

# Inhalt

■	<b>Vorwort</b> .....	<b>5</b>
<b>1</b>	<b>Konstruktionslehre und Konstruktion</b> .....	<b>15</b>
1.1	Einführung und Erfahrungen .....	19
1.2	Konstruktion im Betrieb .....	24
1.3	Konstruktionsmethodik .....	29
1.4	Konstruktionsarten .....	31
1.5	Konstruktionsmethodik – Erwartungen .....	36
1.6	Zusammenfassung .....	39
<b>2</b>	<b>Grundlagen des systematischen Konstruierens</b> .....	<b>41</b>
2.1	Technische Systeme .....	42
2.1.1	Grundlagen und Begriffe .....	42
2.1.2	Energie-, Stoff- und Informationsumsatz .....	45
2.1.3	Black-Box-Methode .....	49
2.1.4	Funktionsbeschreibung .....	50
2.1.5	Wirkprinzipien für Teilfunktionen .....	54
2.1.6	Entwicklungsschritte technischer Systeme .....	55
2.2	Grundlegende Arbeitsmethoden .....	58
2.3	Informationsverarbeitung in der Konstruktion .....	63
2.4	Zusammenfassung .....	68
<b>3</b>	<b>Integrierte Produktentwicklung</b> .....	<b>71</b>
3.1	Der Entwicklungsprozess .....	72
3.2	Der Lösungsprozess .....	75
3.3	Bearbeiten von Ingenieuraufgaben .....	77
3.4	Ablauf bei der Lösungssuche .....	79
3.5	Ablauf des Konstruktionsprozesses .....	82
3.6	Interdisziplinäre Zusammenarbeit .....	89
3.7	Grundlagen der Kommunikation .....	92
3.8	Grundlagen der Teamarbeit .....	101
3.9	Ablauf des Designprozesses .....	105

3.10	Ablauf von Ergonomieprozessen .....	109
3.11	Useware-Entwicklungsprozess .....	113
3.12	Kennzahlen Entwicklung und Konstruktion .....	115
	3.12.1 Aufgaben und Tätigkeiten .....	116
	3.12.2 Durchlaufzeiten .....	117
3.13	Zusammenfassung .....	119
<b>4</b>	<b>Konstruktionsphase Planen .....</b>	<b>121</b>
4.1	Planen der Produkte .....	122
4.2	Klären der Aufgabenstellung .....	124
4.3	Anforderungslisten .....	127
	4.3.1 Anforderungsarten .....	128
	4.3.2 Anforderungskataloge .....	129
	4.3.3 Formblatt für Anforderungslisten .....	135
	4.3.4 Aufstellen der Anforderungsliste .....	136
	4.3.5 Ergonomische Anforderungen .....	141
	4.3.6 Designanforderungen .....	144
4.4	Qualitätssicherung beim Planen .....	146
4.5	Quality Function Deployment (QFD) .....	147
4.6	Zusammenfassung .....	155
<b>5</b>	<b>Konstruktionsphase Konzipieren .....</b>	<b>157</b>
5.1	Abstrahieren und Problem formulieren .....	158
5.2	Funktionsstruktur und Funktionsanalyse .....	159
5.3	Lösungen finden mit merkmalorientierten Methoden .....	163
	5.3.1 Lösungen finden durch Analogien .....	164
	5.3.2 Lösungen finden durch Variation .....	165
	5.3.3 Lösungen finden durch Kombination .....	165
5.4	Lösungsprinzipien suchen .....	166
	5.4.1 Analyse von Veröffentlichungen .....	167
	5.4.2 Analyse bekannter technischer Systeme .....	167
	5.4.3 Anregungen durch Analogien .....	168
	5.4.4 Erkenntnisse aus Versuchen .....	168
	5.4.5 Kreativität und Intuition .....	168
	5.4.6 Brainstorming .....	171
	5.4.7 Brainwriting .....	172
	5.4.8 Methode 635 .....	173
	5.4.9 Mapping-Techniken .....	175
	5.4.10 Methode Morphologischer Kasten .....	183
	5.4.11 Methode der Ordnenen Gesichtspunkte .....	188
	5.4.12 Methode Konstruktionskatalog-Einsatz .....	192
	5.4.13 Methode Problemlösungsbaum .....	197
5.5	Konstruieren mit Zulieferkomponenten .....	198
	5.5.1 Zulieferkomponenten und Eigenentwicklungen im Vergleich .....	199
	5.5.2 Produktentwicklung mit Zulieferkomponenten .....	201
	5.5.3 Zulieferorientiertes Konstruieren .....	203

