



## Inhaltsverzeichnis

Handbuch Produktentwicklung

Herausgegeben von Udo Lindemann

ISBN (Buch): 978-3-446-44518-5

ISBN (E-Book): 978-3-446-44581-9

Weitere Informationen oder Bestellungen unter

<http://www.hanser-fachbuch.de/978-3-446-44518-5>

sowie im Buchhandel.

# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	XXVII
<b>Der Herausgeber</b> .....	XXIX
<b>Autorenverzeichnis</b> .....	XXXI
<b>TEIL I</b>	
<b>Entwicklungsstrategie</b> .....	1
<b>1 Produktentwicklung Quo Vadis</b> .....	3
<i>Dieter Spath, Manfred Dangelmaier</i>	
1.1 Entgrenzung der Produktentwicklung .....	3
1.2 Interdisziplinäre Produktentwicklung .....	4
1.3 Dienstleistungsintegration .....	5
1.4 Digitalisierung und smarte Produkte .....	5
1.5 Neue Daten und Ansätze .....	6
1.6 Literatur .....	7
<b>2 Strategische Produkt- und Prozessplanung</b> .....	9
<i>Jürgen Gausemeier, Julian Echterfeld, Benjamin Amshoff</i>	
2.1 Informations- und Kommunikationstechnik als Treiber von Innovationen .....	9
2.2 Referenzmodell der Marktleistungsentstehung .....	13
2.3 Anwendungsbeispiel Schaltschrankbau .....	15
2.4 Erkennen von Zukunftsoptionen mit der Szenario-Technik .....	17
2.5 Entwicklung von Geschäftsmodellen .....	23
2.6 Implementierung von Geschäftsmodellen – Gestaltung von Geschäftsprozessen .....	28
2.7 Literatur .....	34
<b>3 Portfoliomanagement</b> .....	37
<i>Werner Seidenschwarz</i>	
3.1 Ziele und Elemente des Portfoliomanagements .....	37
3.2 Die strategische Unternehmensführung als Rahmen für das Portfoliomanagement .....	38
3.2.1 Zentrale Elemente einer Strategie .....	38

3.2.2	Strategieebenen .....	40
3.2.2.1	Strategie Gesamtunternehmensebene .....	41
3.2.2.2	Strategie Geschäftsgebietsebene .....	41
3.2.3	Dynamik im Strategieprozess .....	43
3.2.3.1	Typische Strategiefallen und ihre Auswirkungen auf das Portfoliomanagement .....	44
3.2.3.2	Disruptive Marktentwicklungen .....	46
3.3	Portfoliomanagement im Rahmen des Produktlebenszyklusmanagements .....	47
3.3.1	Drei Portfoliostufen .....	48
3.3.1.1	Diversifikation .....	48
3.3.1.2	Wettbewerbsposition-Marktattraktivitäts-Matrix .....	49
3.3.1.3	Technologieportfolio .....	50
3.3.2	Der Töpfe-Ansatz zur finanziellen Rahmensetzung für strategische Projektkategorien	51
3.3.3	Selektionskriterien für die Projektauswahl .....	53
3.3.4	Multi-Projektplanung .....	54
3.3.5	Multi-Projektplanung aus Produktlebenszyklussicht .....	55
3.4	Zusammenfassung .....	57
3.5	Literatur .....	58
<b>4</b>	<b>Risiko- und Chancenmanagement in der Produktentwicklung</b> .....	<b>59</b>
	<i>Josef Oehmen</i>	
4.1	Ziele und Wertbeitrag des Risikomanagements in der Produktentwicklung .....	59
4.2	Risikomanagementprozesse in der Produktentwicklung .....	59
4.3	Kognitive Verzerrungen und Risikomanagement .....	61
4.4	Gestaltung und Einführung eines Risikomanagementsystems in der Produktentwicklung ..	63
4.5	Kommunikation und Konsultation im Risikomanagement .....	65
4.5.1	Identifikation der wesentlichen Akteure (Stakeholder) .....	65
4.5.2	Analyse von Kosten und Nutzen des Risikomanagements .....	65
4.5.3	Analyse und Definition des Risikoappetits .....	66
4.5.4	Ausarbeitung eines Stakeholderkommunikations- und -konsultationsplanes .....	67
4.6	Definition des Risikomanagementkontexts .....	67
4.6.1	Festlegung der Risikomanagementorganisation und der Risikokriterien .....	67
4.6.2	Abgrenzung des Produktentwicklungsprozesses .....	68
4.6.3	Abgrenzung möglicher Risikoursachen .....	68
4.6.4	Festlegung von Auswirkungskategorien der Risiken: Ziele der Produktentwicklung ..	70
4.7	Identifikation von Produktentwicklungsrisiken .....	71
4.7.1	Visualisierung und Analyse des Produktentwicklungsprozesses .....	71
4.7.2	Identifikation von Einzelrisiken .....	71
4.7.3	Identifikation von Risikoszenarien .....	72
4.7.4	Dokumentation der Risiken in einem Risikokatalog .....	74
4.8	Analyse von Produktentwicklungsrisiken .....	74
4.8.1	Festlegung der Rahmenbedingungen der Risikoquantifizierung .....	74
4.8.2	Datensammlung zur Risikoquantifizierung .....	76
4.8.3	Quantifizierung der Risiken .....	77
4.8.4	Ergänzung des Risikokatalogs um Risikoquantifizierung .....	83

4.9	Evaluation von Produktentwicklungsrisiken .....	83
4.9.1	Abgleich der Risiken mit Schwellwerten und Risikoappetit .....	83
4.9.2	Risiken in Rangreihenfolge bringen .....	83
4.9.3	Auswahl der Risiken für Gegenmaßnahmen bzw. weitere Analyse .....	84
4.9.4	Ergänzung des Risikokatalogs um Auswahlentscheidung .....	84
4.10	Behandeln von Risiken .....	84
4.10.1	Analyse der Handlungsfelder: Akzeptieren, Überwachen, Informieren, Absorbieren oder Minimieren? .....	84
4.10.2	Identifikation möglicher Gegenmaßnahmen .....	86
4.10.3	Analyse der Wirksamkeit und des Kosten-/Nutzen-Verhältnisses der Gegenmaßnahmen .....	86
4.10.4	Dokumentation im Maßnahmenplan .....	87
4.11	Überwachung und Überprüfung der Risiken und des Risikomanagementsystems .....	87
4.11.1	Überwachung der Risikosituation .....	88
4.11.2	Überwachung der Ausführung der Gegenmaßnahmen .....	88
4.11.3	Überwachung der Ausführung des Risikomanagementprozesses .....	89
4.11.4	Überprüfung und Überarbeitung des Risikomanagementprozesses .....	89
4.12	Risikomanagement in der Produktentwicklung: Portfolioebene .....	89
4.12.1	Risiko-Nutzen-Verhältnis in Entwicklungsportfolios .....	89
4.12.2	Risikomanagementansätze auf Portfolioebene .....	93
4.13	Wertorientiertes Risikomanagement – Lean-Risk-Management .....	95
4.14	Literatur .....	97
<b>5</b>	<b>Produktarchitektur</b> .....	<b>99</b>
	<i>Armin Förg, Eva Karrer-Müller, Matthias Kreimeyer</i>	
5.1	Produktarchitektur – Einordnung und Grundlagen .....	99
5.2	Dokumentationsphilosophie im Unternehmen .....	103
5.3	Architekturprozess .....	103
5.3.1	Allgemeine Ansätze .....	104
5.3.2	Typische Architektur in der industriellen Praxis .....	104
5.3.3	PAEP – Produktarchitektur-Entwicklungsprozess .....	104
5.3.4	Änderungsprozess innerhalb des Architekturprozesses .....	105
5.3.5	Rolle des Produktarchitekten .....	106
5.4	Architektur = Entscheidungen .....	106
5.4.1	Systematische Entscheidungsfindung – Entscheidungslandkarte .....	106
5.4.2	Einzelne Entscheidungen treffen .....	107
5.5	Literatur .....	109
<b>6</b>	<b>Gleichteile-, Modul- und Plattformstrategie</b> .....	<b>111</b>
	<i>Nicolas Gebhart, Moritz Kruse, Dieter Krause</i>	
6.1	Einleitung .....	111
6.2	Grundlagen .....	114
6.2.1	Zusammenhänge von Vielfalt, Komplexität und Kostenwirkung .....	114
6.2.1.1	Variante und Version .....	114
6.2.1.2	Auslöser von Produktvielfalt .....	115

