

WORKFLOW-SYSTEME IM PRODUKTENTWICKLUNGSPROZESS

Kristin Paetzold

Zusammenfassung

Bei der Entwicklung interdisziplinärer Produkte wird immer wieder eine Prozessunterstützung innerhalb der Produktentwicklung gefordert, um qualitativ hochwertige und innovative Produkte in kürzester Zeit entwickeln zu können. Eine mögliche Unterstützung hierfür bieten Workflow-Management-Systeme, die für andere Anwendungen vor allem in der Geschäftsprozessmodellierung sehr erfolgreich eingesetzt werden.

Im Rahmen dieses Beitrages soll die Prozesscharakteristik der Produktentwicklung herausgearbeitet und hinsichtlich der Modellierung durch Workflow-Systeme geprüft werden. Dabei zeigt sich rasch, dass die Spezifik der Produktentwicklung nicht durch klassische Workflow-Systeme unterstützt werden kann. Es werden darum Vorschläge abgeleitet, die helfen sollen, die Vorteile des Workflow-Ansatzes zu nutzen, den Produktentwicklungsprozess aber dennoch problemorientiert unterstützen können.

1 Einführung

Im Rahmen der Entwicklung mechatronischer Systeme stellt sich nach wie vor die Frage, wie die einzelnen Ingenieursdisziplinen innerhalb des Produktentwicklungsprozesses integriert werden können. Produktseitig stellt die Referenzarchitektur der Mechatronik einen allgemein akzeptierten Ansatz dar. Untersuchungen zur Methodik zeigen aber, dass die Prozessabläufe einer besonderen Sorgfalt bedürfen, um den hohen Anforderungen an die Entwicklung mechatronischer Produkte gerecht zu werden. Spätestens nach dem Konzipieren ist es Aufgabe der Fachabteilungen, die Entwicklung voranzutreiben [4]. Dazu ist im Allgemeinen eine Vielzahl von Informationen aus anderen Domänen erforderlich, die zeitgleich an anderen Komponenten arbeiten können. Wichtigstes Ziel ist es deshalb, den Informationsfluss sicher zu stellen und die Kommunikation zwischen den Domänen zu institutionalisieren.

Aus diesen Überlegungen heraus erwächst die Forderung, Möglichkeiten zu finden, um den Entwicklungsprozess zu unterstützen. Der Produktentwicklungsprozess wird aus konstruktionsmethodischer Sicht klar strukturiert und in die vier Phasen Planen, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten sowie eine Anzahl von Zwischenschritten eingeteilt [9]. Allerdings ist der Entwicklungsprozess ein sehr kreativer Prozess, Iterationen sind wünschenswert und notwendig, klare Übergänge zwischen den einzelnen Phasen sind nicht immer zu erkennen. Hinzu kommt, dass ein Entwickler sehr unterschiedliche Aufgaben lösen muss, die sich im Wesentlichen durch eine Klassifizierung nach Varianten-, Anpassungs- und Neukonstruktion unterscheiden lässt.

Die am weitesten verbreitete Methode zur Prozessunterstützung sind Workflow-Management-Systeme. Workflow-Management-Systeme haben im Wesentlichen das Ziel, Arbeitsabläufe und Methoden zu standardisieren. Dazu gilt es, den Produktentwicklungsprozess als solchen zunächst in kleine Teilprozesse zu zerlegen und diese dann in Arbeitspakete zusammenzupacken. Dem Einsatz von Workflow-Systemen geht eine Modellierung der zu beschreibenden Prozesse voraus, was wiederum deren exakte und detaillierte Beschreibung notwendig macht. Dies erfordert aber auch, dass die zu beschreibenden Prozesse für die Darstellung als Workflow überhaupt geeignet sind. Dazu soll darum zunächst die Prozesscharakteristik der Produktentwicklung herausgearbeitet und hinsichtlich der Anwendung auf

Workflow-Systeme geprüft werden. Es stellt sich die Frage, ob ein kreativer Prozess, wie er in der Produktentwicklung vorliegt in einer ausreichenden Granularität aufteilbar ist, ohne den Prozess in seiner Ganzheitlichkeit zu stark zu abstrahieren.

2 Grundlegendes zum Workflow

Um auf Dauer wettbewerbsfähig zu bleiben, sind viele Unternehmen gezwungen, ihre Entwicklungszeiten zu reduzieren. Das bedeutet auch, die Prozesse zur Produktentwicklung entsprechend zu betrachten und zu optimieren. Einen möglichen Ansatz hierzu bietet die Modellierung und Gestaltung von Geschäftsprozessen durch Workflow-Systeme. Um die Anwendung von Workflow-Systemen für den Produktentwicklungsprozess bewerten zu können, soll in diesem Kapitel zunächst der prinzipielle Ansatz dieser Systeme vorgestellt werden.

