



Integrated Design Engineering

Sándor Vajna
(Hrsg.)

Integrated Design Engineering

Ein interdisziplinäres Modell für
die ganzheitliche Produktentwicklung

Herausgeber
Prof. Dr.-Ing. Dr. h.c. Sándor Vajna
Lehrstuhl für Maschinenbauinformatik
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
Magdeburg
Deutschland

ISBN 978-3-642-41103-8
DOI 10.1007/978-3-642-41104-5

ISBN 978-3-642-41104-5 (eBook)

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

Springer Vieweg
© Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Verlags. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

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.

Gedruckt auf säurefreiem und chlorfrei gebleichtem Papier

Springer Vieweg ist eine Marke von Springer DE. Springer DE ist Teil der Fachverlagsgruppe Springer Science+Business Media
www.springer-vieweg.de

Vorwort

Das vorliegende Buch beschreibt das Integrated Design Engineering (IDE) als die Fortentwicklung der Integrierten Produktentwicklung (IPE) zu einem humanzentrierten und ganzheitlichen Modell für die Produktentwicklung. Dieses Modell steht für den systematischen Einsatz von integrierten, interdisziplinären und rechnerunterstützten Strategien, Methoden und Werkzeugen bei der Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen. Berücksichtigt wird dabei der gesamte Lebenszyklus des Produkts.

Das Buch erläutert die Grundlagen, die unterschiedlichen Aspekte und den praktischen Einsatz des IDE. Es muss nicht „in einem Rutsch“ gelesen werden, denn es ist modular aufgebaut, so dass jedes Kapitel einzeln bearbeitet werden kann. Die beschriebenen Strategien und Vorgehensweisen basieren auf umfangreichen Forschungsarbeiten sowie auf Erfahrungen aus zahlreichen Industrieprojekten, wo sie bereits ihre Effizienz bewiesen haben.

Die Themenvielfalt des IDE machte es erforderlich, dass dieses Buch von zahlreichen Autoren geschrieben wurde, die zusammen den interdisziplinären Masterstudiengang IDE an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg tragen. Sie standen bei ihren Beiträgen vor der Aufgabe, auf begrenztem Raum ein Kompendium ihres jeweiligen Anteils am IDE verständlich darzustellen. Der Leser wird feststellen, dass dies jedem Autor sehr gut gelungen ist. Der Herausgeber hat, wenn überhaupt, nur behutsam geändert und ergänzt, damit die individuelle Handschrift jedes einzelnen Autors sichtbar bleibt. Die Themenvielfalt hat auch dazu geführt, dass manche Aussagen und Abbildungen gewollt mehrfach vorkommen.

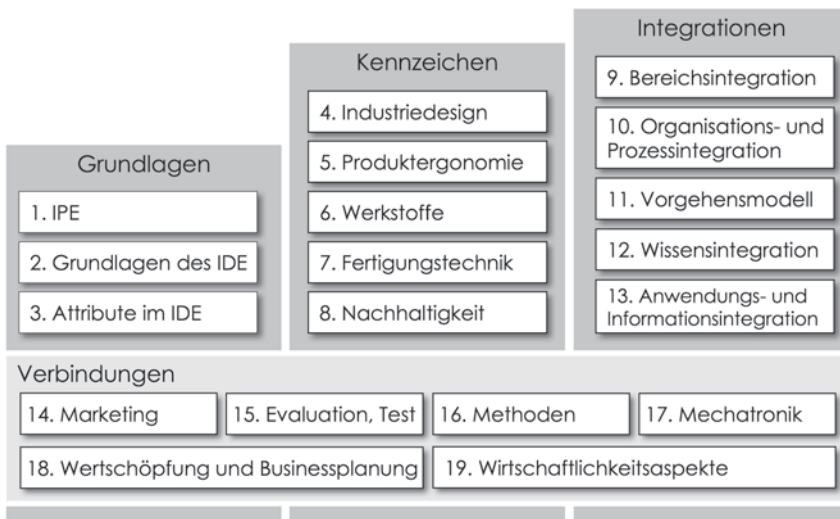
Das Buch eignet sich einerseits für alle an der Produktentwicklung interessierten Studierenden aus ingenieurwissenschaftlichen Studiengängen, aus dem Industriedesign, aus Marketing, aus Entrepreneurship und Wirtschaftswissenschaften sowie aus verwandten Fachgebieten. Andererseits finden Produktentwickler und Führungskräfte aus der Praxis zahlreiche nützliche und leicht umsetzbare Informationen und Vorgehensweisen zur Entwicklung solcher Produkte, die mit ihrer hohen und breit aufgestellten Leistungsfähigkeit die Vorstellungen der Kunden treffen und übertreffen sollen.