6.2.1.3	Auswirkungen der Produktvielfalt .....	115
6.2.1.4	Resultierende Komplexität .....	116
6.2.1.5	Kostenwirkung der Produktvarianz-induzierten Komplexität .....	117
6.2.2	Definitionen, Potenziale und Grenzen modularer Produktstrukturen .....	121
6.2.2.1	Produktprogramm, Produktfamilie und Produktstruktur .....	121
6.2.2.2	Komponenten, Module und Modularisierung .....	122
6.2.2.3	Potenziale modularer Produktstrukturen .....	123
6.2.3	Variantengerechtigkeit .....	126
6.3	Verschiedene Produktstrukturstrategien .....	128
6.3.1	Mehrfachverwendung von Komponenten/Gleichteilestrategie .....	128
6.3.2	Modulstrategie .....	130
6.3.3	Plattformstrategie .....	132
6.3.4	Zusammenfassung und Beispiel .....	135
6.3.5	Prozessstrategien .....	137
6.4	Entscheidungsparameter in der Umsetzung .....	138
6.4.1	Teilbereich der Produktstruktur .....	139
6.4.2	Ebenen der Produktstruktur .....	139
6.4.3	Teilbereich des Produktprogramms .....	140
6.4.4	Zeitliche Planung .....	141
6.4.5	Kommunalität .....	141
6.4.6	Einordnung und Abgrenzung der Strategien Modulbaukasten, Plattform und Gleichteile .....	142
6.5	Methoden für die Produktstrukturierung .....	142
6.5.1	Methoden zur Planung der Produktstrukturstrategie .....	144
6.5.2	Methoden zur Umsetzung einer Produktstrukturstrategie .....	145
6.6	Integrierter Ansatz zur Reduzierung der internen Varianz .....	145
6.7	Literatur .....	148

## TEIL II

<b>Übergeordnete Aspekte</b> .....	151
------------------------------------	-----

<b>1 Systems Engineering</b> .....	153
------------------------------------	-----

*Sven-Olaf Schulze*

1.1	Was ist Systems Engineering? .....	153
1.1.1	Ursprünge des Systems Engineering .....	155
1.1.2	Bedarf und industrielle Entwicklung .....	157
1.1.3	Modellbasierte Entwicklung .....	159
1.1.4	Die Hierarchie innerhalb von Systemen .....	160
1.1.5	Systems-of-Systems .....	161
1.1.6	Einsatz von Systems Engineering .....	163
1.1.7	Nutzen des Systems Engineering .....	165
1.1.8	Anpassungsprozess .....	166
1.1.8.1	Anpassung von Normen .....	166
1.1.8.2	Anpassung für Projekte .....	168
1.2	Lebensdauerphasen eines Systems .....	168
1.2.1	Entscheidungspunkte .....	169
1.2.2	Lebenszyklusphasen .....	170

1.3	Lebensdaueransätze .....	175
1.3.1	Konzeptgesteuerte Methoden .....	175
1.3.2	Inkrementelle und iterative Entwicklung .....	176
1.3.3	Lean Systems Engineering .....	177
1.3.4	Agile Entwicklung .....	177
1.4	Organisation .....	178
1.5	SE-Kernelemente des Projektes .....	179
1.5.1	Anforderungsmanagement, Verifikation und Validierung .....	180
1.5.2	Architekturentwicklung .....	182
1.5.3	Funktionale Gestaltung .....	182
1.6	Literatur .....	184
<b>2</b>	<b>Zuverlässigkeit und Sicherheit</b> .....	<b>185</b>
	<i>Bernd Bertsche, Matthias Stohrer</i>	
2.1	Begriffsdefinitionen .....	185
2.1.1	Zuverlässigkeit .....	185
2.1.2	Sicherheit .....	186
2.1.3	Verfügbarkeit und Instandhaltbarkeit .....	186
2.1.4	Bedrohung, Gefährdung, Risiko .....	186
2.1.5	Abgrenzung Zuverlässigkeit und Sicherheit .....	188
2.2	Bedeutung in der Produktentwicklung .....	189
2.2.1	Kundensicht .....	189
2.2.2	Wirtschaftliche Aspekte .....	190
2.2.3	Rechtliche Aspekte .....	192
2.2.4	Risikobasierter Ansatz .....	192
2.2.4.1	Akzeptiertes Grenzrisiko und Restrisiko .....	193
2.2.4.2	Das ALARP-Verfahren .....	193
2.3	Einflussfaktoren in der Produktentwicklung .....	194
2.3.1	Einflüsse auf die Zuverlässigkeit und Sicherheit .....	194
2.3.2	Einflüsse auf die Verfügbarkeit .....	194
2.4	Grundlagen der Zuverlässigkeitstheorie .....	195
2.4.1	Statistische Beschreibung und Darstellung des Ausfallverhaltens von Bauteilen .....	195
2.4.2	Verteilungsfunktionen zur Beschreibung des Ausfallverhaltens .....	198
2.4.3	Betriebsdatenanalyse und Lebensdauerprüfungen .....	198
2.4.4	Ausfallratenmodelle und generische Daten .....	199
2.5	Prinzipien der Sicherheitstechnik .....	200
2.5.1	Maßnahmen gegen stochastische Gefahren .....	200
2.5.1.1	Das Safe-Life-Prinzip .....	200
2.5.1.2	Das Fail-Safe-Prinzip .....	201
2.5.1.3	Das Prinzip der Redundanz .....	201
2.5.2	Maßnahmen gegen deterministische Gefahren .....	201
2.5.2.1	Unmittelbare Sicherheitstechnik .....	201
2.5.2.2	Mittelbare Sicherheitstechnik .....	202
2.5.2.3	Hinweisende Sicherheitstechnik .....	202