Workflow-Systeme dienen vorrangig der Automatisierung von Aktivitäten. Ziel ist es, Dokumente, Aufgaben und Aktivitäten von einem Beteiligten zu einem Anderen zu regeln, was es erforderlich macht, eine Reihe von Vorgangsabschnitten (Subworkflows) zu generieren, die sich weiter zerlegen lassen. Die Grundlage von Workflows bilden also Prozesse im Unternehmen. Um diese Prozesse zu modellieren und damit die Workflows ableiten zu können, müssen diese in einer entsprechenden Granularität vorliegen [3].

Mit den Workflow-Systemen steht damit zunächst nur ein Werkzeug zur Verfügung, um die Prozesse im Unternehmen informationstechnisch zu unterstützen. Zur Modellierung wird der Prozess dazu aus vier Sichten beschrieben [6]:

- Organisationssicht (wer ist am Prozess mit welcher Rolle beteiligt);
- Datensicht (welche Daten werden benötigt und erzeugt und in welchem Zusammenhang stehen diese);
- Funktionssicht (wie wird der Workflow umgesetzt, welche Ablauffolge und welche Tools sind zur Bearbeitung erforderlich);
- Steuerungssicht (wie sehen die Verbindungen zwischen Funktionssicht, Datensicht und Organisationssicht aus).

Damit wird deutlich, dass ein Workflow immer an einen definierten Prozess gebunden ist. Die dazu erforderliche Prozessbeschreibung ist nur vollständig, wenn die genannten vier Punkte geklärt sind. Aus der Art der Prozessbeschreibung geht aber auch hervor, dass Workflows zunächst primär auf Fragestellungen und Probleme einer Ablauforganisation eingehen. Als wesentlicher Vorteile beim Einsatz von Workflow-Systemen werden allgemein zunächst die verbesserte Dokumentation der Prozesse und damit deren Reproduzierbarkeit genannt. Indem die Erfahrungen einzelner Mitarbeiter allgemein zugänglich gemacht werden, kann die Prozessabarbeitung allgemein unterstützt werden. Gleichzeitig ist reproduzierbar, an welchem Punkt der Abarbeitung sich ein Prozess gerade befindet, diese Transparenz sorgt für eine verbesserte Kontrollierbarkeit. Die konsistente Abarbeitung hilft, die Fehlerraten zu reduzieren und damit Kosten für eventuelle Nacharbeitungen einzusparen. [1]

Diese Vorteile verdeutlichen, dass betriebswirtschaftliche Aspekte bei der Anwendung von Workflow-Systemen im Vordergrund stehen. Natürlich unterstützt die Dokumentation eines Prozesses auch den Ingenieur in seiner Arbeit, allerdings nur, indem er über den Ablauf und gegebenenfalls über die zur Verfügung stehenden Daten informiert. Inhaltliche Aspekte der Entwicklung bleiben weitestgehend unberührt. Das Handeln des Ingenieurs und damit letztlich auch die Anforderungen an seinen Informationsbedarf zielen weniger auf die Einhaltung

definierter Abläufe sondern vielmehr auf das Lösen von Problemen. Zu starr definierte Ablaufstrukturen können in seiner Arbeit eher hinderlich wirken.

Workflow-Systeme werden für die verschiedenartigsten Prozesse unterschiedlich erfolgreich eingesetzt. Die Art und Weise der Gestaltung eines Workflows hängt nicht zuletzt von der Charakteristik des abzubildenden Prozesses ab. Hierbei lassen sich Eigenschaften für einen Prozess definieren, die eine Aussage darüber erlauben, ob dieser überhaupt für die Verarbeitung als Workflow geeignet ist [7]:

- **Strukturiertheit:** Prozesse mit geringer Komplexität und guter Strukturierbarkeit sind eher geeignet, um durch Workflow-Systeme unterstützt zu werden. Die Art der Strukturiertheit eines Prozesses gibt letztlich Rückschlüsse auf seine Automatisierbarkeit. Die Überführung der Prozessbeschreibung in einen Workflow ist umso aufwendiger je weniger strukturiert dieser ist.
- **Ausführungshäufigkeit:** Routineprozesse sind besser zur Unterstützung mittels Workflow-Systemen geeignet, da sich hier der Aufwand zur Modellierung tatsächlich auch lohnt. Jede Änderung im Prozess aufgrund z.B. veränderter Produktstrukturen erfordert eine neue bzw. angepasste Modellierung im Workflow. Hier spielt aber auch der Abstraktionsgrad, der der Prozessdefinition zugrunde liegt, eine Rolle. Je höher der Abstraktionsgrad, desto allgemeingültiger sind die auf dieser Basis modellierten Workflows. Dies gibt zwar mehr Spielraum in der eigentlichen Prozessgestaltung, reduziert aber auch die Transparenz.
- **Veränderlichkeit:** Die Abläufe sollen nach Möglichkeit standardisierbar sein. Der Prozessverlauf ist dann vorgegeben und ändert sich nur äußerst selten. Somit lassen sich eindeutige Regeln für die einzelnen Bearbeitungsstellen definieren. Prinzipiell gilt, dass sich Adhoc-Prozesse den Workflow-Systemen weitestgehend entziehen. Die Veränderlichkeit ist ebenfalls stark mit der den Prozess beschreibenden Abstraktionsstufe gekoppelt. Je abstrakter die Beschreibung erfolgt, desto weniger Veränderungen und Anpassungen sind erforderlich.
- **Arbeitsteiligkeit:** Die Abbildung von Prozessen in Workflows erfordert, dass sich den einzelnen Teilschritten Zuständigkeiten (z.B. Benutzer, Bearbeiter) zuordnen lassen. Lohnenswert werden Workflows vor allem dann, wenn eine hohe Anzahl von Personen und Tools einzubinden sind, was z.B. bei Teamarbeit und verteilter Produktentwicklung der Fall ist.
- **Komplexität:** Eine hohe Komplexität der Prozesse macht die Abbildung durch Workflows deswegen schwierig, weil sie die Strukturierbarkeit einschränken. Hinzu kommt, dass sich oftmals aufgrund dieser Komplexität unscharfe oder unvollständige Informations- und Datenflüsse ergeben, die nicht einwandfrei abbildbar sind.

3 Charakterisierung des Produktentwicklungsprozesses

Für die Gestaltung des Produktentwicklungsprozesses nach Pahl/Beitz [5] hat sich ein Ablaufschema etabliert, welches sich prinzipiell in vier Phasen gliedern lässt. Gleichzeitig werden die zu erwartenden Ergebnisse im Sinne von Meilensteinen festgelegt, die als Freigabeentscheidung für die nächste Phase gewertet werden können. Aus organisationstheoretischer Sicht ist das klassische Schema für den Produktentwicklungsprozess einer Ablauforganisation vergleichbar, deren Ziel es letztlich ist, den Arbeitsprozess zu gestalten [8]. Theoretisch bietet es zunächst gute Ansatzpunkte um den Produktentwicklungsprozess in einen Workflow umzusetzen. Praktisch ist die in der Literatur übliche Granularität viel zu grob, um Prozessabläufe effektiv verwenden zu können.

Der Produktentwicklungsprozess kann auch als Mittel zur Problemlösung betrachtet werden, welches es dem Entwickler ermöglicht, eine Idee in ein reales Produkt umzusetzen. Zur Problemlösung wird dann jedoch eine flexible Vorgehensweise erwartet, die je nach Erkenntnisstand entsprechend den neuen Erfordernissen angepasst und verändert werden kann. Allein diese kurze Betrachtung zeigt wiederum die zwei wesentlichen Sichten, die auf einen Prozess möglich sind. Die durch betriebswirtschaftliche Hintergründe geprägte und die technisch geprägte Sichtweise stehen gleichermaßen nebeneinander.

3.1 Prozessbeschreibung

Bei der Beschreibung des Produktentwicklungsprozesses steht die Betrachtungs- und Herangehensweise des Entwicklers im Vordergrund, welcher eine Aufgabenstellung zu lösen hat. Dazu benötigt er eine Vorgehensweise, die je nach Erkenntnisstand geändert oder angepasst werden kann. Unabhängig davon ob eine Neu-, Varianten- oder Anpassungskonstruktion betrachtet wird, folgt im Prinzip auf jeden Analyseschritt ein Syntheseschritt, dessen Ziel es letztlich sein muss, gewonnene Informationen auszuwerten und hinsichtlich ihrer Eignung mit den Anforderungen zu vergleichen. Das Resultat der Informationsausgabe liefert Rückschlüsse darüber, welcher Prozessschritt als nächstes erforderlich ist. Charakteristisch für den Produktentwicklungsprozess sind die Iterationen, die sehr unterschiedliche Ursachen haben können.

Iterationen können sehr unterschiedliche Ursachen haben. Sie resultieren zunächst aus den sich während des Prozesses ändernden Rand- und Zwangsbedingungen. Die am Ende eines jeden Teilschrittes gewonnenen Informationen und Ergebnisse führen häufig dazu, dass diese neu definiert oder angepasst werden müssen. Zusammen mit dem Ergebnis eines vorangegangenen Prozessschrittes muss daraus auf die anschließenden Prozessschritte geschlossen werden. Diese Unbestimmtheit der Rand- und Zwangsbedingungen gerade in den frühen Phasen der Produktentwicklung führt letztlich dazu, dass viele Entscheidungen auf Basis unklarer und unsicherer Informationen getroffen werden müssen. Der Informationsaustausch zwischen den am Projekt Beteiligten einerseits und zwischen den einzelnen ablaufenden Schritten andererseits ist daher elementar, um die Anzahl der Iterationen klein zu halten.

