

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einführung</b>	1
1.1 Der Entwickler und Konstrukteur	1
1.1.1 Aufgaben und Tätigkeiten	1
1.1.2 Stellung im Unternehmen	6
1.1.3 Künftige Aspekte	8
1.2 Methodisches Vorgehen bei der Produktentwicklung	9
1.2.1 Anforderungen und Bedarf	9
1.2.2 Historische Entwicklung	12
1.2.3 Heutige Methoden	17
1. Systemtechnik	17
2. Wertanalyse	19
3. Konstruktionsmethoden	21
1.3 Zielsetzung vorliegender methodischer Konstruktionslehre	28
Literatur	29
<b>2 Grundlagen</b>	37
2.1 Grundlagen technischer Systeme	37
2.1.1 System, Anlage, Apparat, Maschine, Gerät, Baugruppe, Einzelteil	37
2.1.2 Energie-, Stoff- und Signalumsatz	39
2.1.3 Funktionszusammenhang	42
1. Aufgabenspezifische Beschreibung	42
2. Allgemein anwendbare Beschreibung	45
3. Logische Beschreibung	46
2.1.4 Wirkzusammenhang	49
1. Physikalische Effekte	50
2. Geometrische und stoffliche Merkmale	51
2.1.5 Bauzusammenhang	53
2.1.6 Systemzusammenhang	53
2.1.7 Resultierende methodische Leitlinie	55
2.2 Grundlagen methodischen Vorgehens	57
2.2.1 Vorgang des Problemlösens	57
2.2.2 Kennzeichen guter Problemlöser	62
1. Intelligenz und Kreativität	62
2. Entscheidungsverhalten	63

2.2.3	Lösungsprozess als Informationsumsatz . . . . .	65
2.2.4	Allgemeine Arbeitsmethodik . . . . .	66
	1. Wahl des zweckmäßigen Denkens . . . . .	67
	2. Individuelle Arbeitsstile . . . . .	68
2.2.5	Allgemein wiederkehrende Methoden . . . . .	72
	1. Analysieren . . . . .	72
	2. Abstrahieren . . . . .	73
	3. Synthese . . . . .	73
	4. Methode des gezielten Fragens . . . . .	74
	5. Methode der Negation und Neukonzeption . . . . .	74
	6. Methode des Vorwärtsschreitens . . . . .	75
	7. Methode des Rückwärtsschreitens . . . . .	75
	8. Methode der Faktorisierung . . . . .	76
	9. Methode des Systematisierens . . . . .	76
	10. Arbeitsteilung und Zusammenarbeit . . . . .	77
2.3	Grundlagen integrierter Rechnerunterstützung . . . . .	77
2.3.1	Der Konstruktionsarbeitsplatz . . . . .	78
2.3.2	Rechnerinterne Beschreibung von Produktmodellen . . . . .	79
	1. Mentale Modelle . . . . .	79
	2. Informationsmodelle . . . . .	80
	3. Produktmodelle . . . . .	84
2.3.3	Datenverwaltung . . . . .	84
	Literatur . . . . .	87
<b>3</b>	<b>Methoden zur Produktplanung, Lösungssuche und Beurteilung . . . . .</b>	<b>90</b>
3.1	Produktplanung . . . . .	90
3.1.1	Neuheitsgrad eines Produkts (Innovation) . . . . .	91
3.1.2	Produktlebenszyklus . . . . .	92
3.1.3	Unternehmensziele und ihre Auswirkungen . . . . .	92
3.1.4	Durchführung der Produktplanung . . . . .	93
	1. Aufgabe und Vorgehen . . . . .	93
	2. Analysieren der Situation . . . . .	96
	3. Aufstellen von Suchstrategien . . . . .	98
	4. Finden von Produktideen . . . . .	101
	5. Auswählen von Produktideen . . . . .	103
	6. Definieren von Produkten . . . . .	103
	7. Praxis der Produktplanung . . . . .	104
3.2	Lösungssuche . . . . .	106
3.2.1	Konventionelle Methoden und Hilfsmittel . . . . .	107
	1. Kollektionsverfahren . . . . .	107
	2. Analyse natürlicher Systeme . . . . .	107
	3. Analyse bekannter technischer Systeme . . . . .	109
	4. Analogiebetrachtungen . . . . .	111
	5. Messungen, Modellversuche . . . . .	111
3.2.2	Intuitiv betonte Methoden . . . . .	112

