

Martin Eigner · Ralph Stelzer

Product Lifecycle Management

Ein Leitfaden für Product Development
und Life Cycle Management

2., neu bearbeitete Auflage

 Springer

VDI

Product Lifecycle Management

Martin Eigner • Ralph Stelzer

Product Lifecycle Management

Ein Leitfaden für Product Development
und Life Cycle Management

2., neu bearbeitete Auflage



Springer

Prof. Dr.-Ing. Martin Eigner
TU Kaiserslautern
67653 Kaiserslautern
Deutschland
eigner@mv.uni-kl.de

Prof. Dr.-Ing. Ralph Stelzer
TU Dresden
Inst. Maschinenelemente und
Maschinenkonstruktionen
Fak. Maschinenwesen
01062 Dresden
Deutschland
ralph.stelzer@tu-dresden.de

ISBN 978-3-540-44373-5

e-ISBN 978-3-540-68401-5

DOI 10.1007/978-3-540-68401-5

Springer Dordrecht Heidelberg London New York

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2009

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, des Vortrags, der Entnahme von Abbildungen und Tabellen, der Funk-sendung, der Mikroverfilmung oder der Vervielfältigung auf anderen Wegen und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen, bleiben, auch bei nur auszugsweiser Verwertung, vorbehalten. Eine Vervielfältigung dieses Werkes oder von Teilen dieses Werkes ist auch im Einzelfall nur in den Grenzen der gesetzlichen Bestimmungen des Urheberrechtsgesetzes der Bundesrepublik Deutschland vom 9. September 1965 in der jeweils geltenden Fassung zulässig. Sie ist grundsätzlich vergütungspflichtig. Zuwiderhandlungen unterliegen den Strafbestimmungen des Urheberrechtsgesetzes.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Einbandentwurf: WMXDesign GmbH, Heidelberg

Gedruckt auf säurefreiem Papier

Springer ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media (www.springer.com)

Vorwort zur 2. Auflage

Product Lifecycle Management (PLM) stellt eine wesentliche Grundlage des heutigen Produktentstehungsprozesses dar. Mit der zunehmenden Verbreitung dieser Technologie und deren Anwendung auf den gesamten Produktlebenszyklus entwickelt sich eine IT Lösung, die ähnlich den ERP-Systemen für die Logistik und Produktion eine Backbone-Funktion für den gesamten Prozess der virtuellen Produktentwicklung und der digitalen Fabrik erhalten hat.

Die Autoren möchten in diesem Buch sowohl einen methodischen Überblick über die Technologien als auch konkrete Anwendungsbeispiele geben. Organisatorische Maßnahmen der Einsatzvorbereitung, PLM-Projektmanagement und Nutzenbetrachtung werden ebenfalls vorgestellt.

Zur Neubearbeitung des Buches haben eine Reihe von Experten beigetragen, denen unser Dank gilt. Ein ganz besonderer Dank gebührt Herrn Dr. Michael Muschiol von der SIEMENS AG für die vielfältigen wertvollen Hinweise und die Durchsicht des Manuskripts. Herzlich bedanken möchten wir uns weiterhin bei den Damen Bettina Schleidt und Krisztina Szeghő sowie den Herren Michael Bitzer, Florian Gerhardt, Martin Langlotz, Mathias Zagel und Detlef Haesner von der Firma usb. Die grafische Gestaltung und Formatierung wurde wesentlich unterstützt von den Herren Matthias Roth und Marcel Böttrich.

Kaiserslautern und Dresden,
im Dezember 2008

Martin Eigner und Ralph Stelzer

Inhaltsverzeichnis

1 Einleitung	1
Literatur	7
2 Der Produktentstehungsprozess im Wandel	9
2.1 Der Produktentstehungsprozess als Teil des Produktlebenszyklus	9
2.2 Wandlung des Produktentstehungsprozesses	11
2.3 Anforderungen an den Einsatz von IT-Lösungen in der Produktentstehung	18
2.3.1 Cross Enterprise Engineering (CEE)	18
2.3.2 Virtualität	21
2.3.3 Prozessintegration	23
Literatur	24
3 Produktdaten-Management und Product Lifecycle Management	27
3.1 Produkt-, Prozess- und Konfigurationsmodelle	27
3.2 PDM – Definition und Funktionsüberblick	31
3.3 Erweiterung des PDM-Ansatzes durch Product Lifecycle Management	36
3.4 Einbindung von PLM-Lösungen in eine betriebliche IT-Architektur	43
Literatur	44
4 PLM als Backbone der virtuellen Produktentstehung	47
4.1 Virtuelle Produktentstehung – Definition	47
4.2 IT-Lösungen für die virtuelle Produktentstehung	48
Literatur	62
5 Organisatorische und methodische Voraussetzungen der PLM-Einführung	65
5.1 Nummernsysteme	65
5.2 Klassifizierungssysteme	71
5.3 Produktstrukturen	78
5.4 Dokumentenverwaltung	92
5.5 Freigabe- und Änderungswesen	99
5.6 Konfigurationsmanagement (CM)	112
Literatur	122

6	Komponenten und Kernfunktionen einer PLM-Lösung ...	125
6.1	Produktstruktur und Stammdatenverwaltung	125
6.2	Dokumentenmanagement	133
6.2.1	Metadaten	133
6.2.2	File-Management	138
6.2.3	Verwaltung konventioneller Dokumente	140
6.2.4	Dokumentenstrukturen	147
6.2.5	Handhabung von Modellen und Zeichnungen	150
6.3	Gruppentechnik	152
6.3.1	Schlagworte	153
6.3.2	Der Thesaurus	154
6.3.3	Sachmerkmaleisten	156
6.3.4	Geometrische Klassifizierung	159
6.4	Freigabe- und Änderungswesen	162
6.4.1	Freigabewesen	162
6.4.2	Änderungswesen	166
6.4.3	Workflow – Management	167
6.5	Management Support	170
6.5.1	Projektverwaltung	170
6.5.2	Analytics und Reporting	173
6.6	Kunden und Zulieferer	175
6.6.1	Anforderungsmanagement	175
6.6.2	Publishing	177
6.7	Engineering Collaboration	182
6.7.1	Anforderungen und Lösungskonzepte	182
6.7.2	Computer Supported Cooperative Work	183
6.7.3	Verteilte Systeme – Datenreplikation	191
6.7.4	Austausch von Produktinformationen	196
6.7.5	Verfahren der Datenübertragung	201
6.7.6	Datenaustausch mit XML	204
6.7.7	Batch-Zugriff auf PLM-Daten	206
	Literatur	210
7	Input / Output – Management	215
7.1	Erfassung externer Daten	215
7.1.1	Data Capturing	215
7.1.2	Reverse Engineering	220
7.2	Digital Engineering Visualization	225
7.2.1	Überblick	225
7.2.2	Viewen und Redlining	226
7.2.3	Digital Mock-Up	230
7.2.4	Virtual Reality	236
7.3	Ausgabefunktionen	242
7.3.1	Drucken	242

7.3.2	Plotten	245
7.3.3	Rapid Prototyping	248
	Literatur	250
8	Integrationen	253
8.1	Bedeutung von Integrationen	253
8.2	Architektur von Integrationsplattformen	255
8.3	Integrationen von Autorensystemen	263
8.3.1	Systemüberblick	263
8.3.2	CAD-Systeme für die mechanische Konstruktion	266
8.3.3	Softwareentwicklungssysteme	289
8.3.4	CAD-Systeme für die elektrische und elektronische Konstruktion	293
8.4	Integration von Team Data Management-Systemen	295
8.5	Enterprise Application Integration (EAI)	297
8.6	ERP Kopplungen	301
8.6.1	Einführung	301
8.6.2	Aufgabenverteilung zwischen PLM und ERP	303
8.6.3	Dokumente im ERP-System	307
	Literatur	309
9	Technische Infrastruktur und Systemfunktionen	311
9.1	Architektur von PLM-Lösungen	311
9.1.1	PLM-Schichtenkonzept	311
9.1.2	Datenhaltungsschicht	314
9.1.3	Applikationsschicht	320
9.1.4	Service-orientierte Architekturen	323
9.1.5	Benutzungsoberfläche	327
9.2	Zugriffschutz und Sicherheit	333
9.2.1	Privilegienverwaltung	334
9.2.2	Access Control Listen	337
9.2.3	Projektspezifisches Arbeiten	338
9.2.4	Sicherheitskonzepte für die Datenübertragung	339
9.3	Verfügbarkeit von PLM-Lösungen	343
9.3.1	Sicherung des laufenden Betriebes	343
9.3.2	Archivierung	345
9.4	Betriebliches Anpassen von PLM-Lösungen	347
	Literatur	350
10	Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von PLM-Lösungen ..	353
10.1	Grundlagen der Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	353
10.2	Erstellen einer Investitionsanalyse für PLM	356
10.2.1	Schritt 1 der Investitionsanalyse (Ist-Zustand)	356
10.2.2	Schritt 2 der Investitionsanalyse (Feststellen der betriebspezifischen Auswirkungen der PLM-Einführung)	358

