

# Engineering Workflow – Integriertes Daten- und Prozessmanagement in der unternehmensübergreifenden Produktentwicklung

Goltz, M.

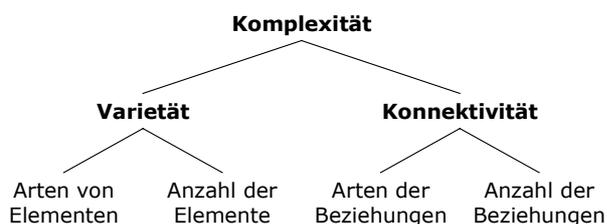
Der vorliegende Artikel stellt einen neuen Ansatz für das Management der unternehmensübergreifenden Produktentwicklung vor. Dabei stehen zwei Aspekte im Mittelpunkt: erstens, die Koordinierung des Entwicklungsprozesses in Bezug auf die Abstimmung von Entwicklungsergebnissen zwischen den Projektpartnern und zweitens, das Management verteilter Produktdaten, um einerseits die Transparenz über vorhandene Informationen zu erhöhen und andererseits Partnern den Zugang zu lokalen Daten zu ermöglichen.

The following article introduces a new approach for the management of cross-company product development. In order to guarantee a successful cooperation two aspects have to be considered: first, the co-ordination of product development in terms of how to agree on engineering results among the partners and secondly, how to make distributed information transparent and accessible to partners.

## 1 Besonderheiten der unternehmensübergreifenden Produktentwicklung

### 1.1 Die Entwicklung komplexer Produkte

Komplexe Produkte zeichnen sich durch ihre Vielzahl von Elementen und der zwischen ihnen auftretenden Beziehungen aus (**Bild 1**). Während der Entwicklung einzelner Elemente sind zahlreiche Randbedingungen zu berücksichtigen, die sich u. U. in ihrer Auswirkung gegenseitig ausschließen können. Aufgabe multidisziplinärer Entwicklungsteams ist es, die miteinander konkurrierenden Optimierungsziele der Einzelelemente so aufeinander abzustimmen, dass ein optimal am Kundennutzen ausgerichtetes Gesamtprodukt zu möglichst geringen Kosten in möglichst kurzer Zeit entsteht.



**Bild 1** Komplexität von Systemen (nach /1/)

### Beispiel BMW-Formel-1-Motor

Der von BMW für die Saison 2003 entwickelte Formel-1-Motor besteht aus rund 5000 Einzelteilen, davon sind 1000 unterschiedlich. Während der Entwicklung wurden ca. 1950 CAD-Zeichnungen angefertigt. Bis zum Saisonende erfährt der Motor etwa 1400 Optimierungsmaßnahmen. Zu den Anforderungen, die bei der Entwicklung zu berücksichtigen sind, gehören u. a. die Berücksichtigung einer Querbesehleunigung von 4 g in der 130R-Kurve in Suzuka oder eine Vollgasbelastung von 73 % in Monza. Trotzdem leistet der Motor über 900 PS bei einem Gewicht von unter 90 kg. Die Herstellung des Motorblocks und Zylinderkopfs aus Aluminiumguss erfolgt in einem speziellen Dünngussverfahren. /2/

Dieses Beispiel zeigt recht anschaulich, wie komplex vermeintlich überschaubare Entwicklungsprojekte werden können.

Gerade die Forderung nach immer kürzeren Entwicklungszeiten führt dazu, dass verschiedene Module des Produkts im Rahmen des Simultaneous Engineering parallel entwickelt werden. Bedingt durch die hohe Anzahl von Beziehungen bedarf es dabei mehrfacher Iterationen, bis alle Anforderungen erfüllt sind. Erschwert wird dieses dadurch, dass nicht alle Randbedingungen von Beginn an bekannt sind, sondern sich erst in parallelen Entwicklungsschritten aus den erarbeiteten Lösung ergeben. Dieses führt dazu, dass Entscheidungen aufgrund unklarer oder noch nicht abgesicherter Informationen zu treffen sind. Eine rege Kommunikation zwischen den parallel ablaufenden Entwicklungssträngen ist unabdingbar, um Fehlentwicklungen zu vermeiden.

Die Kommunikation wird in den meisten Fällen durch die Konstrukteure selbst initiiert, entweder weil sie eine bestimmte Information benötigen, oder um ein Entwicklungsergebnis weiterzugeben. Konkrete Vorschriften, wann unter welchen Umständen wer zu informieren ist, existieren dabei in den wenigsten Fällen. Das zeigt sich z. B. auch in der lückenhaften Dokumentation des Entwicklungsprozesses im Rahmen der ISO 9000.