Eine der wesentlichen Tätigkeiten des Ingenieurs ist die Aufnahme, das Vergleichen und die Verarbeitung von Informationen. Dazu müssen dem Ingenieur die notwendigen Informationen leicht zugänglich gemacht werden. Unsicherheiten im Informationsfluss resultieren aber nicht zuletzt auch daraus, dass die Produktentwicklung heute im Team abläuft. Die Arbeitsteilung vor allem auch bei der Entwicklung interdisziplinärer Produkte bringt es mit sich, dass unterschiedliche Module parallel bearbeitet werden. Hierbei entstehende Informationen bedingen einen gut organisierten und strukturierten Informationsfluss, der diese möglichst zeitnah allen Beteiligten zur Verfügung stellen kann. Mögliche Kommunikationsschwierigkeiten zwischen den Domänen vervielfachen die Anzahl der Iterationen erheblich. Die genannten Punkte führen letztlich dazu, dass innerhalb der Produktentwicklung eine Vielzahl der Entscheidungen über den nächsten Prozessschritt adhoc erfolgt.

Deutlich wird auch, dass die einzelnen Teilschritte innerhalb der Produktentwicklung nicht unbedingt linear bzw. sequentiell ablaufen. Ansätze des Simultaneous Engineering und Concurrent Engineering unterstreichen Bestrebungen, wenn möglich einzelne Teilschritte parallel ablaufen zu lassen, sodass der Produktentwicklungsprozess eher als ein Beziehungsgeflecht denn als ein stetig abzuarbeitender Prozess zu betrachten ist. Die Prozessgestaltung ist zudem sehr stark davon abhängig, was für ein Produkt entwickelt werden soll, bzw. ob es sich um eine Anpassungs-, Varianten- oder Neukonstruktion handelt.

3.2 Vergleich mit den Prozessanforderungen für Workflows

Basierend auf dieser Prozessbeschreibung des Produktentwicklungsprozesses soll im Folgenden nach den in Kap. 2 genannten Gesichtspunkten charakterisiert werden.

- **Strukturiertheit:** Die prinzipielle Vorgehensweise in der Produktentwicklung ist in der VDI-Richtlinie 2221 beschrieben und hat sich in der Vergangenheit durchaus bewährt. Allerdings stellt sie ein relativ grob granulares aber sequentielles Ablaufschema dar. Bei einer feineren Granularität sind innerhalb der Prozesse umfangreiche Abhängigkeiten zu erkennen. Der Prozess ist dann eher als ein Netzwerk zu betrachten, auf welche je nach Entwicklungsaufgabe und Entwicklungsstand beliebig zugegriffen werden kann. Vor allem für die frühen Phasen der Produktentwicklung ist eine zu strenge Strukturierung für kreative Ideen eher hinderlich als zielführend. Allerdings kann in der Entwurfs- und vor allem in der späteren Ausarbeitungsphase eine geeignete Strukturierung denkbar und auch zielführend sein, um die Vollständigkeit der entstehenden Dokumentation sicher zu stellen.
- **Ausführungshäufigkeit:** Die Ausführungshäufigkeit hängt sehr stark von der Art der Konstruktion, den Unternehmenszielen und der Produktpalette des Unternehmens ab. Egal ob es sich um eine Anpassungs- Varianten oder Neukonstruktion handelt, immer ist davon auszugehen, dass sich Rand- und Zwangsbedingungen verändern können, z.B. durch veränderte Kundenwünsche. Hinzu kommt, dass es sich bei Produktentwicklung niemals um administrative Prozesse handelt, die mit hoher Häufigkeit immer wieder identisch ausgeführt werden.
- **Veränderlichkeit:** Der Produktentwicklungsprozess ist im Allgemeinen sehr variabel. Ein wesentlicher Grund hierfür ist in der Dynamik der Märkte der zusehen. Für die Unternehmen ist es von elementarer Bedeutung, sich rasch an neue technische Herausforderungen und veränderte Kundenwünsche anpassen zu können. Gerade bei der Entwicklung interdisziplinärer Produkte sind Herangehensweisen gefragt, die flexibel genug sind, den hohen Anforderungen entsprechend gerecht zu werden. Allein die Charakterisierung des Produktentwicklungsprozesses als ein Netzwerk zeigt deutlich, dass eindeutige sich wiederholende Prozesse eher die Ausnahme sein müssen.
- **Arbeitsteiligkeit:** Vor allem bei komplexen Produkten werden zur Produktentwicklung heute Teams zur Problemlösung eingesetzt. Bei der Entwicklung interdisziplinärer Produkte ist die Arbeitsteilung zwingend, da auf das Fachwissen einzelner Domänen zurückgegriffen werden soll. In der Vergangenheit ließ sich zudem der Trend zur verteilten Produktentwicklung beobachten. So werden von Zulieferern inzwischen Komplettlösungen für Teilsysteme eines Produktes (z.B. Bremssysteme für Schienenfahrzeuge, Autotüren am KFZ) bereitgestellt. Diese Arbeitsteilung erfordert ein hohes Maß an Kommunikation und einen gut strukturierten Informationsfluss zwischen den einzelnen Beteiligten.
- **Komplexität:** Der Produktentwicklungsprozess stellt sich prinzipiell als ein sehr komplexer Prozess dar. Diese Komplexität resultiert zum einen aus der hohen Varietät, also daher, dass sehr viele Teilschritte bzw. Teilobjekte zu betrachten sind. Zum anderen ist eine hohe Konnektivität zu beobachten, d.h. die einzelnen Teilschritte und Teilobjekte stehen durch eine Vielzahl von Beziehungen miteinander in Verbindung. Allein die Notwendigkeit der Iterationen und deren Ursachen begründen die Komplexität des Produktentwicklungsprozesses [7].