10.2.3 Schritt 3 der Investitionsanalyse (Kosten-Nutzen-Erfassungsmodell)	364
10.2.4 Schritt 4 der Investitionsanalyse (Berechnung)	365
10.2.5 Schritt 5 der Investitionsanalyse (Ergebnisaufbereitung) ...	372
10.3 Beispiele von Nutzenkomponenten PLM	375
10.4 Beispiele von Nutzenkomponenten bei der Virtuellen Produktentstehung	379
Literatur	382
11 PLM-Einführungsplanung	385
11.1 Begriffsdefinitionen des Projektmanagements	385
11.2 Ausgewählte Prozessmodellierungsmethoden	387
11.3 VDI Richtlinie 2219 und weitere PLM-Einführungsmethoden	390
11.4 Kombinierte Projekt- und Prozessgesteuerte PLM-Einführung	393
11.4.1 Projektdefinition	394
11.4.2 Ist-Analyse	396
11.4.3 Soll-Konzept	399
11.4.4 Systemauswahl	406
11.4.5 Einführung und Betrieb	408
11.4.6 Auslaufphase	409
11.5 Der Faktor „Mensch“ bei der Einführung von PLM	411
Literatur	413
12 Zusammenfassung	417
Glossar	419
Sachverzeichnis	429

1 Einleitung

Komplexere Produkte und Prozesse in der Entwicklung fordern neue Methoden und IT-Lösungen. Product Lifecycle Management-Lösungen spielen eine wesentliche Rolle bei der Optimierung des Produktentstehungsprozesses. Die Durchdringung dieser Systeme gerade für kleinere und mittlere Unternehmen sowie der Einsatz über den gesamten Produktlebenszyklus sind heute noch nicht gewährleistet. Dies kann nur geschehen, wenn die Implementierung dieser Systeme als ganzheitlicher Prozess betrachtet wird, der die Organisation, die Technik und den Menschen umfasst.

Die Entwicklung, Herstellung und Vermarktung innovativer Produkte sowie die Fähigkeit, auf sich dynamisch wandelnde Märkte zu reagieren, ist eine wichtige Voraussetzung zur Aufrechterhaltung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in einem globalen Umfeld. Der Markt fordert verkürzte Durchlaufzeiten, reduzierte Kosten über den ganzen Produktlebenszyklus, zunehmende Absicherung bezüglich der Produkthaftung und der daraus abgeleiteten Regeln des Qualitätsmanagements. Die voranschreitenden internationalen Kooperationen zwischen Zulieferern untereinander sowie mit den OEM¹ führen zu einer starken Vernetzung verschiedener Unternehmenseinheiten im Rahmen eines Zuliefererverbundes oder einer Kunden/Zulieferer-Beziehung. Daraus leiten sich vollständig neue Methoden für den Produktentstehungsprozess (PEP)² ab. Der PEP besteht aus der eigentlichen Produktentwicklung und der Produktionsentwicklung. Aus der Sicht der IT-Lösungen gehören zum PEP u. a. die Virtuelle Produkt Entwicklung (VPE), die digitale Planung, die Fertigungs- und Montagesimulation sowie das gemeinsame und umfassende Management aller auf das Produkt und die Produktionsplanung bezogenen Informationen in digitaler Form und deren Visualisierung. Alle Methoden basieren darauf, die Entwicklungstätigkeiten über den gesamten Produktlebenszyklus zu optimieren. Der PEP ist ein Teil des gesamten Unternehmensprozesses. Sein Resultat ist das intellektuelle Produkt mit allen zur Herstellung benötigten Planungsunterlagen und Ressourcen, d. h. die Produktbeschreibung mit allen dazugehörigen Dokumenten, Beschreibungen, Spezifikationen, digitalen Modellen und Entwurfs- und Produktionsunterlagen aller

¹ OEM = Original Equipment Manufacturer

² Der Begriff PEP wird von manchen Autoren auch für den Produktentwicklungsprozess verwendet. Auch der Begriff Produktentstehung ist nicht eindeutig [SPK-97]. Teilweise betrifft er nur die Produktentwicklung, teilweise reicht er bis in die Produktion.

zugehörigen Betriebsmittel (Werkzeuge, Maschinen, Anlagen,...). Ein teilweise überlappender Prozess ist die Produktherstellung (Abb. 1–1), deren Resultat das durch Fertigung und Montage sowie Einkauf entstandene physische Produkt ist, und die Bereitstellung der notwendigen operativen Ressourcen (Anlagen, Betriebsmittel, Personal, Finanzmittel). Die Überlappung entsteht dadurch, dass bereits in der Produktentwicklungsphase Muster und Prototypen nicht nur digital, sondern auch physisch hergestellt werden.

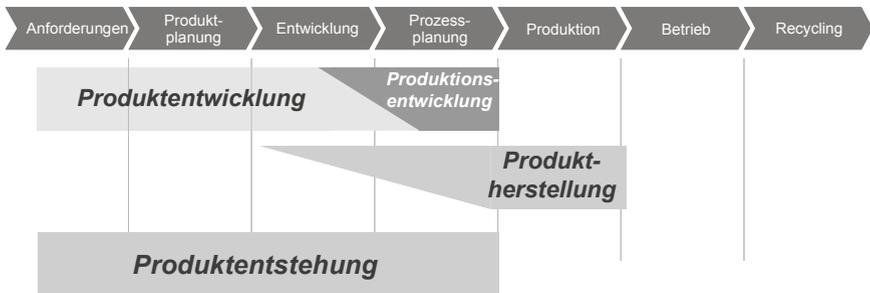


Abb. 1–1 Zusammenhang Produkt-, Produktionsentwicklung und Produktentstehung und Produktherstellung

Auf der IT-Ebene werden die neuen Methoden durch moderne CAD-, CAM- und CAE-Systeme³ sowie entsprechenden Simulations- und Visualisierungstechniken unterstützt. *PLM*⁴-Lösungen bilden den funktionalen und administrativen Backbone. Sie sind Ende der 90er Jahre aus einer Erweiterung von *PDM*⁵-Systemen entstanden.

In Anlehnung an Peter Keen „Shaping the future business design“ ergeben sich damit gänzlich neue Anforderungen an die Unternehmensführung und IT-Leitung, z. B. Integration von Arbeitsabläufen, organisatorische Flexibilität, Standortunabhängigkeit, schnelle Nutzung neuer Technologien und Sicherung von Kooperationsmöglichkeiten [BUE–94]. Eine breite Kommunikations- und Steuerfähigkeit runden die Anforderungen ab. Von der Konzentration auf die finanztechnischen und produktionsrelevanten Anwendungen (↳ ERP = Enterprise Resource Planning) erfolgt nun eine Orientierung zugunsten Marketing, Vertrieb, Supply Chain Management, Kundenservice und vor allem auf die zur Produktentstehung gehörenden Ingenieur Tätigkeiten. Insbesondere die Produktinnovation und damit die frühen Phasen der Produktentstehung sollen

³ CAD = Computer Aided Design, CAM = Computer Aided Manufacturing, CAE = Computer Aided Engineering

⁴ PLM = Product Lifecycle Management

⁵ PDM = Produktdaten Management

durch Methoden- und Prozessoptimierung sowie IT-Lösungen optimiert werden.

Die Gründe hierfür sind vielfältig. Generell haben sich die Randbedingungen für Fertigungsunternehmen vielfach verändert und damit auch die Tätigkeiten des Ingenieurs maßgeblich beeinflusst. Abbildung 1–2 verdeutlicht die Notwendigkeit für eine Intensivierung und Optimierung der Entwicklungstätigkeiten in Richtung innovativer Produkte gerade in Hochlohnländern Zentraleuropas.

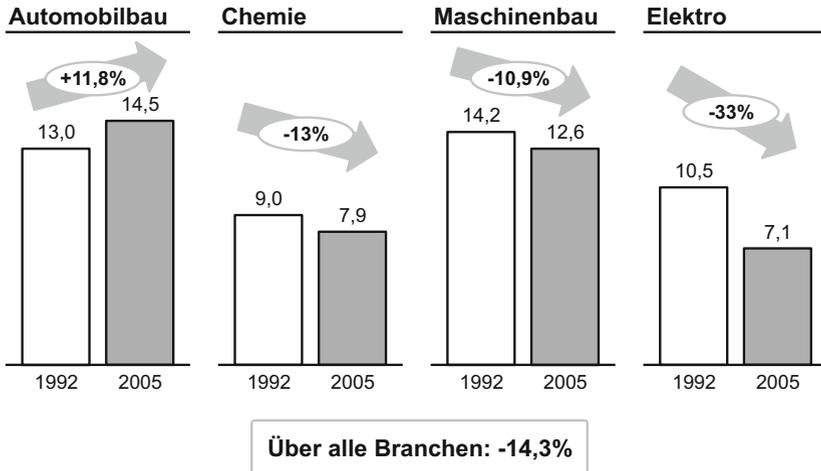


Abb. 1–2 Deutschland verliert Weltmarktanteile [MEF–06]

Im Gegensatz zu dieser Forderung hat sich in den letzten Jahren die Rolle des Ingenieurs in der Entwicklung und Konstruktion von der kreativen Tätigkeit mehr zum Administrieren, Kommunizieren und Informieren aber auch zum teamorientierten Entscheiden verschoben. Immer mehr Entscheidungen, die früher in nachgeschalteten Phasen stattfanden, werden in den Entwurfs- und Konstruktionsprozess verlagert [EIS–06]. Dadurch wird der Konstrukteur viel stärker in den Planungs-, Beschaffungs- und Produktionsprozess involviert. Diese veränderte Rolle kann er nur bewältigen, wenn er neue Methoden der Planungs- und Entscheidungsunterstützung sowie der Informationsbeschaffung bereitgestellt bekommt. Dabei sind herkömmliche IT-Ansätze nicht mehr ausreichend, da sie sich nur auf die Verwaltung und Beschaffung der entwicklungsorientierten Informationen konzentrieren.

