhabens CIM [VPJ-89]. Dabei werden Informationen und Wissen nicht nur als Einzelobjekte, sondern auch mit ihren jeweiligen Verknüpfungen und gegenseitigen Einflußnahmen modelliert und gespeichert.

Die Modellierung eines Prozesses erfolgt mit vordefinierten Prozesselementen. Basierend auf der Untersuchung von existierenden Prozeßbeschreibungen und Vorgehensmodellen in der Produktentwicklung (beispielsweise [PaB-93] [VDI-86] [Eve-89] [VaW-00]) sowie umfangreichen Beratungserfahrungen des Lehrstuhls für Maschinenbauinformatik in verschiedenen Branchen war es möglich, eine begrenzte Anzahl von derzeit ca. 50 allgemeingültigen generischen Prozesselementen zu definieren, die unabhängig von Industriezweig, Branche oder Produkt sind [Fsl-01] und die alle Aktivitäten von der ersten Idee oder Identifikation der Bedürfnisse (entweder des Kunden oder des Marktes) bis zur Produktionsfreigabe abdecken können, **Bild 2**.

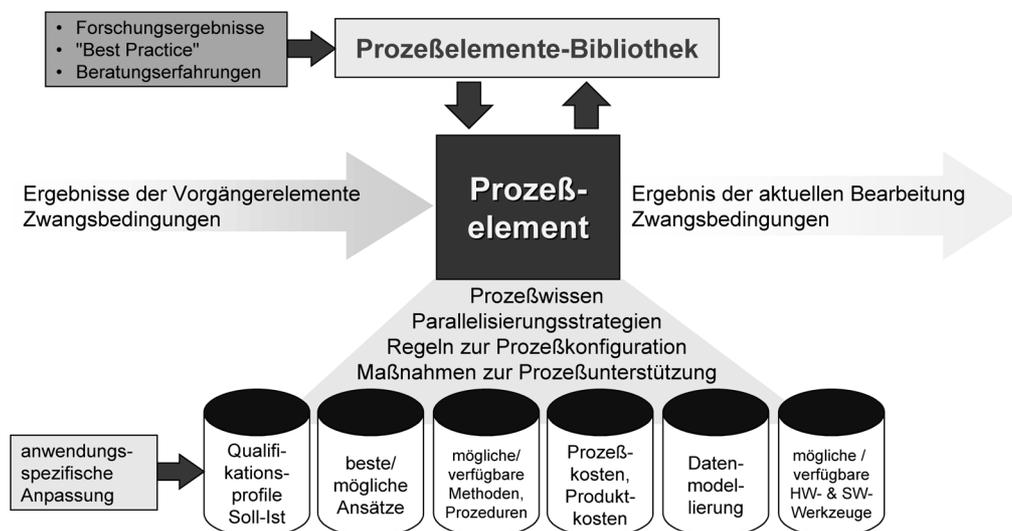


Bild 2: Grundsätzlicher Aufbau und Inhalte eines Prozesselementes

Ein Prozesselement beschreibt eine auszuführende Aktivität mit ihren jeweiligen Aspekten zunächst unabhängig von Anwendungsfall / Größe des Unternehmens / Branche. Daneben enthält es „best practice“ – Wissen. Dazu gehören Aspekte wie

⁵ Die Arbeiten des Ehepaars Gilbreth können komplett in der Purdue-Universität, West Lafayette IN (an der Frau Gilbreth die erste Professorin überhaupt war), und zum Teil in der Boston Public Library eingesehen werden. Sie sind auch erhältlich über die amerikanische Association of Industrial Engineers.