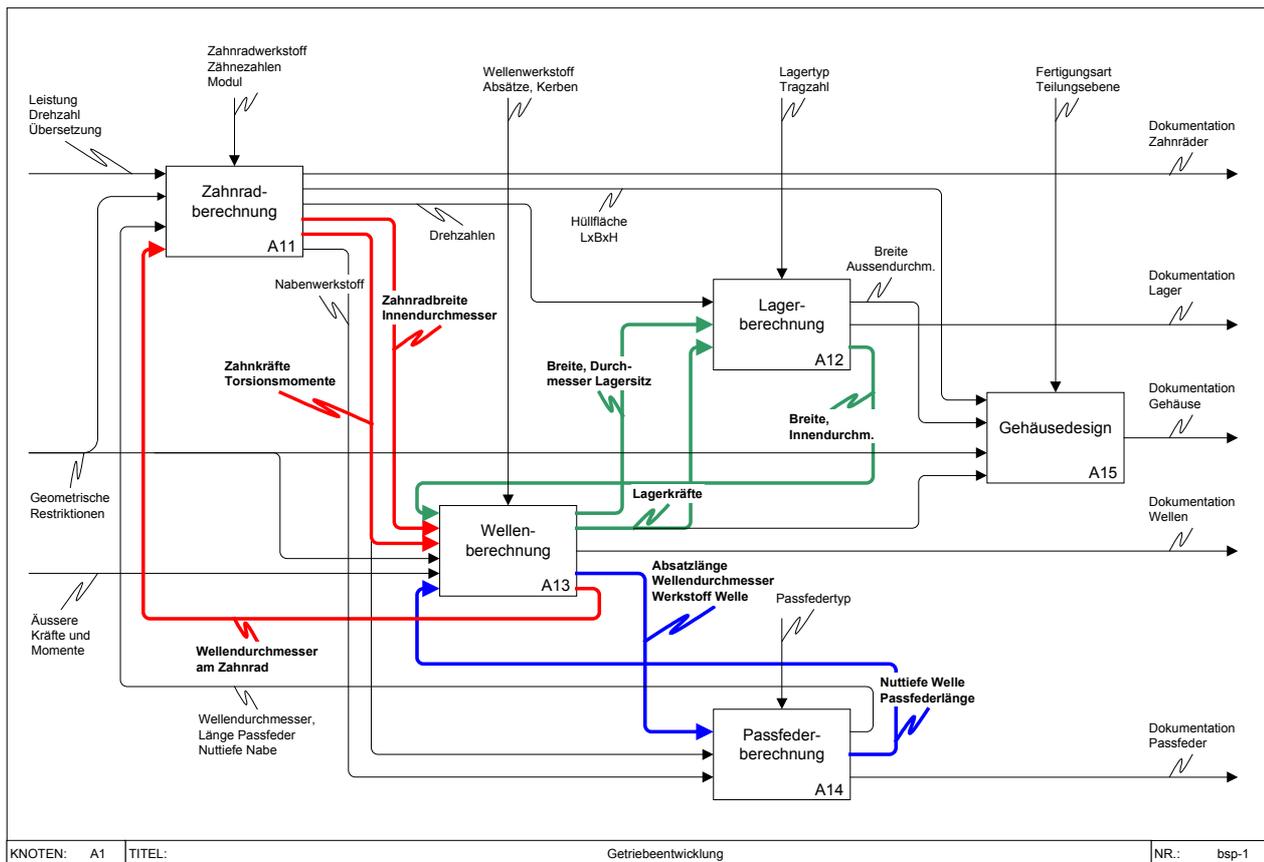
Mangelnde Kommunikation führt häufig dazu, dass neue oder geänderte Anforderungen zu spät weitergeleitet und erzielte Ergebnisse zu spät abgeglichen werden. Die Korrektur dadurch auftretender Fehler verursacht einen erheblichen Zeitverlust und

zusätzliche Kosten. Im schlimmsten Fall treten diese Fehler erst beim Kunden auf, wodurch ein zusätzlicher Imageschaden entsteht. Aus diesem Grund muss eine effiziente Koordination des Entwicklungsprozesses darauf abzielen, notwendige Kommunikation zwischen parallelen Entwicklungsabläufen zu erkennen und gezielt anzustoßen.

Die meisten der in den letzten Jahren auf dem Gebiet des Prozessmanagements für die Produktentwicklung durchgeführten Forschungsprojekte haben

versucht, dieses durch eine möglichst umfassende Prozessbibliothek zu erreichen. Dazu wurden für verschiedene Gruppen von Produktkomponenten Referenzprozesse festgelegt, die danach zu einem Gesamtprozess kombiniert werden können. Allerdings hat sich gezeigt, dass entweder die Referenzprozesse zu allgemein gehalten sind, um die tägliche Arbeit zu koordinieren, oder der Aufwand zur Erfassung aller denkbaren Möglichkeiten in keinem Verhältnis zum zu erwartenden Nutzen steht.

### Beispiel „Getriebeentwicklung“



Das obige Diagramm zeigt eine mögliche Beschreibung für eine Getriebeentwicklung mit den wesentlichen Konstruktionsschritten sowie den notwendigen Informationsflüssen. Dieses vergleichsweise einfache Beispiel soll die Schwierigkeiten bei der Modellierung eines Gesamtprozesses für die Produktentwicklung illustrieren.

Betrachtet man dazu die Informationsflüsse zwischen der Zahnrad- und der Wellenberechnung, fällt auf, dass einige Größen, wie z. B. der Wellendurchmesser, sowohl als Eingangs- als auch als Ausgangsgrößen auftreten. Dieses weist auf eine notwendige Iteration hin, da der Wellendurchmesser einerseits Einfluss auf die Festigkeit der Welle hat, andererseits aber auch durch die Geometrie des Ritzels festgelegt wird. Weitere Abstimmungen sind zwischen der Wellen- und

der Lagerberechnung sowie zwischen der Wellen- und Passfederberechnung notwendig.

Eine sequenzielle Bearbeitung der einzelnen Teile würde zu erheblichen Verzögerungen führen, da eine Abstimmung der Ergebnisse erst erfolgen würde, wenn bspw. der Festigkeitsnachweis der Ritzelwelle ergibt, dass diese den Belastungen nicht standhält. Zur Lösung des Konflikts wäre es denkbar, entweder einen besseren Werkstoff einzusetzen oder den Wellendurchmesser anzupassen. Beide Varianten würden zu einer Überarbeitung der Verzahnung bzw. der Passfeder führen. Eine Entscheidung, wie das Problem zu lösen ist, muss sich am konkreten Anwendungsfall orientieren und sollte nicht starr durch einen Prozess vorgegeben werden.