Über manuell und rechnerunterstützt erstellte Informationen verfügen heute die Unternehmen in zunehmendem Maß. Je größer der Datenbestand ist und je flexibler und dezentraler die Aufbau- und Ablauforganisation sind, desto schwieriger wird es, die Informationen zu steuern und zu verwalten. Dazu kommen Normen und Gesetze, die die produktbezogenen Informationen zum

Bestandteil von Produkthaftungsregeln (EG-Richtlinie 85/374) und Qualitätsmanagement (DIN/ISO 9001 und ISO 10007) machen sowie Anforderungen des Marktes, global und international in Zulieferer/Kunden-Verbänden zu kooperieren und möglichst in der frühen Phase der Produktentstehung bereits im Team zusammenzuarbeiten, permanent zu kommunizieren und Informationen elektronisch auszutauschen.

Wesentlich ist in jedem Fall, dass die teamorientierte Kommunikation und die zielgerichtete Bereitstellung von Informationen für den Ingenieur wesentlich für die Entscheidungsfindung sind und damit zukünftig den Geschäftserfolg mitbestimmen. Nicht die Masse der Informationen ist entscheidend, sondern es kommt darauf an, die richtigen Informationen dahin zu leiten, sinnvoll aufzubereiten und zu präsentieren, wo sie gebraucht werden. Betriebsinterne und -externe Informationen werden zur wesentlichen Ressource des Produktdefinitionsprozesses.

In diesem Umfeld gewinnt der strategische Ansatz PLM zunehmend an Bedeutung und kann als Erweiterung der langjährigen Aktivitäten im Produktdatenmanagement gelten. Mit einer systemtechnischen Lösung für Product Lifecycle Management können Informationen erfasst oder über sog. Erzeugersysteme, z. B. CAD-, CAE-, CAM- und Office-Systeme, automatisch übernommen, individuell aufbereitet, abgerufen, administriert, analysiert und weitergeleitet werden. Das System passt sich durch flexibles Customizing dem Produkt- und Prozessmodell des jeweiligen Unternehmens an.

PLM darf nicht isoliert betrachtet werden, sondern muss in die gesamte IT-Strategie des Unternehmens und speziell im Produktentstehungsprozess eingebettet sein. Zielsetzung dieser integrierten Gesamtlösung ist die Unterstützung des Ingenieurs bei den administrativen, informativen und kommunikativen Tätigkeitsanteilen durch Infrastrukturwerkzeuge sowie bei den kreativen Tätigkeitsanteilen durch Produktbeschreibungswerkzeuge über alle Phasen der Produktdefinition und Produktentstehung (Abb. 1–3). Voraussetzung ist ein integriertes Produktdatenmodell (IPDM) und natürlich die Schaffung geeigneter technischer und organisatorischer Randbedingungen.

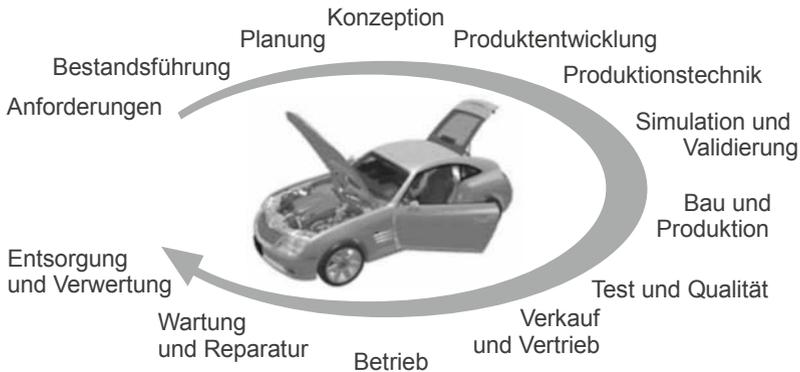


Abb. 1–3 IPDM eingebettet in eine IT-Gesamtstrategie [CIM–07]

In einer Befragung von Entwicklungsmanagern bezüglich der strategischen Zielsetzung einer PLM-Einführung wurde neben den „Standard“-Zielen Zeit-, Kostenreduktion und Qualitätsverbesserung auch die Erhöhung des Innovationspotenzials genannt (Abb. 1–4) [DAS–08].

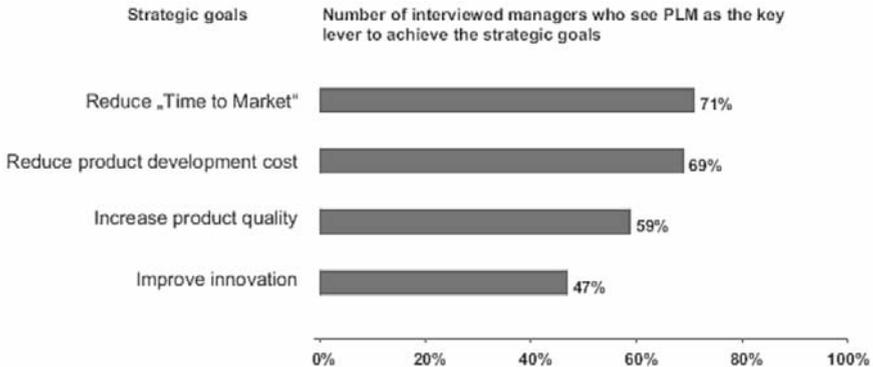


Abb. 1–4 Strategische Ziele einer PLM Einführung [DAS–08]

Hinterfragt man den *realen* Stand der Einführung von PLM in der Industrie, so ist der Anteil der konsequent in die Unternehmensprozesse integrierten und eingeführten Lösungen erschreckend gering. Diese Aussage wird u. a. durch Deloitte Research in [DEL–05] belegt. Dort wird eine vollständige Einsatzfähigkeit von PLM-Lösungen nur bei 8% der Unternehmen bescheinigt. 51% der Unternehmen werden eine teilweise Implementierung bescheinigt (Abb. 1–5).

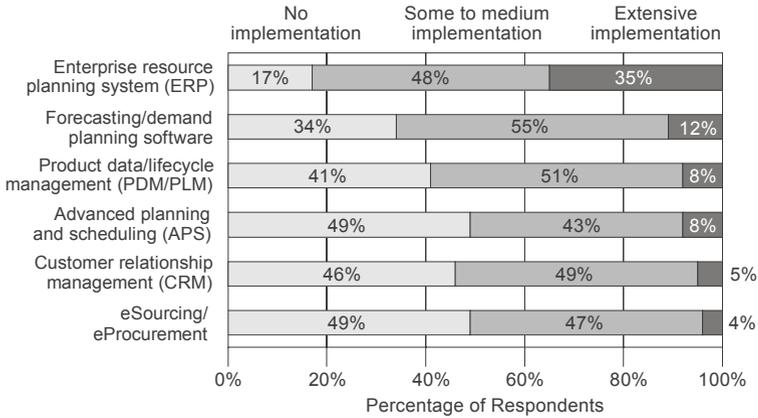


Abb. 1-5 Einführungsstand von IT Systemen [DEL-05]

Neben den zuvor genannten Zahlen werden zwei weitere Trends aufgezeigt. Erstens sind die Einsätze heutiger PLM-Lösungen im Wesentlichen auf die Phase der Entwicklung und Konstruktion beschränkt (Abb. 1-6) und zweitens setzt sich der Anwenderkreis hauptsächlich aus Großfirmen zusammen. Der Einsatz von PLM in kleinen und mittleren Unternehmen ist heute noch gering [ABS-04].