3.3 Formale Eignung des Produktentwicklungsprozesses zur Abbildung im Workflow

Zusammenfassend gilt festzustellen, dass die Idee des Workflows sich nur sehr bedingt auf den Produktentwicklungsprozess anwenden lässt, vor allem weil:

- dieser Prozess sich dadurch auszeichnet, dass eine hohe Kreativität notwendig ist, um geforderte Zielstellungen zu erfüllen und innovative Produkte zu entwickeln. Das bedarf entsprechender Freiheiten bzw. Freiraum in den Abläufen.
- für Workflows eine klare Strukturierung der abzubildenden Prozesse gefordert wird, der Produktentwicklungsprozess aber vor allem wegen der Unsicherheiten und Unbestimmtheiten vor allem in den frühen Phasen eher eine netzwerkartige Struktur benötigt.

Im Hinblick auf die hohe Arbeitsteiligkeit im Produktentwicklungsprozess bietet der Workflow einen nicht zu unterschätzenden Ansatz, um Informationen bereit zu stellen und breit verfügbar zu machen. Workflows können dabei helfen, die Kommunikation innerhalb des Prozesses zu institutionalisieren, was gerade für die interdisziplinäre Zusammenarbeit ein ganz entscheidender Faktor ist. Hinzu kommt, dass durch die gezielte Dokumentation der Prozesse diese für alle Beteiligten (also sowohl Ingenieure als auch Management) transparenter werden und erste Hinweise auf Lösungsansätze für nachfolgende Entwicklungen bieten.

4 Ansätze zur Unterstützung des Produktentwicklungsprozesses

Prozesse zur Problemlösung innerhalb des Produktentwicklungsprozesses können nicht dadurch unterstützt werden, indem rein formale Abläufe abgebildet und modelliert werden, wie dies durch den klassischen Workflow-Ansatz erfolgt. Aus oben genannten Gründen ist dieser für eine Unterstützung der Entwickler bei technischen Arbeitsabläufen bzw. der Lösungsfindung in seiner ursprünglichen Ausprägung nicht geeignet. Der Prozess der Produktentwicklung, also der Ablauf selbst, die Reihenfolge mit der einzelne Teilprozesse durchlaufen werden, sind eng mit dem entstehenden Produkt verbunden, was eine Verknüpfung des Prozessmodells mit dem Produktdatenmodell sinnvoll erscheinen lässt.

Beide Modelle, das Produktdatenmodell und ein Prozessmodell sind eng miteinander verknüpft. Das Produktdatenmodell erweist sich während des Produktentwicklungsprozesses als sehr dynamisch, die Inhalte sind abhängig vom Entwicklungsstand, also vom Prozess selbst. So bilden die einzelnen Prozesszustände letztlich einen möglichen Stand im Produktmodell ab. Gleichzeitig kann innerhalb des Prozessmodells auf die relevanten Produktdaten zugegriffen werden. Entscheidungen, die im Produktentwicklungsprozess getroffen wurden, manipulieren letztlich auch die Produktdaten.

Diese Erkenntnis ist nicht neu [2]. Gängige Produktdatenmanagement-Systeme bieten seit geraumer Zeit die Workflow-Funktionalität innerhalb des Systems an (z.B. Eigner PLM), welche allerdings auf den klassischen Ansätzen für Workflows beruhen. Der Nachteil bei der Implementierung in den herkömmlichen Systemen ist darin zu sehen, dass diese Workflows vorrangig an gängiger Geschäftsprozessmodellierung orientiert sind und sich daher eher weniger für zeitlich invariante Prozesse eignen, wie sie im Produktentwicklungsprozess zu erwarten sind. Die Möglichkeit, Adhoc-Workflows zu generieren besteht zwar, wird aber für den Prozess der Produktentwicklung mit seinen zahlreichen Iterationen und Verzahnungen zu aufwändig.