Als Herausgeber ist es mir eine angenehme Pflicht, allen denen zu danken, die zu diesem Buch beigetragen haben.

Zuerst danke ich allen Autoren, die mit ihren sorgfältigen Beiträgen das Gelingen dieses Buchs wesentlich verantworten. Ich danke Frau Dipl.-Ing. K. Jackstien und den Herren

Aufbau des Buchs

Dieses Buch besteht aus den Teilen Grundlagen, Kennzeichen, Integrationen und Verbindungen mit insgesamt 19 Kapiteln, die entsprechend der folgenden Abbildung strukturiert sind. Jedes Kapitel behandelt ein abgeschlossenes Themengebiet.



In den *Grundlagen* wird zuerst auf Methoden und Vorgehensweisen der Magdeburger Ausprägung der Integrierten Produktentwicklung (IPE) eingegangen, bevor daraus die Grundlagen für das Integrated Design Engineering (IDE) in Bezug auf den Lebenszyklus eines Produkts abgeleitet und dargestellt werden. Wesentliche Merkmale des IDE sind die Humanzentrierung, die interdisziplinäre Bearbeitung, das Beschreiben des Produkts und seines Leistungsverhaltens über elf gleichwertige, aber nicht gleichartige Attribute sowie umfangreiche Integrationsformen entlang des Produktlebens. Grundsätzliche Beschreibungen jedes Attributs finden sich im dritten Kapitel.

Inhalt der *Kennzeichen* ist eine ausführliche Darstellung der Attribute Design in Kap. 4, Handhabbarkeit in Kap. 5, Produzierbarkeit in den Kap. 6 und 7 sowie Nachhaltigkeit in Kap. 8, jeweils eingebettet in ihr Umfeld.

Die *Integrationen* behandeln die unterschiedlichen Formen der Integration im IDE. Dies betrifft die einzelnen Bereiche eines Unternehmens (mit besonderem Fokus auf dem Ansatz des Design for X), die Organisations- und Prozessintegration für Aufbau- und Ablauforganisation und Teamarbeit, die Dynamische Navigation und das darauf aufbauende IDE-Vorgehensmodell, schließlich die für alle Aktivitäten im IDE notwendigen Integrationsformen von Wissen sowie von rechnerunterstützten Anwendungen.

Die *Verbindungen* enthalten solche Themen, die an jeder Stelle des IDE eingesetzt werden können. So werden Inhalte des Marketings für die meisten Phasen des Produktlebens benötigt. Evaluation und Test sowie Methoden dienen der Bewertung und Unterstützung aller Aktivitäten im IDE. Die Mechatronik betrifft als übergreifendes Produkt- und Prozesskonzept ebenfalls alle Phasen des Produktlebenszyklus. Die beiden folgenden Kapitel behandeln die Wirtschaftlichkeit des IDE sowie die Möglichkeiten, wie mit einer guten Produktidee aus dem IDE erfolgreich in den Markt eingestiegen werden kann.

Ein umfangreiches Glossar und ein Stichwortverzeichnis runden das Buch ab.