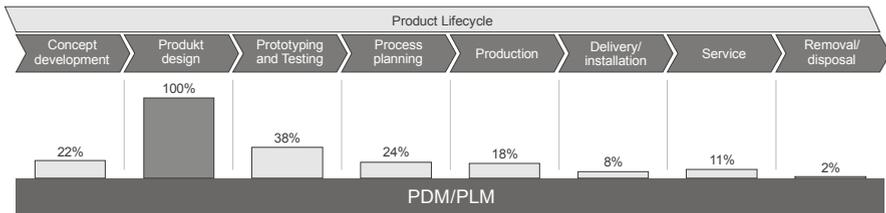


Abb. 1-6 Einsatz von PLM im Produktentstehungsprozess [ABS-04]

Die am häufigsten bei der Einführung von PLM auftretenden Probleme lassen sich in die Bereiche Technik, Organisation/Prozesse, Management und Mensch einteilen, die in erster Näherung von der Relevanz als gleichwertig betrachtet werden sollen. Typischerweise konzentrieren sich aber gerade Ingenieure auf detaillierte technische Kriterien, denen sie durch exakte Verfahren wie der Nutzwertanalyse, eine Aussagekraft zubilligen, die für den späteren Einführungsprozess relativ unbedeutend sein kann. Gestützt auf Exaktheit vortäuschender Bewertungen bis auf die zweite Stelle hinter dem Komma, werden die Bereiche Mensch, Aufbauorganisation und Prozesse vernachlässigt.

Möglichkeiten der Unterstützung bietet ein ganzheitlicher Ansatz zur Betrachtung der PLM-Einführungsproblematik. Hier ist insbesondere der sog. *Change-Management-Ansatz*, dessen Instrumente Menschen in Veränderungspro-

zessen als Hilfestellung zur Verfügung stehen und die entwickelt wurden, um organisatorische, technische und vor allem auch psychologische Komponenten von Veränderungsprozessen in Einklang miteinander zu bringen. Wesentlich ist dabei die Einbeziehung von allen am Projekterfolg beteiligten Menschen, d. h. Mitarbeiter, Anwender, Stakeholder und Führungskräfte [EIS-06]. Schließlich sind sie es, die mit ihrer Arbeitsleistung und ihrem Verhalten den „Wert“ in der Wertschöpfungskette der Produktentstehung realisieren. Darüber hinaus sind die Arbeitspersonen in zentraler Weise von den Veränderungen betroffen und ihre *Akzeptanz* entscheidet über den Erfolg von Veränderungs- und Implementierungsprojekten. Erfahrungsgemäß scheitern Projekte, in denen der „Faktor Mensch“ nicht ausreichend berücksichtigt wird und die ihre Ausrichtung ausschließlich auf den technischen Veränderungen haben. Durch den Einsatz neuer Informationstechnologien werden dem Unternehmen neue Möglichkeiten eröffnet. Der wahre Mehrwert ergibt sich dabei aber erst durch eine adäquate Prozessinnovation, die auf der IT-Plattform beruht [MCA-08].

Literatur

- ABS-04 Abramovici, M.; Schulte, S. et al.: Benefits of PLM - Nutzenpotentiale des Product Lifecycle Managements in der Automobilindustrie. Benchmark Studie, IBM Verlag, Frankfurt 2004
- BUE-94 Bues, M.: Offene Systeme – Strategien, Konzepte und Techniken für das Informationsmanagement. Berlin/Heidelberg/New York: Springer 1994
- CIM-07 cimmetry: <http://www.cimmetry.com/de/index.html>; Zugriff: 23. Juli 2007
- DAS-08 Dasberg, J.: Product Innovation Framework. accenture 01.05.2008
- DEL-05 Deloitte: Mastering Innovation. A Deloitte Research Global Manufacturing Study 2005
- EIS-06 Eigner, M.; Schleidt, T.: Unternehmensübergreifende Zusammenarbeit im Cross Enterprise Engineering. wt Werkstattstechnik online 8 (2006) 6
- MEF-06 Meffert, J.: Unternehmertum Deutschland Eine Perspektive für profitables Wachsen. Vortrag Sparkassentag Hessen-Thüringen, Fulda, McKinsey&Company 01.11.2006
- SPK-97 Spur, G.; Krause, F.-L.: Das virtuelle Produkt – Management der CAD-Technik. Wien/München: Carl Hanser Verlag 1997

2 Der Produktentstehungsprozess im Wandel

Der Produktentstehungsprozess hat sich in den letzten Jahren insbesondere durch die Zunahme der Produkt- und Prozesskomplexität zunehmend verändert. Ein wesentliches Resultat dieser Veränderung ist die Abnahme des fachlich/kreativen Teils der Ingenieur Tätigkeiten. Um diesem Trend entgegen zu wirken sollen u. a. IT-Lösungen den Produktentstehungsprozess optimieren. Schwerpunkte der Anforderungen sind Unterstützung des Cross Enterprise Engineering, der zunehmenden Virtualisierung und der Prozessintegration. Moderne IT-Lösungen für den PEP müssen interdisziplinär, integrativ und förderativ gestaltet sein.

2.1 Der Produktentstehungsprozess als Teil des Produktlebenszyklus

Der Produktlebenszyklus ist ein Kernprozess von Industrieunternehmen. Ein wichtiger Faktor hierbei ist die mehr und mehr ganzheitliche, den gesamten Produktlebenszyklus (engl.: Product Lifecycle) umspannende Sichtweise, die die heute noch vorherrschenden starren Grenzen zwischen verschiedenen Phasen, Abteilungen und IT-Lösungen aufhebt. Der Produktlebenszyklus umfasst die komplette Planung und Entwicklung von Produkten und ihren zugehörigen Betriebsmitteln, Ressourcen, Fertigungs- und Montageprozessen, deren Herstellung sowie Nutzung, Betrieb und Recycling. Die einzelnen Phasen des Prozesses mit den zugeordneten Tätigkeiten zeigt Abb. 2–1.

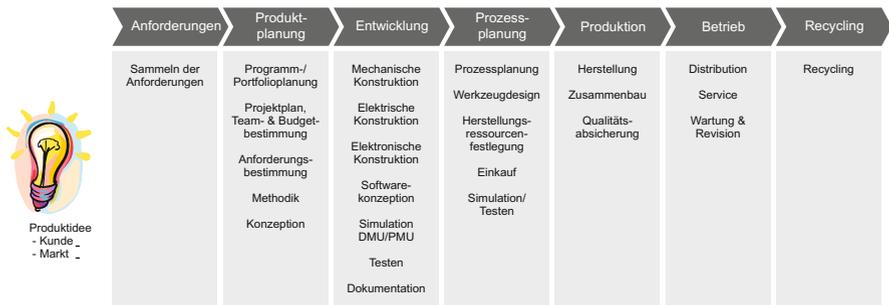


Abb. 2–1 Phasen und Tätigkeiten des Produktlebenszyklus

Der Produktentstehungsprozess ist Teil des Produktlebenszyklus. Sein Resultat ist das intellektuelle Produkt inklusive aller Produktionsunterlagen, d. h. die Produkt- und Produktionsbeschreibung mit allen dazugehörigen Dokumenten, Spezifikationen, digitalen Modellen und Entwurfsunterlagen aller zugehörigen Betriebsmittel (Werkzeuge, Maschinen, Anlagen,...). Er umfasst ebenso die Machbarkeitsanalyse, die Programm- bzw. Produktplanung, das Produktdesign, die eigentliche Produktentwicklung und -konstruktion, die Analyse, Berechnung und Simulation des Produktverhaltens sowie die Produktionsentwicklung, d. h. die Fertigungs- und Montageplanung und die Fabriksimulation. Am Ende der Produktentwicklungsphase existiert eine vollständige elektronische Beschreibung des virtuellen Produkts [SPK-97], der sog. digitale Master. Darüber hinaus ist der Ingenieur im Rahmen der Produktionsentwicklung eingebunden in den Beschaffungsprozess (SCM¹), in die Planung des Fertigungs- und Montageprozesses und der damit zusammenhängenden Konstruktion bzw. die Beschaffung der gesamten Betriebsmittel (↳ Prozessplanung), die Simulation und in die technische Dokumentation, die i. d. R. Bestandteil des Auslieferungsumfangs ist. Ist das Unternehmen nach der Auslieferung für den Betrieb und/oder die Wartung des Investitionsguts verantwortlich – typischerweise im Flugzeugbau, in der Verteidigungsindustrie, dem allg. Transportwesen und Schiffbau – so ist die Planung der Wartungsintervalle, der Inspektion und der Ersatzteilversorgung (↳ MRO²) ebenfalls Bestandteil dieses PEP (Abb. 2–2).

