

2 Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung

2.1 Produktentwicklung

Innovative, von den Wettbewerbern klar differenzierte Produkte sind der Kern eines langfristigen Unternehmenserfolgs. Die Produkte unterliegen jedoch immer kürzeren Innovationszyklen, wodurch die für die Entwicklung zur Verfügung stehende Zeit ebenfalls verkürzt wird. Gleichzeitig werden die Produkte aufgrund zahlreicher verschiedener Funktionen und Technologien sowie aufgrund starker Interaktionen in diesen Feldern immer komplexer, was in den Unternehmen zu einer Verlängerung der Entwicklungsdauer führt. Unternehmen stehen daher vor der Herausforderung, innovative Produkte innerhalb kürzester Zeit entwickeln zu müssen, um ihre langfristige Wettbewerbsfähigkeit zu sichern.

In einer gemeinsamen weltweiten Studie mit dem Titel „Innovations-Agenda 2006“ wurden durch das Laboratorium für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen und die Firma PTC erfolgskritische Faktoren für die Produktentwicklung untersucht (Schuh u. Nonn 2004; PTC 2004). An der Studie beteiligten sich 205 Unternehmen aus Europa, Nordamerika und Asien. 76 dieser Unternehmen kamen aus der Automobilindustrie, 129 Unternehmen kamen aus dem Maschinen- und Anlagenbau. Unterschieden wurden erfolgreiche und weniger erfolgreiche Unternehmen in den Branchen Automobil und Maschinen- und Anlagenbau auf Basis der finanziellen Leistungsfähigkeit und der Leistungsfähigkeit von Entwicklung und Engineering. Die Studie zeigt, dass ein signifikanter Zusammenhang zwischen finanziellem Erfolg und Innovationsleistung der Unternehmen besteht (Abb. 2.1).

Im Automobilbereich liegt die EBIT-Marge (EBIT bezogen auf den Umsatz) der erfolgreichen Unternehmen 12,5% über der von weniger erfolgreichen Unternehmen. Das Umsatzwachstum unterscheidet sich sogar um 13,4%. Finanziell erfolgreiche Unternehmen erzielen mit Produkten, die jünger als drei Jahre sind, einen doppelt so hohen Umsatzanteil wie weniger erfolgreiche Unternehmen. Um dies zu erreichen, investieren erfolgreiche Unternehmen mehr Mittel in Forschung und Entwicklung (F&E). So liegen ihre F&E-Aufwendungen bezogen auf den Umsatz durchschnittlich einen halben Prozentpunkt höher und die F&E-Aufwendungen pro Vollzeitmitarbeiter sogar mehr als doppelt so hoch als bei weniger erfolgreichen Unternehmen.

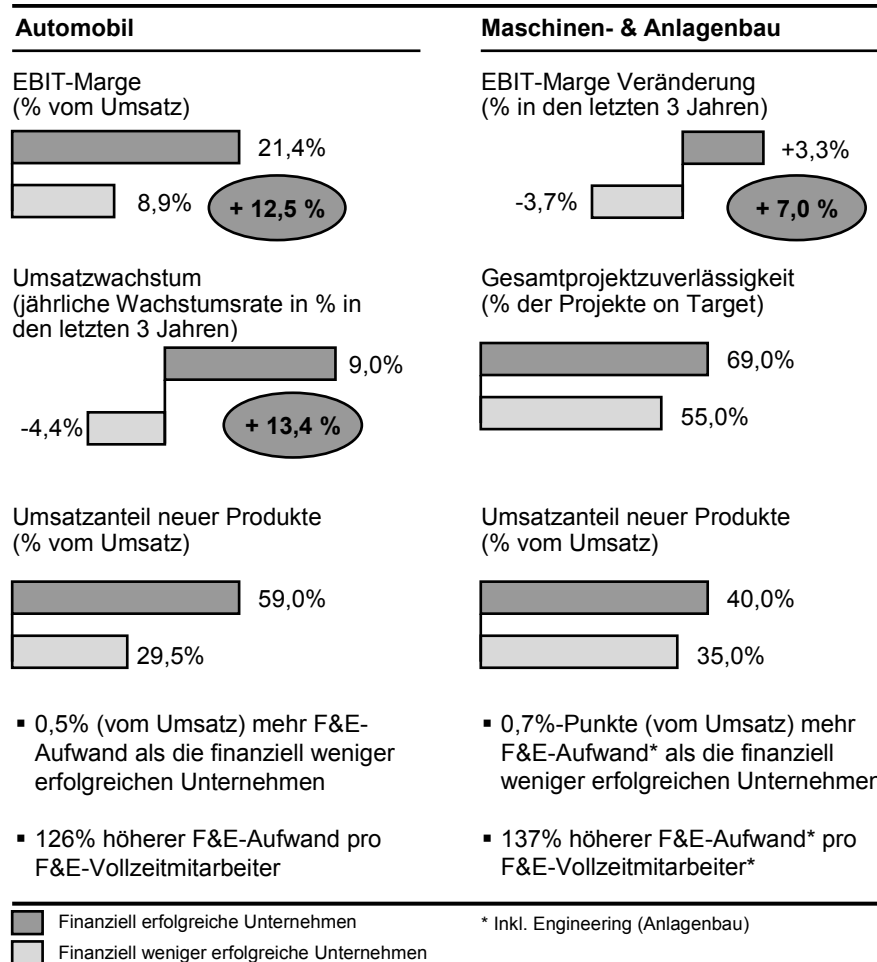


Abb. 2.1 Ergebnisse der Innovationsagenda 2006

Die Aufwendungen werden insbesondere in frühen Phasen des Produktlebenszyklus verstärkt eingesetzt. Erfolgreiche Unternehmen setzen die F&E-Aufwendungen daneben auch gezielter ein: Sie haben weniger Plattformen, Produktvarianten und Innovationsprojekte. Dafür haben die einzelnen Projekte höhere Budgets und laufen länger. Die Anzahl der Iterationsschleifen bei Projekten erfolgreicher Firmen liegt 82% über der weniger erfolgreicher Firmen, die Iterationen laufen allerdings deutlich schneller ab. Zusammenfassend lässt sich für den Automobilbereich sagen, dass eine Fokussierung der F&E-Aufwendungen zu einem frühen Zeitpunkt erfolgsversprechend ist. Der Ablauf ist auf frühe Abstimmungen und eine enge Zusammenarbeit auszuliegen.

