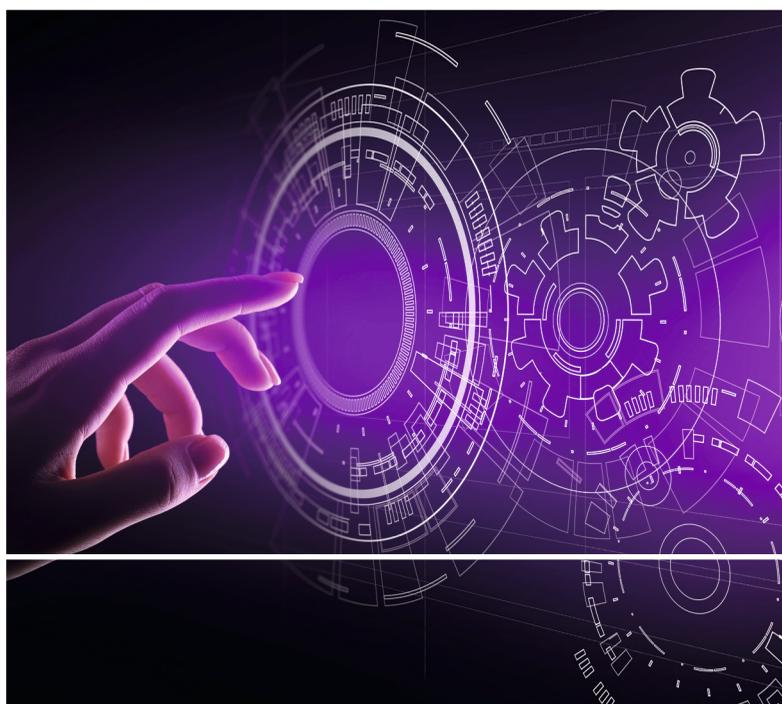


Klaus-Jörg Conrad (Hrsg.)

Taschenbuch der  
**Konstruktions-  
technik**



3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

**HANSER**



KONSTRUKTIONSORIENTIERUNG

KO

KONSTRUKTIONSTECHNIK

KT

KONSTRUKTION UND DIGITALISIERUNG

KD

KONSTRUKTION UND WISSENSMANAGEMENT

KW

KONSTRUKTION UND INNOVATION

KI

KONSTRUKTION UND UNTERNEHMENSGRÜNDUNG

KU

KONSTRUKTION UND PRODUKTENTSTEHUNG

KP

KONSTRUKTIONSMETHODIK

KM

KONSTRUKTIONSELEMENTE

KE

KONSTRUKTION UND KOSTEN

KK

KONSTRUKTION UND BERECHNUNG

KB

KONSTRUKTION UND GESTALTUNG

KG

KONSTRUKTION UND FERTIGUNG

KF

KONSTRUKTIONSAUSARBEITUNG

KA

KONSTRUKTION UND RECHNEREINSATZ

KR

KONSTRUKTION UND SCHUTZRECHTE

KS

SACHWORTVERZEICHNIS

SV



Conrad (Hrsg.)

## Taschenbuch der Konstruktionstechnik



### **Bleiben Sie auf dem Laufenden!**

Hanser Newsletter informieren Sie regelmäßig über neue Bücher und Termine aus den verschiedenen Bereichen der Technik. Profitieren Sie auch von Gewinnspielen und exklusiven Leseproben. Gleich anmelden unter

**[www.hanser-fachbuch.de/newsletter](http://www.hanser-fachbuch.de/newsletter)**



Klaus-Jörg Conrad (Hrsg.)

# Taschenbuch der Konstruktionstechnik

3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

HANSER

## Herausgeber:

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jörg Conrad



Alle in diesem Buch enthaltenen Informationen wurden nach bestem Wissen zusammengestellt und mit Sorgfalt geprüft und getestet. Dennoch sind Fehler nicht ganz auszuschließen. Aus diesem Grund sind die im vorliegenden Buch enthaltenen Informationen mit keiner Verpflichtung oder Garantie irgendeiner Art verbunden. Autor(en, Herausgeber) und Verlag übernehmen infolgedessen keine Verantwortung und werden keine daraus folgende oder sonstige Haftung übernehmen, die auf irgendeine Weise aus der Benutzung dieser Informationen – oder Teilen davon – entsteht.

Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. 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.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdruckes und der Vervielfältigung des Buches, oder Teilen daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgendeiner Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren) – auch nicht für Zwecke der Unterrichtsgestaltung – reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder verbreitet werden.

© 2021 Carl Hanser Verlag München

Internet: [www.hanser-fachbuch.de](http://www.hanser-fachbuch.de)

Lektorat: Dipl.-Ing. Natalia Silakova-Herzberg

Herstellung: Anne Kurth

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, [www.rebranding.de](http://www.rebranding.de), München

Titelbild: © [stock.adobe.com/WrightStudio](http://stock.adobe.com/WrightStudio)

Satz: Eberl & Koesel Studio GmbH, Krugzell

Druck und Bindung: Eberl & Koesel, Altusried-Krugzell

Ausstattung patentrechtlich geschützt. Kösel FD 351, Patent-Nr. 0748702

Printed in Germany

Print-ISBN 978-3-446-46671-5

E-Book-ISBN 978-3-446-46819-1

# Vorwort

Das **Taschenbuch der Konstruktionstechnik** wurde für die dritte Auflage überarbeitet und aktualisiert. Neue Themen ergänzen die bewährten Bereiche der Konstruktion um interessante Erkenntnisse, die heute in und für Unternehmen eingesetzt werden.

Die **Konstruktionstechnik** ist ein Bereich der Technikwissenschaften, der den Konstruktionsprozess und die Strukturgesetze technischer Systeme untersucht, um erfolgreich Produkte zu entwickeln. Die wesentlichen Ziele des Herausgebers und aller Autoren sind eine knappe Darstellung der Themen mit Hinweisen auf Anwendungen, einfache Beispiele, Erfahrungen und Angaben der aktuellen Literatur.

Nach der Konstruktionstechnik werden Fachgebiete behandelt, die im Studium und in produzierenden Unternehmen in der Regel für die Ausbildung und für die Aktivitäten erforderlich sind. Sie können in beliebiger Reihenfolge oder sogar ganz einzeln nachgeschlagen und gelesen werden. Die Inhalte sind Grundlagenwissen, Erkenntnisse und Anwendungen aus der Praxis mit Hinweisen auf weiterführende Literatur.

Mit diesem Buch sollen alle an der Konstruktionstechnik Interessierte angesprochen werden. Insbesondere ist dieses Taschenbuch geeignet für Studierende an Hochschulen und Technischen Universitäten sowie für die Ausbildung in Betrieben, um den aktuellen Stand der Technik in der Konstruktion kurz und einprägsam zur Verfügung zu haben. Obwohl nicht alle Fachgebiete und Besonderheiten behandelt werden konnten, enthält das Taschenbuch einen fundierten Überblick über Einsatz, Methoden, Vorgehensweisen und Grundlagen der Konstruktionstechnik.

Die Konstruktionstechnik, die Produktionstechnik und der Technische Vertrieb sind in besonderer Weise gefordert, im gesamten Bereich der Technik eine herausragende Rolle zu übernehmen. Die Entwicklung der Wirtschaft ist ohne marktgerechte Produkte durch Innovationen in den Unternehmen nicht denkbar. Neue Produkte erfordern oft neue Ideen, um die Erkenntnisse neuer Technologien in marktfähige Produkte umzusetzen. Die Entwicklung neuer Produkte mit leistungsfähigen Komponenten setzen die Beherrschung der Konstruktionstechnik und ent-

sprechender Arbeitsmethoden, wie z.B. Teamarbeit, interdisziplinäres Arbeiten und den Einsatz von Rechnerprogrammen, voraus.

**Qualitätsgerechte Produkte** werden heute mit der Konstruktionstechnik im Unternehmen entwickelt durch prozessorientiertes Denken und Handeln. Prozessmanagement und prozessorientierte Qualitätsmanagementsysteme werden deshalb ebenfalls behandelt.