2.6	Zuverlässigkeit und Sicherheit von Systemen .....	202
2.6.1	Serienstrukturen .....	202
2.6.2	Parallele und redundante Strukturen .....	203
2.7	Methoden der Zuverlässigkeits- und Sicherheitsanalyse für Systeme .....	203
2.7.1	FMEA – Failure Mode and Effects Analysis .....	203
2.7.2	FTA – Fehlerbaumanalyse .....	204
2.7.3	ZBD – Zuverlässigkeitsblockdiagramm .....	204
2.7.4	Markov-Modell und Zustandsgraph .....	204
2.7.5	Petrinetze .....	205
2.8	Lebenslaufkosten .....	205
2.9	Zuverlässigkeitssicherungsprogramm .....	207
2.9.1	Produktdefinition .....	209
2.9.2	Produktgestaltung .....	210
2.9.3	Produktion und Nutzung .....	212
2.9.4	Allgemeine zuverlässigkeitsrelevante Aktivitäten .....	213
2.9.5	Zusammenfassung .....	213
2.10	Literatur .....	213
<b>3</b>	<b>Daten- und Informationsmanagement PDM/PLM .....</b>	<b>215</b>
	<i>Detlef Gerhard</i>	
3.1	Einleitung .....	215
3.2	PDM-Systeme .....	216
3.2.1	Historische Entwicklung der PDM-Systeme .....	216
3.2.2	Die Rolle von PDM-Systemen im Produktentstehungsprozess .....	218
3.2.3	Funktionsweise und Architektur von PDM-Systemen .....	220
3.3	Datenorientierte Funktionen .....	222
3.3.1	Teile- und Dokumentenmanagement .....	222
3.3.2	Struktur- und Beziehungsmanagement .....	227
3.3.3	Querschnittsfunktionen .....	232
3.4	Prozessorientierte Funktionen .....	236
3.5	Interoperabilität, Datenmodelle und Datenaustauschstandards .....	241
3.6	Herausforderungen und zukünftige Entwicklungen .....	243
3.7	Literatur .....	245
<b>4</b>	<b>Wissensmanagement .....</b>	<b>247</b>
	<i>Hansgeorg Binz, Daniel Roth, Alexander Laukemann</i>	
4.1	Grundlagen des Wissensmanagements .....	247
4.1.1	Terminologische Abgrenzung des Wissensbegriffs .....	248
4.1.1.1	Zeichen-Daten-Informationen-Wissen .....	248
4.1.1.2	Unterscheidung von implizitem und explizitem Wissen .....	249
4.1.2	Wissensschaffung im Unternehmen .....	249
4.1.2.1	SECI-Modell .....	249
4.1.2.2	Spirale der Wissensschaffung .....	250
4.1.3	Strukturparameter des Wissens .....	251

4.2	Wissensmanagement in der Produktentwicklung .....	252
4.2.1	Wissensmanagement als Managementmethode .....	253
4.2.1.1	Chronologische Entwicklung des Wissensmanagements .....	253
4.2.2	Kernaktivitäten des Wissensmanagements .....	255
4.2.2.1	Wissensidentifikation .....	255
4.2.2.2	Wissensbewahrung .....	256
4.2.2.3	Wissensnutzung .....	257
4.2.2.4	Wissens(ver)teilung .....	257
4.2.2.5	Wissensentwicklung .....	258
4.2.2.6	Wissenserwerb .....	258
4.2.3	Methodenmatrix .....	259
4.2.4	Wissensmanagementlösungen für die Praxis .....	261
4.2.4.1	Wissensmanagementlösungen zur Wissensidentifikation .....	261
4.2.4.2	Wissensmanagementlösungen für Wissensbewahrung .....	263
4.2.4.3	Wissensmanagementlösungen für Wissensnutzung .....	265
4.2.4.4	Wissensmanagementlösungen für Wissens(ver)teilung .....	268
4.2.4.5	Wissensmanagementlösungen für Wissensentwicklung .....	270
4.2.4.6	Wissensmanagementlösungen für Wissenserwerb .....	272
4.3	Zusammenfassung und Ausblick .....	273
4.4	Literatur .....	274
<b>5</b>	<b>Gewerblicher Rechtsschutz und Know-how-Schutz</b> .....	<b>275</b>
	<i>Bettina Alber-Laukant, mit rechtlichen Hintergrundinformationen von Jürgen Ensthaler, Know-how-Schutz: Norbert Gronau, Gergana Vladova</i>	
5.1	Patente .....	277
5.1.1	Ist die gemachte Erfindung patentierbar? – Voraussetzungen für die Erteilung eines Patents .....	277
5.1.2	Wo kann die Erfindung angemeldet werden? – Die nationale, europäische und internationale Patentanmeldung .....	283
5.1.3	Wie sieht ein Patent aus? – Formale Erfordernisse an den Aufbau einer Patentanmeldung .....	285
5.1.3.1	Titelblatt .....	285
5.1.3.2	Beschreibung .....	287
5.1.3.3	Patentansprüche .....	288
5.1.4	Die Einreichung – Und was passiert danach?– Das Einreichungs- und Prüfungs- verfahren, die Einspruchsmöglichkeiten, die Erteilung eines Patents .....	291
5.1.5	Was kann man bei störenden Fremdpatenten machen? – Die Lizenzrechte, die Patentrecherche .....	294
5.2	Gebrauchsmuster .....	295
5.3	Eingetragenes Design .....	297
5.4	Gewerbliche Kennzeichen .....	299
5.4.1	Marken .....	299
5.4.2	Unternehmensbezeichnungen .....	302
5.4.3	Geografische Herkunftsangaben .....	303
5.4.4	Markenrechtsverletzungen .....	303