Im Maschinen- und Anlagenbau ist insbesondere eine unterschiedliche Veränderung der EBIT-Marge über die letzten 3 Jahre festzustellen: Erfolgreiche

Unternehmen erzielen eine Steigerung von +3,3 %, während weniger erfolgreiche Unternehmen einen Rückgang der EBIT-Marge von -3,7% verzeichneten. Signifikant ist die höhere Projektzuverlässigkeit der finanziell erfolgreichen Unternehmen. So liegt die gemittelte Projekterfüllung bezogen auf Zeit- und Kostenrahmen der Projekte sowie auf Zielkostenvorgaben für Produkte bei erfolgreichen Unternehmen 14% über der von weniger erfolgreichen Unternehmen, insbesondere bei Zeit- und Kostenrahmen sind die Unterschiede groß. In erfolgreichen Unternehmen ist der Umsatzanteil neuer Produkte 5% höher als in weniger erfolgreichen Unternehmen. Ebenso sind ihre F&E-Aufwendungen deutlich höher: Im Maschinen- und Anlagenbau haben finanziell erfolgreiche Unternehmen deutlich mehr Plattformen (Faktor 4,3 bezogen auf den Umsatz) und deutlich mehr Produktvarianten (Faktor 4,6), so dass sie über ein signifikant höheres Produktspektrum verfügen. Sie führen 20% mehr Innovationsprojekte in kürzerer Zeit (22%) durch, diese Projekte werden effizient und auf die Kundenbedürfnisse ausgerichtet durchgeführt. In erfolgreichen Unternehmen sind 31% weniger Änderungen während eines Projektes notwendig, diese nehmen darüber hinaus 24% weniger Zeit in Anspruch. Der Produktentwicklungsablauf ist gekennzeichnet durch kürzere Projekte, die weniger Änderungen unterliegen. Dies erfordert eine enge Zusammenarbeit mit dem Kunden insbesondere vor Projektbeginn, um die Bedürfnisse des Kunden genau zu erfassen. Um die Anzahl der Änderungen gering zu halten bzw. um auftretende Änderungen schnell und zügig durchführen zu können, sind funktionsübergreifende Teams einzusetzen. Dies ist besonders wichtig, da die Anzahl der Projekte sehr hoch ist.

Die Studie zeigt deutliche Unterschiede der beiden Branchen bezüglich der Produktentwicklung. Es konnten jedoch auch Gemeinsamkeiten nachgewiesen werden: So nutzen erfolgreiche Unternehmen beider Branchen den Stage-Gate-Entwicklungsprozess nach Cooper oder ein ähnliches Konzept (Cooper 2002, S. 123). Im Stage-Gate-Konzept wird der Produktentstehungsprozess in eine festgelegte Anzahl von Abschnitten, sog. Stages, unterteilt. Diese Stages setzen sich aus vorgeschriebenen parallelen und bereichsübergreifenden Aktivitäten zusammen und werden durch Tore, sog. Gates, betreten. An diesen Toren werden die Prozesse und die Qualität der Entwicklungsergebnisse kontrolliert sowie Entscheidungen über Fortsetzung oder Abbruch des Projektes getroffen. Erfahrungen zeigen, dass sich in der Praxis zwischen vier und sechs Stages bewährt haben.

In beiden Branchen ist zudem ein Trend zur Mechatronisierung der Produkte festzustellen. Der Begriff Mechatronik bezeichnet die Integration von Technologien aus den wissenschaftlichen Disziplinen Mechanik, Elektrotechnik und Informatik bei der Entwicklung eines Produktes (Zohm 2003, S. 22). Innerhalb der Einzeldisziplinen gibt es eine Vielzahl verschiedener Methoden zur Produktentwicklung:

Für mechanische Produkte stehen z.B. die VDI-Richtlinien 2221 und 2222 sowie 2223 zur Verfügung. Die Entwicklung mechanischer Produkte ist durch ein phasenweises, sequenzielles Vorgehen gekennzeichnet, bei dem schrittweise die Anforderungen über ein Konzept in ein ausgearbeitetes Produkt überführt werden (VDI 1993; VDI 1997; VDI 1999).

Bei der Softwareentwicklung verursacht die eigentliche Produktion wie z.B. das Herstellen einer CD oder DVD keine signifikanten Kosten im Vergleich zu den Softwareerstellungskosten. Für die Entwicklung von Software gibt es sowohl sequenzielle als auch iterative Methoden (Boehm 1988, S. 61ff.; Leffingwell u. Widrig 2000, S. 214ff.).

Die Integration der verschiedenen Vorgehensweisen und Methoden zur Entwicklung mechatronischer Produkte fand im Rahmen der Konzeption der VDI-Richtlinie 2206 statt. Nach VDI 2206 erfolgt diese Entwicklung als iterativer Ansatz.

Neben den verschiedenen Disziplinen, die an einem Entwicklungsvorhaben beteiligt sind, müssen die verschiedenen Bereiche eines Unternehmens integriert werden. Die Produktentwicklung ist schon lange keine reine Ingenieursaufgabe mehr, erfolgreiche Produktentwicklungsprojekte beruhen vielmehr auf der Bündelung verschiedener Kompetenzen in einem interdisziplinären Entwicklungsteam.

2.2 Simultaneous Engineering

Durch die immer kürzeren Innovationszyklen bedarf es neuer Ansätze in den Unternehmen, um die Dauer der Entwicklungsprojekte ebenfalls zu verkürzen. Ein Ansatz ist die Parallelisierung der Abläufe im Unternehmen. Durch die Bündelung verschiedener Kompetenzen und Disziplinen in Simultaneous Engineering Teams, die die Projekte bearbeiten, sollen die Reduzierung der Entwicklungszeit und die Qualität der Entwicklungsergebnisse sichergestellt werden.

Branchenunabhängig wird unter dem Begriff des Simultaneous Engineering (SE) die integrierte und zeitlich parallele Produkt- und Prozessgestaltung mit dem Ziel, die Time-to-Market zu verkürzen, die Entwicklungs- und Herstellkosten zu reduzieren und die Produktqualität im umfassenden Sinn zu verbessern, verstanden. Simultaneous Engineering umfasst die Bereiche der Produkt-, Prozess- und Produktionsmittelgestaltung (Eversheim et al. 1995, S. 2; Eversheim et al. 1993, S. 4 f.).