Der herzliche Dank des Herausgebers geht an die Autorin und alle Autoren für ihren Einsatz und die Bereitstellung ihres Wissens. Bildmaterial und Unterlagen für die Beiträge haben alle Autoren dankbar aus der Fachliteratur und aus Fachberichten angenommen wie zitiert. Bedanken möchten wir uns auch bei den Autorinnen und den Autoren der Fachliteratur der behandelten und der weiterführenden Fachgebiete, von denen viele bewährte Darstellungen als Anregungen dienten. Besonderer Dank gilt der Lektorin Frau Natalia Silakova und Frau Christina Kubiak vom Lektorat im Carl Hanser Verlag, die sich sehr engagiert für das Erscheinen dieses Taschenbuches eingesetzt haben.

Die Inhalte der Kapitel wurden für Leserinnen und Leser geschrieben. Auch wenn diese nicht direkt genannt werden, sind natürlich beide gemeint. Dadurch verbessert sich die Lesbarkeit, um die Erkenntnisse und Anregungen für die eigenen Aufgaben leichter aufzunehmen.

Anregungen, Hinweise und Stellungnahmen zur Verbesserung des Taschenbuches nimmt der Verlag gern entgegen und diese werden für weitere Auflagen berücksichtigt.

Burgdorf, im Februar 2021

*Klaus-Jörg Conrad*

# Herausgeber und Autoren

## **Der Herausgeber**

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jörg Conrad

Konstruktionstechnik – Erkenntnisse für Prozesse im Maschinenbau

## **Die Autoren**

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jörg Conrad

Maschinenbau – Konstruktion und Werkzeugmaschinen

(Kapitel 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 20, 21, 23, 26, 27, 31)

Prof. Dr.-Ing. Gerhard Engelken, Hochschule RheinMain

Maschinenbau – Konstruktion und CAD

(Kapitel 29, 30)

Prof. Dr.-Ing. Lars-Oliver Gusig, Hochschule Hannover

Institut für Konstruktionselemente, Mechatronik und Elektromobilität (IKME)

(Kapitel 19)

Prof. Dr.-Ing. Horst Haberhauer, Hochschule Esslingen

Maschinenelemente und Konstruktion/CAD

(Kapitel 17, 18)

Prof. Dr.-Ing. Falk Höhn, Hochschule Hannover

Professur für Rechnergestützten Entwurf, Studiengang Produktdesign

(Kapitel 22)

Prof. Dr.-Ing. Daniel Landenberger, Hochschule Anhalt

Spanende und abtragende Fertigungsverfahren – CAM

(Kapitel 24, 25, 28)

Prof. Dr.-Ing. Dr. Rainer Przywara, Duale Hochschule Baden-Württemberg  
DHBW Heidenheim – Rektor

(Kapitel 9, 10, 11, 12)

Prof. Dr.-Ing. Martin Reuter, Hochschule Hannover

Maschinenelemente und Konstruktion (im Maschinenbau dual)

(Kapitel 15, 16)

Prof. Dr.-Ing. Wilhelm Rust, Hochschule Hannover

Simulationsverfahren im Maschinenbau, insbesondere Finite-Elemente-Methoden

(Kapitel 32)

Dr.-Ing. Karsten Straßburg

Patent- und Benchmark Ingenieur Electronic Interfaces

ZF Friedrichshafen AG

(Kapitel 33)

Marcus Viertel, M. Eng., wissenschaftlicher Mitarbeiter, Hochschule Anhalt

Spanende und abtragende Fertigungsverfahren – CAM

(Kapitel 24, 25)

Prof. Dr.-Ing. Stefanie Wrobel, Hochschule für Angewandte Wissenschaften Coburg

Professorin für Entrepreneurship

(Kapitel 13, 14)