Inhaltsverzeichnis

Teil I Grundlagen

1 Modelle und Vorgehensweisen der Integrierten Produktentwicklung	3
Sándor Vajna und Carsten Burchardt	
1.1 Vorgehensmodelle für die Konstruktion	5
1.1.1 Allgemeines Vorgehensmodell des Konstruierens von Hubka	6
1.1.2 VDI-Richtlinien 2221 und 2222	8
1.1.3 Taxonomy for Mechanical Design von Ullman	10
1.1.4 Zusammenfassung	13
1.2 Entstehung und Weiterentwicklung der Integrierten Produktentwicklung	15
1.2.1 Integrerad Produktutveckling nach Olsson (1981)	17
1.2.2 Integrated Product Development nach Andreassen und Hein (1987)	20
1.2.3 Integrierte Produktentwicklung nach Ehrlenspiel (1991)	25
1.2.3.1 TOTE-Schema	27
1.2.3.2 Vorgehenszyklus	28
1.2.3.3 Methodenbaukasten	29
1.2.3.4 Vorgehensplan	30
1.2.3.5 Organisation der Zusammenarbeit	30
1.2.3.6 Zusammenführen zu einem Gesamtsystem	32
1.2.4 Integrierte Produktentwicklung nach Meerkamm (1994)	32
1.2.5 Dynamic Product Development nach Ottosson (1997)	35
1.3 Das Magdeburger Modell der IPE (Burchardt und Vajna 1996)	39
1.3.1 Humanzentrierung	41
1.3.2 Gleichwertigkeit von Funktionserfüllung und Produktdesign	42
1.3.3 Netzwerkstruktur als Organisationsform	44
1.3.4 Vorgehensweisen, Methoden und Technologien	45
Literatur	47

2 Grundlagen des Integrated Design Engineering	51
Karoline Jackstien und Sándor Vajna	
2.1 Humanzentrierung im IDE	54
2.1.1 Wertewandel	54
2.1.2 Bedeutung des Menschen im IDE	58
2.1.3 Denkart und Denkverhalten im IDE	61
2.1.4 Verschiedene Rollen des Menschen im IDE	62
2.2 Integrationsarten im IDE	66
2.3 Produkte und Produktlebenszyklus	67
2.3.1 Produktbegriff	68
2.3.2 Produktlebenszyklus	70
2.3.2.1 Produktplanung	71
2.3.2.2 Allgemeine Auslöser für den Produktlebenszyklus	72
2.3.2.3 Produkt- und Geschäftsideen	72
2.3.2.4 Auslöser in der Investitionsgüterindustrie	76
2.3.2.5 Auslöser in der Konsumgüterindustrie	76
2.3.2.6 Produktentwicklung	77
2.3.2.7 Produktion	80
2.3.2.8 Produktnutzung und Produktverwertung	81
2.3.2.9 Querschnittsprozesse	82
2.3.3 Generalisierung	83
2.4 Einsatzgebiet des IDE	86
2.5 IDE im Vergleich	90
Literatur	93
3 Attribute im IDE	95
Sándor Vajna, Karoline Jackstien und Thomas Gatzky	
3.1 Attribute und ihr Zusammenhang	100
3.2 Produktattribute	104
3.2.1 Produktdesign	104
3.2.2 Funktionalität	107
3.2.3 Handhabbarkeit	109
3.2.4 Produzierbarkeit	111
3.2.5 Verfügbarkeit	112
3.2.6 Instandhaltbarkeit	114
3.2.7 Nachhaltigkeit	114
3.3 Attribute zur Bewertung der Erfüllung von Anforderungen	118
3.3.1 Sicherheit	118
3.3.2 Zuverlässigkeit	119
3.3.3 Qualität	120
3.3.3.1 Ishikawa-Diagramm	123
3.3.3.2 Fehlermöglichkeits- und Einfluss-Analyse	123
3.3.3.3 Quality Function Deployment	124

3.3.4	Zusammenwirken der Erfüllungs-Attribute	125
3.4	Attribute zur Bewertung der Wirtschaftlichkeit	126
3.4.1	Rentabilität	126
3.4.2	Mehrwert	127
Literatur	.....	127