Ausgangspunkt für die integrierte Produkt- und Prozessgestaltung ist die prozessorientierte Unternehmensorganisation. Die Entwicklungsprozesse müssen eine teamorientierte, bereichsübergreifende Arbeitsweise unterstützen. Insbesondere in frühen Phasen werden die Aufwendungen verstärkt, um frühzeitig die Produktkonzepte mit den Markt- und Kundenanforderungen sowie den technischen Möglichkeiten der Produktionsprozesse und -mittel abzugleichen.

Erste Konzepte mit interdisziplinären Entwicklungsteams wurden Anfang der 1980er Jahre in der Automobilindustrie zur Steigerung der Produktivität und Qualität sowie zur Verkürzung der Entwicklungszeit umgesetzt.

2.3 Befähigung zur integrierten Produkt- und Prozessgestaltung

Der Gedanke der Integration von Produkt- und Prozessentwicklung ist nicht mehr neu, die Befähigung zur effizienten Umsetzung der Prinzipien des Simultaneous Engineering wird jedoch erst heute näherungsweise erreicht (Abb. 2.2). Befähiger sind Strategien, Konzepte und Technologien, die die Umsetzung einer integrierten Produkt- und Prozessgestaltung ermöglichen.

Moderne Produktentwicklungen erfordern eine Vielzahl verschiedener Kompetenzen, die von den wenigsten Firmen in ihrer Gesamtheit zur Verfügung gestellt werden können. Aus diesem Grund sind die Produkte unter Nutzung der Entwicklungskompetenzen von Zulieferern und Partnern zu entwickeln. Planung und Steuerung von Entwicklungsprojekten in *Unternehmensnetzwerken* erfordern klar definierte rechtliche und organisatorische Schnittstellen. Nur mit einem straffen unternehmensinternen und -übergreifenden Projektmanagement kann eine erfolgreiche Abwicklung des Entwicklungsprojektes sichergestellt werden.

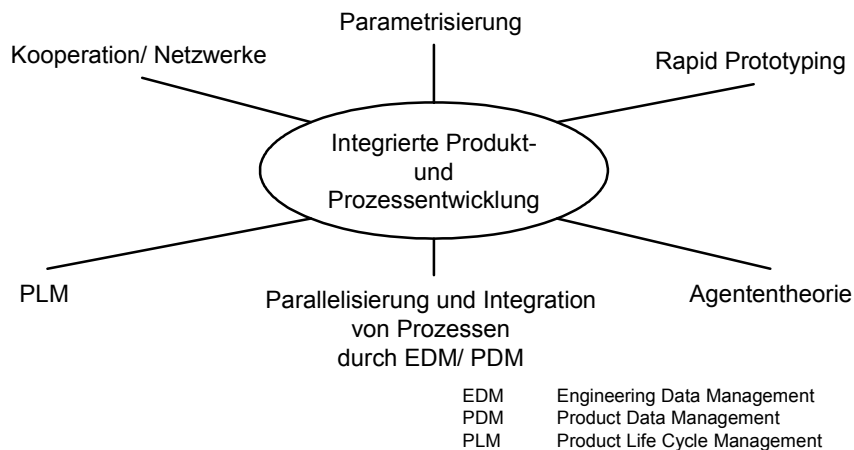


Abb. 2.2. Befähiger einer integrierten Produkt- und Prozessentwicklung

Die digitale Produktmodellierung ist mittlerweile industrieller Standard. Moderne *CAD (Computer Aided Design)- Systeme* erlauben überwiegend eine parametrische Bauteilmodellierung. Die parametrische Modellierung erlaubt nicht nur den Zugriff auf geometrische Parameter, sondern auch die Verknüpfung von funktionalen mit geometrischen Parametern. Mithilfe parametrischer Produktmodelle können nicht nur Baukastenentwicklungen vereinfacht werden, sondern auch über eine Kopplung mit EDM/ PDM (Engineering bzw. Product Data Management)- Systemen kundenindividuelle Produkte konfiguriert werden. Die parametrische Produktmodellierung ist Voraussetzung, um die Unterstützung des Konstruktionsprozesses mit einem agentenbasierten PDM/ PLM-System zu realisieren, da dieses die Manipulierbarkeit einzelner Daten im Geometriemodell

erfordert. Auf diese Art und Weise können Änderungen des Geometriemodells automatisch durchgeführt werden.

Agentenbasierte IT-Systeme ermöglichen eine neue Form der Prozessautomatisierung. Mit einem Agenten als so genanntes Alter-Ego können die eigenen Handlungsweisen abgebildet werden. Insbesondere die agentenbasierten EDM-Systeme unterstützen den Kommunikationsfluss und helfen, die vielseitigen Abhängigkeiten von Produktkomponenten im Produktentwicklungsprozess zu beachten sowie kosten- und zeitintensive Abstimmungsprozesse zu automatisieren. Die Intelligenz der Agenten erlaubt z.B. einem Bauteilagenten, der seine Minimal- und Maximalabmessungen kennt, die exakten Abmessungen selber mit anderen Bauteilen auszuhandeln. Durch diese Art der Modellierung werden die frühen Phasen der Produktentstehung unterstützt, in denen noch keine genauen Werte festgelegt sind.

Durch leistungsfähige EDM/ PDM (*Engineering bzw. Product Data Management*)- Systeme wird eine Parallelisierung und Integration von Prozessen auch über räumliche Distanzen hinweg ermöglicht. Die standort- und ebenso die firmenübergreifende Zusammenarbeit wird durch eine einheitliche Datenbasis unterstützt. Moderne IT-Netzwerke erlauben einen schnellen Datenaustausch auch von komplexen Geometriemodellen. Durch die Automatisierung von Prozessen, z.B. Pflegen der Änderungshistorie oder Freigabeprozesse, wird die Effizienz der Entwicklungsprozesse gesteigert.

