

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](http://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

<b>1 Einleitung</b> .....	1
Literatur .....	7
<b>2 Der Produktentstehungsprozess im Wandel</b> .....	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
<b>3 Produktdaten-Management und Product Lifecycle Management</b> .....	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
<b>4 PLM als Backbone der virtuellen Produktentstehung</b> ....	47
4.1 Virtuelle Produktentstehung – Definition .....	47
4.2 IT-Lösungen für die virtuelle Produktentstehung .....	48
Literatur .....	62
<b>5 Organisatorische und methodische Voraussetzungen der PLM-Einführung</b> .....	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

<b>6</b>	<b>Komponenten und Kernfunktionen einer PLM-Lösung ...</b>	<b>125</b>
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
<b>7</b>	<b>Input / Output – Management .....</b>	<b>215</b>
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
<b>8</b>	<b>Integrationen</b> .....	<b>253</b>
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
<b>9</b>	<b>Technische Infrastruktur und Systemfunktionen</b> .....	<b>311</b>
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
<b>10</b>	<b>Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen von PLM-Lösungen</b> ..	<b>353</b>
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
<b>11 PLM-Einführungsplanung .....</b>	<b>385</b>
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
<b>12 Zusammenfassung .....</b>	<b>417</b>
<b>Glossar .....</b>	<b>419</b>
<b>Sachverzeichnis .....</b>	<b>429</b>

# 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.*

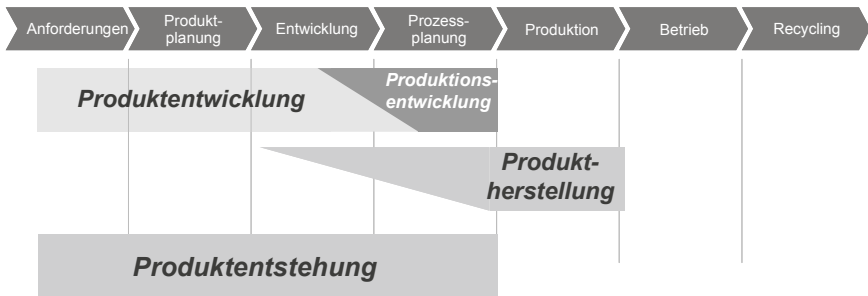
Die Entwicklung, Herstellung und Vermarktung innovativer Produkte sowie die Fähigkeit, auf sich dynamisch wandelnde Märkte zu reagieren, ist eine wichtige Voraussetzung zur Aufrechterhaltung und Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von Unternehmen in einem globalen Umfeld. Der Markt fordert verkürzte 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 OEM<sup>1</sup> führen zu einer starken Vernetzung verschiedener Unternehmens-einheiten im Rahmen eines Zuliefererverbundes oder einer Kunden/Zulieferer-Beziehung. Daraus leiten sich vollständig neue Methoden für den Produktentstehungsprozess (PEP)<sup>2</sup> 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

---

<sup>1</sup> OEM = Original Equipment Manufacturer

<sup>2</sup> 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-Systeme<sup>3</sup> sowie entsprechenden Simulations- und Visualisierungstechniken unterstützt. *PLM*<sup>4</sup>-Lösungen bilden den funktionalen und administrativen Backbone. Sie sind Ende der 90er Jahre aus einer Erweiterung von *PDM*<sup>5</sup>-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

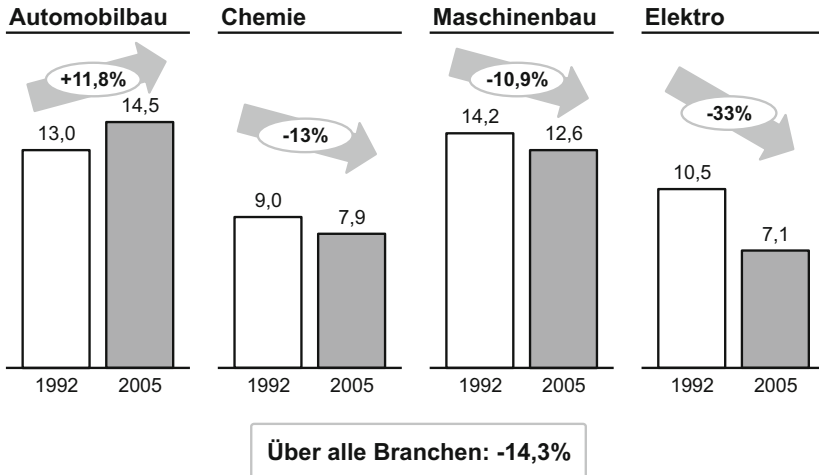
<sup>3</sup> CAD = Computer Aided Design, CAM = Computer Aided Manufacturing, CAE = Computer Aided Engineering

<sup>4</sup> PLM = Product Lifecycle Management

<sup>5</sup> 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.