5.6	Lösungen entwickeln mit Bionik .....	205
5.6.1	Technische Biologie und Bionik .....	206
5.6.2	Bionischer Denk- und Handlungsprozess .....	208
5.6.3	Ausblick und Hinweise .....	209
5.7	Lösungen entwickeln mit Mechatronik .....	211
5.7.1	Übersicht und Einführung .....	212
5.7.2	Grundlagen mechatronischer Systeme .....	213
5.7.3	Aktoren .....	214
5.7.4	Sensoren .....	215
5.7.5	Ausblick und Hinweise .....	215
5.8	Bewerten von Lösungsvarianten .....	216
5.8.1	Grundlagen der Bewertung .....	217
5.8.2	Vorteil-Nachteil-Vergleich .....	217
5.8.3	Dominanzmatrix .....	218
5.8.4	Paarweiser Vergleich .....	218
5.8.5	Erkennen von Bewertungskriterien .....	219
5.8.6	Bewertung mit Punkten .....	220
5.8.7	Bewertungspraxis in der Konzeptphase .....	222
5.9	Qualitätssicherung beim Konzipieren .....	226
5.10	Konzept und Konzeption .....	227
5.11	Zusammenfassung .....	228
<b>6</b>	<b>Konstruktionsphase Entwerfen .....</b>	<b>231</b>
6.1	Allgemeine Forderungen an technische Produkte .....	231
6.2	Arbeitsschritte beim Entwerfen .....	232
6.3	Anwendung der Arbeitsschritte beim Entwerfen .....	234
6.3.1	Gelenkige Aufhängung entwerfen und gestalten .....	234
6.3.2	Entwerfen mit 3D-CAD/CAM-Systemen .....	242
6.4	Grundsätze für das Entwerfen .....	243
6.5	Gestaltungsgrundregeln .....	245
6.5.1	Grundregel „Eindeutig“ .....	246
6.5.2	Grundregel „Einfach“ .....	247
6.5.3	Grundregel „Sicher“ .....	248
6.6	Gestaltungsprinzipien .....	251
6.6.1	Prinzipien der Kraftleitung .....	254
6.6.2	Regeln zur kraftflussgerechten Gestaltung .....	255
6.7	Gestaltungsrichtlinien .....	258
6.7.1	Fertigungsgerechte Gestaltung .....	261
6.7.2	Montagegerechte Gestaltung .....	272
6.7.3	Lärmarm konstruieren .....	280
6.7.4	Recyclinggerechte Gestaltung .....	285
6.7.5	Konstruktionsablauf mit Recyclingorientierung .....	295
6.7.6	Entsorgungsgerechte Gestaltung .....	311
6.8	Bewerten von Entwürfen .....	316
6.9	Qualitätssicherung beim Entwerfen .....	320
6.10	Fehler-Möglichkeiten- und Einfluss-Analyse (FMEA) .....	321
6.11	Zusammenfassung .....	328

<b>7</b>	<b>Konstruktionsphase Ausarbeiten</b> .....	<b>331</b>
7.1	Erzeugnisgliederung .....	333
7.2	Technische Zeichnungen .....	337
	7.2.1 Grundlagen .....	339
	7.2.2 Zeichnungen - Normen und Regeln .....	342
7.3	Stücklisten .....	347
	7.3.1 Stücklistenaufbau .....	348
	7.3.2 Stücklistenarten .....	352
	7.3.3 Gliederung der Stücklistenarten .....	359
	7.3.4 Verwendung von Stücklisten .....	360
7.4	Nummernsysteme .....	361
	7.4.1 Nummerungstechnik - Grundlagen .....	362
	7.4.2 Arten und Eigenschaften von Nummern .....	362
	7.4.3 Ziele der Nummerung .....	364
	7.4.4 Identnummern .....	364
	7.4.5 Klassifizierungsnummern .....	364
	7.4.6 Nummernsysteme .....	368
	7.4.7 Sachnummern .....	370
	7.4.8 Sachnummernsystem .....	371
7.5	Sachmerkmale .....	373
	7.5.1 Sachmerkmalelisten .....	375
	7.5.2 Anzahl und Wertigkeit der Sachmerkmale .....	378
	7.5.3 Sachnummernsystem durch Klassifizierung über Sachmerkmale ...	378
	7.5.4 Methode zum Erarbeiten von Sachmerkmalen .....	386
7.6	Qualitätssicherung beim Ausarbeiten .....	390
7.7	Qualitätsdenken .....	390
7.8	Zusammenfassung .....	391
<b>8</b>	<b>Konstruktion und Kosten</b> .....	<b>393</b>
8.1	Kostenbegriffe .....	394
8.2	Kosteneigenschaften .....	396
8.3	Einflussgrößen auf die Herstellkosten .....	397
	8.3.1 Anforderungen .....	398
	8.3.2 Lösungsprinzip .....	398
	8.3.3 Baugröße .....	400
	8.3.4 Stückzahl .....	400
8.4	Kostengünstig Konstruieren .....	400
8.5	Kostenermittlungsverfahren .....	403
8.6	Relativkosten .....	404
	8.6.1 Vorteile und Nachteile .....	404
	8.6.2 Erarbeiten und Aktualisieren .....	405
	8.6.3 Darstellung und Beispiel .....	406
	8.6.4 Gültigkeit der Relativkosten .....	407
	8.6.5 Einsatz der Methode .....	408
8.7	ABC-Analyse .....	411