Das *Product Life Cycle Management* (PLM) ist eine ganzheitliche Unternehmensstrategie, die eine durchgängige Integration aller über den Lebenszyklus entstehenden Daten auf organisatorischer und auf technischer Ebene beinhaltet. Durch das Konzept des Product Life Cycle Management stehen allen am Produktentstehungsprozess beteiligten Bereichen alle wichtigen Informationen zur Verfügung. Neben der reinen Datenverfügbarkeit lassen sich Informationen erzeugen, die früher nur unter sehr hohem Aufwand ermittelt werden konnten. So können z.B. verschiedene Produkt- oder Betriebsmittelkonzepte anhand ihrer Lebenszykluskosten beurteilt werden. Auch über Unternehmensgrenzen hinweg können Informationen gesammelt und für die Produktentwicklung genutzt werden, beispielsweise die Betriebs- und Wartungsdaten aus Windkraftanlagen.

Rapid-Prototyping-Technologien erlauben die Erstellung physischer Prototypen mit relativ geringem Zeit- und Kostenaufwand. Anhand von Prototypen können Abstimmungen mit anderen Unternehmensbereichen sowie mit Kunden durchgeführt werden. Heutzutage können aus einem großen Portfolio passende Technologien für die Herstellung von Design- und Funktionsmustern genutzt werden. Dem Rapid-Prototyping nahe stehend sind die Rapid-Tooling-Technologien. Diese erlauben die Herstellung von Werkzeugen für kleinere Serien im Vergleich zu Serienwerkzeugen zu deutlich geringeren Kosten.

Die Enabler ermöglichen also eine Realisierung der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung, wie sie noch vor einigen Jahren nicht möglich gewesen ist.

2.4 Rahmenkonzept einer integrierten Produkt- und Prozessgestaltung

Die Befähiger wurden bei der Gestaltung der Methoden innerhalb des Rahmenkonzepts für die integrierte Produkt- und Prozessgestaltung umgesetzt. Das Rahmenkonzept besteht aus den drei Hauptbereichen Organisation und Informationsmanagement, integrierte Produktdefinition und Technologieplanung sowie integrierte Produkt- und Produktionsprozessgestaltung (Abb. 2.3).

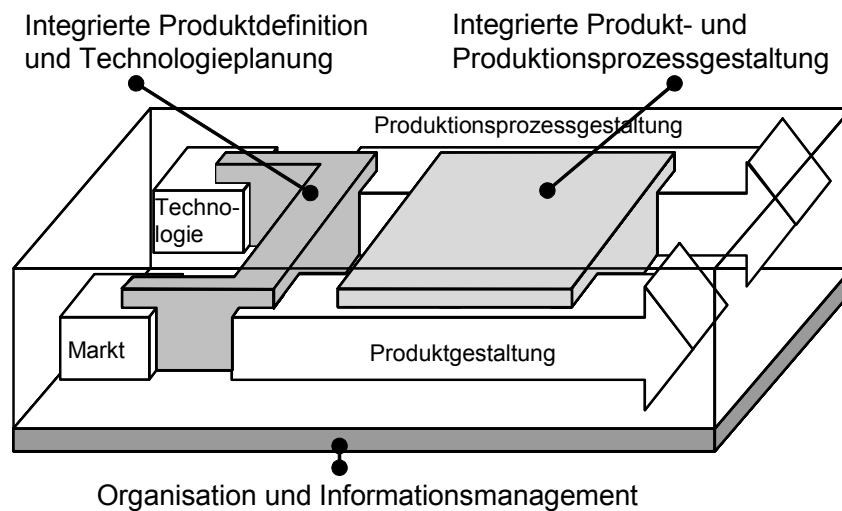


Abb. 2.3. Rahmenkonzept der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung

Die integrierte Produkt- und Produktionsprozessgestaltung fokussiert auf die frühen Phasen der Produktentstehung: Sie beginnt mit dem Sammeln von Frühinformationen aus dem Unternehmensumfeld und endet mit der Fertigungsplanung der Produkte.

2.4.1 Organisation und Informationsmanagement

Die Basis der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung bildet der Bereich Organisation und Informationsmanagement. Dieser Bereich umfasst die Abläufe der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung sowie ein ganzheitliches Informationsmanagement im Sinne eines Product Life Cycle Management. Die Abläufe werden unternehmensintern und unternehmensübergreifend in Projekten gebündelt.

Um einen langfristigen Unternehmenserfolg sicherzustellen, müssen die richtigen Projektideen identifiziert, bewertet und ausgewählt werden. Diese sind mit dem gesamten Projektportfolio sowie dem Produktprogramm abzustimmen.

Hierbei ist auf eine enge Verknüpfung von Projekt- und Variantenmanagement zu achten. Vor dem Hintergrund des dynamischen und komplexen Unternehmensumfeldes übernimmt das Risikomanagement sowohl bei der Produktprogrammplanung als auch bei der Entscheidungsunterstützung in einer Multiprojektsituation eine zentrale Aufgabe im Projektmanagement. Ziel ist es, aktuelle Projektsituationen risikobezogen zu beurteilen, um rechtzeitig Steuerungsmaßnahmen im Hinblick auf Zeit-, Kosten- und Kapazitätsaspekte durchzuführen. Neben der risikobezogenen Bewertung ist die Effizienz von Entwicklungsvorhaben zu überwachen. Eine geeignete Messmethode für die Effizienzmessung ist ein prozessorientiertes Kennzahlensystem.

Die Effizienz von Entwicklungsprojekten wird maßgeblich durch die Organisation der Entwicklungsteams beeinflusst. Mitarbeiter in solchen SE-Teams sind besonderen Belastungen ausgesetzt, wie z.B. einem erhöhten Gruppendruck und starker Interdisziplinarität. Um die Effizienz der SE-Teams sicherzustellen, sind Methoden zur Gestaltung von SE-Teams anzuwenden. Die Mehrfachbelastungen der Individuen im SE-Umfeld müssen hierbei berücksichtigt und in beanspruchungsgerechte Qualifizierungs- und Gestaltungsmaßnahmen umgesetzt werden.

