

Udo Lindemann

Handbuch Produkt- entwicklung

HANSER

Inhaltsverzeichnis

Vorwort	XXVII
Der Herausgeber	XXIX
Autorenverzeichnis	XXXI
TEIL I	
Entwicklungsstrategie	1
1 Produktentwicklung Quo Vadis	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
2 Strategische Produkt- und Prozessplanung	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
Portfoliomanagement	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
4	Risiko- und Chancenmanagement in der Produktentwicklung	59
	<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
5	Produktarchitektur	99
	<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
6	Gleichteile-, Modul- und Plattformstrategie	111
	<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

Übergeordnete Aspekte	151
------------------------------------	-----

1 Systems Engineering	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

Zuverlässigkeit und Sicherheit 185

Bernd Bertsche, Matthias Stohrer

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 Grenzkrisiko 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
3	Daten- und Informationsmanagement PDM/PLM	215
	<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
4	Wissensmanagement	247
	<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
	Gewerblicher Rechtsschutz und Know-how-Schutz	275
	<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
6	Recht und Compliance	319
	<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

**Entwicklungscontrolling – Ausgestaltung in einem ganzheitlichen
Innovationscontrolling-Ansatz** 349

Ronald Gleich, Jan Christoph Munck, Alexander Tkotz

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
2	Requirements Engineering	425
	<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
3	Verteilte Produktentwicklung	455
	<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
4	Innovationsmanagement	483
	<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
5	Änderungsmanagement	513
	<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
Verifikation und Validierung im Produktentstehungsprozess		541
<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
Lean Development		571
<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
	<i>Udo Lindemann</i>	
1.1	Literatur	628
2	Produkte entwickeln mit QFD – Quality Function Deployment	629
	<i>Jutta Saatweber</i>	
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

Die Theorie des erfinderischen Problemlösens (TRIZ)	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
Funktionsmodellierung	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
Systematisierung des Lösungsraums	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
6	Kreativität in der Produktentwicklung	743
	<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
7	Methoden der Entscheidungsfindung	759
	<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
Absicherung der technischen Entwicklungsziele		805
<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
Ergonomische Produktgestaltung		837
<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
	<i>Udo Lindemann</i>	
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
	<i>Klaus Drechsler, Paul Bockelmann</i>	
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
	<i>Frank Rieg, Florian Nützel, Christoph Wehmann</i>	
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
Virtuelles Engineering	939
<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
Neue Produktionstechnologien am Beispiel der additiven Verfahren	953
<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	979
	<i>Bergen Helms, Maximilian Kissel</i>	
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

7	Führung in der Produktentwicklung	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
	Index	1027