8.8	Wertanalyse .....	416
8.8.1	Entwicklung der Wertanalyse .....	418
8.8.2	Grundbegriffe der Wertanalyse .....	419
8.8.3	Auswahlkriterien für Wertanalyseprojekte .....	423
8.8.4	System Wertanalyse .....	424
8.9	Methode zur Kostenanalyse .....	426
8.10	Herstellkostenermittlung durch Kalkulation .....	428
8.11	Zusammenfassung .....	435

## **9 Rechnerunterstütztes Konstruieren und Digitalisierung ..... 437**

9.1	CAD/CAM – Begriffe und Systeme .....	437
9.1.1	CAD – Computer Aided Design .....	438
9.1.2	CAP – Computer Aided Planning .....	439
9.1.3	CAM – Computer Aided Manufacturing .....	439
9.1.4	CAQ – Computer Aided Quality Assurance .....	440
9.1.5	PPS – Produktionsplanung und -steuerung .....	440
9.1.6	CAD/CAM .....	440
9.1.7	CAID – Computer Aided Industrial Design .....	441
9.2	Konstruieren mit 3D-CAD/CAM-Systemen .....	442
9.3	Informationstechnik und Konstruktionsprozess .....	450
9.4	Analoge Welt – digitale Aktivitäten .....	454
9.4.1	Algorithmen und Digitalisierung .....	455
9.4.2	Digitalisierung und digitale Transformation .....	457
9.4.3	Automatisierung .....	459
9.4.4	Ethik – Grundlagen und Begriffe .....	460
9.4.5	Künstliche Intelligenz .....	461
9.4.6	Neuronale Netze und maschinelles Lernen .....	463
9.4.7	Software-Engineering .....	465
9.5	Digitalisierung in der Konstruktion .....	466
9.5.1	Transformationsprozess im Unternehmen .....	467
9.5.2	Digitales Büro im Unternehmen .....	467
9.5.3	Informationsflüsse im Unternehmen .....	468
9.5.4	IT-Sicherheit zum Schutz vor Cyberattaken .....	470
9.6	Zusammenfassung .....	472

## **10 Übungsaufgaben ..... 475**

10.1	Aufgabenstellungen .....	475
10.1.1	Aufgabenstellungen zu Kapitel 1 .....	475
10.1.2	Aufgabenstellungen zu Kapitel 2 .....	476
10.1.3	Aufgabenstellungen zu Kapitel 3 .....	479
10.1.4	Aufgabenstellungen zu Kapitel 4 .....	480
10.1.5	Aufgabenstellungen zu Kapitel 5 .....	483
10.1.6	Aufgabenstellungen zu Kapitel 6 .....	491
10.1.7	Aufgabenstellungen zu Kapitel 7 .....	493
10.1.8	Aufgabenstellungen zu Kapitel 8 .....	499
10.1.9	Aufgabenstellungen zu Kapitel 9 .....	502

10.2	Lösungen	503
10.2.1	Lösungen zu Kapitel 1	503
10.2.2	Lösungen zu Kapitel 2	504
10.2.3	Lösungen zu Kapitel 3	509
10.2.4	Lösungen zu Kapitel 4	512
10.2.5	Lösungen zu Kapitel 5	521
10.2.6	Lösungen zu Kapitel 6	537
10.2.7	Lösungen zu Kapitel 7	542
10.2.8	Lösungen zu Kapitel 8	548
10.2.9	Lösungen zu Kapitel 9	550
<b>11</b>	<b>Menschenorientierte Konstruktion</b>	<b>551</b>
11.1	Menschenorientierung	551
11.1.1	Konstruktionsorientierung auf Menschen	553
11.1.2	Kompetenz der Konstrukteure	553
11.1.3	Ethik – Grundlagen und Begriffe	555
11.1.4	Ethik – Grundsätze und Leitlinien	557
11.1.5	Ingenieurpsychologie	560
11.2	Konstruktionsstrategie für Gerontik®-Produkte	564
11.2.1	Begriff Gerontik®	564
11.2.2	Zukunftstechnologien	565
11.2.3	Erfahrung und Alter	566
11.2.4	Demografischer Wandel	567
11.2.5	Bedürfnisse der Menschen	568
11.2.6	Bedeutung der Gerontik®	570
11.2.7	Fachgebiete mit dem Wortbildungselement Geronto	572
11.2.8	Anforderungen an Produkte der Gerontik®	578
11.2.9	Lösungen entwickeln mit Gerontik®	581
11.2.10	Nutzung von Prinzipien	581
11.2.11	Anzahl der Prinzipien	583
11.2.12	Sieben Prinzipien der Gerontik®	584
11.2.13	Grundbegriffe des Designs	587
11.2.14	Prinzipien des Universal Design	589
11.2.15	Grundbegriffe der Ergonomie	591
11.2.16	Entwicklung eines Sattelstuhls	593
11.2.17	Strategie für Gerontikprodukte	596
11.2.18	Zusammenfassung	596
11.3	Strategie für frugale Produkte	597
11.3.1	Frugale Produkte	597
11.3.2	Frugale Innovation	598
11.3.3	Geplantes Vorgehen	599
11.4	Strategien gegen Obsoleszenz	600
11.4.1	Geplante Obsoleszenz	601
11.4.2	Optimale Lebens- oder Nutzungsdauer von Produkten	601
11.4.3	Kernempfehlungen und Handlungsempfehlungen	602