5.5	Weitere Schutzrechte .....	303
5.5.1	Urheberrecht .....	303
5.5.2	Topografie .....	305
5.5.3	Software .....	305
5.5.4	Wettbewerbsrechtlicher Schutz .....	306
5.6	Patentrecherche .....	306
5.7	Know-how-Schutz .....	308
5.7.1	Notwendigkeit des ganzheitlichen und präventiven Know-how-Schutzes .....	308
5.7.2	Mögliche Anwendungskontexte der Methode .....	310
5.7.2.1	Anwendungskontext Produktpiraterierisiko .....	310
5.7.2.2	Anwendungskontext Open Innovation Projekt .....	311
5.7.3	Methodisches Vorgehen zur Gewährleistung des Know-how-Schutzes .....	311
5.7.3.1	Methode zur Identifizierung, Modellierung und Gestaltung von Informations- und Wissensschnittstellen (IWS-Analyse) .....	312
5.7.4	Knowledge Firewall Designer .....	316
5.7.5	Fazit .....	316
5.8	Literatur .....	317
<b>6</b>	<b>Recht und Compliance</b> .....	<b>319</b>
	<i>Wolf Peterhoff</i>	
6.1	Einleitung .....	319
6.2	Vertragliche Grundlagen bei Entwicklungsvorhaben .....	319
6.2.1	Abgrenzung von Verträgen zu vorvertraglichen Absprachen .....	320
6.2.1.1	Grundsätze zu Dienst- und Werkvertrag .....	320
6.2.1.2	Werkvertrag .....	321
6.2.1.3	Dienstvertrag .....	321
6.2.2	Der Produkt-Entwicklungsvertrag .....	321
6.2.2.1	Der Entwicklungsgegenstand .....	322
6.2.2.2	Änderungswünsche des Bestellers .....	323
6.2.2.3	Zeitplan und Meilensteine .....	324
6.2.2.4	Vergütung .....	325
6.2.2.5	Abnahme .....	326
6.2.2.6	Umgang mit Schutzrechten .....	326
6.2.2.7	Umfang der Haftung .....	326
6.2.2.8	Vertraulichkeit .....	327
6.2.2.9	Laufzeit und Beendigung .....	328
6.2.2.10	AGB und Einbeziehung öffentlich-rechtlicher Sonderbedingungen .....	328
6.2.2.11	Qualitätssicherung .....	329
6.2.2.12	Verzug und Schlechtleistungen .....	329
6.3	Verantwortlichkeiten und Haftung .....	330
6.3.1	Geschäftsleiter und Angestellte .....	330
6.3.2	Verschulden .....	331
6.3.2.1	Verkehrssicherungspflicht .....	331
6.3.2.2	Wissenschaft und Technik .....	332

6.3.3	Produkthaftung .....	332
6.3.3.1	Produkthaftungsgesetz .....	332
6.3.3.2	Deliktische Produkthaftung .....	333
6.4	Joint Ventures und Kooperationen .....	333
6.4.1	Gesellschaftsrechtliche Rahmenbedingungen .....	333
6.4.2	Contractual und Equity Joint Venture .....	333
6.5	Kartellrechtliche Hinweise .....	335
6.6	Sondervorschriften und Normen bei Entwicklungsprojekten .....	336
6.6.1	Besonderheiten bei der Entwicklung für den öffentlichen Auftraggeber .....	337
6.6.2	Zertifizierungen und Verwendung von CE-Kennzeichnung .....	337
6.7	Beendigungsmöglichkeiten .....	337
6.7.1	Beendigung durch Zeitablauf/Befristung .....	337
6.7.2	Kündigung .....	338
6.7.3	Rücktritt von dem Vertrag .....	339
6.7.4	Störung der Geschäftsgrundlage .....	339
6.7.5	Beendigung einer gemeinsamen Entwicklung .....	340
6.8	Rechtsstreitigkeiten und deren Einleitung .....	340
6.8.1	Staatliche Gerichte und deren Zuständigkeit .....	340
6.8.2	Schiedsverfahren und sonstige alternative Streitbeilegung .....	340
6.8.3	Hinweise zur Mandatierung von Rechtsberatern .....	341
6.9	Compliance .....	342
6.9.1	Grundlagen und zentrale Felder von rechtlicher Compliance .....	343
6.9.2	Aufsichtspflichtverletzung – zivilrechtliche Folgen und Straftatbestände .....	344
6.9.3	Compliance-Organisation und Compliance-Management .....	344
6.9.4	Compliance bei Auslandsgeschäften .....	345
6.9.5	Compliance-Hinweise für Leiter von Entwicklungsabteilungen und Entwicklungsprojekten .....	346
6.10	Literatur .....	347
<b>7</b>	<b>Entwicklungscontrolling – Ausgestaltung in einem ganzheitlichen Innovationscontrolling-Ansatz .....</b>	<b>349</b>
	<i>Ronald Gleich, Jan Christoph Munck, Alexander Tkotz</i>	
7.1	Grundlagen für das Innovations- und Entwicklungscontrolling .....	349
7.1.1	Notwendigkeit eines ganzheitlichen Innovationscontrollings .....	349
7.1.2	Strukturierung des Innovationsmanagements und -controllings .....	350
7.1.3	Abgrenzung zwischen Innovations- und Entwicklungscontrolling .....	353
7.2	Inhalte und Aufgaben des Innovations- und Entwicklungscontrollings .....	353
7.2.1	Service für das Management .....	353
7.2.2	Strategische Entscheidungsaufgaben .....	354
7.2.3	Strategische Durchsetzungsaufgaben .....	355
7.2.4	Operative Entscheidungsaufgaben .....	355
7.2.5	Operative Durchsetzungsaufgaben .....	356

7.3	Instrumentale Ausgestaltung des Innovations- und Entwicklungscontrollings .....	356
7.3.1	Studie „Instrumente des Innovationsmanagements und -controllings“ .....	357
7.3.2	Instrumente des Innovationssystemcontrollings .....	358
7.3.2.1	Kennzahlen .....	358
7.3.2.2	Anreizsysteme .....	362
7.3.2.3	Strategische Frühaufklärung .....	364
7.3.2.4	Patentanalyse .....	366
7.3.2.5	Benchmarking .....	368
7.3.3	Instrumente des Innovationsportfoliocontrolling .....	369
7.3.3.1	Markt-Portfolio-Analyse .....	369
7.3.3.2	Technologie-Portfolio-Analyse .....	370
7.3.3.3	Innovationsprojektinterdependenzbewertung .....	371
7.3.4	Instrumente des Innovationsprojektcontrolling .....	375
7.3.4.1	Projektkostenrechnung .....	375
7.3.4.2	Meilensteinplanung .....	375
7.3.4.3	Kapazitäts- und Ressourcenplanung .....	377
7.3.4.4	Projektfortschrittskontrolle: Kostentrend- und Meilensteintrendanalyse ....	378
7.3.4.5	Abweichungsanalysen .....	380
7.3.4.6	Investitionsrechnung .....	382
7.3.4.7	Innovationsergebnisrechnung .....	385
7.3.4.8	Lebenszykluskostenrechnung und Total Costs of Ownership .....	387
7.3.4.9	Nutzwertanalyse .....	388
7.3.4.10	Target Costing .....	393
7.4	Wirkung des Innovations- und Entwicklungscontrollings prüfen und kommunizieren .....	395
7.5	Fazit .....	396
7.6	Literatur .....	396

**TEIL III**

**Prozesse der Produktentwicklung** ..... 399

**1 Entwicklungsprozesse** ..... 401

*Beate Bender, Kilian Gericke*

1.1	Einleitung .....	401
1.1.1	Aktivitäten und Ziele der Produktentwicklung .....	401
1.1.2	Produktentwicklung als Teil des Produktentstehungsprozesses .....	402
1.1.3	Begleit- und Querschnittsprozesse .....	403
1.1.4	Ansätze für die Ablauforganisation .....	404
1.2	Prozessmodellierung in der Produktentwicklung .....	404
1.2.1	Phasen, Aktivitäten und Strategien .....	406
1.2.2	Prozessmodellierungsansätze .....	406
1.2.3	Klassifizierung von Prozessmodellen .....	406
1.2.4	Koexistenz verschiedener Sichten auf den Prozess .....	407
1.3	Methodisches Vorgehen in der Produktentwicklung .....	408
1.3.1	Nutzen methodischen Vorgehens in der Produktentwicklung .....	408