Teil II Kennzeichen

4	Industriedesign	133
	Thomas Gatzky	
4.1	Produktentwicklung und Produktdesign	134
4.1.1	Produktdesign und Konstruktion	136
4.1.2	Ästhetik und Ergonomie	138
4.2	Von der Idee zur Produktgestalt	139
4.2.1	Struktur-Form-Gestalt	140
4.2.2	Von der Immaterialität zur Wahrnehmbarkeit	140
4.3	Mensch-Produkt-Beziehungen oder das ästhetische Grundproblem	141
4.3.1	Wahrnehmung	142
4.3.2	Wahrnehmung, Verhalten und Gebrauch	143
4.3.2.1	Der Gebrauchsprozess	144
4.3.2.2	Information und Anmutung	145
4.4	Wahrnehmungsgerechtigkeit als Gestaltungsaufgabe	148
4.4.1	Gebrauchsszenario und Handlungsästhetik	149
4.4.2	Gebrauchsszenario und Gestaltästhetik	150
4.5	Einführung in eine wahrnehmungsorientierte Form- und Gestaltlehre ...	150
4.5.1	Grundlagen der Form- und Gestaltwahrnehmung	151
4.5.2	Form und Gestalt	151
4.5.3	Gestaltungsregeln	156
4.5.3.1	Qualitative Aussagen zur Gestaltbildung	157
4.5.3.2	Qualitative Aussagen zur Gestaltgliederung	157
4.5.3.3	Qualitative Aussagen zum Ordnen einer Gestalt	157
4.6	Einführung in eine wahrnehmungsorientierte Formenlehre	158
4.6.1	Formenmethodik – Formcharakter	159
4.6.2	Formensystematik	159
4.6.3	Formbildung-Qualität	159
4.6.3.1	Reinheit der Form	160
4.6.3.2	Stetigkeit der Form	161
4.6.4	Gestaltungsmethoden für wahrnehmungsgerechte Formgestaltung	161
4.6.4.1	Formenschluss und Formberuhigung	162
4.6.4.2	Wertung und Empfehlung	163
4.7	Zusammenfassung	165
Literatur	.....	165

5	Produktergonomie	167
	Stefan Graichen, Tobias Heine und Barbara Deml	
5.1	Physiologische Aspekte der Produktergonomie	168
5.1.1	Anthropometrische Gestaltung, Bewegungstechnik und Sichtbereiche	169
5.1.2	Körperkräfte	176
5.2	Kognitive Aspekte der Produktergonomie	182
5.2.1	Die Bedeutung von Kognitionen bei der Interaktion mit Produkten	183
5.2.2	Grundlagen menschlicher Informationsverarbeitung	185
5.2.3	Gestaltungsempfehlungen	187
5.2.3.1	Aufgabenangemessenheit	188
5.2.3.2	Selbstbeschreibungsfähigkeit	188
5.2.3.3	Erwartungskonformität	189
5.2.3.4	Lernförderlichkeit	189
5.2.3.5	Steuerbarkeit	190
5.2.3.6	Fehlertoleranz	190
5.2.3.7	Individualisierbarkeit	191
5.2.3.8	Zusammenfassung	191
5.2.4	Methoden für die kognitive Produktergonomie	191
5.2.4.1	Fragebogenmethode	191
5.2.4.2	Blickregistrierung	193
5.3	Zusammenfassung	194
	Literatur	195
6	Werkstoffe	199
	Michael Scheffler, Thorsten Halle, Manja Krüger und Andreas Heyn	
6.1	Werkstoffklassen	201
6.1.1	Metallische Werkstoffe	201
6.1.2	Keramik und Glas	211
6.1.2.1	Keramik	211
6.1.2.2	Glas	215
6.1.3	Kunststoffe	218
6.1.4	Verbundwerkstoffe	221
6.2	Aspekte der Werkstoffauswahl und der Werkstoffverarbeitung	224
6.2.1	Prinzipien der Werkstoffauswahl	224
6.2.1.1	Entwicklung	226
6.2.1.2	Anforderungsprofil erstellen	227
6.2.1.3	Suchen aller geeigneten Werkstoffe	227
6.2.1.4	Werkstoffauswahl nach technischen und wirtschaftlichen Gesichtspunkten	228
6.2.2	Grundlagen der Korrosion	229