- das zur Bearbeitung des Prozesselementes erforderliche Qualifikationsprofil des Mitarbeiters (differenziert nach formalem Ausbildungsstand und aktuell erforderlichem Kenntnisstand), um sowohl Über- als auch Unterforderung des Mitarbeiters auszuschließen,
- die für das jeweilige Prozesselement am besten geeigneten Methoden, Hilfsmittel und Werkzeuge, wobei diese im Sinne einer sinnvollen Nutzung kontextsensitiv ausgewählt und dem Anwender gemeinsam mit den zu bearbeitenden Objekten zur Verfügung gestellt werden sollen,
- die Kenntnis über vorgelagerte und nachfolgende Prozesselemente und erlaubte (serielle und parallele) Kombinationen mit anderen Prozesselementen, so daß "unmögliche" Kombinationen vermieden werden können (aber, im Sinne einer Navigation, auf Wunsch des Anwenders trotzdem erfolgen können) sowie
- Kostengesetze, die sowohl die Produktkosten (Kosten für die Herstellung des Produkts) als auch die Prozeßkosten (Kosten für die jeweilige Entwicklungsaktivität) bestimmen können, so daß jederzeit eine volle Kostentransparenz gegeben ist und ein Design-to-Cost ermöglicht wird.

Das Anpassen an den konkreten Anwendungsfall erfolgt durch die Art der zu verarbeitenden Daten, die Konfiguration der jeweils eingesetzten Methoden und Werkzeuge und des dazu benötigten Wissens. Im wesentlichen bedeutet diese Anpassung eine Einschränkung, aber auch eine Detaillierung der Inhalte des jeweiligen Prozesselementes.

Den theoretischen Überbau zur Verknüpfung der Prozesselemente bildet ein modulares und wissensbasiertes Vorgehensmodell [Fsl-01]. Dieses Vorgehensmodell bildet den jeweils aktuellen Zustand eines Prozesses dynamisch ab. Demgegenüber sind die üblicherweise verwendeten Prozeßmodelle (beispielsweise diejenigen, auf denen heute gängige Systeme zum Projektmanagement aufbauen) eher statischer Natur, die einen Sollzustand vorgeben (deskriptives Modell), aber die nicht in der Lage sind, das Erreichen dieses Sollzustands durch Rückmeldungen aus dem laufenden Projekt automatisch zu evaluieren (**Bild 3**).

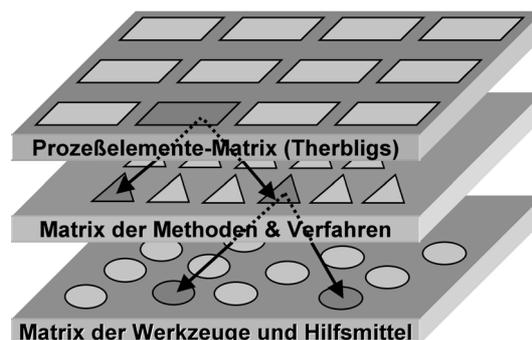


Bild 3: Wissensbasiertes Vorgehensmodell (nach [Fsl-01])

5 Managen von Entwicklungsprozessen und -projekten

Die hier vorgestellten Ansätze werden seit 2001 in einem System, dem proNavigator der Firma pronavigate Magdeburg (www.pronavigate.com) implementiert und in der Industrie erfolgreich eingesetzt. Es ermöglicht, bestehende Entwicklungsprozesse zu verbessern, Anwender durch einen Produktentwicklungsprozeß zu navigieren, dynamisch auf Störungen im Ablauf eines Projektes zu reagieren (z.B. wenn ein Kunde die Produkthanforderung bei lau-

fendem Projekt ändert oder eine Ressourcen ausfällt), Prozesse zu überwachen, sie zu verbessern und deren Kosten und Nutzen zu bewerten.

Während der Modellierung findet bereits ein dauerndes Evaluieren der laufenden Prozesse mit allen aktiven Zusammenhängen, Regeln, Ressourcenlage und Randbedingungen statt, um rechtzeitig durch geeignete Planung vermeidbare Engpässe hinzuweisen. Nach der Modellierung schlägt das System sofort ausführbare Prozeßkombinationen vor und erzeugt damit eine ganzheitliche Sicht auf (fast) beliebig komplexe Vorgehensweisen sowie einen Überblick über das gesamte Projekt. Jeder am Projekt Beteiligte kann sofort Informationen über vorhergehende oder nachfolgende Prozesse und den aktuellen Stand des Projektes erhalten.