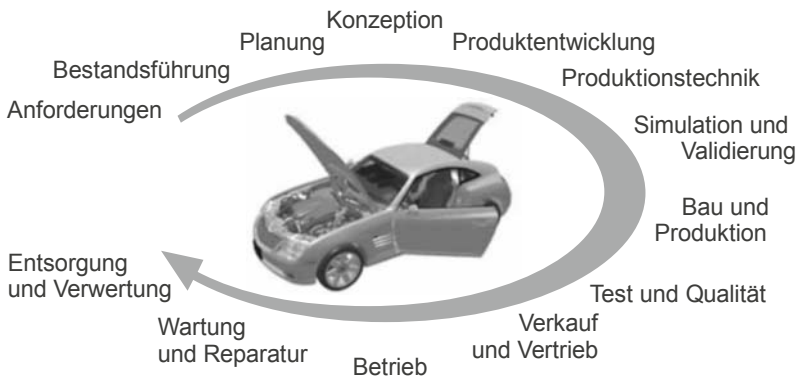
Über manuell und rechnerunterstützt erstellte Informationen verfügen heute die Unternehmen in zunehmendem Maß. Je größer der Datenbestand ist und je flexibler und dezentraler die Aufbau- und Ablauforganisation sind, desto schwieriger wird es, die Informationen zu steuern und zu verwalten. Dazu kommen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

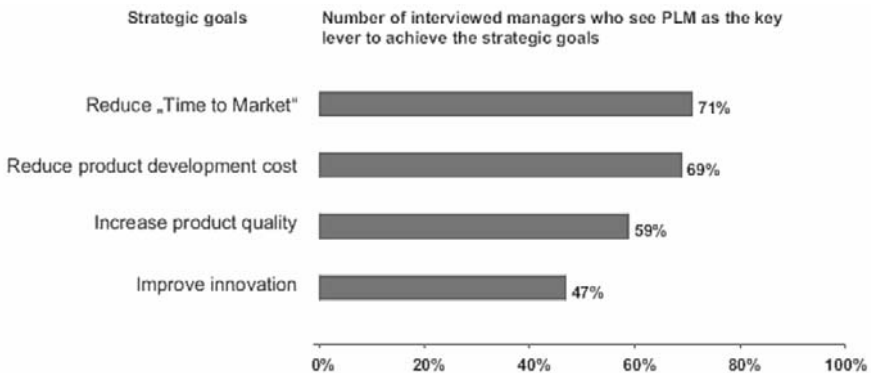
In diesem Umfeld gewinnt der strategische Ansatz PLM zunehmend an Bedeutung und kann als Erweiterung der langjährigen Aktivitäten im Produktdatenmanagement gelten. Mit einer systemtechnischen Lösung für Product Lifecycle Management können Informationen erfasst oder über sog. Erzeugersysteme, z. B. CAD-, 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).

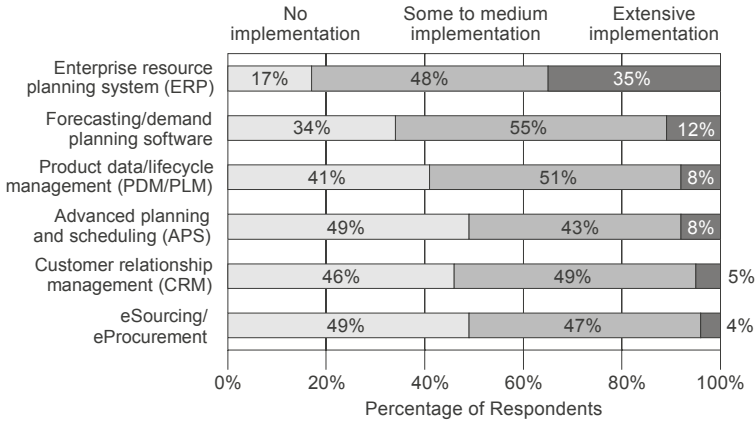


Abb. 1-5 Einführungsstand von IT Systemen [DEL-05]

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].

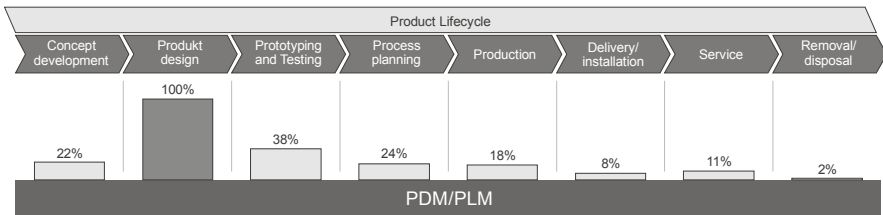


Abb. 1-6 Einsatz von PLM im Produktentstehungsprozess [ABS-04]

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-