1.3.2	Grundlagen methodischen Vorgehens in der Produktentwicklung .....	409
1.3.2.1	Produktentwicklung als Problemlöseprozess .....	409
1.3.2.2	Produktentwicklung als Co-Evolution von Problem und Lösung .....	409
1.3.2.3	Produktentwicklung als iterativer Prozess .....	410
1.3.2.4	Vorgehensstrategien der methodischen Produktentwicklung .....	410
1.3.3	Phasen und Aktivitäten in der Produktentwicklung .....	412
1.3.3.1	Gemeinsamkeiten disziplinspezifischer Prozessmodelle .....	412
1.3.3.2	Unterschiede und Besonderheiten disziplinspezifischer Prozessmodelle ....	413
1.3.3.3	Aktivitäten und Phasen der Produktentwicklung .....	413
1.4	Prozessanpassung im Unternehmen .....	414
1.4.1	Kontext der Produktentwicklung .....	415
1.4.2	Anpassung des allgemeinen Vorgehensmodells an den Entwicklungskontext .....	416
1.4.3	Prozessanpassung in der Praxis .....	419
1.5	Zusammenfassung .....	420
1.6	Literatur .....	421
<b>2</b>	<b>Requirements Engineering</b> .....	<b>425</b>
	<i>Inka Baumgart</i>	
2.1	Motivation .....	425
2.2	Grundlagen .....	426
2.3	Methoden und Hilfsmittel im RE .....	431
2.3.1	Aufgabenklärung .....	431
2.3.1.1	Anforderungen erheben .....	431
2.3.1.2	Anforderungen analysieren .....	436
2.3.1.3	Anforderungen dokumentieren .....	441
2.3.2	Anforderungsmanagement .....	444
2.4	Anwendungsbeispiel .....	446
2.4.1	Einführung zum RE-Start-Workshop .....	447
2.4.2	Workshop-Durchführung .....	448
2.5	Literatur .....	452
<b>3</b>	<b>Verteilte Produktentwicklung</b> .....	<b>455</b>
	<i>Eva-Maria Kern</i>	
3.1	Was bedeutet Verteilte Produktentwicklung (VPE)? .....	456
3.2	Kooperation als Rahmen für die interorganisationale VPE .....	457
3.2.1	Ziele der VPE .....	458
3.2.2	Arten von Entwicklungskooperationen .....	459
3.3	Grundlagen der Gestaltung der Verteilten Produktentwicklung .....	460
3.3.1	Gemeinsame Bewältigung einer Entwicklungsaufgabe als Ziel .....	460
3.3.2	Interaktion und Integration der Entwicklungspartner .....	462
3.3.3	Gestaltungsdimensionen .....	466
3.4	Zentrale Fragestellungen .....	468
3.4.1	Welche sind die gemeinsamen Ziele? .....	468
3.4.2	Welche Interaktionsintensität ist erforderlich? .....	469

3.4.3	Wie unterschiedlich sind die Entwicklungspartner? .....	470
3.4.4	Wie lassen sich die Entwicklungspartner situationsadäquat integrieren? .....	472
3.5	Fazit .....	480
3.6	Literatur .....	481
<b>4</b>	<b>Innovationsmanagement</b> .....	<b>483</b>
	<i>Matthias R. Gürtler, Udo Lindemann</i>	
4.1	Einleitung .....	483
4.2	Zentrale Begriffe .....	483
4.3	Einbettung im Unternehmen .....	484
4.4	Innovationsmanagement im Unternehmen .....	485
4.4.1	Innovationen ermöglichen – Innovationsfähigkeit .....	485
4.4.1.1	Innovationen ermöglichen – Können .....	485
4.4.1.2	Innovationen ermöglichen – Wollen .....	487
4.4.1.3	Innovationen ermöglichen – Dürfen .....	487
4.4.1.4	Unterstützung der Innovationsfähigkeit .....	487
4.4.2	Innovationen schaffen .....	488
4.4.2.1	Verschiedene Vorgehensmodelle für verschiedene Einsatzzwecke .....	488
4.4.2.2	Entwicklungsziel identifizieren und planen .....	493
4.4.2.3	Generierung von Lösungsalternativen .....	496
4.4.2.4	Herbeiführen und Umsetzen von Entscheidungen .....	497
4.4.2.5	Zielerreichung absichern .....	498
4.4.2.6	U-Boot-Projekte und interne Start-Ups .....	499
4.4.3	Innovationserfolge beurteilen .....	500
4.5	Öffnungsstrategien .....	501
4.5.1	Formen von Open Innovation .....	502
4.5.2	Öffnung des Innovationsprozesses .....	503
4.5.3	Open Innovation – Kooperationspartner .....	504
4.5.4	Kooperationsformen .....	505
4.5.5	Chancen und Risiken der Open Innovation .....	505
4.5.6	Planung von Open Innovation-Projekten .....	506
4.5.7	Open Innovation – Praxisbeispiele .....	507
4.5.8	Fazit zu Open Innovation .....	509
4.6	Innovationen und zukünftige Herausforderungen .....	509
4.7	Literatur .....	510
<b>5</b>	<b>Änderungsmanagement</b> .....	<b>513</b>
	<i>Stefan Langer</i>	
5.1	Grundlagen technischer Änderungen .....	513
5.1.1	Begriffsverständnis .....	513
5.1.2	Entstehung .....	515
5.1.3	Auswirkungen .....	518
5.1.4	Einfluss- und Gestaltungsfaktoren .....	521
5.2	Änderungsmanagement in der Produktentwicklung .....	524
5.2.1	Begriffsverständnis .....	524