1. Brainstorming . . . . .	113
2. Methode 635 . . . . .	115
3. Galeriemethode . . . . .	116
4. Delphi-Methode . . . . .	117
5. Synektik . . . . .	117
6. Kombinierte Anwendung . . . . .	119
3.2.3 Diskursiv betonte Methoden . . . . .	120
1. Systematische Untersuchung des physikalischen Zusammenhangs . . . . .	120
2. Systematische Suche mit Hilfe von Ordnungsschemata . . . . .	122
3. Verwendung von Katalogen . . . . .	129
3.2.4 Methoden zur Lösungskombination . . . . .	136
1. Systematische Kombination . . . . .	136
2. Kombinieren mit Hilfe mathematischer Methoden . . . . .	138
3.3 Auswahl- und Bewertungsmethoden . . . . .	139
3.3.1 Auswählen geeigneter Lösungsvarianten . . . . .	139
3.3.2 Bewerten von Lösungsvarianten . . . . .	143
1. Grundlagen von Bewertungsverfahren . . . . .	143
2. Vergleich von Bewertungsverfahren . . . . .	158
Literatur . . . . .	160
<b>4 Der Produktentwicklungsprozess . . . . .</b>	<b>164</b>
4.1 Allgemeiner Lösungsprozess . . . . .	164
4.2 Arbeitsfluss beim Entwickeln . . . . .	168
4.2.1 Inhaltliche Planung . . . . .	168
4.2.2 Zeitliche und terminliche Planung . . . . .	175
4.2.3 Kostenplanung des Projekts des Produkts . . . . .	176
4.3 Effektive Organisationsformen . . . . .	180
4.3.1 Interdisziplinäre Zusammenarbeit . . . . .	180
4.3.2 Führung und Teamverhalten . . . . .	184
Literatur . . . . .	185
<b>5 Methodisches Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung . . . . .</b>	<b>187</b>
5.1 Bedeutung einer geklärten Aufgabenstellung . . . . .	187
5.2 Erarbeiten der Anforderungsliste . . . . .	188
5.2.1 Inhalt . . . . .	189
5.2.2 Aufbau . . . . .	190
5.2.3 Erkennen und Aufstellen von Anforderungen . . . . .	191
1. Grundlegende Anforderungen . . . . .	192
2. Technisch-kundenspezifische Anforderungen . . . . .	193
3. Attraktivitätsanforderungen . . . . .	193
4. Ergänzen/Erweitern der Anforderungen . . . . .	193
5. Festlegen der Forderungen und Wünsche . . . . .	195
5.2.4 Beispiele . . . . .	196
5.3 Anwenden von Anforderungslisten . . . . .	198

5.3.1 Fortschreibung . . . . .	198
1. Anfangssituation . . . . .	198
2. Zeitliche Abhängigkeit . . . . .	199
5.3.2 Partielle Anforderungslisten . . . . .	200
5.3.3 Weitere Verwendung . . . . .	200
5.4 Praxis der Anforderungsliste . . . . .	201
Literatur . . . . .	202
<b>6 Methodisches Konzipieren . . . . .</b>	<b>203</b>
6.1 Arbeitsschritte beim Konzipieren . . . . .	203
6.2 Abstrahieren zum Erkennen der wesentlichen Probleme . . . . .	204
6.2.1 Ziel der Abstraktion . . . . .	204
6.2.2 Systematische Erweiterung der Problemformulierung . . . . .	206
6.2.3 Problem erkennen aus der Anforderungsliste . . . . .	209
6.3 Aufstellen von Funktionsstrukturen . . . . .	214
6.3.1 Gesamtfunktion . . . . .	214
6.3.2 Aufgliedern in Teilfunktionen . . . . .	215
6.3.3 Praxis der Funktionsstruktur . . . . .	224
6.4 Entwickeln von Wirkstrukturen . . . . .	227
6.4.1 Suche nach Wirkprinzipien . . . . .	227
6.4.2 Kombinieren von Wirkprinzipien . . . . .	230
6.4.3 Auswählen geeigneter Wirkstrukturen . . . . .	233
6.4.4 Praxis der Wirkstruktur . . . . .	236
6.5 Entwickeln von Konzepten . . . . .	237
6.5.1 Konkretisieren zu prinzipiellen Lösungsvarianten . . . . .	237
6.5.2 Bewerten von prinzipiellen Lösungsvarianten . . . . .	240
6.5.3 Praxis der Konzeptfindung . . . . .	246
6.6 Beispiele zum Konzipieren . . . . .	247
6.6.1 Eingriff-Mischbatterie für Haushalte . . . . .	248
6.6.2 Prüfstand zum Aufbringen von stoßartiger Lasten . . . . .	260
Literatur . . . . .	274
<b>7 Methodisches Entwerfen . . . . .</b>	<b>276</b>
7.1 Arbeitsschritte beim Entwerfen . . . . .	276
7.2 Leitlinie beim Gestalten . . . . .	283
7.3 Grundregeln zur Gestaltung . . . . .	285
7.3.1 Eindeutig . . . . .	286
7.3.2 Einfach . . . . .	293
7.3.3 Sicher . . . . .	298
1. Begriffe, Art und Bereiche der Sicherheitstechnik . . . . .	298
2. Prinzipien der unmittelbaren Sicherheitstechnik . . . . .	302
3. Prinzipien der mittelbaren Sicherheitstechnik . . . . .	307
4. Sicherheitstechnische Auslegung und Kontrolle . . . . .	318
7.4 Gestaltungsprinzipien . . . . .	324
7.4.1 Prinzipien der Kraftleitung . . . . .	326

