
Inhaltsverzeichnis

1 Einführung	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
1.2.3.1 Systemtechnik	17
1.2.3.2 Wertanalyse	19
1.2.3.3 Konstruktionsmethoden	21
1.3 Zielsetzung vorliegender methodischer Konstruktionslehre	28
Literatur	29
2 Grundlagen	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
2.1.3.1 Aufgabenspezifische Beschreibung	42
2.1.3.2 Allgemein anwendbare Beschreibung	45
2.1.3.3 Logische Beschreibung	46
2.1.4 Wirkzusammenhang	49
2.1.4.1 Physikalische Effekte	50
2.1.4.2 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
2.2.2.1 Intelligenz und Kreativität	62
2.2.2.2 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
3	Methoden zur Produktplanung, Lösungssuche und Beurteilung	90
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
4 Der Produktentwicklungsprozess	164
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
5 Methodisches Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung	187
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
6 Methodisches Konzipieren	203
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
7 Methodisches Entwerfen	276
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. Risiko Begegnung	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
8 Methodisches Ausarbeiten	522
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
9 Lösungsfelder	553
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
10	Entwickeln von Baureihen und Baukästen	600
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
11	Methoden zur qualitätssichernden Produktentwicklung	661
11.1	Nutzung methodischen Vorgehens	661
11.2	Fehler und Störgrößen	665
11.3	Fehlerbaumanalyse	666
11.4	Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA)	674
11.5	Methode QFD	677
Literatur		680
12	Kostenerkennung	682
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
13 Rechnerunterstützung	713
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
14 Übersicht und verwendete Begriffe	740
14.1 Einsatz der Methoden	740
14.2 Erfahrungen in der Praxis	745
14.3 Verwendete Begriffe	748
Literatur	751
15 Sachverzeichnis	753