6.2.3	Korrosionsschutz	232
6.2.3.1	Korrosionsschutzgerechte Gestaltung und Planung	233
6.2.3.2	Korrosionsschutz durch Veränderung des Korrosionsmediums	234
6.2.3.3	Elektrochemischer Korrosionsschutz	235
6.2.3.4	Korrosionsschutz durch Beschichtungen und Überzüge ...	235
	Literatur	236
7	Fertigungstechniken	239
	Bernhard Karpuschewski, Sven Jüttner, Rüdiger Bähr, Ingolf Behm und Stefan Scharf	
7.1	Urformen	242
7.1.1	Gusswerkstoffe	243
7.1.1.1	Gusseisenwerkstoffe (DIN EN 1560)	244
7.1.1.2	Stahlguss (DIN EN 10020)	244
7.1.1.3	Aluminiumguss (DIN EN 1706)	245
7.1.1.4	Kupferguss (DIN EN 1412)	245
7.1.2	Technologischer Prozess des Formgießens	245
7.1.3	Form- und Gießverfahren	247
7.1.3.1	Urformwerkzeuge	248
7.1.3.2	Verfahren mit verlorenen Formen	248
7.1.3.3	Dauerformverfahren	249
7.1.3.4	Niederdruckkokillengießverfahren	250
7.1.3.5	Druckgießverfahren	251
7.1.4	Kernherstellungsverfahren für das Gießen metallischer Gussstücke	252
7.2	Umformen	253
7.2.1	Spannungen und elastische Formänderungen	254
7.2.2	Plastische Formänderung und Umformvorgang	256
7.2.3	Spannungs-Dehnungs-Diagramm und Werkstoffkenngrößen	258
7.3	Trennen – Spanen und Abtragen	259
7.3.1	Definition und Wirkprinzip	259
7.3.2	Mechanismus der Spanbildung	260
7.3.3	Grundbegriffe der Zerspantechnik	260
7.3.4	Spanende Verfahren, Einteilung und Ordnungsprinzipien	261
7.3.5	Verfahren mit geometrisch bestimmter Schneide	261
7.3.5.1	Drehen	262
7.3.5.2	Bohren	262
7.3.5.3	Fräsen	263
7.3.5.4	Schneidstoffe	265
7.3.6	Verfahren mit geometrisch unbestimmter Schneide	265

7.3.7	Abtragen	266
7.3.7.1	Thermisches Abtragen mit elektrischen Funken	267
7.3.7.2	Thermisches Abtragen mit dem Laserstrahl	267
7.4	Fügen	268
7.4.1	Kriterien zur Auswahl eines Fügeprozesses	270
7.4.2	Fügen durch Stoffverbinden	271
7.4.3	Fügen durch Schweißen	272
7.4.4	Fügen unterschiedlicher Werkstoffe mit metallischem Zusatzstoff durch Löten	274
7.4.5	Wärmearmes Fügen mit organischen Klebstoffen	277
7.5	Generative Fertigungsverfahren	280
7.5.1	Stereolithografie (SL, SLA)	281
7.5.2	Laser-Sintern (LS)	281
7.5.3	Fused Layer Modeling beziehungsweise Manufacturing (FLM) ...	282
7.5.4	3D-Printing (3DP)	282
7.5.5	Layer Laminated Manufacturing (LLM)	282
7.5.6	Vergleich der Eigenschaften von generativen Verfahren	283
	Literatur	284
8	Nachhaltigkeit	287
	Franz Josef Radermacher	
8.1	Wie ist heute der Stand der Nachhaltigkeit in einem umfassenden Sinne?	290
8.2	Ökosoziale Marktwirtschaft: Wirtschaften unter den Bedingungen der Nachhaltigkeit	294
8.3	Auf dem Weg zur Nachhaltigkeit	303
8.4	Zusammenfassung	307
	Literatur	307
 Teil III Integrationen		
9	Bereichsintegration	311
	Sándor Vajna	
9.1	Methodische Bereichsintegration	314
9.1.1	Integration der Bereiche vor der Produktentwicklung	315
9.1.2	Design for Assembly, montagegerechte Entwicklung	316
9.1.3	Design for Manufacturing, fertigungsgerechte Entwicklung	318
9.1.4	Design for Sustainability, nachhaltigkeitsgerechte Entwicklung ...	320
9.1.4.1	Cradle to Cradle	320
9.1.4.2	Regeln für eine nachhaltige Produktentwicklung	323
9.1.4.3	MET-Profil	325
9.1.4.4	Recyclinggerechte Produktentwicklung	326