1. Kraftfluss und Prinzip der gleichen Gestaltfestigkeit . . .	326
2. Prinzip der direkten und kurzen Kraftleitung . . . . .	327
3. Prinzip der abgestimmten Verformungen . . . . .	329
4. Prinzip des Kraftausgleichs . . . . .	334
5. Praxis der Kraftleitung . . . . .	335
7.4.2 Prinzip der Aufgabenteilung . . . . .	338
1. Zuordnung der Teilfunktionen . . . . .	338
2. Aufgabenteilung bei unterschiedlichen Funktionen . . .	340
3. Aufgabenteilung bei gleicher Funktion . . . . .	344
7.4.3 Prinzip der Selbsthilfe . . . . .	348
1. Begriffe und Definitionen . . . . .	348
2. Selbstverstärkende Lösungen . . . . .	351
3. Selbstausgleichende Lösungen . . . . .	355
4. Selbstschützende Lösungen . . . . .	357
7.4.4 Prinzip der Stabilität und Bistabilität . . . . .	359
1. Prinzip der Stabilität . . . . .	359
2. Prinzip der Bistabilität . . . . .	361
7.4.5 Prinzip der fehlerarmen Gestaltung . . . . .	364
7.5 Gestaltungsrichtlinien . . . . .	366
7.5.1 Zuordnung und Übersicht . . . . .	366
7.5.2 Ausdehnungsgerecht . . . . .	367
1. Erscheinung der Ausdehnung . . . . .	367
2. Ausdehnung von Bauteilen . . . . .	368
3. Relativausdehnung zwischen Bauteilen . . . . .	374
7.5.3 Kriech- und relaxationsgerecht . . . . .	381
1. Werkstoffverhalten unter Temperatur . . . . .	381
2. Kriechen . . . . .	381
3. Relaxation . . . . .	384
4. Konstruktive Maßnahmen . . . . .	386
7.5.4 Korrosionsgerecht . . . . .	388
1. Ursachen und Erscheinungen . . . . .	389
2. Korrosion freier Oberflächen . . . . .	389
3. Berührungsabhängige Korrosion . . . . .	394
4. Beanspruchungsabhängige Korrosion . . . . .	395
5. Beispiele korrosionsgerechter Gestaltung . . . . .	399
7.5.5 Verschleißgerecht . . . . .	402
1. Ursachen und Erscheinungen . . . . .	402
2. Konstruktive Maßnahmen . . . . .	403
7.5.6 Ergonomiegerecht . . . . .	404
1. Ergonomische Grundlagen . . . . .	404
2. Tätigkeiten des Menschen und ergonomische Bedingungen . . . . .	407
3. Erkennen ergonomischer Anforderungen . . . . .	409
7.5.7 Formgebungsgerecht . . . . .	411
1. Aufgabe und Zielsetzung . . . . .	411