Unter Anwendung verschiedener Ansätze simuliert der proNavigator Prozesse und erzeugt Alternativen von Prozeßkombinationen, von verwendbaren Ressourcen für ein Prozeßelement über mögliche Methoden, Hilfsmitteln und Werkzeugen für ein Prozeßelement usw. Eine andere Eigenschaft des Systems ist das kontextsensitive Vorschlagen sinnvoller Arbeitsschritte (entweder seriell oder parallel), von Dokumenten, Arbeitstechniken, Methoden, Hilfsmitteln und Werkzeugen.

Der proNavigator stellt sicher, daß der Anwender keine der notwendigen Aktivitäten zur Entwicklung eines Produktes vergißt, indem er ihn über seine nächsten Arbeitsschritte in Form einer Aufgabenliste informiert. Aus dieser Aufgabenliste kann der Anwender die für ihn zum aktuellen Zeitpunkt relevante Aufgabe auswählen und, wenn es verschiedene Alternativen für das weitere Vorgehen gibt, vom System deren Auswirkungen aufzeigen lassen. Der proNavigator startet nach Annahme der Aufgabe das hierfür benötigte Werkzeug automatisch und stellt die zu bearbeitenden Daten bereit. Bei Erreichen der für eine Aktivität vorgesehenen Zeit wird der Anwender an die Fertigstellung erinnert.

Da der proNavigator web-basiert ist, unterstützt er beliebig verteilte und vernetzte Entwicklungen an verschiedenen Standorten. Während eines laufenden Projektes werden alle aktiven Zusammenhänge, Regeln, Ressourcen und Randbedingungen dauernd evaluiert. Bei Abweichungen und Störungen (beispielsweise Überschreiten der Bearbeitungszeit oder Nichtbeginn einer Aufgabe innerhalb des dafür vorgesehenen Zeitfensters) reagiert der proNavigator dynamisch, indem beispielsweise Ressourcen verlagert, alternative Ressourcen aktiviert oder andere Zweige eines Prozeßnetzwerks vorgezogen werden. Zusätzlich kann die für das Projekt verantwortliche Person (in der Regel der Projektmanager) in Echtzeit in ein laufendes Projekt eingreifen und die Störungen beheben.