5.2.2	Aufgaben des Änderungsmanagements .....	524
5.2.3	Änderungsprozesse .....	526
5.2.4	Organisationsformen .....	527
5.2.5	Toolunterstützung .....	529
5.2.6	Strategien und Maßnahmen .....	532
5.2.7	Zusammenhang mit Projekt- und Konfigurationsmanagement .....	535
5.3	Zusammenfassung .....	537
5.4	Literatur .....	538
<b>6</b>	<b>Verifikation und Validierung im Produktentstehungsprozess</b> .....	<b>541</b>
	<i>Albert Albers, Matthias Behrendt, Simon Klingler, Kevin Matros</i>	
6.1	Verständnis von Verifikation und Validierung .....	541
6.2	Bedeutung in der Produktentwicklung .....	543
6.3	Kontinuierliche Validierung im Produktentstehungsprozess .....	547
6.3.1	Etablierte Validierungsmethoden .....	547
6.3.2	Validierung als Problemlösungsprozess .....	550
6.3.2.1	Validierungsaktivitäten und deren Schnittstellen .....	550
6.3.2.2	Validierungsaktivitäten – Bedarfe und Priorisierung .....	551
6.3.2.3	Testdefinition .....	554
6.4	Ansätze zur effizienten Validierung .....	556
6.5	Ansätze zur effektiven Validierung .....	558
6.6	Anwendungsbeispiele .....	563
6.6.1	NVH-elektrifizierte Antriebe .....	563
6.6.2	Fahrerlebnis und Verbrauch von Hybridantrieben .....	565
6.7	Fazit .....	567
6.8	Literatur .....	568
<b>7</b>	<b>Lean Development</b> .....	<b>571</b>
	<i>Klaus Moll</i>	
7.1	Herkunft und Philosophie .....	571
7.1.1	Effizienz in Entwicklung und Konstruktion .....	571
7.1.2	Die Erkennung der Lean-Grundsätze .....	572
7.1.3	Dimensionen und Prinzipien des Toyota Product Development System .....	574
7.1.4	Übertragbarkeit des TPDS auf die Produktentwicklung .....	581
7.2	Merkmale und 5 Grundprinzipien des Lean Development .....	582
7.2.1	Grundprinzip Kundenorientierung: Wertspezifikation aus Kundensicht .....	583
7.2.2	Grundprinzip Wertstrom: Identifikation des Wertstroms .....	585
7.2.3	Grundprinzip Flow: Unterbrechungsfreier Fluss des Wertes .....	587
7.2.4	Grundprinzip Pull: Anforderung durch den (internen) Kunden .....	589
7.2.5	Grundprinzip Perfektion: Vollständige Beseitigung von Verlusten .....	591
7.3	Denkweisen und Methoden des Lean Development .....	592
7.3.1	Verschwendungsanalyse .....	592
7.3.2	Frontloading .....	598
7.3.3	Wertstromanalyse .....	604

7.3.4	Kaizen und kontinuierlicher Verbesserungsprozess	610
7.3.5	5S in der Produktentwicklung	612
7.4	Mögliche Ansätze zur Einführung von Lean Development	615
7.5	Lean Development: Möglichkeiten, Potenziale und Wechselwirkungen mit bestehenden Prozessen	617
7.6	Literatur	619

**TEIL IV**

**Systematik der Produktentwicklung** ..... 621

**1 Methoden in der Produktentwicklung** ..... 623

*Udo Lindemann*

1.1	Literatur	628
-----	-----------	-----

**2 Produkte entwickeln mit QFD – Quality Function Deployment** ..... 629

*Jutta Saatweber*

2.1	Quality Function Deployment (QFD) – systematisches Qualitätsmanagement im Entwicklungsprozess	629
2.1.1	Herkunft von QFD	629
2.1.2	Was will QFD – was bewirkt QFD?	630
2.1.3	Voraussetzungen für QFD, Firmenkultur und Einstellungen	631
2.1.4	Anwendungsgebiete für QFD	632
2.2	Der QFD-Prozess	633
2.2.1	Das House of Quality (HoQ)	633
2.2.2	Übersicht zu den Phasen 0 bis IV	637
2.3	Phase 0: Informationsbeschaffung für QFD	638
2.3.1	Wie erfasst man die „Stimme des Kunden“?	638
2.3.2	Methoden der Informationsbeschaffung	641
2.3.3	Welche Zielgruppe soll erreicht werden? – Segmentierung durch Situationsfeld- bzw. Portfolioanalyse	643
2.3.4	Wie und wo erhält man interne Kundeninformationen?	644
2.3.5	Externe Informationsquellen – Wie kann die „Stimme des Kunden“ erfasst werden?	645
2.4	QFD-Phase I bis V: Praxisbeispiel Kugelschreiber, die 10 Schritte im 1. QFD-House	647
2.4.1	QFD-Phase I	647
2.4.2	QFD-Phase II: Teile-, Komponenten- bzw. Konstruktionsplanung	658
2.4.3	QFD-Phase III: Prozessplanung	659
2.4.4	Phase IV: Produktions- bzw. Verfahrensplanung	661
2.4.5	Phase V: Feedback-Phase nach Saatweber	661
2.5	Einführung und Anwendung von QFD im Unternehmen	663
2.5.1	Vorgehensweise bei der Einführung von QFD	664
2.5.2	Das QFD-Team, Teambildung	664
2.5.3	Anwender von QFD und deren Erfahrungen	665
2.5.4	Verkürzung der Entwicklungszeit	667
2.6	Das Zusammenwirken von QFD mit TRIZ und anderen Methoden	669
2.7	Literatur	671

<b>3</b>	<b>Die Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ)</b> .....	673
	<i>Robert Adunka</i>	
3.1	Idealität, das Ideale Technische System und das Ideale Endresultat (IER) .....	674
3.1.1	Idealität .....	674
3.1.2	Ideales Technisches System bzw. Ideale Maschine .....	675
3.1.3	Ideales Endresultat .....	675
3.2	Ursache-Wirkungs-Analyse .....	676
3.3	Neun-Felder-Denken .....	679
3.4	Die 40 Innovationsprinzipien .....	680
3.5	Widerspruchsdenken .....	682
3.5.1	Technischer Widerspruch und 40 Innovationsprinzipien .....	682
3.5.2	Physikalischer Widerspruch und Separationsprinzipien .....	684
3.6	Weiterführende Ansätze .....	686
3.6.1	Funktionsanalyse .....	686
3.6.2	Stoff-Feld-Analyse und die 76 Standardlösungen .....	687
3.6.3	Trends der Technikevolution .....	688
3.7	Zusammenfassung .....	688
3.8	Literatur .....	689
<b>4</b>	<b>Funktionsmodellierung</b> .....	691
	<i>Jörg Feldhusen</i>	
	<i>Ab Kapitel 4.4: Lucia Becerril, Niklas Kattner, Sebastian Schweigert</i>	
4.1	Der Funktionsbegriff in der Technik .....	691
4.2	Funktionsarten .....	692
4.3	Die Funktionsstruktur .....	693
4.4	Methoden der Funktionsmodellierung .....	697
4.4.1	Zweck der Funktionsmodellierung .....	697
4.4.2	Zentrale Begriffe der Funktionsmodellierung .....	698
4.4.3	Einordnung in den Produktentwicklungsprozess .....	699
4.4.3.1	Funktionsmodellierung in frühen Phasen des Entwicklungsprozesses .....	699
4.4.3.2	Funktionsmodelle bei der Systemanalyse und -optimierung .....	701
4.4.4	Erstellen von Funktionsmodellen .....	702
4.4.4.1	Arten von Funktionsmodellen .....	703
4.4.4.2	Betrachtungsweisen auf das System .....	704
4.4.5	Softwareunterstützung mittels SysML .....	706
4.4.6	Beispiel .....	709
4.5	Literatur .....	714
<b>5</b>	<b>Systematisierung des Lösungsraums</b> .....	715
	<i>Josef Ponn</i>	
5.1	Motivation .....	715
5.2	Grundlagen .....	716