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>V</b>
<b>Herausgeber und Autoren</b> .....	<b>VII</b>
<b>1 Konstruktionsorientierung</b> .....	<b>3</b>
1.1 Konstruktion im Unternehmen .....	4
1.2 Konstruieren – Fertigen – Verkaufen .....	6
1.3 Ingenieuraufgaben .....	9
1.4 Konstruktionsmittel .....	10
<b>2 Konstruktionstechnik</b> .....	<b>15</b>
2.1 Konstruktionsprozess .....	16
2.2 Schalenmodell der Konstruktionstechnik .....	17
2.3 Traditionelles Denken und Systemdenken .....	18
2.4 Konstrukteur als Problemlöser .....	19
2.5 Interdisziplinäre Zusammenarbeit .....	20
2.6 Konstruktionstechnik – Übersicht .....	25
<b>3 Prozessmanagement</b> .....	<b>27</b>
3.1 Prozesse .....	27
3.2 Prozessorientierung .....	30
3.3 Geschäftsprozessmanagement .....	31
3.3.1 Geschäftsprozesse .....	31
3.3.2 Geschäftsprozessstypen .....	34
3.3.3 Prozessmodell der DIN EN ISO 9001:2015 .....	35
3.3.4 Prozess-Landkarte .....	37

3.3.5	Kunden-Lieferanten-Beziehungen .....	38
3.3.6	Gestaltung von Geschäftsprozessen .....	39
3.3.6.1	Struktur der Geschäftsprozesse .....	40
3.3.6.2	Beschreibung der Geschäftsprozesse .....	40
3.3.6.3	Beschreibung der Teilprozesse .....	43
3.3.7	Prozessdokumentation .....	44
<b>4</b>	<b>Konstruktionsablauf .....</b>	<b>47</b>
4.1	Konstruktionsphasen und Vorgehen .....	47
4.2	Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung .....	50
4.3	Anforderungslisten .....	51
4.4	Konzipieren .....	54
4.5	Entwerfen .....	54
4.6	Ausarbeiten .....	56
4.6.1	Erzeugnisgliederung .....	56
4.6.2	Stücklisten .....	59
4.6.2.1	Stücklistenaufbau .....	59
4.6.2.2	Gliederung der Stücklistenarten .....	61
4.6.2.3	Verwendung von Stücklisten .....	62
4.6.3	Nummernsysteme .....	62
4.6.3.1	Nummerungstechnik – Grundlagen .....	62
4.6.3.2	Ziele der Nummerung .....	64
4.6.3.3	Nummernsysteme .....	64
4.6.3.4	Sachnummernsysteme .....	64
4.6.3.5	Sachmerkmale .....	65
<b>5</b>	<b>Variantenmanagement .....</b>	<b>71</b>
5.1	Produkt- und Teilevielfalt ermitteln .....	72
5.2	Produkt- und Teilevielfalt analysieren .....	73
5.3	Produkt- und Teilevielfalt reduzieren .....	73
5.4	Baureihen konstruieren .....	75
5.4.1	Normzahlen anwenden .....	76
5.4.2	Ähnlichkeitsgesetze anwenden .....	77
5.5	Baukasten konstruieren .....	78

<b>6</b>	<b>Prozessorientierte Qualitätsmanagementsysteme</b> .....	<b>83</b>
6.1	Systemübersicht .....	83
6.1.1	ISO 9001:2015/DIN EN ISO 9001:2015 .....	84
6.1.2	Total Quality Management .....	92
6.1.3	Six Sigma Quality .....	95
6.2	Verbesserung von Prozessen und Qualität .....	99
6.2.1	Kontinuierlicher Verbesserungsprozess .....	100
6.2.2	Kundenorientierung verbessern .....	103
6.2.3	Kundenorientierung und Kundenzufriedenheit .....	104
6.2.4	Qualitätsbezogene Kosten .....	107
6.2.5	Wertschöpfung in Prozessen .....	111
6.2.6	Leistungsfähigkeit der Prozesse .....	113
<b>7</b>	<b>Analoge Welt – digitalisierte Produkte</b> .....	<b>121</b>
7.1	Algorithmen und Digitalisierung .....	124
7.2	Digitalisierung und Digitale Transformation .....	127
7.3	Automatisierung und autonome Systeme .....	129
7.4	Ethik – Grundlagen und Begriffe .....	131
7.5	Künstliche Intelligenz .....	133
7.6	Neuronale Netze und Maschinelles Lernen .....	136
7.7	Ausblick .....	138
<b>8</b>	<b>Digitalisierung in der Konstruktion</b> .....	<b>141</b>
8.1	Transformationsprozess im Unternehmen .....	142
8.2	Digitales Büro im Unternehmen .....	143
8.3	Informationsflüsse im Unternehmen .....	144
8.4	Auftragskonstruktion von Drehmaschinen .....	146
8.5	Konstruktionsprozess mit Ablaufplan .....	148
8.6	Anforderungen für Tätigkeiten im Konstruktionsprozess .....	150
8.7	IT-Sicherheit zum Schutz vor Cyberattacken .....	152
<b>9</b>	<b>Wissensmanagement</b> .....	<b>157</b>
9.1	Ziele des Wissensmanagements .....	158
9.2	Wege zur Umsetzung .....	159