9.1.5	Design to Cost, kostengerechte Entwicklung	327
9.1.6	Widersprüche zwischen dfx-Sichten	327
9.2	Organisatorische Bereichsintegration	329
9.3	Technische Bereichsintegration	330
9.4	Nutzen der Bereichsintegration	332
	Literatur	333
10	Organisations- und Prozessintegration	335
	Bernd Neutschel und Sándor Vajna	
10.1	Aufbauorganisation	339
10.1.1	Funktionsorientierte Aufbauorganisation	339
10.1.2	Matrixförmige Organisation	341
10.1.3	Projektorganisation	342
10.1.4	Mischformen der Organisation	343
10.1.5	Netzwerkförmige Organisation	344
10.1.5.1	Merkmale organisatorischer Netzwerke	345
10.1.5.2	Strukturen organisatorischer Netzwerke	347
10.1.5.3	Netzwerkstruktur für das IDE	348
10.2	Ablauforganisation	350
10.3	Teamarbeit	352
10.3.1	Aufbau des Teams	353
10.3.2	Teamarbeit im IDE	354
10.3.2.1	Stage-Gate-Prozess	356
10.3.2.2	Meilensteine	357
10.3.3	Vorteile und Nachteile der Teamarbeit	359
10.4	Möglichkeiten der Prozessverbesserung	360
10.4.1	Stufenmodell	360
10.4.2	Lean Product Development	362
10.5	Dynamische Prozess- und Projektnavigation	364
	Literatur	372
11	Ganzheitliches Vorgehensmodell des IDE	375
	Sándor Vajna	
11.1	Grundlagen des IDE-Vorgehensmodells	376
11.2	Anwendung des IDE-Vorgehensmodells	380
11.3	Anpassbarkeit des IDE-Vorgehensmodells	385
11.4	Zusammenfassung	386
	Literatur	386
12	Wissensintegration	387
	Sándor Vajna	
12.1	Wissensarten und Wissensstrukturen	392

12.2 Wissenslebenszyklus	396
12.2.1 Wissensumgebung und Wissenskultur	397
12.2.2 Wissensquellen	399
12.2.3 Wissensakquisition und Kommunikationsdistanz	400
12.3 Wissensmanagement	404
Literatur	408
13 Anwendungs- und Informationsintegration	411
Andreas Meyer, Andreas Wunsch und Martin Wiesner	
13.1 Anwendung von CAx-Systemen	416
13.1.1 CAID-Systeme	418
13.1.2 CAD-Systeme	419
13.1.2.1 Direktes Modellieren	420
13.1.2.2 Parametrik	421
13.1.2.3 Features	422
13.1.3 CAE-Systeme und Optimierung	423
13.1.4 CAP-Systeme	426
13.2 Kooperation von räumlich und zeitlich getrennten Teams	427
13.2.1 Werkzeuge der E-Collaboration	428
13.2.2 Nutzen von E-Collaboration	429
13.2.3 Integration von E-Collaboration	431
13.3 PDM-Anwendungen	432
13.4 Organisation und Struktur von Anwendungssystemen	436
13.4.1 Systemmanagement	439
13.4.2 Datensicherung	440
13.5 Archivierung	442
Literatur	446
Teil IV Verbindungen	
14 Marketing	449
Hanns-Joachim Schweizer	
14.1 Geschichte des Marketings	451
14.2 Produktpolitik	452
14.3 Preispolitik	452
14.4 Kommunikationspolitik	454
14.5 Distributionspolitik	456
14.6 Offensives Marketing als Ergänzung zum Marketing-Mix	457
14.7 Die Märkte	459
14.7.1 Konsumgütermarkt	459
14.7.2 Investitionsgütermarkt	459
14.7.3 Dienstleistungsmarkt	460