5.3	Methoden zur Systematisierung des Lösungsraums .....	719
5.3.1	Lösungsraum strukturieren .....	720
5.3.2	Lösungsraum ergänzen .....	723
5.3.3	Gesamtkonzepte ermitteln .....	726
5.3.4	Lösungsvielfalt einschränken .....	728
5.4	Anwendungskonzepte .....	733
5.5	Anwendungsbeispiele .....	735
5.5.1	Scheibensicherung in einem Schleifgerät .....	735
5.5.2	Gesamtkonzept für ein Trenngerät .....	738
5.6	Zusammenfassung .....	741
5.7	Literatur .....	742
<b>6</b>	<b>Kreativität in der Produktentwicklung</b> .....	<b>743</b>
	<i>Udo Lindemann</i>	
6.1	Kreativität in der Produktentwicklung .....	743
6.2	Einige Grundlagen zur Kreativität .....	744
6.3	Beobachtung, Wahrnehmung und Anstoß .....	747
6.4	Barrieren – Denkblockaden umgehen .....	750
6.5	Kreativitätsunterstützung durch Intuition .....	753
6.6	Kreativitätsunterstützung durch diskursiv geprägte Methoden .....	756
6.7	Realisierung, Umsetzung .....	757
6.8	Literatur .....	758
<b>7</b>	<b>Methoden der Entscheidungsfindung</b> .....	<b>759</b>
	<i>Thomas Luft, Julie Le Cardinal, Sandro Wartzack</i>	
7.1	Einleitung .....	759
7.2	Grundlagen der Entscheidungsfindung .....	759
7.2.1	Spezifika der Entscheidungsfindung in der Entwicklung .....	760
7.2.2	Komplexität der Entscheidungsfindung .....	763
7.2.3	Unsicherheit bei der Entscheidungsfindung .....	764
7.2.4	Arten der Entscheidungsfindung .....	767
7.2.5	Ebenen der Entscheidungsfindung .....	769
7.2.6	Formen der Entscheidungsfindung .....	770
7.2.7	Kriterien für eine gute Entscheidung .....	772
7.3	Prozess der Entscheidungsfindung .....	772
7.3.1	Entscheidungsfindungsprozess .....	772
7.3.1.1	Klärung der Aufgabe und Problemformulierung .....	774
7.3.1.2	Klärung und Präzisierung der Zielsetzung(en) .....	775
7.3.1.3	Suche nach Alternativen/Lösungen .....	776
7.3.1.4	Bewertung der Alternativen/Lösungen .....	778
7.3.1.5	Auswahl und Realisierung einer Alternative/Lösung .....	782
7.3.2	Kompetenzmodell .....	783
7.3.2.1	Akteure .....	783
7.3.2.2	Kompetenz .....	783

7.3.3	SACADO-Methodik .....	784
7.3.3.1	Bedeutung der Auswahl von Akteuren .....	784
7.3.3.2	Ablauf der Auswahl von Akteuren .....	784
7.4	Bewertungsverfahren als Kernelemente des Entscheidungsprozesses .....	787
7.4.1	Überblick über Bewertungsverfahren .....	788
7.4.2	Einfache Bewertungsmethoden – Die Punktbewertung .....	790
7.4.3	Aufwändige Bewertungsmethoden – Die Nutzwertanalyse .....	791
7.4.4	Komplexe Bewertungsmethoden – der Analytische Hierarchieprozess .....	795
7.4.5	Komplexe Bewertungsmethoden – Überblick über die ELECTRE- und PROMETHEE-Methode .....	798
7.5	Abschließende Bemerkungen .....	800
7.6	Literatur .....	801
<b>8</b>	<b>Absicherung der technischen Entwicklungsziele .....</b>	<b>805</b>
	<i>Josef Ponn</i>	
8.1	Motivation .....	805
8.2	Grundlagen .....	806
8.2.1	Begriffe .....	806
8.2.2	Vorgehensweisen zur Zielabsicherung .....	807
8.2.3	Strategien zur Komplexitätsbeherrschung .....	808
8.2.4	Methoden zur Zielabsicherung .....	809
8.3	Präventive Zielabsicherung: FMEA .....	811
8.3.1	System strukturieren .....	811
8.3.2	Funktionen analysieren .....	813
8.3.3	Fehler ermitteln .....	816
8.3.4	Risiken bewerten .....	819
8.3.5	Maßnahmen definieren .....	823
8.4	Reaktive Zielabsicherung: Ursache-Wirkungs-Analyse .....	824
8.5	Organisatorische Ansätze .....	827
8.6	Anwendungsbeispiel .....	829
8.6.1	Ausgangssituation und Entwicklungsziele .....	829
8.6.2	Applikations-FMEA .....	829
8.6.3	System-FMEA Teil 1: Fehleranalyse .....	830
8.6.4	System-FMEA Teil 2: Risikobewertung .....	833
8.6.5	Reaktive Zielabsicherung .....	834
8.7	Zusammenfassung .....	835
8.8	Literatur .....	835
<b>9</b>	<b>Ergonomische Produktgestaltung .....</b>	<b>837</b>
	<i>Heiner Bubb, Severina Popova-Dlugosch, Jurek Breuninger</i>	
9.1	Bedeutung der Ergonomie in der Produktgestaltung .....	837
9.2	Das Regelkreisparadigma der Ergonomie .....	839
9.2.1	Ansatzgebiete ergonomischer Gestaltung .....	839
9.2.2	Das Belastungs-Beanspruchungs-Konzept der Ergonomie .....	842
9.2.3	Usability, Komfort und User Experience .....	843

9.3	Systemergonomische Gestaltung .....	844
9.3.1	Systemergonomische Maximen .....	845
9.3.1.1	Funktion .....	846
9.3.1.2	Rückmeldung .....	849
9.3.2	Mensch-Maschine-Interaktion .....	854
9.3.2.1	Anzeigen .....	855
9.3.2.2	Bedienelemente .....	859
9.4	Literatur .....	865

**TEIL V**

**Technologie-, Methoden- und Kulturentwicklung .....** 867

**1 Von der Mechatronik zu Cyber-Physical-Systems .....** 869

*Udo Lindemann*

1.1	Mechatronik .....	869
1.2	Produkt-Service Systeme (PSS) .....	871
1.3	Kognitive Produkte .....	872
1.4	Internet der Dinge, Cyber-Physical Systems (CPS) .....	874
1.5	Literatur .....	875

**2 Produktentwicklung mit neuen Materialien am Beispiel der Carbon Composites ....** 877

*Klaus Drechsler, Paul Bockelmann*

2.1	Einleitung .....	877
2.2	Grundlagen der Faserverbundwerkstoffe .....	878
2.2.1	Wirkungsweise und Nutzung der Faserverstärkung .....	878
2.2.2	Funktionen und Eigenschaften des Matrixmaterials .....	880
2.2.3	Fertigungsverfahren und Faserhalbzeuge .....	882
2.3	Methodische Entwicklung und Konstruktion von FVK-Bauteilen .....	885
2.3.1	Entwicklungssituation moderner LCM-Bauteile .....	887
2.4	Konstruktion, Bauweisen und Anwendungen .....	889
2.4.1	Bauweisen und Anwendungen der Faserverbundtechnologie .....	891
2.5	Berechnung und Simulation .....	896
2.6	Produktentwicklung in der Praxis: Film-RTM .....	900
2.7	Literatur .....	903