Eine deutliche Verkürzung der Entwicklungszeit ließe sich durch eine Parallelisierung der Entwicklungsschritte erreichen. Um jedoch Fehlentwicklungen zu vermeiden, bedarf es dazu eines wesentlich früheren Informationsaustauschs.

So wäre es z. B. möglich, durch einen Vergleich des in der Zahnradentwicklung abgeschätzten Wellendurchmessers mit dem aus der Vordimensionierung der Welle erhaltenen Durchmesser frühzeitig einen Konsens zu erzielen, der spätere Iteration aufgrund von Inkompatibilitäten überflüssig macht oder zumindest minimiert. Dabei muss nicht jeder Entwicklungsschritt bereits in allen Details bearbeitet werden. Eine Abschätzung ist häufig ausreichend, um frühzeitig über eventuelle Alternativlösungen nachzudenken.

Die Schwierigkeiten rühren im Wesentlichen daher, dass sich zwar für einzelne Konstruktionsschritte Regeln zu deren Bearbeitung angeben lassen (Berechnung eines Zahnrads, einer Passfeder, etc.). Ob diese überhaupt benötigt werden, und wenn ja in welcher Reihenfolge diese auf ein konstruktives Problem anzuwenden sind, kann nicht im Voraus bestimmt werden. Dies ergibt sich häufig erst im konkreten Anwendungsfall in Abhängigkeit der verfügbaren Informationen (und deren Qualität<sup>1</sup>) sowie der zu verwirklichenden Optimierungskriterien.

Ein weiterer Aspekt ist die bereits oben erwähnte Komplexität. Gerade die Vielzahl der Abhängigkeiten innerhalb des Produktmodells ist mit den Techniken der Geschäftsprozessmodellierung nur unzureichend erfassbar. Bislang gibt es keine Möglichkeit, das Beziehungsgeflecht in der notwendigen Gesamtheit in einer handhabbaren Weise zu dokumentieren. Ob vorhandene Abhängigkeiten erkannt und bei notwendigen Entscheidungen hinreichend berücksichtigt werden, ist damit zu einem Großteil vom Wissen und der Erfahrung der Konstrukteure abhängig. Zwar sind einige der Beziehungen in den verschiedenen CAx-Systemen erhalten (Geometrie/Topologie im CAD, Funktionen im FEM, usw.). Diese stehen jedoch nicht für eine externe umfassende Analyse zur Verfügung.

## 1.2 Unternehmensübergreifende Produktentwicklung im „Virtuellen Unternehmen“

Im Zusammenhang mit unternehmensübergreifender Produktentwicklung wird häufig der Begriff „virtuelles Unternehmen“ verwandt. Nach [3] stellt „ein virtuelles Unternehmen [...] ein dynamisches Netzwerk von rechtlich selbstständigen Unternehmen oder Teilen von Unternehmen dar, das auf Zeit für eine konkrete Aufgabenstellung, d. h. zur Ausnutzung einer durch die einzelnen Unternehmen allein nicht erreichbaren Marktchance, gebildet wird, um so vor allem die Kernkompetenzen der beteiligten Partner zu bündeln. Reale Unternehmen sind dann in der Regel zu einem bestimmten Zeitpunkt an mehreren virtuellen Unternehmen beteiligt. Dieses erfordert natürlich auch innerhalb der realen Unter-

nehmen neuartige Formen der Zusammenarbeit und dynamische Organisationsformen.“

Die Bezeichnung einer Entwicklungskooperation als virtuelles Unternehmen betont die notwendige enge Verzahnung realer Unternehmen. Diese bezieht sich sowohl auf übergreifende Geschäftsprozesse als auch auf die Verknüpfung vorhandener eigener und im Rahmen eines Projekts neu entstehender Datenbestände. Problematisch dabei ist die weiterhin bestehende Eigenständigkeit der Unternehmen, d. h. jeder Projektpartner verfügt über eigene Datenmanagement- und CAX-Tools und definiert seine Prozesse so, dass diese seinen Anforderungen genügen. Dabei ist zu berücksichtigen, dass diese Eigenständigkeit das spezielle Wissen und die Wertschöpfung des Partners ausmacht. Eine Vereinheitlichung der zu verwendenden Werkzeuge und Abläufe wäre daher eher kontraproduktiv.

Die bereits oben allgemein für den Entwicklungsprozess skizzierten Probleme werden im virtuellen Unternehmen noch verschärft. Verträge zwischen den Partnern können zwar die Ausgangsbedingungen und die erwarteten Ergebnisse erfassen, überlassen aber die eigentliche Durchführung dem Projektmanagement. Damit beschränkt sich die Kommunikation häufig auf einige Projekttreffen und den Austausch von Dokumentationen auf Anforderung oder beim Erreichen bestimmter Projektmeilensteine. Häufig werden dadurch Informationen über Änderungen gar nicht oder viel zu spät an den Zulieferer weitergeleitet. Zudem klagen Zulieferer oft darüber, viel zu spät in den Entwicklungsprozess eingebunden zu werden, sodass ihr Spielraum zur Entwicklung innovativer Lösungen bereits von vornherein sehr eingeschränkt ist.