Die Einbindung externer Partner in den Entwicklungsprozess erfordert ein unternehmens- und funktionsübergreifendes Projektmanagement. Neben der Projektplanung ist auch hier das Projektcontrolling von entscheidender Bedeutung. In der Phase des Kooperationsaufbaus muss die Eignung potenzieller Kooperationspartner bewertet und das Entwicklungsnetzwerk entsprechend konfiguriert werden. Insbesondere mechatronische Produkte stellen aufgrund der hohen Integrationsdichte verschiedener Kompetenzen hohe Anforderungen an den Auswahlprozess. Die Planung und Gestaltung des Kooperationsprojektes umfasst sowohl die Planung des Projektinhaltes und dessen Aufteilung auf die Kooperationspartner als auch die organisatorischen Rahmenbedingungen. Die Entscheidungen im Verlaufe des Kooperationsprojekts sind hinsichtlich ihrer Kostenrelevanz zu analysieren, zu bewerten und zu planen. Zur Sicherstellung der Entwicklungsergebnisse muss ein unternehmensübergreifendes Qualitätssystem entworfen und umgesetzt werden. Weiterhin ist ein Controlling-System zu implementieren, mit dem Abweichungen und Risiken während des Kooperationsprojekts identifiziert werden können. Das Controlling sowie die Qualitätsmethoden und -systeme müssen begleitend zur Projektdurchführung durchgeführt bzw. angewendet werden. Für den Abschluss des Kooperationsprojektes sind entsprechende Auflösungsstrategien zu formulieren, die z.B. den Umgang mit den gemeinsamen Ergebnissen umfassen.

Zur Unterstützung des unternehmensinternen und -übergreifenden Projektmanagements sowie der anderen Kernbereiche dient das Informationsmanagement im Sinne des PLM. Das Informationsmanagement basiert auf dem integrierten Produkt- und Prozessmodell und dem Kommunikationssystem. In dem integrierten Produkt- und Prozessmodell (IPPM) können die Daten und Informationen für die integrierte Produkt- und Prozessentwicklung erzeugt und abgelegt werden. Das IPPM umfasst Daten und Informationen aus dem gesamten Produktlebenszyklus; insbesondere werden Kosteninformationen zur Entscheidungsunterstützung abgelegt. Neben den eigentlichen Daten werden auch Metainformationen

abgebildet, die zum einen für eine Abwicklung eines Entwicklungsprojektes und zum anderen für die Dokumentenautomation benötigt werden.

Das Kommunikationssystem dient der Verfolgung von Informationen und deren Stati sowie der Informationsdistribution. Ziel des Kommunikationssystems ist die Verkürzung der Wartezeiten sowie der Zeiten für die Informationsbeschaffung.

2.4.2 Integrierte Produktdefinition und Technologieplanung

Die integrierte Produktdefinition und Technologieplanung dient der Zusammenführung von Markt-/Kundenbedürfnissen und technologischen Innovationen. Die Kunden- und Umwelanforderungen sind frühzeitig und systematisch zu erfassen sowie in Form einer Produktdefinition umzusetzen. Da Produkte heutzutage überwiegend in Unternehmenskooperationen entwickelt werden, ist eine unternehmensübergreifende Produktdefinition auf Basis der Kundenanforderungen notwendig. Des Weiteren müssen technologische Innovationen frühzeitig erkannt und bei der Produktentwicklung berücksichtigt werden.

Innerhalb der markt- und kreislauforientierten Produktkonzeptfindung werden Zielgruppen für die Produkte definiert und deren Anforderungen mit geeigneten Methoden erhoben. Für diese Erhebung stehen sowohl qualitative als auch quantitative Marktforschungsmethoden zur Verfügung.

Zur Berücksichtigung langfristiger Trends aus dem Unternehmensumfeld werden Frühinformationssysteme eingesetzt. Ziel eines Frühinformationssystems ist die frühzeitige Einbindung strategisch bedeutsamer Informationen in die Unternehmensplanung, so dass ein ausreichender Grad an Flexibilität erhalten bleibt, um auf neu auftretende Entwicklungen rechtzeitig reagieren zu können. Eine Anforderung an Frühinformationssysteme ist es, alle relevanten Informationen aus den jeweiligen Bereichen zu identifizieren, zu erfassen, zu analysieren und weiterzuleiten. Diese Anforderung ist insbesondere für kleine und mittelständische Unternehmen aufgrund begrenzter personeller und finanzieller Ressourcen nur schwer zu erfüllen. Bei der Implementierung eines Frühinformationssystems ist daher besonderes Augenmerk auf die Ressourceneffizienz und die richtige Dimensionierung zu legen.

Die frühzeitige Definition und Absicherung von Produktmerkmalen sowie die kosten- und umweltorientierte Betrachtung der frühen Phasen der Produktentwicklung sind Ziele der integrativen Qualitätsplanungssystematik. Die integrative Qualitätsplanungssystematik bildet somit die Schnittstelle zwischen der Definition der Produktmerkmale und der Konstruktion. Insbesondere müssen die eingesetzten Methoden den Anforderungen gerecht werden, die sich aus der Anwendung in der frühen Phase der Produktentstehung ergeben, z.B. Berücksichtigung von Unsicherheiten, interdisziplinäre Anwendung und durchgängige Informationsnutzung. Zur Unterstützung der Methoden existieren verschiedenen IT-Systeme, die die Methodeneffizienz steigern können.

Im Bereich der Produktdefinition erfolgen die Produktstrukturierung und die Zuordnung von Merkmalen zu Produktstrukturelementen. Hierbei sind unter-

nehmens- und produktübergreifende Optimierungsaspekte der Bauteile zu berücksichtigen. Die hohe Komplexität, die durch diesen Ansatz entsteht, stellt hohe Anforderungen an die Modellierung und Haltung der Daten, um ihre Konsistenz und Verfügbarkeit im Unternehmensnetzwerk sicherzustellen. Konventionelle EDM/PDM-Systeme sind hierfür häufig nicht geeignet, da sie der Dynamik und der Heterogenität der unternehmens- und bereichsübergreifenden Produktdefinition nicht gerecht werden. Ein Lösungsansatz stellt eine Produktdefinition mit Unterstützung eines EDM-Systems auf Basis der Multiagententechnologie dar. Ein Multiagentensystem verteilt die Aufgaben auf einzelne Agenten und ermöglicht es dadurch, komplexere Aufgaben- und Problemstellungen zu bewältigen, als es mit einem isolierten Softwareagenten möglich ist. Ein Multiagentensystem besteht neben den Agenten auch aus einer Infrastruktur, welche die erforderlichen Dienste für die Koordination der Softwareagenten im Netzwerk bereitstellt.