Der Ansatz, die Prozessmodellierung mit der Produktdatenmodellierung zu verknüpfen, erscheint als der einzig gangbare Weg, um den Produktentwicklungsprozess aus Entwickler-

sicht sinnvoll unterstützen zu können. Allerdings ist dabei nach geeigneten Integrationsmethoden zu suchen. Dazu sollen zunächst die groben Phasen des Produktentwicklungsprozesses betrachtet werden. Ausgangspunkt der Entwicklung bildet die Anforderungsliste als Ergebnis einer Planungsphase. Diese wird hier nicht weiter berücksichtigt, da sie durch viele andere Faktoren (z.B. betriebswirtschaftliche Aspekte, Marktanalysen) beeinflusst wird, die die eigentliche Produktentwicklung nur tangieren. Die Anforderungsliste beschreibt die wesentlichen Eigenschaften und erste Rand- und Zwangsbedingungen des Produktes, gibt aber auch erste feste Parameter vor, die es einzuhalten gilt. Auf Basis der Anforderungsliste wird innerhalb der Konzeptphase eine Produktkonfiguration erarbeitet, welche letztlich die Grundlage für die nachfolgende Entwurfsphase bildet. Auch die Ausarbeitungsphase wird im Folgenden nicht weiter berücksichtigt, da die Vorgehensweise aus der Entwurfsphase übertragbar ist. Hinzu kommt, der hohe Detaillierungsgrad dieser Phase, der eine gute Strukturierung des Prozesses ermöglicht.

4.1 Die Trennung zwischen Konzept- und Entwurfsphase

Während in der klassischen Produktentwicklung der Übergang zwischen Konzept- und Entwurfsphase fließend ist, empfiehlt es sich für die Produktentwicklung im Rahmen der Mechatronik, die Phasen deutlicher zu trennen. Innerhalb der Konzeptphase wird die Zusammenarbeit in einem interdisziplinären Team von Generalisten im Vordergrund stehen, um Lösungen aus allen Domänen berücksichtigen zu können. In der Entwurfsphase dagegen müssen die Fachexperten in den Domänen die Ausarbeitung und Realisierung der Produktkonfiguration übernehmen, weil hier detailliertes Fachwissen und Know How zur Verfügung steht. Eine solche strikere Trennung hat für die Prozessmodellierung drei wesentliche Vorteile, die im Folgenden aufgeführt sind.

Die Entwicklungsaufgabe kann besser berücksichtigt werden. Prinzipiell unterscheidet man zwischen Neu-, Anpassungs- und Variantenkonstruktion. Aus den Inhalten der Konstruktionsaufgaben wird deutlich, dass die hinter den Aufgaben stehenden Prozesse sehr unterschiedliche Charaktere haben. Während für eine Variantenkonstruktion keine wesentlichen Änderungen an der Produktkonfiguration erforderlich sind, muss für Anpassungsentwicklungen diese zumindest in definierten Punkten in Frage gestellt werden. Bei Neukonstruktionen existieren keine Informationen über den Prozessablauf. Auch in der Entwurfsphase können Unterschiede an der Art der Konstruktionsaufgabe fest gemacht werden. Variantenentwicklungen stellen sich als gut strukturierbar dar, der Prozess ist im Wesentlichen durch vorherige Entwicklungen vorgegeben. Iterationen können aber nicht ausgeschlossen werden. Anders sieht das bei Neu- und Anpassungsentwicklungen aus. Hier verändern sich die Randbedingungen für die Konzeptphase. Am Ende steht eine veränderte Produktkonfiguration, die auch Änderungen im Entwurfsprozess zur Folge hat.

Der unterschiedliche Strukturierungsgrad in den Phasen wird berücksichtigt. In der Konzeptphase steht lediglich die Anforderungsliste als Input zur Verfügung. Die Zerlegung in Teilfunktionen und vor allem die Suche nach Lösungsprinzipien lässt dem Entwickler den benötigten Freiraum für kreative Ansätze. Der Bottom-Up-Ansatz, der zunächst Lösungen für die Teilfunktionen findet und diese dann zu einer Gesamtfunktion zusammensetzen soll, stellt sich dabei als ein hochiterativer Prozess dar, der einer ganzheitlichen Herangehensweise bedarf, um wirklich innovative Produktideen generieren zu können. Ein weiteres Problem in dieser Phase ist, dass Rand- und Zwangsbedingungen noch unsicher und unvollständig sind und sich verändern können. Damit werden sie erst im Laufe des Prozesses festgelegt. Die Entwurfsphase dagegen baut auf einer ganzheitlichen Produktkonfiguration auf, der Prozess kann daher, an den Komponenten orientiert, deutlich besser strukturiert werden. Trotzdem bedarf es zahlreicher Iterationen und vor allem einer permanenten Kommunikation innerhalb des Entwicklungsteams um ein innovatives Produktkonzept letztlich tatsächlich auch in ein innovatives Produkt überführen zu können.