2. Formgebungsrechte Kennzeichen . . . . .	414
3. Richtlinien zur Formgebung . . . . .	415
7.5.8 Fertigungsgerecht . . . . .	418
1. Beziehung Konstruktion – Fertigung . . . . .	418
2. Fertigungsgerechte Baustruktur . . . . .	419
3. Fertigungsgerechte Gestaltung von Werkstücken . . . . .	426
4. Fertigungsgerechte Werkstoff- und Halbzeugwahl . . . . .	437
5. Einsatz von Standard- und Fremdteilen . . . . .	440
6. Fertigungsgerechte Fertigungsunterlagen . . . . .	441
7.5.9 Montagegerecht . . . . .	441
1. Montageoperationen . . . . .	441
2. Montagegerechte Baustruktur . . . . .	443
3. Montagegerechte Gestaltung der Fügestellen . . . . .	446
4. Montagegerechte Gestaltung der Füge-teile . . . . .	446
5. Leitlinie zur Anwendung und Auswahl . . . . .	446
7.5.10 Instandhaltungsgerecht . . . . .	452
1. Zielsetzung und Begriffe . . . . .	452
2. Instandhaltungsgerechte Gestaltung . . . . .	454
7.5.11 Recyclinggerecht . . . . .	456
1. Zielsetzungen und Begriffe . . . . .	456
2. Verfahren zum Recycling . . . . .	458
3. Recyclinggerechte Gestaltung . . . . .	460
4. Beispiele recyclinggerechter Gestaltung . . . . .	466
5. Bewerten hinsichtlich Recyclingfähigkeit . . . . .	469
7.5.12 Risikogerecht . . . . .	472
1. Risikobegegnung . . . . .	472
2. Beispiele risikogerechter Gestaltung . . . . .	473
7.5.13 Normengerecht . . . . .	479
1. Zielsetzung der Normung . . . . .	479
2. Normenarten . . . . .	480
3. Bereitstellung von Normen . . . . .	482
4. Normengerechtes Gestalten . . . . .	482
5. Normen entwickeln . . . . .	484
7.6 Bewerten von Entwürfen . . . . .	487
7.7 Beispiel zum Entwerfen . . . . .	489
Literatur . . . . .	509
<b>8 Methodisches Ausarbeiten . . . . .</b>	<b>522</b>
8.1 Arbeitsschritte beim methodischen Ausarbeiten . . . . .	522
8.2 Systematik der Fertigungsunterlagen . . . . .	524
8.2.1 Erzeugnisgliederung . . . . .	524
8.2.2 Zeichnungssysteme . . . . .	527
8.2.3 Stücklistensysteme . . . . .	531
8.2.4 Aspekte des Rechnereinsatzes . . . . .	537
8.3 Kennzeichnung von Gegenständen . . . . .	540

8.3.1 Nummerungstechnik . . . . .	540
1. Sachnummernsysteme . . . . .	542
2. Klassifikationsnummernsysteme . . . . .	543
8.3.2 Sachmerkmale . . . . .	545
Literatur . . . . .	551
<b>9 Lösungsfelder . . . . .</b>	<b>553</b>
9.1 Schlussarten bei mechanischen Verbindungen . . . . .	553
9.1.1 Funktionen und generelle Wirkungen . . . . .	554
9.1.2 Stoffschluss . . . . .	555
9.1.3 Formschluss . . . . .	556
9.1.4 Kraftschluss . . . . .	557
1. Reibkraftschluss . . . . .	558
2. Feldkraftschluss . . . . .	558
3. Elastischer Kraftschluss . . . . .	560
9.1.5 Anwendungsrichtlinien . . . . .	561
9.2 Maschinenelemente und Getriebe . . . . .	562
9.3 Antriebe und Steuerungen . . . . .	563
9.3.1 Antriebe, Motoren . . . . .	563
1. Funktionen . . . . .	563
2. Elektrische Antriebe . . . . .	564
3. Fluidische Antriebe . . . . .	566
4. Anwendungsrichtlinien . . . . .	570
9.3.2 Steuerungen . . . . .	571
1. Funktionen und Wirkprinzipien . . . . .	571
2. Mechanische Steuerungsmittel . . . . .	572
3. Fluidische Steuerungsmittel . . . . .	572
4. Elektrische Steuerungsmittel . . . . .	572
5. Speicherprogrammierbare Steuerungen . . . . .	573
6. Numerische Steuerungen . . . . .	573
7. Anwendungsrichtlinien . . . . .	573
9.4 Verbundbauweisen . . . . .	574
9.4.1 Allgemeines . . . . .	574
9.4.2 Anwendungen und Grenzen . . . . .	575
9.4.3 Bauarten . . . . .	576
1. Faserverbundbauweisen . . . . .	576
2. Sandwichbauweisen . . . . .	579
3. Hybride Bauweisen . . . . .	580
9.5 Mechatronik . . . . .	581
9.5.1 Allgemeine Struktur und Begriffe . . . . .	581
9.5.2 Ziele und Grenzen . . . . .	582
9.5.3 Entwicklung mechatronischer Lösungen . . . . .	583
9.5.4 Beispiele . . . . .	584
9.6 Adaptronik . . . . .	590
9.6.1 Allgemeines und Begriffe . . . . .	590