9.2.1	Taylorisierung von Wissensarbeit .....	159
9.2.2	Wissen als Erkenntnisprozess .....	160
9.2.3	Wissensmanagement auf Basis der Unternehmensstrategie ....	161
9.2.4	Der „Faktor Mensch“ .....	161
<b>10</b>	<b>Informations- und Datenmanagement in der Konstruktion ...</b>	<b>163</b>
10.1	Simultaneous Engineering .....	164
10.2	Informationsquellen und -beschaffung .....	166
10.3	Datenmanagement in der Konstruktion .....	168
<b>11</b>	<b>Marketing und Vertrieb, Einkauf .....</b>	<b>173</b>
11.1	Das Unternehmen im Wettbewerb .....	175
11.1.1	Das Wettbewerbsmodell von Michael Porter .....	175
11.1.2	Erfolgsstrategien .....	177
11.1.3	Nischenmärkte .....	178
11.2	Analyse des Produktangebots .....	179
11.2.1	ABC-Analyse .....	179
11.2.2	Portfolio-Analyse .....	180
11.2.3	Produktlebenszyklus-Konzept .....	181
11.3	Vertrieb und Einkauf im B2B-Geschäft .....	182
11.3.1	Einfache Regeln zur Kundenorientierung .....	182
11.3.2	Organisationales Beschaffungsverhalten .....	183
<b>12</b>	<b>Innovation technischer Produkte .....</b>	<b>187</b>
12.1	Bedeutung von Innovationen .....	187
12.1.1	Herkunft des Wortes Innovation .....	187
12.1.2	Der Innovationsbegriff .....	188
12.1.3	Ursachen von Produktinnovationen .....	190
12.1.4	Wirtschaftliche Auswirkungen von Innovationen .....	190
12.1.4.1	Betriebswirtschaftliche Wirkung .....	191
12.1.4.2	Volkswirtschaftliche Bedeutung .....	191
12.2	Quellen der Innovation .....	192
12.2.1	Entwickeln eigener Ideen .....	195
12.2.1.1	Logisch-systematische Verfahren .....	195

12.2.1.2	Intuitiv-kreative Verfahren . . . . .	196
12.2.2	Nutzung fremder Kreativität . . . . .	198
12.3	Technologie- und Innovationsmanagement . . . . .	199
12.3.1	Entwicklung einer Technologie-Strategie . . . . .	199
12.3.1.1	Bemessung des F&E-Budgets . . . . .	200
12.3.1.2	Formulierung der F&E-Strategie . . . . .	201
12.3.2	Innovationsmanagement . . . . .	203
12.3.2.1	Auswahl von Zukunftstechnologien . . . . .	204
12.3.2.2	Effektive Gestaltung von Projektportfolios . . . . .	206
12.3.3	Effiziente Steuerung von Innovationsprojekten . . . . .	207
12.3.4	Die innovationsorientierte Organisation . . . . .	210
<b>13</b>	<b>Entrepreneurship – eine Einführung . . . . .</b>	<b>215</b>
13.1	Entrepreneurship als mögliche Antwort auf die Herausforderungen des dynamischen Wandels . . . . .	215
13.2	Entrepreneurship . . . . .	217
13.2.1	Definitionen und Arten von Entrepreneurship . . . . .	218
13.2.2	Corporate Entrepreneurship . . . . .	221
13.2.3	Unternehmenskultur und der Umgang mit Risiko und Unsicherheit . . . . .	222
13.3	Der Entrepreneurship-Prozess und die unternehmerische Gelegenheit . . . . .	227
13.3.1	Entrepreneurship als Prozess . . . . .	227
13.3.2	Die unternehmerische Gelegenheit . . . . .	228
13.3.3	Wahrnehmung und Bewertung der unternehmerischen Gelegenheit . . . . .	232
13.3.3.1	Der Wert einer unternehmerischen Gelegenheit . . . . .	232
13.3.3.2	Die Bewertung einer unternehmerischen Gelegenheit – Einflussfaktoren . . . . .	232
13.4	Der Ingenieur als (Corporate) Entrepreneur . . . . .	233
<b>14</b>	<b>Entrepreneurship – Methoden und Tools zur Ausschöpfung unternehmerischer Gelegenheiten . . . . .</b>	<b>237</b>
14.1	Die Zukunft ist vorhersagbar – oder nicht? Causation, Effectuation und Bricolage . . . . .	237
14.2	Entwicklung, Bearbeitung und Realisierung der Idee . . . . .	243