11.5	Reparatureignung von Produkten .....	603
11.5.1	Instandhaltung .....	603
11.5.2	Instandsetzungsgerechtes Konstruieren .....	605
11.5.3	Reparatur-Nutzen und Aufwand .....	606
11.6	Agile Produktentwicklung .....	609
11.6.1	Agil – Begriffsklärung .....	610
11.6.2	Agile Managementmethoden .....	610
11.6.3	Scrum-Methode .....	612
11.6.4	User Story Mapping .....	618
11.6.5	Zusammenfassung .....	620
11.7	Wertschöpfung und Verschwendung .....	620
11.7.1	Verschwendung in Prozessen .....	622
11.7.2	Verschwendung in der Konstruktion .....	623
11.8	Biologisierung – Bioökonomie .....	624
11.9	Nachhaltigkeit .....	629
<b>12</b>	<b>Maschinenelemente .....</b>	<b>633</b>
12.1	Systematik und Einteilung .....	633
12.2	Informationsblätter Maschinenelemente .....	634
<b>13</b>	<b>Quellen und weiterführende Literatur .....</b>	<b>653</b>
13.1	Konstruktionslehre und Konstruktionsmethodik .....	653
13.2	Integrierte Produktentwicklung .....	654
13.2.1	Interdisziplinäre Zusammenarbeit .....	654
13.2.2	Kommunikation .....	654
13.2.3	Grundlagen der Teamarbeit .....	655
13.2.4	Ablauf Designprozesse .....	655
13.2.5	Ablauf Ergonomieprozesse .....	655
13.2.6	Ueware-Entwicklungsprozess .....	655
13.2.7	Kennzahlen .....	655
13.3	Konstruktionsphase Planen .....	656
13.3.1	Qualität in der Konstruktion .....	656
13.4	Konstruktionsphase Konzipieren .....	657
13.4.1	Ideenfindung .....	657
13.4.2	Mapping-Techniken .....	657
13.4.3	Konstruktionskataloge .....	658
13.4.4	Bionik .....	659
13.4.5	Mechatronik .....	659
13.5	Konstruktionsphase Entwerfen .....	660
13.6	Sicherheit .....	660
13.6.1	Fertigung und Montage .....	661
13.6.2	Lärmarm konstruieren .....	661
13.6.3	Recycling und Entsorgung .....	661
13.7	Konstruktionphase Ausarbeiten .....	662
13.7.1	Technisches Zeichnen .....	662

13.7.2	Stücklisten .....	663
13.7.3	Nummernsysteme .....	663
13.8	Konstruktion und Kosten .....	663
13.9	Rechnerunterstütztes Konstruieren und Digitalisierung .....	664
13.9.1	Analoge Welt - digitale Aktivitäten .....	665
13.9.2	Digitalisierung in der Konstruktion .....	666
13.10	Menschenorientierte Konstruktion .....	666
13.10.1	Menschenorientierung .....	666
13.10.2	Ethik - Grundsätze und Leitlinien .....	666
13.10.3	Ingenieurpsychologie .....	667
13.10.4	Konstruktionsstrategie für Gerontik-Produkte .....	667
13.10.5	Grundlagen Design .....	669
13.10.6	Design und Ergonomie .....	669
13.10.7	Grundlagen Ergonomie .....	669
13.10.8	Arbeitsgestaltung .....	670
13.10.9	Strategie für frugale Produkte .....	671
13.10.10	Strategien gegen Obsoleszenz .....	671
13.10.11	Reparatureignung von Produkten .....	672
13.10.12	Agile Produktentwicklung .....	672
13.10.13	Wertschöpfung und Verschwendung .....	673
13.10.14	Biologisierung - Bioökonomie .....	673
13.10.15	Nachhaltigkeit .....	673
13.11	Maschinenelemente .....	674
	<b>Sachwortverzeichnis .....</b>	<b>675</b>