Zusammenfassend erfordert ein effizientes Management der unternehmensübergreifenden Produktentwicklung

- das Erkennen des Kommunikationsbedarfs zwischen den Partnern unter Berücksichtigung aller wesentlichen Abhängigkeiten innerhalb des Produktmodells;
- die klare Definition von Zuständigkeiten und Ansprechpartnern;
- die Abstimmung/Synchronisation lokaler Prozesse;
- das Zusammenführen lokaler Datenbestände zur Erhöhung der Transparenz bezüglich vorhandener Informationen und zur Vereinfachung des Zugriffs auf diese.

<sup>1</sup> Qualität bedeute in diesem Zusammenhang, ob es sich bei der Information um eine erste grobe Abschätzung handelt, oder ob es bereits verifizierte Ergebnisse sind, die in anderen Entwicklungsschritten weiterverwendet werden.

## 2 Engineering Workflow auf der Basis vernetzter Entwicklungsobjekte

### 2.1 Entwicklungsobjekte im Konstruktionsprozess

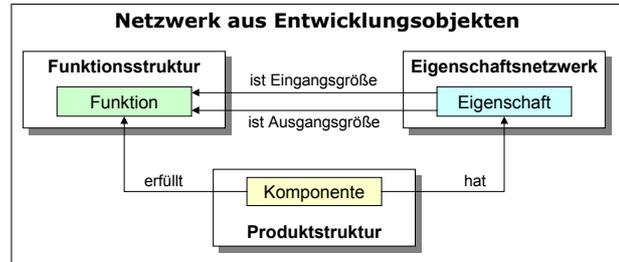
Wie bereits im vorangegangenen Abschnitt beschrieben, stellen die vielfältigen Abhängigkeiten innerhalb der Produktstruktur ein wesentliches Problem bei der Koordinierung des Entwicklungsprozesses dar. Nur wenn diese in ihrer Gesamtheit beherrschbar sind, lassen sich zeit- und kostenintensive Fehlentwicklungen vermeiden.

Der hier vorgestellte Ansatz basiert auf einem objektorientierten Produktmodell, das einer Produktkomponente die von ihr realisierten Funktionen und Eigenschaften als beschreibende Elemente zuordnet. Dabei werden Funktionen und Eigenschaften als eigenständige Objekte behandelt, da diese das Ergebnis einer konstruktiver Tätigkeit sind und somit ebenfalls für die Ablaufsteuerung relevant sind. Gerade in den frühen Phasen der Produktentwicklung während der Konzipierung und Vordimensionierung stehen Funktionen und Eigenschaften (wie z. B. Kräfte und Momente) im Mittelpunkt der Betrachtung, ohne dass weitere Details zu den Bauteilen bekannt sind. Im Folgenden werden Komponenten, Funktionen und Eigenschaften unter dem Begriff Entwicklungsobjekt zusammengefasst.

#### Definition Entwicklungsobjekt

*Ein Entwicklungsobjekt ist Gegenstand einer konstruktiven Tätigkeit. Dabei kann es sich um ein reales oder imaginäres Objekt eines technischen Systems, um eine von diesem System zu erfüllende Funktion oder um eine das System oder eine Funktion beschreibende Eigenschaft handeln. Die Gesamtheit der Entwicklungsobjekte und ihre Relationen untereinander beschreiben den aktuellen Entwicklungsstand des Systems.*

Entscheidend für die Erfassung und Verwaltung von Abhängigkeiten sind die Beziehungen zwischen Entwicklungsobjekten. **Bild 2** zeigt die möglichen Beziehungstypen der Entwicklungsobjekte untereinander. Während die Produkt- und Funktionsstruktur hierarchisch aufgebaut sind, ergeben die Beziehungen zwischen Eigenschaftsobjekten ein Netzwerk. Die Eigenschaftsobjekte dienen dazu, Merkmale einer Produktkomponente sowie Eingangs- und Ausgangsgrößen von Funktionen mithilfe eines Wertes und (so anwendbar) einer physikalischen Einheit zu beschreiben. Dabei kann es sich um geometrische (z. B. Länge, Durchmesser), funktionale (z. B. Kraft, Leistung) oder auch materi-