Unterschiede im prozessrelevanten Output der Teilprozesse sind berücksichtigt. Wie bereits erwähnt, sind die Eingangsgrößen innerhalb der Konzeptphase Teilfunktionen, von denen definierte Eigenschaften erwartet werden und die eine zunächst nur verbal definierte Funktion zu erfüllen haben. Diese Teilfunktionen bzw. deren Kopplung zu Wirkprinzipien lassen gleichzeitig Rückschlüsse auf das Verhalten und die Struktur des entstehenden Produktes zu, die ebenfalls im Focus der Produktentwicklung stehen müssen [4]. Hinzu kommt, dass sich diese Gliederungen innerhalb der Konzeptphase in Abhängigkeit vom Erkenntnisstand immer wieder in Frage gestellt werden, in Summe aber der Anforderungsliste gerecht werden müssen. Die fortwährende Detaillierung und Konkretisierung und die Zusammenführung der einzelnen Lösungsprinzipien zu einer Wirkstruktur führt letztlich zur gesuchten Produktkonfiguration. In der Entwurfsphase dienen Produktdaten aus der Produktkonfiguration als Eingangswerte für den Prozess. In der Regel werden Komponenten festgelegt, ausgewählt und entwickelt und letztlich zum Gesamtprodukt zusammengesetzt. Innerhalb einer solchen komponentenorientierten Prozessgestaltung laufen dabei viele Prozesse parallel ab. Verknüpfungen bestehen hauptsächlich darin, Informationen auszutauschen bzw. fehlende Informationen den Spezialisten anderer Domänen im richtigen Augenblick zur Verfügung zu stellen.

4.2 Rückschlüsse für die Prozessmodellierung in der Produktentwicklung

Aus genannten Gründen erscheint es zielführend, getrennte Ansätze für die Konzeptphase und die Entwurfsphase zu erarbeiten, so dass diese jeweils problemspezifisch im Sinne eines Workflows unterstützt werden können.

Innerhalb der Konzeptphase ist nur in einer sehr groben Granularität eine sequentielle Prozessabfolge zu erwarten. Grob kann aber die Reihenfolge in der Konzeptphase entsprechend der VDI 2221 herangezogen werden. Eher ist hier von einem Beziehungsgeflecht zwischen unterschiedlichen Teilprozessen auszugehen. Ein- und Ausgabewerte für die einzelnen Prozessschritte sind die Teilfunktionen und deren Eigenschaften. Diese müssen der Anforderungsliste gerecht werden, dabei aber die drei Aspekte zur Beschreibung eines Lösungsprinzips Verhalten, Struktur und Funktion beinhalten [4].

Wichtig erscheint es, die Möglichkeit zu Iterationen nicht nur offen zu halten, sondern gegebenenfalls zu institutionalisieren. Dies geschieht fast automatisch, wenn man den Prozess als Netzwerk betrachtet. Nachfolgende Prozessschritte sind abhängig von den Resultaten der Vorangegangenen, was ein Mapping mit der Anforderungsliste nach jedem Teilschritt erfordert. Um die Ganzheitlichkeit bereits in dieser Phase in den Vordergrund zu stellen, gilt es, alle Teilfunktionen zu einer Gesamtkonfiguration, der Wirkstruktur, zusammenzufügen, die für die nachfolgende Phase einen Status Quo darstellt.

Im Ergebnis des Prozesses erfolgt neben der Festlegung der Wirkstruktur auch eine Konkretisierung und Definition der Rand- und Zwangsbedingungen. Als Resultat der Konzeptphase sind diese beiden Faktoren zu einer Produktkonfiguration zusammenzufassen. Diese beschreibt bereits, welche Komponenten zur Erfüllung der einzelnen Funktionen herangezogen werden und wie diese letztlich miteinander verknüpft sein müssen. Als wichtige Bedingung einer Prozessmodellierung und –unterstützung in dieser Phase kann gesehen werden, dass dem Entwickler genügend Freiraum für Kreativität bleibt und dass er bei der Ideenfindung weitestgehend unterstützt wird.