14.8	Differenzierung des Marketings nach Absatzgebiet (Binnen- und Außenhandel)	460
14.8.1	Wettbewerbsdruck als Auslöser von Marketingmaßnahmen	461
14.8.1.1	Festlegung von Mission und Vision	462
14.8.1.2	Marketingplanung	462
14.8.1.3	Strategische Marketingplanung	462
14.9	Marktforschung	463
14.10	Der Vertrieb als Schlüssel-Komponente des Marketing und Teil der Distributionspolitik	464
14.10.1	Key Account Management	464
14.10.2	Vertriebssteuerung nach der ABC-Analyse	465
14.10.3	Notwendigkeit des Key Account Managements	465
14.11	Rechtliche Grundlagen für Werbung und Marketing	466
14.12	Checkliste zur Erstellung eines Marketingplans	468
	Literatur	469
15	Evaluation und Test	471
	Jürgen Edlmann-Nusser und Andreas Krüger	
15.1	Varianten der Durchführung von Tests	473
15.1.1	Tests am Original im Feld	473
15.1.2	Tests am Original im Labor, mit Hilfe eines Mess- oder Prüfstands	474
15.1.3	Tests am Modell	474
15.1.3.1	Modellrechnung für den „Unfall“ eines Modellautos ...	475
15.1.3.2	Modellrechnung für die Aerodynamik eines Modellautos	475
15.1.3.3	Beispiel für fehlerbehaftetes Experimentalmodell	476
15.1.4	Tests mit Komponenten oder Proben des Originals	477
15.1.5	Tests mit beliebigen Kombinationen aus Original, Modell und Komponenten	480
15.2	Gütekriterien und Signifikanz	481
15.2.1	Objektivität	481
15.2.2	Reliabilität	481
15.2.3	Validität	482
15.2.4	Signifikanz	482
15.3	Entwicklung einer Auslöse-Snowboardbindung und Evaluation in Labor und Feld	483
15.3.1	Systematische Produktentwicklung	484
15.3.2	Evaluation	486
15.3.2.1	Labortest	487
15.3.2.2	Feldtest	489
	Literatur	492

16 Methoden für das IDE	495
Sándor Vajna	
16.1 Zeitmanagement	496
16.2 Möglichkeiten zur Arbeitsstrukturierung	501
16.2.1 Termin- und Aufgabenlisten	502
16.2.2 Balkenpläne	502
16.2.2.1 Netzpläne	503
16.2.3 Mind Mapping (Erstellen einer Gedankenlandkarte)	505
16.3 Präsentationstechnik	507
16.4 Management von Innovationen	511
Literatur	512
17 Mechatronik	515
Klaus Zeman	
17.1 Ziele der Mechatronisierung	518
17.2 Mechatronische Produkte	519
17.3 Entwicklungsmethodik für mechatronische Produkte	521
17.4 Mechatronisierung von Prozessen	524
Literatur	525
18 Wertschöpfung und Businessplanung	527
Matthias Raith	
18.1 Wertschöpfung und Wettbewerbsvorteil	527
18.2 Gelegenheiten zur Wertschöpfung	529
18.3 Das Geschäftsmodell	531
18.4 Businessplanung	536
18.5 Implikationen für die Produktentwicklung	537
Literatur	538
19 Wirtschaftlichkeitsaspekte im IDE	539
Michael Schabacker und Sándor Vajna	
19.1 Bestimmung der Kosten	541
19.1.1 Lebenszykluskostenrechnung	542
19.1.2 Kosten des Lieferanten	545
19.1.3 Kosten eines Kunden aus der Investitionsgüterindustrie	545
19.1.4 Kosten eines Kunden der Konsumgüterindustrie	546
19.2 Bestimmung des Nutzens	547
19.3 Bestimmung der Wirtschaftlichkeit	548
19.3.1 Lieferant	550
19.3.2 Kunde aus der Investitionsgüterindustrie	550
19.3.3 Kunde der Konsumgüterindustrie	553

19.4	Benefit Asset Pricing Model (BAPM)	553
19.4.1	Lieferant	558
19.4.2	Kunde aus der Investitionsgüterindustrie	560
	Literatur	561
Glossar	.....	563
Sachverzeichnis	.....	601
Kurzbiographien der Autoren	.....	607