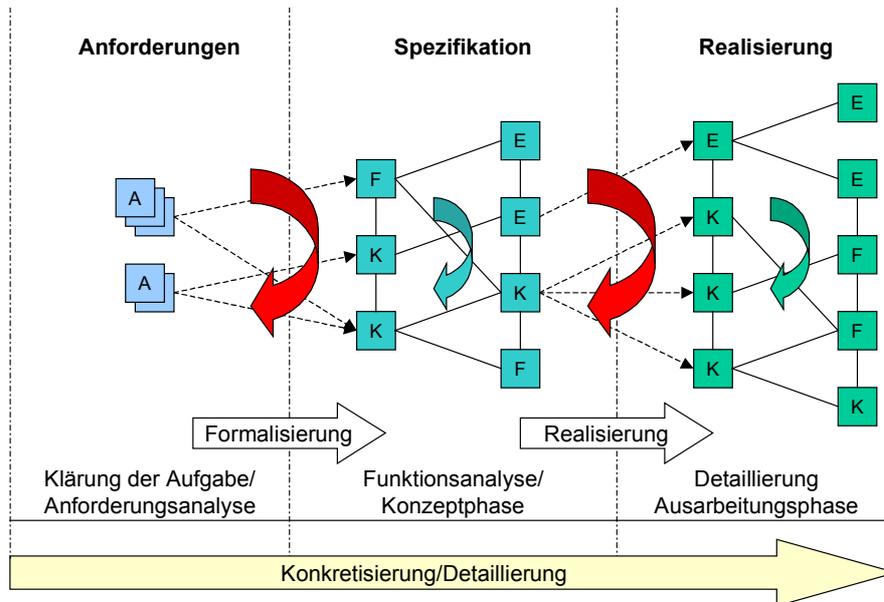


**Bild 2** Beziehungen zwischen Entwicklungsobjekten

albezogene Merkmale (z. B. Werkstoffbezeichnung, -zusammensetzung) handeln. Im Regelfall wird eine Produktkomponente oder Funktion durch mehrere Eigenschaftsobjekte beschrieben. Die Zuordnung eines Eigenschaftsobjekts zu mehreren Produktkomponenten oder Funktionen weist auf Abhängigkeiten zwischen diesen hin. Beziehungen der Eigenschaftsobjekte untereinander spiegeln technische Zusammenhänge wieder, wie sie sich bspw. aus Formeln, Tabellen oder Diagrammen ergeben. Insgesamt ergibt sich so ein Netzwerk aus miteinander verknüpften Entwicklungsobjekten, welches die Grundlage der Ablaufsteuerung in der Produktentwicklung bildet.

Die Bearbeitung der Entwicklungsobjekte beginnt bereits mit der Anforderungsanalyse. Hierbei werden die natürlichsprachlichen Anforderungen des Kunden in eine auf Entwicklungsobjekten basierende Spezifikation überführt. Damit werden im Wesentlichen zwei Ziele verfolgt. Erstens ermöglicht eine modellbasierte Spezifikation eine systematische Überprüfung der Anforderungen auf Eindeutigkeit, Vollständigkeit und Widerspruchsfreiheit. Zweitens lässt sich durch die Verknüpfung der Spezifikationsebene mit der späteren Realisierungsebene eine Anforderungsverfolgung realisieren.

In der Phase der Lösungsfindung wird die Spezifikation weiter ergänzt. Dazu werden die, für die Realisierung des gewählten Lösungsprinzips notwendigen Objekte in das Netzwerk eingebunden. Benötigte Zusatzinformationen können vom Kunden erfragt werden. Zur Durchführung der eigentlichen Entwicklung wird das Spezifikationsnetzwerk schrittweise in die realisierten Objekte überführt. Dabei wird das Netzwerk durch die zunehmende Detaillierung mit weiteren Entwicklungsobjekten ergänzt, sodass am Ende der Entwicklung eine umfassende Beschreibung des Produkts hinsichtlich der Komponenten, erfüllten Funktionen und realisierten Eigenschaften zur Verfügung steht (siehe **Bild 3**).



**Bild 3** Entwicklungsobjekte im Konstruktionsprozess

Hinsichtlich der Anzahl der zu verwaltenden Entwicklungsobjekte ist anzumerken, dass das Netzwerk nicht alle möglichen Eigenschaften und Funktionen einer Produktkomponente darstellt, da deren Anzahl nicht mehr sinnvoll handhabbar wäre. Vielmehr erfolgt eine Einschränkung auf diejenigen Objekte, die

- explizit in Anforderungen angegeben werden;
- Zusammenhänge innerhalb der Produktstruktur verdeutlichen, weil sie mehrere Komponenten betreffen;
- zwischen Entwicklungspartnern abgestimmt werden müssen, um eine konsistente Gesamtlösung zu erarbeiten.

Damit reduziert sich die Zahl auf diejenigen Objekte, die bislang sowieso schon in irgendeiner Form implizit in der Dokumentation aufgeführt wurden (in Anforderungslisten, CAD-Modellen, Berechnungsunterlagen, etc.). Mit dem Konzept des Netzwerks aus Entwicklungsobjekten werden diese Informationen explizit gemacht, sodass die komplexen Abhängigkeiten innerhalb der Produktstruktur transparent werden und einer Analyse zugänglich sind.

## 2.2 Engineering Workflow

Diskussionen mit Industriepartnern im Rahmen des EU-Projekts SIMNET<sup>2</sup> über Abläufe in der Produktentwicklung haben zu einem völlig neuartigen An-

<sup>2</sup> SIMNET – Workflow Management for Simultaneous Engineering Networks; gefördert mit Mitteln der Europäischen Union

satz zur Koordinierung des Entwicklungsprozesses geführt. Ausschlaggebend dafür war die, etwas überspitzt formulierte, Erkenntnis: „*Ingenieure denken nicht in Geschäftsprozessen!*“ Vielmehr ist ihr Handeln auf die Lösung eines bestimmten Problems und die Erlangung der dafür notwendigen Informationen fokussiert. Klassische Workflowtechniken sind dazu nur sehr bedingt geeignet. Entscheidend für die Art und Weise wie ein konstruktives Problem zu lösen ist, ist für den Konstrukteur die Kenntnis der konstruktiven Randbedingungen.

Es ist davon auszugehen, dass Konstrukteure sehr wohl wissen, wie bspw. eine Passfeder auszulegen ist und welche Informationen dafür benötigt werden. Allerdings mangelt es in vielen Fällen am Wissen, wann, wo und in welcher Qualität die benötigten Informationen verfügbar sind, und wie die daraus abgeleiteten Ergebnisse verwendet werden.

Die konstruktiven Randbedingungen werden durch die benachbarten Entwicklungsobjekte des betrachteten Elements festgelegt. Umgekehrt wird dadurch auch festgelegt, wo die erarbeiteten Ergebnisse weiterverwendet werden. Jede Beziehung zwischen zwei oder mehr Entwicklungsobjekten stellt somit eine notwendige Kommunikation im Entwicklungsprozess dar.