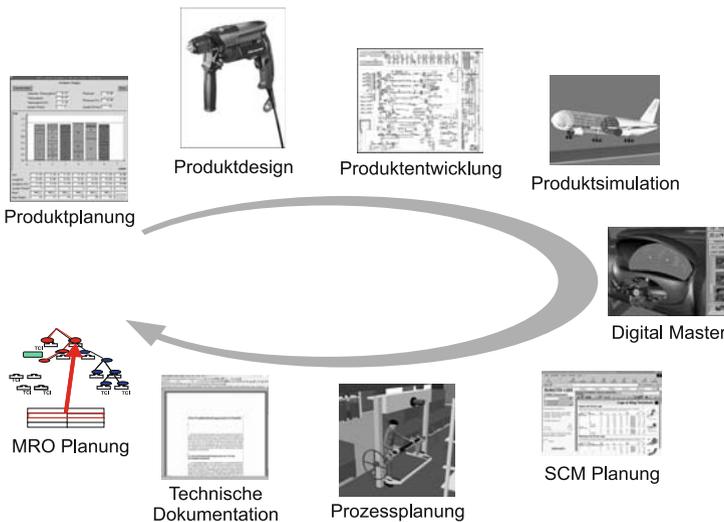


Abb. 2–2 Phasen des Produktentstehungsprozesses

¹ SCM = Supply Chain Management

² MRO = Maintenance, Repair and Overhaul

2.2 Wandlung des Produktentstehungsprozesses

In den letzten Jahren haben sich die Ingenieur Tätigkeiten innerhalb des Produktentstehungsprozesses gewandelt (Abb. 2–3). Die Einflüsse resultieren aus veränderten Marktbedingungen, aus neuen Anforderungen an das Produkt und aus Kundensicht.

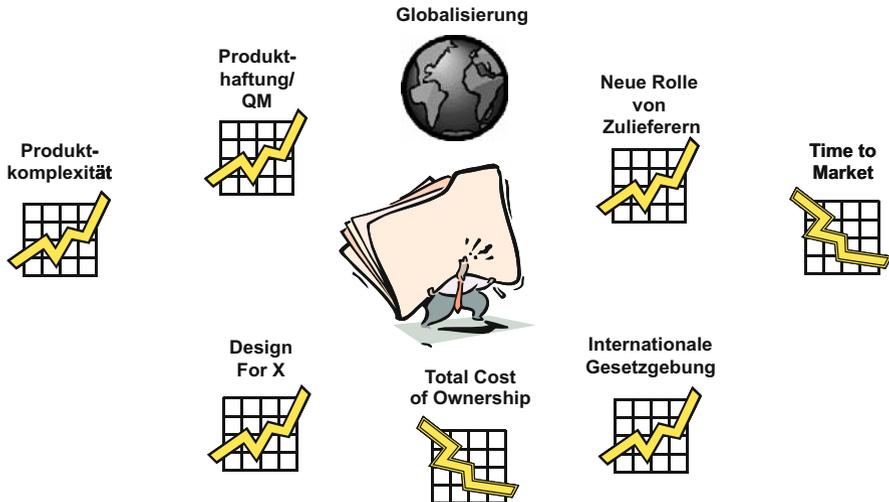


Abb. 2–3 Veränderte Randbedingungen der Ingenieur Tätigkeiten

Der Anstieg der *Produktkomplexität* resultiert zum einen aus einer weitaus stärkeren „multi market“-fähigen Produktvielfalt, die sich in einer Vielzahl von Varianten und Produktderivaten auf gemeinsamen Plattformen ausdrückt (Abb. 2–4). Zum anderen steigt der Anteil elektronischer Komponenten und der zugehörigen „embedded software“ ständig (↳ Mechatronik), wie Abb. 2–5 zeigt. Der wertmäßige Anteil an Elektronik und Software hat in den letzten Jahren ständig zugenommen und liegt z. B. im Fahrzeugbau bei ca. 40% [TRE–04]. Als Herausforderung ergeben sich daraus eine höhere Komplexität und kürzere Entwicklungszyklen.

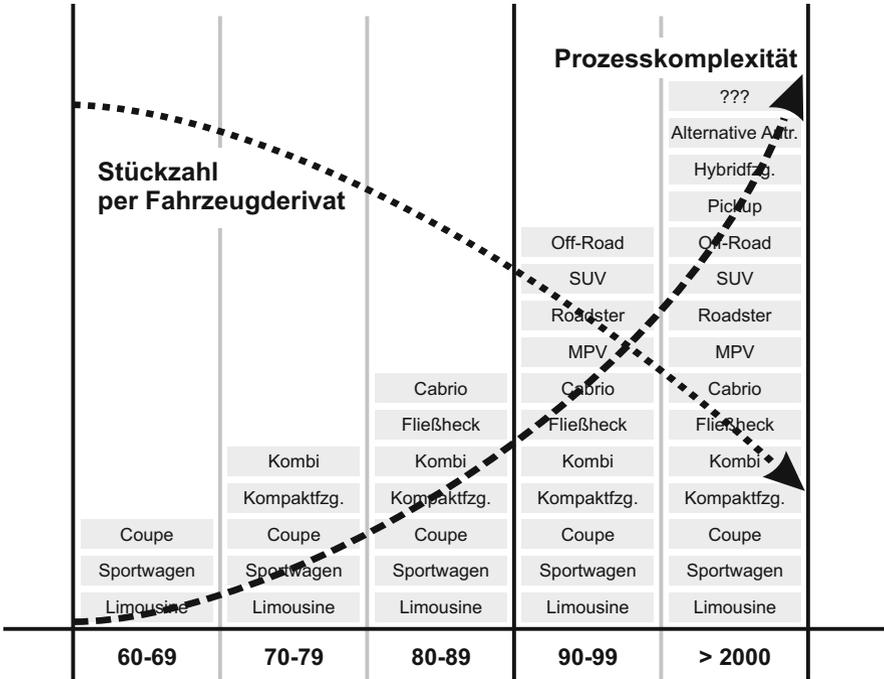


Abb. 2-4 Entwicklung der Produktstrategie in der Automobilindustrie (Quelle: Pätzold, ProSTEP AG)

Die zahlreichen Abhängigkeiten innerhalb der Disziplinen mechatronischer Produkte stellen besondere Anforderungen an den Produktentstehungsprozess. Die frühe Fehlervermeidung und Entwicklung fehlertoleranter Produkte werden von den heutigen, disziplinspezifischen Methoden und Werkzeugen nur unzureichend unterstützt. Die Folge sind zahlreiche Rücksprünge in den Entwicklungsschritten oder die Erkennung von Fehlern erst anhand von Prototypen oder beim Kunden. Wo bislang die Elektronik- bzw. Softwareentwicklung als Dienstleister für eine Mechanik-Entwicklung galt, muss zukünftig ein die Fachdisziplinen integrierender, „mechatronischer“ Produktentstehungsprozess definiert werden. Aufgrund der fachdisziplinspezifischen Vorgehensweisen und Methoden ist hierzu eine wirksame Koordination der Disziplinen Maschinenbau, Elektronik, Informationstechnik und Regelungstechnik erforderlich.

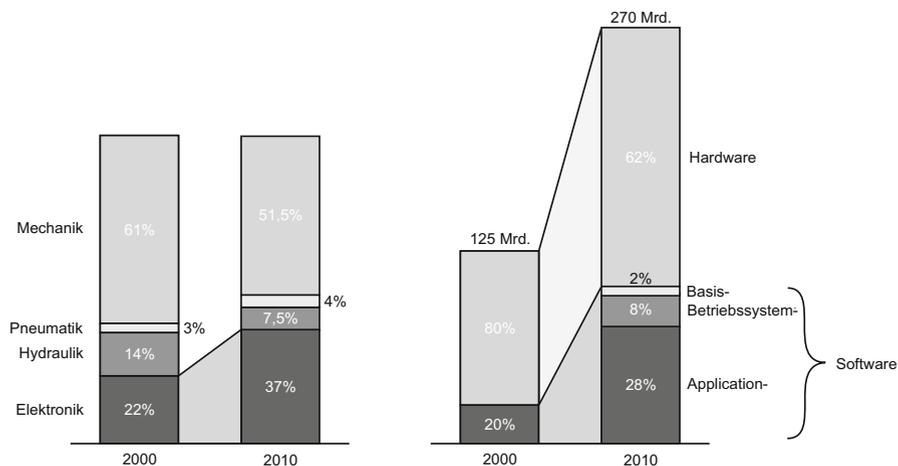


Abb. 2-5 Zunahme der Elektronik/Mechatronik [MMC-01]