14.2.1	Design Thinking	243
14.2.2	Lean Startup – schnell, agil, erfolgreich	245
14.3	Business Modeling	247
14.3.1	Geschäftsmodell und Geschäftsmodellinnovation	247
14.3.2	Tools zur Geschäftsmodellentwicklung	255
14.4	Business Planning	257
<b>15</b>	<b>Produktentstehung</b>	<b>263</b>
15.1	Produktplanung	265
15.1.1	Potenzialfindung	266
15.1.1.1	Befragung der Kunden	266
15.1.1.2	Methoden zur Marktanalyse	267
15.1.1.3	Der Blick in die Zukunft	270
15.1.2	Produktfindung	271
15.1.3	Geschäftsplanung	274
15.2	Produktentwicklung	274
15.2.1	Die Ingenieurarbeit in der Produktentwicklung	276
15.2.2	Von der Aufgabenklärung zur Ausarbeitung	278
15.2.3	Prototypen, Vor- und Nullserie	281
15.2.4	Produktionsvorbereitung	282
15.3	Integrierte Produktentwicklung (IPE)	286
15.3.1	Management der Komplexität	288
15.3.1.1	Arbeitsteilung und Ablauforganisation	288
15.3.1.2	Projektmanagement	289
15.3.2	Management der Qualität	292
15.3.2.1	Qualitätsmanagement	293
15.3.2.2	Werkzeuge zur Qualitätssicherung	296
15.3.3	Management „kurzer“ Entwicklungszeiten	298
15.3.4	Allgemeine Aspekte der Produktentwicklung	300
15.4	Ausgewählte Methoden der Produktentwicklung	301
15.4.1	Produktdaten-Management (PDM)	301
15.4.2	Quality Function Deployment (QFD)	303
15.4.3	Agiles Projekt- und Qualitätsmanagement	306

15.4.4	Benchmarking .....	307
15.4.5	Risikoanalyse .....	309
15.4.6	Rapid und Virtual Prototyping .....	312
15.4.7	Statistische Versuchsmethodik (DoE) .....	315
<b>16</b>	<b>Werkstoffauswahl .....</b>	<b>321</b>
16.1	Allgemeine Aspekte der Werkstoffauswahl .....	322
16.2	Entscheidungssituationen .....	324
16.3	Der Teilprozess Werkstoffwahl .....	325
16.3.1	Eine Anforderungsliste für den Konstruktionswerkstoff .....	326
16.3.2	Vorauswahl von Werkstofflösungen .....	330
16.3.2.1	Hilfsmittel Werkstoffschaubild .....	331
16.3.2.2	Hilfsmittel Designparameter .....	335
16.3.2.3	Hilfsmittel Fachliteratur .....	337
16.3.2.4	Hilfsmittel Materialkosten .....	341
16.3.3	Feinauswahl und Bewertung (Analyse) .....	343
16.3.4	Evaluierung und Validierung, Werkstoffentscheidung .....	344
16.4	Zusammenfassung .....	347
<b>17</b>	<b>Methodisches Konstruieren .....</b>	<b>351</b>
17.1	Einführung .....	351
17.2	Technische Systeme .....	352
17.3	Funktion .....	353
17.4	Konstruktionsprozess .....	354
17.5	Konzeptionsphase .....	355
17.5.1	Aufgabenstellung .....	356
17.5.2	Funktionsstruktur .....	359
17.5.3	Lösungsprinzipien .....	360
17.5.4	Konzept .....	361
17.6	Gestaltungsphase .....	361
17.6.1	Teilentwürfe .....	361
17.6.2	Optimieren .....	362
17.6.3	Gesamtentwurf .....	363
17.6.4	Produktdokumentation .....	363