Kern des Ansatzes für einen Engineering Workflow ist das im vorangegangenen Abschnitt eingeführte Netzwerk aus Entwicklungsobjekten. Um dieses für eine Ablaufsteuerung nutzen zu können, muss es um Informationen über Personen ergänzt werden, die in die Bearbeitung der Entwicklungsobjekte eingebunden sind. Diese werden einem Entwicklungsobjekt über verschiedene Benutzerkategorien zugeordnet, die den Status der Person hinsichtlich dieses Objekts festlegen. Damit wird sichergestellt, dass bei notwendigen Entscheidungen die richtigen Personen miteinander kommunizieren.

Die eigentliche Bearbeitung der Entwicklungsobjekte wird durch fünf Härtegradstufen kombiniert mit einem Freigabe- und Genehmigungsworkflow realisiert. Mithilfe der Härtegrade I-V lässt sich die Qua-

### Benutzerkategorien (nach /4/)

#### Bearbeiter

- technisch verantwortlich für ein Entwicklungsobjekt
- aktiv an dessen Entwicklung beteiligt

#### Beteiligter

- aktiv an der Erarbeitung des Entwicklungsobjekts beteiligt

#### Prüfer

- nicht aktiv an der Erarbeitung beteiligt
- überprüft Entwicklungsergebnis hinsichtlich der Auswirkung auf eigene Tätigkeit

#### Abonnent

- interessiert am Entwicklungsobjekt
- wird über Änderungen informiert

#### Gesamtverantwortlicher

- gibt aktuellen Stand des Entwicklungsobjekts nach erfolgter Genehmigung aus Projektsicht frei
- ermöglicht ein Vieraugenprinzip bei der Freigabe

lität bzw. der Entwicklungsfortschritt eines Elements angeben - Härtegrad I entspricht einem Grobentwurf (z. B. Abschätzung einer Eigenschaft auf Basis des Erfahrungswissens eines Konstrukteurs), Härtegrad V stellt dagegen ein mit allen Partnern abgesichertes Entwicklungsergebnis dar. Änderungen können ab diesem Zeitpunkt nur durch einen formalen Änderungsantrag in die Konstruktion eingebracht werden. Jedem Übergang zum nächsthöheren Härtegrad geht ein Freigabeworkflow voraus. Die Workflowteilnehmer werden anhand der Benutzerkategorien des zu genehmigenden Entwicklungsobjekts ermittelt. Dadurch ist sichergestellt, dass jeder den aktuellen Entwicklungsstand zur Kenntnis genommen und auf Kompatibilität zu seinen aktuellen Entwicklungsaktivitäten überprüft hat.

Ausgehend von Entwicklungsobjekten, die bereits durch Kundenanforderungen oder andere bekannte Randbedingungen (wie z. B. Standards) definiert werden, kann auf diese Art und Weise das Netzwerk schrittweise abgearbeitet werden. Dabei zwangsläufig auftretende Sackgassen oder Schleifen im Beziehungsnetz erfordern zusätzliche Kommunikation zwischen den beteiligten Partnern, um das weitere Vorgehen abzustimmen.

Im Falle von Änderungen an einem Entwicklungsobjekt wird diese zunächst mit den direkt zugeordneten Benutzern abgestimmt. Anschließend wird diese Änderung den „Bearbeitern“ und „Beteiligten“ der benachbarten Entwicklungsobjekte mitgeteilt, um die Auswirkung zu beurteilen und gegebenenfalls entsprechende Maßnahmen zu ergreifen. Auf diese Weise lässt sich das Netzwerk zur schrittweisen Analyse der Änderungsfortpflanzung nutzen.

/4/

## 3 Produktdatenmanagement im virtuellen Unternehmen

### 3.1 Anforderungen an die Datenverwaltung

Eine effiziente Produktentwicklung erfordert nicht nur die Definition eines optimalen Prozesses sondern auch die bedarfsgerechte Bereitstellung der zu seiner Durchführung notwendigen Informationen. Ein System zum Datenmanagement im virtuellen Unternehmen muss daher folgende Merkmale aufweisen:

#### 1. Transparenz über verfügbare Informationen

Um gezielt auf Informationen zugreifen zu können, muss der Benutzer wissen, ob und wo diese verfügbar sind, in welchem Status sie sich befinden, und wie die Informationen abgerufen werden können. Dem gegenüber fehlen dem Ersteller von Daten Informationen darüber, wer diese benötigt und evtl. über Änderungen zu informieren ist. Insbesondere bei verteilten Datenbeständen mangelt es an dieser Transparenz, da einerseits jedes lokale System eines Partners nur einen Teil der Daten ohne Bezug zu anderen Systemen verwaltet. Andererseits ist durch mehrfache Speicherung ein und derselben Information die Konsistenz der Daten nicht mehr in jedem Fall zu gewährleisten.

#### 2. Gewährleistung der Datensicherheit

Dazu gehört, dass es dem Eigentümer der Daten möglich sein muss, genau zu definieren, wer auf welche Informationen zugreifen darf. Ein unautorisierter Zugriff muss in jedem Fall ausgeschlossen werden, da es sich bei Produktdaten um sensible Unternehmensinformationen handelt. Außerdem muss eine sichere Authentifizierung der Benutzer ermöglicht werden, um nachvollziehen zu können, wer wann auf Informationen zugegriffen oder diese verändert hat.