Unter *Produkthaftung* versteht man die Haftung für Schäden aus der Benutzung von Produkten, d. h. für Personen- und Sachschäden, die ein Verbraucher oder sonstige Personen aufgrund der Fehlerhaftigkeit eines Erzeugnisses erleiden [KRA-99]. Dabei geht es nicht um den Schaden am Produkt selbst, da es sich hier um den Bereich der Gewährleistung handelt. Wesentliches Merkmal der Produkthaftung nach § 823 BGB ist die Tatsache, dass diese Haftung verschuldensabhängig ist. Dies bedeutet, dass eine Ersatzpflicht des Schädigers nur dann eintritt, wenn er schuldhaft, d. h. vorsätzlich oder fahrlässig gehandelt hat. Hersteller ist derjenige, der ein Produkt selber herstellt bzw. der Zulieferer hinsichtlich seines zugelierten Beitrages. Darüber hinaus kann auch der verantwortliche Mitarbeiter persönlich nach den Grundsätzen der Produzentenhaftung haften. Da es sich hier um eine verschuldensabhängige Haftung handelt, haftet der Hersteller nur dann, wenn er schuldhaft gehandelt hat. In soweit war es in der Vergangenheit Sache des Anspruchstellers, ein Verschulden des schädigenden Produzenten zu beweisen. Aufgrund der Besonderheit, dass der Verbraucher keinen Einblick in den Betrieb und den Herstellungsprozess eines Unternehmens nehmen kann, ist die Rechtsprechung dazu übergegangen, die Beweislast zu Lasten des Herstellers umzukehren. Dies hat zur Folge, dass nicht der Geschädigte ein Verschulden des Herstellers beweisen muss, sondern der Hersteller sich entlasten muss. Diese Beweislastumkehr ist in den letzten Jahren immer weiter ausgedehnt worden und hat zu einer Verschärfung der Produzentenhaftung geführt. Produkthaftung wird künftig nicht nur unter dem Aspekt der Qualität technischer Dokumentationen und Bedienungsanleitungen verstärkt Beachtung geschenkt werden müssen, sondern im Rahmen der DIN/ISO 9001 wird im sog. „Rekonfigurationsparagrafen“ (§ 7.5.3) klar gesagt, welche Pflichten der Hersteller im Schadensfall tatsächlich hat. Dazu gehören die Rückverfolgbarkeit aller zur Produktbeschreibung,

-herstellung und zum Betrieb notwendigen Unterlagen in der jeweils aktuellen Version [KUE-01]. Die betriebliche Umsetzung erfolgt i. d. R. durch ein Konfigurationsmanagementsystem.

Globalisierung und die *veränderte Rolle der Zulieferer* verlangen neue Methoden, Prozesse und IT-Lösungen, um in einer vollständig vernetzten Unternehmenswelt mit ständig wechselnden Partnerschaften den Produktentstehungsprozess abzuwickeln. Entwicklungspartnerschaften gehen von folgender Verteilung der Entwicklungs- und Konstruktionsaufgaben aus:

- innerhalb des Unternehmens z. B. auf mehrere Standorte,
- zwischen Unternehmen eines gemeinsamen Zuliefererverbands und
- zwischen Unternehmen in einer Kunden/Zulieferer-Beziehung.

Die zunehmende weltweite und unternehmensübergreifende Arbeitsteilung innerhalb der Wertschöpfungskette führt zu komplexeren, vernetzten Arbeitsorganisationen und einem verstärkten Einsatz von bereichsübergreifenden Kommunikationstechnologien sowie zu Problemen der zielgerichteten Kommunikation zwischen Beteiligten verschiedener Zeitzonen und Kulturräumen. Abbildung 2–6 verdeutlicht die in den letzten Jahren erkennbare Veränderung der Rollenverteilung zwischen OEM³ und Zulieferer. Die aus der zunehmenden Vernetzung in der Zuliefererkette resultierende Komplexität der Kommunikation ist Abb. 2–7 zu entnehmen.

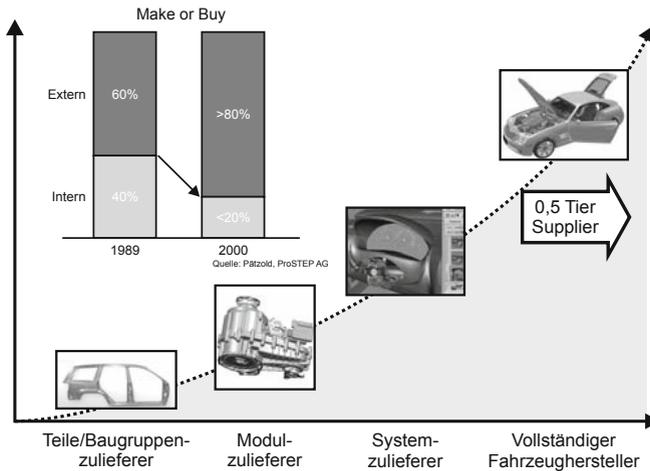


Abb. 2–6 Neue Rolle der Zulieferer (Quelle: Magna Steyr Fahrzeugtechnik)

³ OEM = Original Equipment Manufacturer

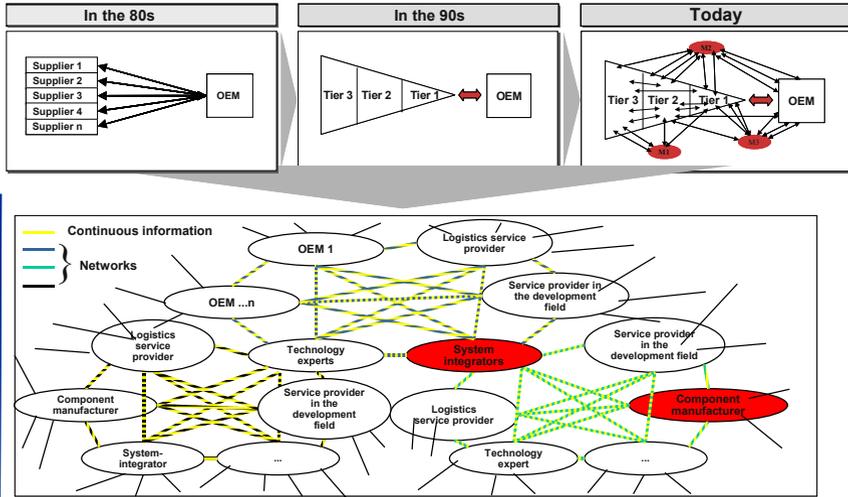


Abb. 2–7 Vernetzte Arbeitssituation im PEP (Quelle: Dr. Göschel, BMW Group)

Zusätzlich haben auch die Anforderungen nach *Durchlaufzeitverkürzung* (↳ *Time to Market*) und früherer Marktbereitstellung von Produkten zu einer veränderten Arbeitssituation für Ingenieure in der Produktentstehung geführt [WAR–99].

Neben dem immer stärker dominierenden Zeitfaktor spielen auch die Kosten – und dabei nicht nur die Produktherstellkosten, sondern die sog. *Total Cost of Ownership (TCO)*, d. h. die Kosten, die während des gesamten Lebenszyklus des Produktes für den Benutzer/Anwender anfallen – eine Rolle. Allerdings ist bei den Einsparpotenzialen eine Verlagerung von den verursachten zu den geplanten Kosten festzustellen (Abb. 2–8) [EIG–03]. Dieser Trend ist konsequent, denn die geplanten Kosten der Konstruktion und Entwicklung werden in den nachfolgenden Phasen der Produktion und damit in der Planung, Fertigung/Montage sowie der Beschaffung natürlich zu verursachten Kosten.

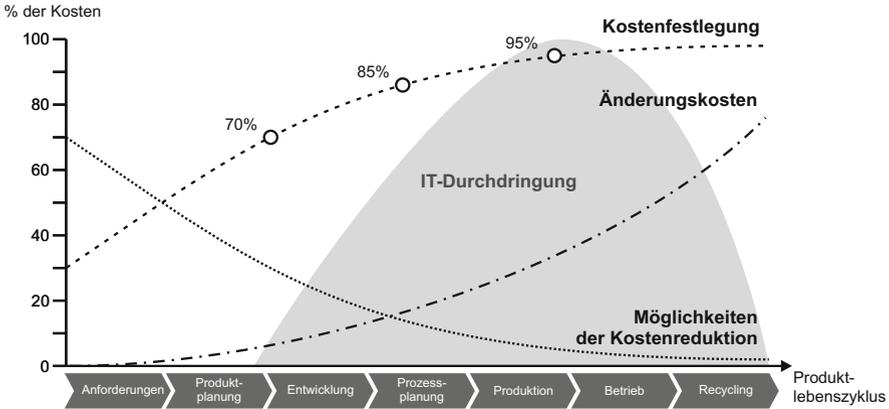


Abb. 2-8 Kostenfestlegung und Änderungskosten in der Entwicklung und Konstruktion

Firmen müssen sichergehen, dass sie gemäß Gesetzgebungen in den Lieferländern und internen korporativen Richtlinien Produkte entwickeln (☞ *Compliance/Governance*). Ohne eine dementsprechende Unterstützung durch PLM-Lösungen ist dies nicht möglich. Bei der zunehmenden produktrelevanten Gesetzgebung wird die Beherrschung dieser Informationen ein kritischer Erfolgsfaktor. Abbildung 2-9 zeigt für ausgewählte Märkte einen Ausschnitt der aktuellen umweltpolitischen Gesetzgebung, die die Produktentstehung maßgeblich beeinflussen.