**3 Numerische Simulationsverfahren .....** 905

*Frank Rieg, Florian Nützel, Christoph Wehmann*

3.1	Genereller Ablauf numerischer Simulationen .....	905
3.2	Finite-Elemente-Analyse .....	907
3.2.1	Lineare Festigkeitsanalyse .....	907
3.2.2	Nichtlineare Festigkeitsanalyse .....	919
3.2.3	Kontaktanalyse .....	926
3.2.4	Thermische Analyse .....	928

3.2.5	Eigenschwingung .....	931
3.2.6	Transiente Analysen .....	932
3.3	Mehrkörpersimulation .....	933
3.4	Computational Fluid Dynamics .....	934
3.5	Literatur .....	936
<b>4</b>	<b>Virtuelles Engineering</b> .....	<b>939</b>
	<i>Wilhelm Bauer, Manfred Dangelmaier</i>	
4.1	Entwicklung und Kernbereiche .....	939
4.2	Ziele der Virtualisierung und Digitalisierung .....	940
4.3	Zugang zu digitalen Produktmodellen .....	940
4.4	Begriffe im virtuellen Engineering .....	941
4.5	Virtuelle Realität .....	941
4.5.1	Was ist virtuelle Realität? .....	941
4.5.2	Stereoskopische Displays .....	942
4.5.3	Direkte Interaktion .....	943
4.6	Erweiterte Realität .....	943
4.7	Mixed Reality .....	944
4.8	Simulation im virtuellen Engineering .....	945
4.9	Anwendungen .....	946
4.9.1	Übersicht .....	946
4.9.2	CAD-Review .....	946
4.9.3	Design-Review .....	947
4.9.4	Baubarkeitsuntersuchungen .....	948
4.9.5	Ergonomie-Untersuchungen .....	948
4.9.6	VR-Fahrsimulation .....	949
4.9.7	Visualisierung von Simulationsdaten .....	949
4.10	Integration und Prozesse .....	950
4.10.1	Integrationsaspekte .....	950
4.10.2	Abläufe im virtuellen Engineering .....	951
4.11	Literatur .....	952
<b>5</b>	<b>Neue Produktionstechnologien am Beispiel der additiven Verfahren</b> .....	<b>953</b>
	<i>Christoph Schmutzler, Stefan Teufelhart, Gunther Reinhart, Michael F. Zäh</i>	
5.1	Grundlagen der additiven Fertigung .....	953
5.1.1	Rapid Prototyping .....	954
5.1.2	Rapid Tooling .....	954
5.1.3	Direct Manufacturing (Rapid Manufacturing) .....	955
5.1.4	Verfahrensprinzip .....	955
5.2	Beschreibung ausgewählter Verfahren .....	958
5.2.1	3D-Drucken (3DP) .....	959
5.2.2	Stereolithografie (SL) .....	960
5.2.3	Laser-Sintern (LS) .....	961

5.2.4	Laserstrahlschmelzen (LBM) .....	963
5.2.5	Extrusionsverfahren (FLM) .....	964
5.2.6	Alternative Verfahrensprinzipien .....	965
5.3	Konstruktionsweisen für die additive Fertigung .....	966
5.3.1	Potenziale und Einschränkungen additiver Fertigungsverfahren .....	967
5.3.2	Vergleich der Kostenstruktur bei der Konstruktion für konventionelle und additive Fertigungsverfahren .....	969
5.3.3	Leichtbau durch additive Fertigung .....	972
5.3.4	Funktionsintegration durch additive Fertigung .....	974
5.4	Zusammenfassung und aktuelle Entwicklungstendenzen .....	976
5.5	Literatur .....	977

**6 Engineering Intelligence – Von der graphenbasierten Modellierung zur wissensbasierten Datenanalyse** .....

	<i>Bergen Helms, Maximilian Kissel</i>	979
6.1	Graphenbasierte Modellierung in der Produktentwicklung .....	980
6.1.1	Graphenbasierte Modellierung: Schwierigkeiten bei Modellerstellung und -analyse in der Praxis .....	981
6.1.2	Wissensbasierte Datenanalyse in der Produktentwicklung: Überblick und Zielsetzung .....	983
6.2	Engineering Intelligence – wissensbasierte Datenanalyse .....	984
6.2.1	Graphenbasierte Modellierung .....	984
6.2.1.1	Typisierte, attribuierte Graphen .....	985
6.2.1.2	Standardisierte und domänenspezifische Modellierungssprachen .....	987
6.2.2	Strukturen zur Datenverwaltung und deren Überführung in Graphen .....	988
6.2.3	Wissensformalisierung mittels Graphtransformation .....	991
6.2.4	Softwaretechnische Umsetzung von Metamodell und Graphtransformation .....	993
6.3	Anwendungen von Engineering Intelligence .....	996
6.3.1	Analyse komplexer Produktstrukturen .....	996
6.3.1.1	Datenkonsolidierung .....	997
6.3.1.2	Suche .....	998
6.3.1.3	Mustergestützte Kennzahlberechnung .....	1000
6.3.2	Fallstudie: Beschwerdeanalyse zur Qualitätsverbesserung .....	1001
6.3.2.1	Ausgangssituation und Problemstellung .....	1001
6.3.2.2	Zielstellung der Analyse .....	1002
6.3.2.3	Vorgehen .....	1003
6.3.2.4	Diskussion der Fallstudie .....	1008
6.4	Diskussion und Ausblick .....	1010
6.5	Literatur .....	1011

<b>7</b>	<b>Führung in der Produktentwicklung</b> .....	1013
	<i>Tanja Peter, Dieter Frey</i>	
7.1	Einleitung .....	1013
7.2	Der erste Schritt: Personalauswahl und Teamzusammensetzung .....	1013
7.2.1	Wie wähle ich die besten Mitarbeiter aus? .....	1013
7.2.2	Wie setze ich ein effektives Team zusammen? .....	1014
7.3	Was macht gute Führung aus? .....	1016
7.4	Prinzipien guter Führung .....	1016
7.5	Welcher Führungsstil ist der richtige? .....	1018
7.6	Center-of-ExcellenceKulturen .....	1019
7.6.1	Fehlerkultur .....	1020
7.6.2	Innovations- und Adaptionenkultur .....	1020
7.6.3	Kundenorientierungskultur .....	1021
7.6.4	Benchmark-Kultur .....	1021
7.7	Führung im Alltag: Konkrete Tools zur Umsetzung .....	1022
7.7.1	Selbst- und Teamreflexion .....	1022
7.7.2	Veränderbare und unveränderbare Welten .....	1022
7.7.3	Paul'scher Regelkreis .....	1022
7.7.4	Ursachenanalyse .....	1023
7.7.5	Das 2-6-2-Prinzip .....	1023
7.8	Literatur .....	1024
	<b>Index</b> .....	1027