Die Produktstruktur ist eine der wichtigsten Eingangsinformationen für die Konstruktion. Insbesondere für die Parametrik ist die Produktstruktur von Bedeutung, da durch sie die Abhängigkeiten zwischen Produktstrukturelementen abgebildet werden. Auf Basis der Produktstruktur werden zunächst Anforderungen an die einzelnen Module oder Baugruppen zugewiesen und zugehörige Test-Kriterien entwickelt, um die gewünschten Produkteigenschaften absichern zu können. Der Konstrukteur ist somit in der Lage, die Entwicklungsergebnisse parallel zur Entwicklungstätigkeit zu verifizieren. Neben den Kundenanforderungen sind auch interne Restriktionen, z.B. aus der Fertigung, zu berücksichtigen. Da die Fertigungsrestriktionen häufig im Unternehmen bereits bekannt sind, können sie dem Konstrukteur über das Anforderungsmanagement zur Verfügung gestellt werden. Bei der Konstruktion existieren zahlreiche Abhängigkeiten zwischen den einzelnen Produktkomponenten. Für die parametrische Konstruktion sind neben den bauteilübergreifenden Beziehungen die Abhängigkeiten der Parameter untereinander von Bedeutung. Die Handhabung dieser Abhängigkeiten erfordert eine methodische Unterstützung bei der Definition und Visualisierung der Parameterabhängigkeiten.

Innovationen im Bereich der Fertigungstechnologien müssen frühzeitig in die Produktentwicklung miteinbezogen werden, da sie Auswirkungen auf die Produktstruktur und die Produktgestalt haben können. Ein Verfahren zur Beurteilung der Auswirkungen von neuen oder veränderten Fertigungstechnologien stellt die Simulation dar. Mögliche Eingangsinformationen sind unternehmensspezifisches Wissen sowie Informationen von externen Technologiegebern. Eine Anforderung an den frühzeitigen Methodeneinsatz ist die Möglichkeit, unscharfe und unsichere Informationen verarbeiten zu können. Zur Sicherstellung der notwendigen Informationsbasis bietet sich die unternehmensspezifische Entwicklung eines Technologiemanagementprozesses an, der die Rollen der Prozessbeteiligten, rollenbezogene Informationsprofile sowie ein Controllinginstrument für die Prozesseffizienz definiert.

Die Produktstruktur, die Bauteilgestalt inklusive der Parameterausprägungen und -beziehungen sowie mögliche Herstellungstechnologien stellen die wesentlichen Ergebnisse des Kernbereichs „Integrierte Produktdefinition und Technolo-

gieplanung“ dar, die für die integrierte Produkt- und Produktionsprozessgestaltung genutzt werden.

2.4.3 Integrierte Produkt- und Produktionsprozessgestaltung

Die integrierte Produkt- und Produktionsprozessgestaltung dient der frühzeitigen Abstimmung von Produkten und Produktionsprozessen. Durch die prospektive Betrachtung der nachgelagerten Bereiche können Abhängigkeiten zwischen Produkt- und Produktionsmerkmalen erkannt und für die integrierte Produkt- und Produktionsprozessgestaltung genutzt werden.

Die Beeinflussbarkeit der Herstellkosten ist insbesondere in den frühen Phasen der Produktentstehung hoch. Die Toleranzen der Bauteilgestalt beeinflussen beispielsweise sowohl die Auswahl möglicher Fertigungsverfahren als auch die Herstellkosten bei einem gegebenen Verfahren. Neben der Bewertung der Notwendigkeit von Toleranzen spielt auch die Prüfplanung eine entscheidende Rolle bei der Wirtschaftlichkeit des Herstellprozesses. Zum einen muss die Prüfnotwendigkeit eines Qualitäts- oder Funktionsmerkmals definiert und zum anderen eine optimale Prüfstrategie entwickelt werden.

Die Absicherung der Konstruktionsergebnisse kann auf Basis der Bewertung alternativer Fertigungstechnologien geschehen. Hierzu sind bei gegebener Bauteilgestalt verschiedene Technologieketten zu generieren und zu bewerten. Für eine prozessbegleitende Rückmeldung in die Konstruktion ist jedoch eine Optimierung der Technologieketten vorzunehmen. Diese erfordert die Einbindung eines Optimierungsalgorithmus, bezogen auf Zeiten und Kosten. Die Optimierung der Fertigungsfolgen sollte auch vor dem Hintergrund des gesamten Produktprogramms erfolgen, um die vorhandenen Produktionsmittel effizient nutzen zu können. Die Ermittlung der Kosten- und Zeitdaten setzt eine datentechnische Modellierung der Produktionsmittel voraus, wobei insbesondere die Prozesszeit eine wichtige Bewertungsgröße darstellt. Um frühzeitig ein Feedback an die Konstruktion geben zu können, muss die Ermittlung der Prozesszeit auf Basis unsicherer Informationen und aufwandsarm erfolgen.

Neben der Simulation der Prozessketten ist das Rapid Prototyping eine wichtige Technik zur Funktionsbewertung innerhalb der integrierten Produkt- und Produktionsprozessgestaltung. Das Rapid Prototyping und Rapid Tooling zeichnet sich durch eine hohe Dynamik bei der Optimierung und Neuentwicklung von Materialien und Verfahren aus. Teilweise können konventionelle Fertigungsverfahren durch leistungsfähige Rapid Prototyping-Verfahren ersetzt werden. Aufgrund der Technologievielfalt ist ein systematischer Auswahlprozess erforderlich, der die phasenspezifischen und -übergreifenden Anforderungen an die Prototypen berücksichtigt.

Neuartige Produkt- und Fertigungstechnologien wirken sich auch auf die Produktionsstruktur und die Ablauf- und Aufbauorganisation aus. Im Rahmen der Arbeitsorganisation sind die Auswirkungen auf die Ablauf- und Aufbauorganisation frühzeitig zu bewerten und in die SE-Teams zurückzuspiegeln. So können Qualifikationsbedürfnisse und humanorientierte Aspekte in die Produkt-

entwicklung zurückgekoppelt und gegebenenfalls geeignete Maßnahmen angestoßen werden. Im Rahmen der Betriebsorganisation ist der Innovationsgrad der eingesetzten Technologien von entscheidender Bedeutung für die Planung der Produktionsstruktur. Bei evolutionären Weiterentwicklungen kann auf vorhandene Produktionskonzepte zurückgegriffen werden. Diese können z.B. durch den Abgleich von Beschreibungsparametern einer Produktionsaufgabe mit den Merkmalen vorhandener Ablauf- und Strukturkonzepte identifiziert werden. Bei revolutionären Technologiesprüngen müssen Produktionskonzepte unter Umständen komplett neu generiert werden. Hierfür können Ansätze wie z.B. die TRIZ-Methodik genutzt werden.