9.6.2	Ziele und Grenzen	593
9.6.3	Entwicklung adaptronischer Baustrukturen	594
9.6.4	Beispiele	594
Literatur		597
<b>10</b>	<b>Entwickeln von Baureihen und Baukästen</b>	<b>600</b>
10.1	Baureihen	600
10.1.1	Ähnlichkeitsgesetze	601
10.1.2	Dezimalgeometrische Normzahlreihen	605
10.1.3	Darstellung und Größenstufung	608
1.	Normzahldiagramm	608
2.	Wahl der Größenstufung	608
10.1.4	Geometrisch ähnliche Baureihen	612
10.1.5	Halbähnliche Baureihen	618
1.	Übergeordnete Ähnlichkeitsgesetze	618
2.	Übergeordnete Aufgabenstellung	620
3.	Übergeordnete wirtschaftliche Forderungen der Fertigung	621
4.	Anpassen mit Hilfe von Exponentengleichungen	623
5.	Beispiele	626
10.1.6	Entwickeln von Baureihen	632
10.2	Baukästen	634
10.2.1	Baukastensystematik	635
10.2.2	Vorgehen beim Entwickeln von Baukästen	640
10.2.3	Vorteile und Grenzen von Baukastensystemen	649
10.2.4	Beispiele	651
Literatur		658
<b>11</b>	<b>Methoden zur qualitätssichernden Produktentwicklung</b>	<b>661</b>
11.1	Nutzung methodischen Vorgehens	661
11.2	Fehler und Störgrößen	665
11.3	Fehlerbaumanalyse	666
11.4	Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse (FMEA)	674
11.5	Methode QFD	677
Literatur		680
<b>12</b>	<b>Kostenerkennung</b>	<b>682</b>
12.1	Beeinflussbare Kosten	682
12.2	Grundlagen der Kostenrechnung	684
12.3	Methoden der Kostenerkennung	687
12.3.1	Vergleich mit Relativkosten	687
12.3.2	Schätzen über Materialkostenanteil	692
12.3.3	Schätzen mit Regressionsrechnungen	693
12.3.4	Hochrechnen mit Ähnlichkeitsbeziehungen	696
1.	Grundentwurf als Basis	696



---

2. Operationselement als Basis . . . . .	702
12.3.5 Kostenstrukturen . . . . .	706
12.4 Kostenzielvorgabe . . . . .	708
12.5 Regeln zur Kostenminimierung . . . . .	710
Literatur . . . . .	711
<b>13 Rechnerunterstützung . . . . .</b>	<b>713</b>
13.1 Übersicht . . . . .	713
13.2 Ausgewählte Beispiele . . . . .	719
1. Durchgängige Rechnerunterstützung . . . . .	719
2. Programme für Einzelaufgaben . . . . .	719
3. Sonstige CAD-Anwendungen . . . . .	726
13.3 Arbeitstechnik mit CAD-Systemen . . . . .	726
13.3.1 Erzeugen eines Produktmodells . . . . .	727
1. Notwendige Partialmodelle . . . . .	727
2. Arbeitstechnik beim Konzipieren . . . . .	730
3. Arbeitstechnik beim Entwerfen . . . . .	731
4. Generelle Modellierungsstrategie . . . . .	732
13.3.2 Beispiele . . . . .	733
13.4 Möglichkeiten und Grenzen der CAD-Technik . . . . .	734
13.5 CAD-Einführung . . . . .	735
Literatur . . . . .	737
<b>14 Übersicht und verwendete Begriffe . . . . .</b>	<b>740</b>
14.1 Einsatz der Methoden . . . . .	740
14.2 Erfahrungen in der Praxis . . . . .	745
14.3 Verwendete Begriffe . . . . .	748
Literatur . . . . .	751
<b>15 Sachverzeichnis . . . . .</b>	<b>753</b>