In der Entwurfsphase steht am Beginn des Prozesses die Produktkonfiguration aus der Konzeptphase als Eingangswert. Das heißt, der Entwickler aus der Fachabteilung ist mit einer relativ konkreten Aufgabe der Komponentenentwicklung befasst. Damit setzt sich die Entwurfsphase letztlich aus einer Reihe von komponentenspezifischen Teilprozessen zusammen [7], die für die einzelnen Domänen in ihren wesentlichen Teilschritten wohl bekannt ist. Aber auch hier sind innerhalb der Teilprozesse wieder Iterationen möglich, was sich entspre-

chend in der Produktmodellierung wieder finden muss. Von großer Bedeutung sind die Nebenläufigkeiten der einzelnen Prozesse. Die Arbeit erfolgt in den einzelnen Domänen parallel, was einen permanenten Datenaustausch zwischen den einzelnen Teilprozessen erforderlich macht. Zudem wird am Ende des Entwurfsprozesses ein Gesamtprodukt erwartet, die einzelnen Teilkomponenten müssen also zu einem solchen zusammengefasst werden. Dies bedarf eines ganzheitlichen Ansatzes für die Phase, was durch die Benutzung der Produktkonfiguration zunächst auch erwartet werden kann.

4.3 Resümee

Diese beiden grundlegenden Ansätze für die Konzept- und die Entwurfsphase stellen natürlich auch hohe Anforderungen an das Produktdatenmodell, die aber in diesem Kontext zunächst unberücksichtigt geblieben sind. Es benötigt eine Grundstruktur, welche den gesamten Produktentwicklungsprozess widerspiegelt. Dieses muss nach und nach aufgebaut werden. Außerdem überschreitet der Datenumfang gerade bei mechatronischen Produkten die rein geometrischen Aussagen bei weitem. Zudem müssen die Daten leicht zugänglich und modifizierbar sein.

Für den Produktentwicklungsprozess ist ein Teil der Funktionalität des klassischen Workflow-Ansatzes zur Prozessgestaltung durchaus von Interesse. Es erscheint so z.B. sinnvoll, diesen Prozess detailliert zu dokumentieren, um ihn einerseits transparenter für alle Beteiligten zu machen und um andererseits Entscheidungen, die zu einem früheren Zeitpunkt getroffen wurden, später nachvollziehen zu können. Die Funktionalität der Freigabe und des Controlling bieten zudem eine gute Möglichkeit, die Kommunikation zwischen den Domänen über den gesamten Entwicklungsprozess hinweg zu institutionalisieren und damit die Teamarbeit und eine verteilte Produktentwicklung zu unterstützen. Damit verbunden ist in jedem Falle auch eine effektive Gestaltung der Informationsflüsse.

In Summe lässt sich feststellen, dass der klassische Workflow-Ansatz eine Reihe guter und brauchbarer Ideen zur Gestaltung des Produktentwicklungsprozesses beitragen kann, in seiner herkömmlichen Art aber für diesen ungeeignet ist. Dies ist in erster Linie durch die Charakteristik des Produktentwicklungsprozesses zu begründen. Bei einer Anpassung der Eingabe- und Ausgabewerte an die Gegebenheiten des Prozesses, einer Berücksichtigung der netzwerkartigen Strukturen und einer konsequenten Kopplung mit einem Produktdatenmodell ist jedoch durchaus eine geeignete Unterstützung des Produktentwicklungsprozesses denkbar.

5 Literatur

- [1] Bussler, C.; Jablonski, S.: Workflow Management – Modeling, Concepts, Architecture and Implementation. Thomson Computer Press, 1996
- [2] John Stark Associates: Introduction to engineering workflow. Internetpublikation, <http://www.johnstark.com/ewfw1.html>, Stand: September 2004
- [3] N.N.: Workflow-Management-Coalition – Terminology & Glossary. Document Number WFMC-TC-1011, Winchester/G.B., 1999
- [4] Paetzold, K.; Schweiger, W.; Shi, B.: Ein Ansatz zur Organisation der Konzeptphase im interdisziplinären Entwicklungsprozess. In Gausemeier, J.; Lückel, J., Wallaschek, J.: Intelligente Mechatronische Systeme. 1. Paderborner Workshop, Paderborn, März 2003
- [5] Pahl G.; Beitz W.: Konstruktionslehre, Methoden und Anwendungen. Springer-Verlag, Berlin, 1997

- [6] Scheer, A.; Jost, W.: Geschäftsprozessmodellierung innerhalb einer Unternehmensarchitektur. International Thompson Publishing, Bonn, Albany, 1996
- [7] Schmitt, R.: Unternehmensübergreifender Engineering Workflow. Dissertation, Technische Universität Clausthal, Clausthal-Zellerfeld, 2000
- [8] Wöhe, G.: Einführung in die allgemeine Betriebswirtschaftslehre. Verlag Vahlen, München, 1990
- [9] VDI-Richtlinie 2221: Konstruktionsmethodik – Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Verein Deutscher Ingenieure e. V.; Beuth-Verlag, Düsseldorf, 1993

Dr.-Ing. Kristin Paetzold
Lehrstuhl für Konstruktionstechnik
FAU Erlangen-Nürnberg
Martensstraße 9, D-91058 Erlangen
Tel: +49-9131-85-23222
Fax: +49-9131-85-23223
Email: paetzold@mfk.uni-erlangen.de
URL: <http://www.mfk.uni-erlangen.de>