- **EUROPE**
 - Strategy on Sustainable Development (SSD)
 - Corporate Social Responsibility (CSR)
 - Integrated Product Policy (IPP)
 - Integrating Environmental Aspects into Standardization
 - Eco-Design for Energy-Using Products (EuP)
 - Chemicals Regulation (REACH)
 - Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)
 - Restrictions on the Use of Certain Hazardous Substances in Electrical and Electronic Equipment (RoHS)
- **CHINA**
 - Management Methods for the Prevention and Control of Pollution from Production of Electronic and Information Products

Abb. 2-9 Einfluss der Gesetzgebung auf die Produktentstehung

Zum Beispiel verursachte der Rückruf von Spielkonsolen im Weihnachtsgeschäft 2001 in den Niederlanden aufgrund eines zu hohen Cadmium-Anteils dem Hersteller einen Verlust von ca. 92 Mio. US-\$ (Quelle: Sony). Für den Konstrukteur bedeutet dies bei der zunehmenden Internationalisierung des

Vertriebsumfeldes, ständig die landes- bzw. regionalspezifischen gesetzlichen Randbedingungen zu beachten und über Veränderungen informiert zu sein.

Aus den genannten Veränderungen ergab sich ein Wandel in den Aufgabeninhalten und der durch den Ingenieur abzudeckenden Verantwortungsbereiche. In den letzten Jahren hat sich die Rolle des Ingenieurs in der Entwicklung und Konstruktion von der fachlich/kreativen Tätigkeit mehr zur Projektmanagement, Dokumentation und Kommunikation verschoben (Abb. 2–10). Die Ergebnisse decken sich mit anderen Studien, die davon ausgehen, dass der kreative Tätigkeitsanteil des Ingenieurs in den letzten 20 Jahren halbiert wurde. Damit wird verschiedenen äußeren Einflüssen auf die Produktentstehung, z. B. Anforderungen aus der Gesetzgebung und dem Qualitätsmanagement, aber vor allem der zunehmenden Bedeutung internationaler Zusammenarbeit dezentraler Entwicklungsstandorte innerhalb und außerhalb eines Unternehmens (Kunden/Zulieferer-Beziehung) Rechnung getragen. Der Ingenieur ist durch die zunehmende Parallelisierung der Tätigkeiten in neue komplexere Prozesse eingebunden, die vorher sequentiell abgelaufen sind, z. B. Qualitätsmanagement, Supply Chain Management und technische Dokumentation, und die durch ihre Vernetzung und Komplexität einen höheren Organisationsaufwand verlangen.

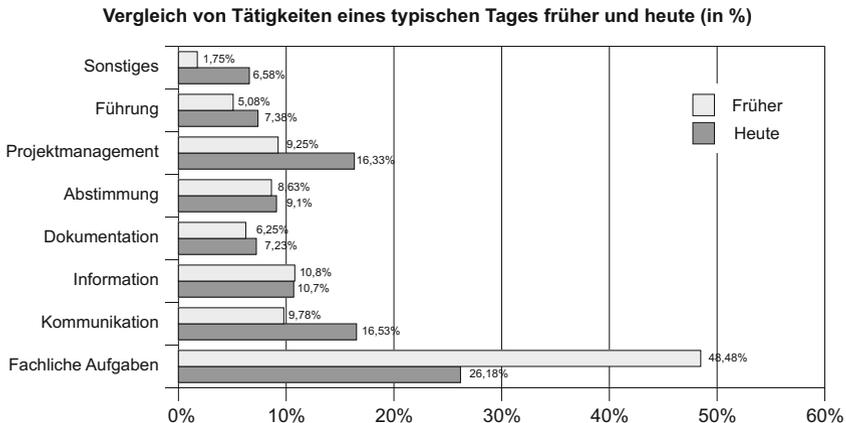


Abb. 2–10 Veränderung der Entwicklungs- und Konstruktionstätigkeiten [VPE-06]

Manager des Produktentstehungsprozesses haben somit die Aufgabe in einer komplexen und vernetzten Umgebung, besser, schneller und i. d. R. mit weniger Kapazität immer wieder innovative Produkte zu definieren, um auf dem Markt erfolgreich bestehen zu können. Produktinnovation wird nach einer Befragung von AMR Research von 27% aller Unternehmen als höchste Priorität angegeben, um in einer stagnierenden Wirtschaft konkurrenzfähig zu bleiben.

2.3 Anforderungen an den Einsatz von IT-Lösungen in der Produktentstehung

Aus den im vorherigen Kapitel aufgezählten Randbedingungen abgeleitete Anforderungen an Informationstechnologie (IT)-Lösungen im Engineering gehen zunächst einmal davon aus, dass IT nur ein Hilfsmittel ist. Tatsächliche Verbesserungen des Produktentstehungsprozesses ergeben sich erst durch:

- frühzeitigere Erhöhung des Produktwissen und Absicherung von Entscheidungen in den frühen Phasen des PEP's,
- vollständige und frühzeitigere Integration von Simulationen und Berechnungen in den Entwicklungsprozess, z. B. Digital Mock-Up bereits in der Konzeptphase,
- Unterstützung der firmeninternen und firmenübergreifenden Kommunikation von Ingenieuren in verteilten Produktentstehungsprozessen und verschiedenen Disziplinen sowie durch
- gemeinsamen Zugriff auf alle für das Produkt während aller Phasen des Produktlebenszyklus relevanter Informationen (↪ Product Record).

Erst auf Basis dieser methodischen und organisatorischen Maßnahmen entfalten IT-Lösungen ihre volle Wirksamkeit.

Bei der Umsetzung der aus den geänderten Randbedingungen des Produktentstehungsprozesses resultierenden Anforderungen auf die technische IT und im Besonderen auf PLM-Lösungen ergeben sich somit die Schwerpunkte Cross Enterprise Engineering, Virtualität und Prozessintegration.

2.3.1 Cross Enterprise Engineering (CEE)

Die Parallelisierung, Verteilung und Vernetzung der Projekte, Produkte und Prozesse fängt bereits in sehr frühen Entwicklungsphasen an und umspannt sowohl die Zulieferer und die Kunden als auch die verschiedensten internen und externen PLM-Lösungen. CEE bedeutet, dass Teile, Baugruppen, Komponenten und Systeme über örtliche, unternehmerische und systemtechnische Grenzen hinweg geplant und entwickelt werden. Kommunikation und der Informationsaustausch werden zunehmend über das Intra- bzw. Internet abgewickelt. In Abbildung 2–11 ist die Veränderung bezüglich der zunehmenden Parallelisierung und Vernetzung der Produktentstehungsprozesse dargestellt.

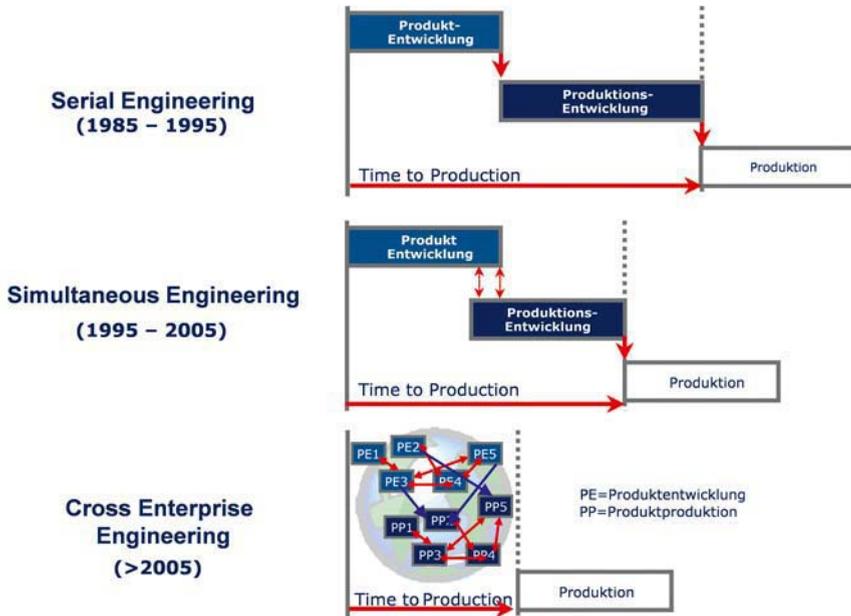


Abb. 2–11 Veränderungen der Produktentstehungsmethoden

James Champy beschreibt Cross Enterprise Engineering – er nennt es X-Engineering – folgendermaßen [CHA–02]:

“The walls between a company, its customers, and its suppliers – even between competitors – are coming down. In a world of free-flowing information and Products, X-ENGINEERING the cooperation reveals a radical new vision of the Cooperation.”

Das bedeutet, dass eine mehrdimensionale Zusammenarbeit und Kooperation innerhalb des Unternehmens und im Rahmen der Zuliefer- und Kundenbeziehung über die Unternehmensgrenzen hinweg über alle Disziplinen und alle Phasen des Produktentstehungsprozesses unterstützt werden (Abb. 2–12).