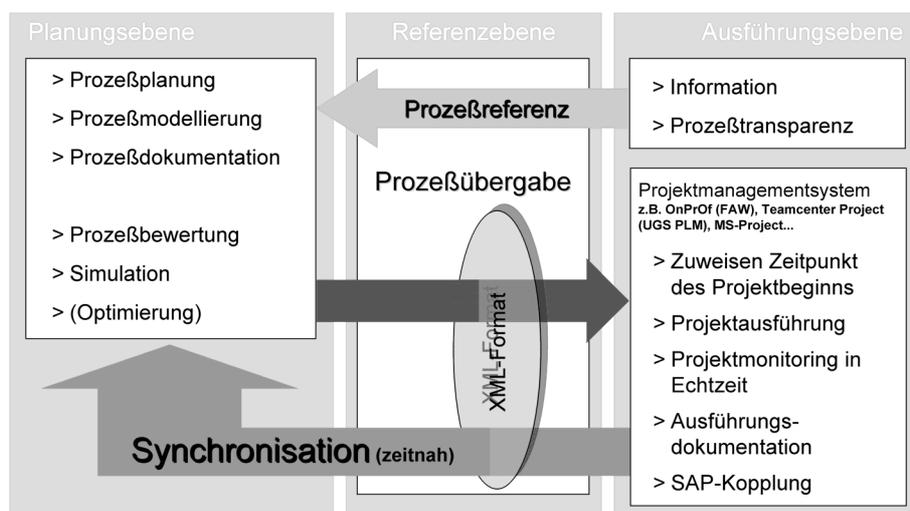


Bild 4: Elemente der dynamischen Prozeß- und Projektnavigation

Der proNavigator bewertet die Prozesse in bezug auf Nutzen und Kosten. Die Bewertung kann vor Beginn eines Projektes vorausschauend (prospektiv) für die denkbaren Alternativen und nach Projektende rückblickend (retrospektiv) erfolgen. Während eines Projektes sind beide Sichtweisen ausführbar. Es ist z.B. möglich, den Nutzen der Anwendung einer neuen Technologie oder eines neuen Softwarewerkzeuges im allgemeinen oder in bezug auf einen speziellen Prozeß zu bewerten.

Nach Ablauf eines Projektes dokumentiert der proNavigator vollständig alle abgelaufenen Aktivitäten, die eingesetzten Werkzeuge sowie die verwendeten Daten und ermöglicht dadurch sowohl ein einfaches Nachvollziehen und Evaluieren von Entscheidungen als auch ein identisches Wiederholen eines Projektes, um beispielsweise bei Fragen der Produkthaftung kritische Stellen herauszufinden. Die Wissensbasis wächst dadurch mit jedem Prozeß und jedem Projekt. Die prinzipielle Vorgehensweise zeigt **Bild 4**.

Im proNavigator werden drei Ebenen, die Planungsebene, die Referenzebene und die Ausführungsebene unterschieden:

- Auf der Planungsebene wird das erste Prozeßmodell erzeugt, das als Referenzmodell dient. Neben dem Aufbau erfolgt auch die Zuweisung der einzusetzenden Methoden und Werkzeuge (sofern nicht die am jeweiligen Prozeßelement angeschlossenen verwendet werden sollen). Während des Aufbaus kann das Modell in jedem Modellierungszustand simuliert und bewertet werden. Auch soll in diesem Bereich die Optimierung des Prozeßmodells erfolgen. Ist das Modell zufriedenstellend aufgebaut, wird es über die Referenzebene in einem Standardformat übergeben an die
- Ausführungsebene: Hier werden dem Prozeßmodell die aktuellen Zeiten- und Kostenrahmen zugewiesen, so daß es nun zu einem Projekt wird. Zur Ausführung wird ein Projektmanagementsystem gestartet, welches die Kopplung an ERP-Systeme aufbaut, die aktuelle Ausführung dokumentiert und das alle Minute nach dem aktuellen Stand der Projektbearbeitung abgefragt wird.
- Tritt eine Störung im Projekt auf, wird es an dieser Stelle angehalten und der aktuelle Zustand in das Prozeßmodell in der Planungsebene zurück synchronisiert. Dort werden im Prozeßmodell Alternativen simuliert, um unter den geänderten Bedingungen trotzdem noch die geplanten Ziele zu erreichen (das ursprüngliche Modell bleibt dabei erhalten). Das so geänderte Prozeßmodell wird wieder an die Ausführungssoftware übergeben. Das Projekt wird nun von der Stelle, an der es angehalten wurde, mit der neuen Vorgehensweise fortgeführt.

In einem Projekt bei einem Unternehmen der Automobilindustrie geht es um die Verfolgung bei der Erstellung von Prototypen [Pri-04]. Der proNavigator ist dort in Verbindung mit der Projektmanagement-Software OnPrOf (www.onprof.de) im Einsatz. Der Nutzen dieser Anwendung läßt sich wie folgt zusammenfassen:

- Erhöhung der Effizienz durch eindeutige Abläufe und Beschaffungen, Vermeidung von Mehrfach- und Fehlbestellungen, der ausschließlichen Nutzung bewährter und eindeutig definierter Referenzprozesse, dem Projektmonitoring ohne Zeitverzug sowie den dynamische Aufgabenlisten für die Mitarbeiter.
- Die Erhöhung der Kundenzufriedenheit erfolgt durch hohe Transparenz laufender Bemusterungsprojekte sowie einer ständige Auskunftsfähigkeit gegenüber dem Kunden.
- Der proNavigator hat sich bei diesem Projekt nach sehr kurzer Zeit bezahlt gemacht, denn einem Mehraufwand von etwa 0,6% der Kosten bei der Herstellung der Prototy-

pen stehen Produktivitätssteigerungen in Form von gesunkenen Arbeitskosten und um 5% gesenkte Durchlaufzeiten bei Aufträgen gegenüber.

Das stetig wachsende Archiv ermöglicht z.B. die Ermittlung von Kennzahlen wie "Durchlaufzeit" und "Termintreue" als auch die Ermittlung der Verweilzeit von Aufträgen in den einzelnen Fachabteilungen.

6 Literatur

- [1] Eversheim, W.: Organisation in der Produktionstechnik, Band 3 Arbeitsvorbereitung, 2. Ausgabe, VDI-Verlag Düsseldorf 1989
- [2] Ferguson, D.: Therbligs: The Key to Simplifying Work. The Gilbreth Network 2000, <http://gilbrethnetwork.tripod.com/therbligs.html>
- [3] Freisleben, D.: Gestaltung und Optimierung von Produktentwicklungsprozessen mit einem wissensbasierten Vorgehensmodell. Buchreihe Integrierte Produktentwicklung, Band 2, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg 2001
- [4] Pahl, G.; Beitz, W.: Konstruktionslehre, Methoden und Anwendung, 3. neubearbeitete und erweiterte Auflage, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg NewYork London Paris Tokyo Hong Kong Barcelona Budapest 1993
- [5] Prinzler, H.: Prozeßmodellierung und Projektverfolgung im Musterbau. CAD-CAM Report 23(2004)11, S. 62 - 65
- [6] Schabacker, M., Rick, T., Bercsey, T., Vajna, S.: Prozeßoptimierung in der Produktentwicklung mit Methoden der Künstlichen Intelligenz. In: Meerkamm, H. (Hrsg.): Proceedings 13. Symposium "Design for X" Universität Erlangen 2002, S. 41 - 50
- [7] CIM: Wunsch und Wirklichkeit - Versuch einer Bilanz zum Stand der rechnerintegrierten Produktion. VDI-Z 133(1991)4, S. 18-22
- [8] Vajna, S.: Dynamisches Managen und Bewerten von Prozessen in der Produktentwicklung. In: Lossack, R., Klimesch, Ch. (Hrsg.): 25 Jahre Rechneranwendung in Planung und Konstruktion. Zur Emeritierung von o.Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. H. Grabowski. Logos Berlin 2002, S. 191 - 207
- [9] Vajna, S.; Weber, C.: Sequenzarme Konstruktion mit Teilmodellen - Ein Beitrag zur Evolution des Konstruktionsprozesses, Konstruktion 52 (2000) 3
- [10] Vajna, S., Peschges, K.-J., Jöns, I., Nonnenmacher, U., Kirchner, B., Poth, H.: Interdisziplinäres und neutrales CIM-Modell. Zwf-CIM 84(1989)8, S. 427-430, und Zwf-CIM 84(1989)10, S. 561-565
- [11] VDI Richtlinie 2221: Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte, VDI-Verlag Düsseldorf 1986
- [12] Zwicky, F.: Entdecken, Erfinden, Forschen im morphologischen Weltbild, Droemer Knaur Verlag, München Zürich 1966

Prof. Dr.-Ing. Prof. h.c. Sándor Vajna
 Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
 Lehrstuhl für Maschinenbauinformatik
 Postfach 4120, 39016 Magdeburg
 Email: vajna@mb.uni-magdeburg.de
 URL: <http://imk.uni-magdeburg.de/lmi.html>