#### 3. Wiederverwendbarkeit der erstellten Daten

Die während eines Projekts von jedem Partner erarbeiteten Informationen stellen einen Teil seines Know-hows dar. Daher ist es wichtig, die Daten auch nach Projektabschluss in einer Form verfügbar zu haben, die eine Wiederverwendung in anderen Projekten ermöglicht. Diese stellt gerade bei zentraler Datenverwaltung ein Problem dar, da die Datenstrukturen des zentralen Systems nicht zwingend mit den lokalen Datenstrukturen übereinstimmen. D. h. trotz vorhandener Standards wie z. B. STEP gehen Informationen verloren. Außerdem erfordert die Übertragung zusätzlichen Aufwand zu einem Zeitpunkt, an dem das Projekt bereits been-

det ist, und die frei gewordenen Ressourcen bereits für neue Projekte eingesetzt werden sollen. Zurzeit werden in Bezug auf das Datenmanagement in der unternehmensübergreifenden Produktentwicklung zwei Ansätze verfolgt:

- dezentrale Verwaltung in den lokalen PDM<sup>3</sup>-Systemen, wobei bei Bedarf jedem Partner ein Zugriff eingerichtet wird;
- zentrale Verwaltung aller Produktdaten in einem vom OEM installierten PDM-System oder so genannten Projectplaces<sup>4</sup>.

Die folgende Übersicht zeigt die Vor- und Nachteile der beiden Ansätze in Bezug auf die oben aufgeführten Anforderungen an die Datenverwaltung.

#### Dezentrale Datenverwaltung

- + Wiederverwendbarkeit der Daten, da bereits lokal verfügbar
- Inkonsistenzen möglich, da Daten in unterschiedlichen Systemen gespeichert sind
- keine Transparenz, da auf mehrere Systeme verteilt
- Benutzer müssen sich in unterschiedlichen Systemen einarbeiten, um auf Informationen bei Partnern zugreifen zu können
- komplizierte Sicherung der Daten gegen unbefugten Zugriff (Owner/Group/World-Konzept, Zugriff nur über Projekt)

#### Zentrale Datenverwaltung

- + Konsistenz der Daten gewährleistet, da nur einmal an zentraler Stelle gespeichert
- + Transparenz vorhanden, da alle Daten in einem System abgelegt werden
- Daten befinden sich nicht mehr unter direkter Kontrolle der Ersteller
- Probleme bei Wiederverwendbarkeit durch Informationsverlust beim Export/Import
- hohe Netzwerkbelastung durch zahlreiche Onlinezugriffe, hohe Bandbreite der Internetanbindung notwendig

### 3.2 Architektur der Kooperationsplattform

Der Grundgedanke der Kooperationsplattform basiert auf einer gezielten Veröffentlichung der Informationen, die für mehrere Partner von Interesse sind. Im Gegensatz zum zentralisierten Ansatz werden dabei Daten nicht in ein zentrales System kopiert, sondern nur durch eine als Knotenobjekt

definierte Referenz dem Entwicklungsnetzwerk bekannt gemacht. Der Verweis auf die lokalen Daten erfolgt durch die Angabe eines Links, der die Identifikation und den Speicherort der Information beinhaltet. Auf diese Weise verbleiben die Daten unter der direkten Kontrolle des Eigentümers. Bei Bedarf können diese von autorisierten Partnern über die Kooperationsplattform direkt aus dem lokalen System abgerufen werden. Ein wesentlicher Vorteil dieser Lösung für den einzelnen Partner ist die Möglichkeit, jederzeit den Zugang zu seinen Daten nach seinen jeweils festgelegten Vorschriften kontrollieren zu können. Bei Sicherheitsproblemen kann ein Partner selbst Zugangsberechtigungen entziehen oder sogar den gesamten Server vom Netz nehmen, bis die Probleme geklärt sind.

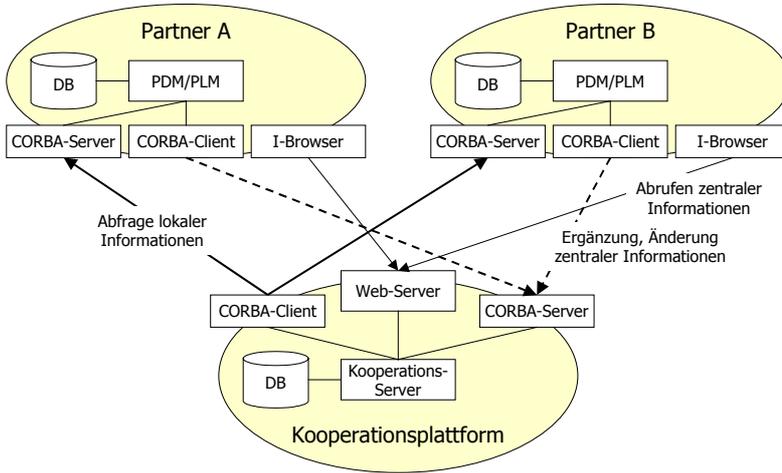
Jeder Knoten enthält einen Verweis auf den lokalen Speicherort der zugehörigen Daten. Kann eine Information von mehreren Partnern lokal verändert werden, so spiegelt sich dieses in mehreren Verweisen auf lokale Systeme wieder.

Beziehungen zwischen den Knoten dienen der Strukturierung der veröffentlichten Informationen. Die Knotenstruktur ist von jedem Projektpartner navigierbar. Damit ist es Anwendern möglich, gezielt nach Informationen zu suchen, auch wenn ihnen nicht bekannt ist, wer diese erzeugt hat bzw. wo sich der aktuelle Stand befindet. Abhängig von den, durch den Besitzer definierten, Zugriffsrechten können dann die Daten über den zugeordneten Verweis vom lokalen System des Partners abgerufen und in das eigene PDM-System übertragen werden. Diese Übernahme erfolgt bedarfsnah während der Projektlaufzeit und erfordert keinen zusätzlichen Aufwand nach Projektende. Da der Zugriff auf lokale Daten nur über den Verweis auf der Kooperationsplattform erfolgen kann, ist von vornherein ein Zugriff auf nicht veröffentlichte Daten ausgeschlossen. Der Link ist für den Anwender nicht lesbar, sodass es nicht möglich ist, durch gezielte Manipulation nicht öffentliche Daten abzufragen.