Zur wirtschaftlichen Herstellung von Produkten ist neben den effizienten Produktionsprozessen und der optimalen Produktionsstruktur eine angepasste und robuste Fertigungsleittechnik wesentlich, um einen verzögerungsfreien Produktionsanlauf zu gewährleisten. Aufgrund der hohen Dynamik der integrierten Produkt- und Prozessentwicklung ist vor allem eine hohe Anpassungsfähigkeit an mögliche Änderungen eine wesentliche Anforderung an die Fertigungsleittechnik. Hier sind in erster Linie agentenbasierte Fertigungsleitsysteme zu nennen, die sich durch eine hohe Flexibilität bei Störungen und Änderungen von Aufträgen auszeichnen.

Mit der Auslegung der Fertigungsleittechnik ist die Produktionsprozessgestaltung abgeschlossen und die Produktion des Produktes kann beginnen. Feedback und Daten aus der Produktion und dem Produktionshochlauf sowie den nachgelagerten Phasen des Produktlebenszyklus (Nutzung, Entsorgung) fließen im Sinne eines Product Life Cycle Management in die integrierte Produkt- und Produktionsprozessgestaltung zurück.

Das Rahmenkonzept stellt die wesentlichen inhaltlichen Aktivitäten und Aspekte einer integrierten Produkt- und Prozessgestaltung dar. Die Aktivitäten können durch die Verwendung von Methoden effizienter gestaltet werden. Im Folgenden werden einige Grundlagen zu Modellen und Methoden dargestellt, die den folgenden Beiträgen als Ordnungsrahmen dienen.

2.5 Modelle und Methoden

Eine Methode ist ein planmäßiges Vorgehen zum Erreichen eines bestimmten Ziels bzw. ein Vorgehensprinzip zur Lösung von Aufgaben. Eine Methode ist ein auf einem Regelsystem aufbauendes Verfahren, das zur Erlangung von wissenschaftlichen oder praktischen Ergebnissen dient (Ehrlenspiel 1995).

Modelle dienen der Abbildung von Ausschnitten und Aspekten der Realität (DIN 1994); sie sollen Systeme oder Prozesse in Bezug auf bestimmte Fragestellungen hinreichend genau abbilden. Ein Modell ist ein physikalisches oder mathematisches System, das die problemrelevanten Merkmale eines zu untersuchenden realen Systems beschreibt. Spezielle Realitätsausschnitte werden durch Abstraktion auf die für eine bestimmte Sichtweise relevanten Elemente reduziert.

Dementsprechend werden Ablauf-, Funktions- und Informationsmodelle unterschieden.

Eine Methodik stellt ein System von zusammengehörigen Modellen, Methoden und Hilfsmitteln zur Lösung einer theoretischen und/ oder praktischen Aufgabenstellung dar (Heyn 1999).

Die in diesem Buch dargestellten Modelle und Methoden dienen der Integration von Produkt- und Prozessgestaltung. Wichtigste Motivation für den Einsatz der Methoden ist die effiziente Erzeugung von Planungsinformationen für die integrierte Produkt- und Prozessgestaltung. Der effiziente Methodeneinsatz hängt jedoch von einigen Rahmenbedingungen ab: Die für die Methoden notwendigen Eingangsinformationen müssen in einer verwertbaren Form vorliegen. Die Methoden müssen in dem Unternehmen bekannt sein sowie kommuniziert und akzeptiert werden.

In einem Benchmarking-Projekt des Laboratoriums für Werkzeugmaschinen und Betriebslehre (WZL) der RWTH Aachen zum Thema „F&E-Management im Maschinenbau“ hat sich gezeigt, dass erfolgreiche Unternehmen auf einige wenige Methoden setzen. Diese Methoden werden von der Unternehmensleitung mitgetragen und in Form eines Projektes an die Bedürfnisse des Unternehmens angepasst und eingeführt.

Zur Methodeneinführung gehört die Definition von Verantwortlichkeiten. Die für den Methodeneinsatz erforderlichen Qualifikationen und Voraussetzungen müssen analysiert und realisiert werden. Die Transparenz über den Nutzen des Methodeneinsatzes ist für die Methodenakzeptanz von entscheidender Bedeutung. Nur wenn die Potenziale bekannt sind und auch realisiert werden können, werden Methoden langfristig von den Mitarbeitern anerkannt und eingesetzt. Für die Kommunikation der Methoden muss ein aussagekräftiger Name gewählt und die beteiligten Prozesse beschrieben werden. Die methodische Vorgehensweise ist zusammen mit den Schnittstellen, die die entsprechende Methode zu anderen Prozessen hat, verständlich darzustellen. Häufig ist für eine effiziente Methoden-anwendung die Implementierung der Methode in ein IT-System notwendig, zum einen, um die Vorgehensweise zu automatisieren und eine Benutzerführung zu bieten und zum anderen, um die Komplexität, die manchen Methoden inhärent ist, beherrschen zu können. Auf Basis dieser Anforderungen ergibt sich der Methodenrahmen, der in Abb. 2.4 dargestellt ist.

Die in diesem Buch dargestellten Methoden haben einen generischen Anspruch, d.h. sie können und sollen nicht als Handlungsleitfaden direkt angewendet werden. Die Methodenauswahl muss aus den oben beschriebenen Gründen reflektiert erfolgen und die Methode muss an die unternehmensspezifischen Anforderungen angepasst werden. Für ein grundlegendes Verständnis der Methoden ist die Verknüpfung der Methoden mit Informationen und Prozessen notwendig. Diese sind auf der generischen Ebene dargestellt.