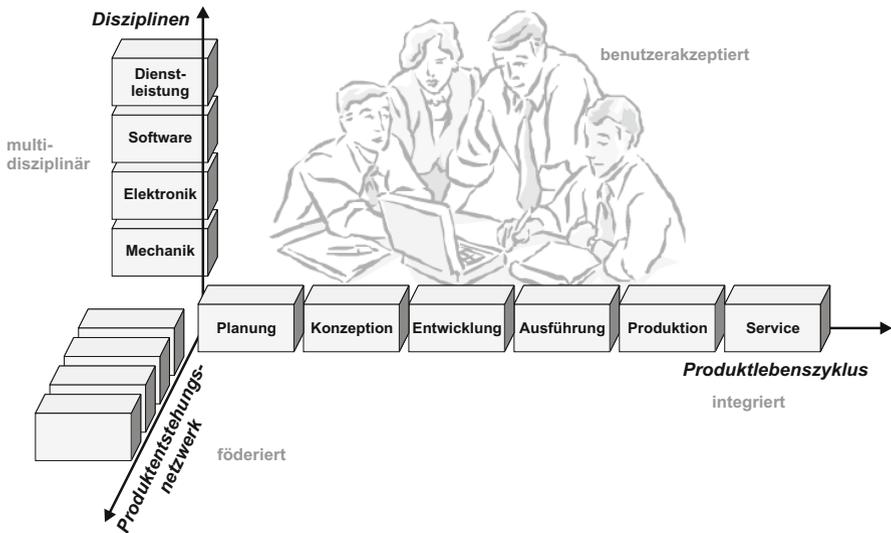


Abb. 2–12 Mehrdimensionale Zusammenarbeit im Rahmen des Cross Enterprise Engineering

Aufgrund dieses Sachverhaltes ergeben sich für die IT-Lösungen im Produktentstehungsprozess folgende konkrete Anforderungen:

Integration der IT-Lösungen über den gesamten Produktlebenszyklus, das bedeutet von der ersten Idee und Lösungskonzeption bis zum Recycling. Die Integration der IT-Lösungen über den Produktlebenszyklus muss über Daten- und/oder Funktionsschnittstellen gewährleistet werden, z. B. STEP AP 214⁴ oder JT⁵. In der Praxis bedeutet dies die Einbindung einer Vielzahl von über den Produktlebenszyklus betriebsspezifisch eingesetzten IT-Lösungen, z. B. PPS (Produktionsplanung und -steuerung) und CAD (Computer Aided Design).

Föderation der IT-Lösungen in einem dezentral und verteilt arbeitenden Unternehmen und im Rahmen der Zuliefererkette auch über die Unternehmensgrenze hinaus. Föderation der Daten und Prozesse wird aus der Verteilung über den gesamten Lebenszyklus, die Interdisziplinarität sowie den zunehmend vernetzten Entwicklungs- und Produktionspartnerschaften gefordert. Die Verteilung kann:

- innerhalb des Unternehmens z. B. auf mehrere Standorte und Lebenszyklusphasen,

⁴ STEP AP 214 = Standard for the Exchange of Product Data Application Protocol 214

⁵ JT = Jupiter Tessalation

- zwischen Unternehmen eines gemeinsamen Zuliefererverbunds und
- zwischen Unternehmen in einer Kunden/Zulieferer-Beziehung erfolgen (Abb. 2–13).

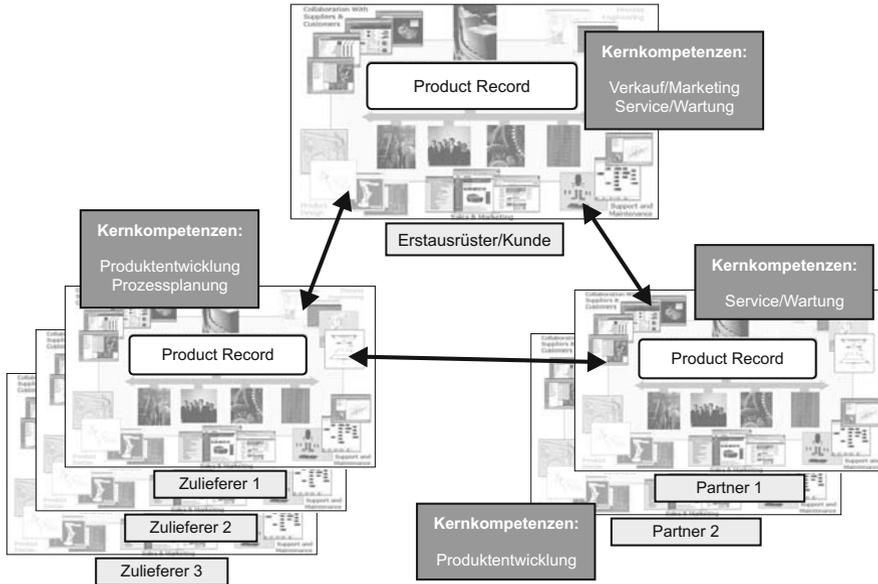


Abb. 2–13 Vernetzte Arbeitssituation im Engineering

Interdisziplinarität bedeutet die Kooperation verschiedener Disziplinen (↪ Domänen) der Produktentstehung. Neben dem bereits klassischen mechanischen Ansatz (Mechanik, Elektrik/Elektronik, Software) sollen auch die Hydraulik, Pneumatik und auch zum Produkt gehörige Dienstleistungspakete (Montage, Training, Instandhaltung und Instandsetzung, etc.) unterstützt werden. Die Kombination von materiellen und dienstleistungsorientierten Produktkomponenten wird auch hybride Leistungsbündel genannt [ABS–06]. Zu der genannten Problematik kommt erschwerend hinzu, dass zunehmend Entwicklungsanteile an spezialisierte Systemlieferanten übergehen. Damit muss eine effiziente Zusammenarbeit nicht nur über die technischen Disziplinen, sondern auch über die Unternehmensgrenzen gewährleistet sein.

2.3.2 Virtualität

Eine Nutzung der Technologie der Virtual Reality (VR) als Projektions- und Arbeitsumgebung kann die Beherrschung der Produkt- und Prozesskomplexität maßgeblich unterstützen. Sie ermöglicht insbesondere eine Visualisierung

und Interaktion mit virtuellen Prototypen und ist daher besonders geeignet für Gruppenpräsentationen und die Zusammenarbeit in interdisziplinären Teams, da die relevanten Informationen gruppenadäquat multimedial aufbereitet und dargestellt werden können. Die immersive Visualisierung unterstützt dabei die Entscheidungsfindung in komplexen Problemsituationen, beispielsweise bei Styling Review, Konstruktionsüberprüfung, Simulationsdatenauswertung, Montage und Demontageuntersuchungen, Werkzeugabnahme und Fabrikplanung (Abb. 2–14).

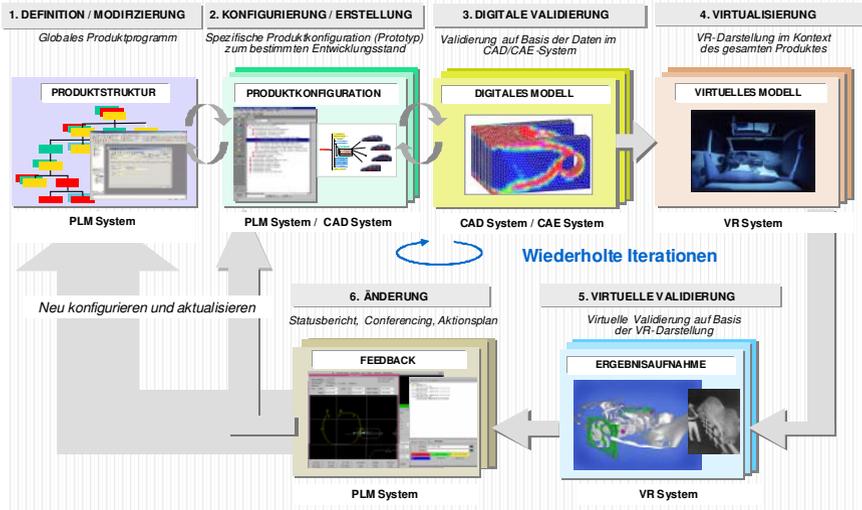


Abb. 2–14 Prozessablauf des Virtual Engineering [EIO–07]

Dieser Ansatz fasst die aktuellen Produktdaten in einer Struktur zusammen. Sie dient als die Basis für die Konfiguration von spezifischen Produkten, die Generierung virtueller Prototypen und somit für eine frühe Validierung beispielsweise für Funktionserfüllung, Fertigungs-, Montage-, Fabrikplanung und Service. Die relevanten Produktinformationen werden derzeit zum einen phasenspezifisch (beispielsweise in der Fahrzeugentstehung bezogen auf Konzept-, Struktur- und Produktionsfahrzeuge) und zum anderen modell- bzw. variantenspezifisch jeweils innerhalb der Lebenszyklusphasen generiert und gespeichert. Während die Produktdefinition in diesen Strukturen top-down vorgenommen wird, vollzieht sich die Produktvalidierung bottom-up.

Es existieren insofern mehrere modell- und phasenspezifische Produktstrukturen nebeneinander. Diese können derzeit nicht auf eine integrierte, lebenszyklusorientierte Produktstruktur zurückgeführt werden. Die Entwicklung einer solchen Produktstruktur stellt eine der wesentlichen Herausforderungen vor dem Hintergrund des Virtual Engineering dar. Mit einer lebenszyklus-