**Bild 4** zeigt die Architektur der Kooperationsplattform. Informationen über Knoten und die zugehörigen Verweise werden in einer zentralen Datenbank abgelegt. Der Zugriff erfolgt über ein Web-Interface. Die Kommunikation zwischen den lokalen Systemen und der Plattform erfolgt über CORBA-Services. Der zentrale CORBA-Server dient dazu, Veröffentlichungen, die in einem lokalen System definiert werden, als Link in der zentralen Datenbank zu speichern. Nach der Speicherung wird die Identifikationsnummer des Links dem lokalen Ob-

<sup>3</sup> PDM - Produktdatenmanagement

<sup>4</sup> Diese werden von Service Providern zur zentralen Verwaltung von projektspezifischen Daten angeboten. Allerdings reicht der Funktionsumfang nicht an den der derzeit verfügbaren PDM-Systeme heran.



**Bild 4** Architektur der Kooperationsplattform

jekt hinzugefügt, um so zu kennzeichnen, dass es sich um ein veröffentlichtes Objekt handelt. Wird von einem Benutzer über das Web-Interface ein Link aufgerufen, so werden die dazugehörigen Informationen von der Kooperationsplattform über den lokalen CORBA-Server abgerufen und anschließend im Web-Client dargestellt.

### 3.3 Kopplung der Engineering Workflows über die Kooperationsplattform

Mithilfe der Kooperationsplattform und dem in Abschnitt 2.2 vorgestellten Konzept eines Engineering Workflows lässt sich ein systemübergreifendes Prozessmanagement realisieren, bei dem die Kooperationsplattform als Schaltzentrale zur Synchronisation der lokalen Prozesse fungiert. In Bezug auf die Kommunikation zwischen den Entwicklungspartnern ist zu überprüfen, ob das Entwicklungsobjekt, das durch einen Knoten repräsentiert wird, bei den zu informierenden Partnern auch als lokales Objekt vorhanden ist. In diesem Fall wird eine lokale Änderung über den zentralen CORBA-Service an die Kooperationsplattform gemeldet. Dieses löst hier eine Funktion aus, die die Meldung über die lokalen CORBA-Services an die betroffenen Systeme weitergibt. Damit ist es den Partnern möglich, eigene Prozesse zur Behandlung von Änderungen zu definieren. So lässt sich bspw. festlegen, dass bei einem Freigabe- und Genehmigungsworkflow zuerst eine interne Abstimmung stattfindet. Erst wenn diese positiv ausfällt, wird der Abstimmungsprozess für die Partner über die Kooperationsplattform initiiert.

Wird ein Knoten neu angelegt bzw. sind einem Knoten Partner zugeordnet, die keine lokale Kopie des Entwicklungsobjekts in ihrem System verwalten, erfolgt die Kommunikation über den Notificati-

on-Service der Kooperationsplattform. Dieser informiert die Benutzer per E-mail über Änderungen bezüglich der veröffentlichten Informationen. Durch einen Link in der Email können die Empfänger direkt auf die Daten auf der Kooperationsplattform zugreifen.

## 4 Zusammenfassung

Das in diesem Artikel vorgestellte Konzept eines Engineering Workflows ermöglicht durch eine integrierte Betrachtung von Produkt- und Prozessdaten eine effiziente Koordinierung der Produktentwicklung im virtuellen Unternehmen. Ein Netzwerk aus Entwicklungsobjekten bildet die Grundlage für eine gezielte Kommunikation zwischen Entwicklungspartnern unter Berücksichtigung der innerhalb der Produktstruktur auftretenden Abhängigkeiten. Der Freigabe- und Genehmigungsworkflow ermöglicht die bedarfsgerechte Abstimmung von Entwicklungsergebnissen, wodurch eine erhebliche Steigerung in der Qualität der Entwicklungsergebnisse erreicht wird.

Der Zugriff auf die für die Produktentwicklung notwendigen Daten wird über eine Kooperationsplattform realisiert. Diese dient einerseits der gezielten Veröffentlichung von lokal vorhandenen Daten, und andererseits der Synchronisation lokaler Prozesse. Der Zugriff auf die Originaldaten erfolgt durch einen Verweis auf den aktuellen Speicherort. Damit ist gewährleistet, dass der Zugriff auf unternehmenskritische Informationen stets der Kontrolle des Eigentümers unterliegt.

## 5 Literatur

- 1/1 Bruns, M.: Systemtechnik : ingenieurwissenschaftliche Methodik zur interdisziplinären Systementwicklung: Berlin [u.a.]: Springer, 1991
- 1/2 F1Total.com: BMW Formel-1-Motorenentwicklung: Zahlen und Fakten. [www.f1total.com/news/03092203.shtml](http://www.f1total.com/news/03092203.shtml), 2003
- 1/3 Scholz-Reiter, B.: Regionalisierung und Globalisierung - ein Gegensatz? In: Industrie Management, Nr. 16/6/2000, S. 3
- 1/4 Schmitt, R.: Unternehmensübergreifender Engineering Workflow : verteilte Produktentwicklung auf der Grundlage eines parameterbasierten Daten- und Prozeßmanagements: Clausthal-Zellerfeld: Papierflieger, 2001