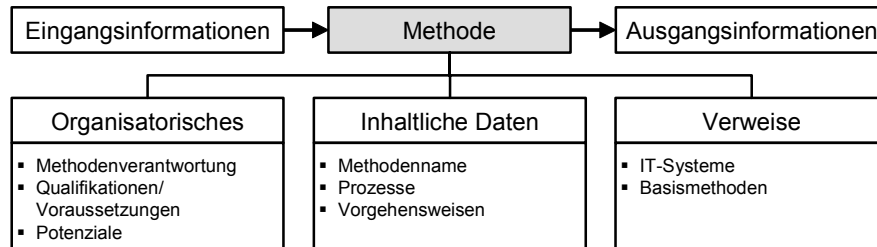


Abb. 2.4. Methodenrahmen

Das Prozessmodell beschreibt die organisatorischen Abläufe in der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung. Das Produktmodell stellt die Daten- und Informationsbasis dar. Alle Daten und Informationen, die im Laufe der Produktentwicklung entstehen, können strukturiert im Produktmodell abgelegt werden. Über die Verknüpfung von Aktivitäten mit zugehörigen Eingangs- und Ausgangsinformationen können die Abläufe der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung vollständig abgebildet werden. In dem Produktmodell sind weiterhin die Informationsabhängigkeiten der integrierten Produkt- und Prozessgestaltung hinterlegt. Die Methoden stellen nun den effizientesten Weg dar, um notwendige Planungsinformationen zu erzeugen (Pahl u. Beitz 1997).

Die Instanzenebene stellt die Umsetzung der integrierten Produkt- und Prozessentwicklung im Unternehmen dar. In Unternehmen existieren individuelle Prozesse, die mit einer individuell abgestimmten IT-Infrastruktur unterstützt werden. Z.B. differieren Produktentwicklungsprozesse in der Automobilindustrie erheblich von denen im Maschinen- und Anlagenbau. Neben den Branchenspezifika existieren vielfältige weitere Unterscheidungsmerkmale, die eine Konfigurierbarkeit der Prozesse notwendig machen. Für die Umsetzung einer integrierten Produkt- und Prozessgestaltung können Prozesstemplates genutzt werden, die in verschiedenen Referenzprozessen eingesetzt werden können. Prozesstemplates sind Aktivitätenfolgen, die durch geeignete Methoden und IT-Systeme unterstützt werden. Die wesentlichen Prozesse werden in Form von Referenzprozessen auf Basis der Prozesstemplates definiert, wodurch eine größtmögliche Standardisierung von Methoden und IT-Hilfsmitteln gewährleistet wird (Abb. 2.5).

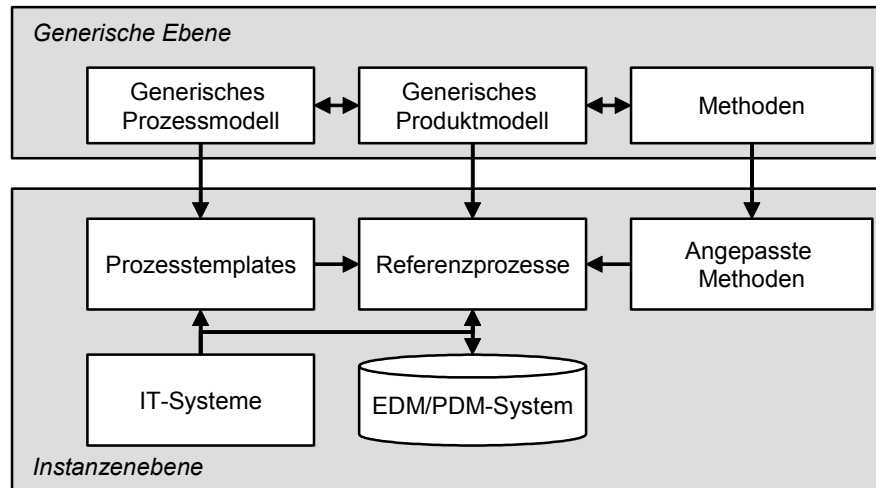


Abb. 2.5. Methodenanpassung und -anwendung

Literatur

- Boehm BW (1988) A Spiral Model of Software-Development and Enhancement. Computer 21, H 5: 61–72
- Cooper RG (2002) Top oder Flop in der Produktentwicklung - Erfolgsstrategien: von der Idee zum Launch, 1. Aufl. Wiley-VCH, Weinheim
- DIN (1994) DIN 19226-1, Leittechnik; Regelungstechnik und Steuerungstechnik; Allgemeine Grundbegriffe. Ausgabe: 1994-02, Beuth, Berlin
- Ehrlenspiel K (1995) Integrierte Produktentwicklung - Methoden für Prozessorganisation, Produkterstellung und Konstruktion. Hanser, München
- Eversheim W, Laufenberg L, Bochtler W (1995) Simultaneous Engineering - Erfahrungen aus der Industrie für die Industrie. Springer, Berlin Heidelberg New York
- Eversheim W, Laufenberg L, Marczinski G (1993) Integrierte Produktentwicklung mit einem zeitparallelen Ansatz. CIM-Management 2: 4–9
- Heyn M (1999) Methodik zur schnittstellenorientierten Gestaltung von Entwicklungskooperationen. Shaker, Aachen
- Leffingwell D und Widrig D (2000) Managing software requirements: a unified approach, 5. Aufl. Addison-Wesley, Reading, Mass. (USA)
- Pahl G, Beitz W (1997). Konstruktionslehre - Methoden und Anwendung, 4. Aufl. Springer, Berlin Heidelberg New York
- PTC (2004) Wer die Produktentwicklung beherrscht, beherrscht den Wettbewerb. PTC Magazin April 2004: 18–21
- Schuh G, Nonn C (2004) Zukunftsfähig durch Innovationen - Die Innovationsagenda 2006. TOOLS 2: 23
- VDI (1993) VDI-2221 - Methodik zum Entwickeln und Konstruieren technischer Systeme und Produkte. Beuth, Berlin

- VDI (1997) VDI-2222 - Blatt 1 - Methodisches Entwickeln von Lösungsprinzipien. Beuth, Berlin
- VDI (1999) VDI-2223 - Entwurf - Methodisches Entwerfen technischer Produkte. Beuth, Berlin
- Zohm F (2003) Management von Diskontinuitäten am Beispiel der Mechatronik in der Automobilzulieferindustrie. Dissertation, RWTH Aachen



<http://www.springer.com/978-3-540-21175-4>

Integrierte Produkt- und Prozessgestaltung

Eversheim, W.; Schuh, G. (Hrsg.)

2005, XVIII, 286 S., Hardcover

ISBN: 978-3-540-21175-4