17.7	Methoden zur Lösungsfindung	364
17.7.1	Konventionelle Hilfsmittel	364
17.7.2	Intuitive Methoden	364
17.7.3	Diskursive Methoden	366
17.8	Auswahl einer Lösung	368
17.8.1	Vorauswahl	368
17.8.2	Bewertung	369
17.9	Zusammenfassung	371
<b>18</b>	<b>Maschinenelemente</b>	<b>375</b>
18.1	Definition und Einteilung	375
18.2	Elemente zum Verbinden	376
18.2.1	Stoffschlussverbindungen	376
18.2.1.1	Schweißen	377
18.2.1.2	Löten	377
18.2.1.3	Kleben	377
18.2.2	Reibschlussverbindungen	378
18.2.2.1	Zylindrischer Pressverband	379
18.2.2.2	Konischer Pressverband	380
18.2.2.3	Spannelementverbindungen	380
18.2.2.4	Klemmverbindungen	380
18.2.3	Formschlussverbindungen	381
18.2.3.1	Passfederverbindungen	381
18.2.3.2	Profilwellen	381
18.2.3.3	Bolzen- und Stiftverbindungen	382
18.2.4	Elastische Verbindungen	382
18.2.5	Schraubenverbindungen	383
18.3	Elemente zum Bewegen	385
18.3.1	Achsen und Wellen	385
18.3.2	Lager	386
18.3.2.1	Gleitlager	387
18.3.2.2	Wälzlager	387
18.3.3	Führungen	388
18.3.4	Kupplungen und Bremsen	389

18.3.5	Getriebe .....	390
18.3.5.1	Rädergetriebe .....	391
18.3.5.2	Zugmittelgetriebe .....	392
18.4	Elemente zur Leitung von Fluiden .....	393
18.4.1	Leitungen .....	393
18.4.2	Armaturen .....	394
18.5	Elemente zur Vermeidung von Schäden .....	395
18.6	Elemente zum Abdichten von Fluiden .....	395
<b>19</b>	<b>Kosten in der Konstruktion .....</b>	<b>401</b>
19.1	Kostenverantwortung der Konstruktion .....	401
19.1.1	Bedeutung der Kosten .....	402
19.1.2	Wichtige Kostenbegriffe .....	403
19.2	Einflussgrößen verschiedener Kostenbereiche .....	404
19.2.1	Herstellkosten .....	405
19.2.2	Entwicklungs- und Konstruktionskosten .....	406
19.2.3	Selbstkosten .....	408
19.2.4	Lebenslaufkosten (Life-Cycle-Cost) .....	409
19.3	Verfahren zur Kostenermittlung .....	411
19.3.1	Grundlagen der Kostenrechnung .....	411
19.3.2	Kalkulationsverfahren .....	413
19.3.3	Kostenfrüherkennung .....	416
19.3.4	Relativkostenrechnung .....	418
19.4	Kostenmanagement in der Konstruktion .....	419
19.4.1	Methodenüberblick .....	421
19.4.2	Target Costing .....	424
19.4.3	Wertanalyse .....	426
<b>20</b>	<b>Konstruktionsberechnung .....</b>	<b>431</b>
20.1	Berechnungsverfahren .....	431
20.2	Auslegungsrechnung .....	434
20.3	Nachrechnung .....	435
20.4	Optimierungsrechnung .....	436
20.5	Simulationsrechnung .....	438

20.6	Grundlagen der Festigkeitsberechnung .....	439
20.6.1	Grundaufgaben der Festigkeitsberechnung .....	440
20.6.2	Grundbelastungsfälle .....	441
20.6.3	Werkstoffverhalten .....	443
20.7	Schwingende Beanspruchung .....	445
20.7.1	Belastungsfälle .....	446
20.7.2	Spannungsermittlung .....	447
20.7.3	Werkstoffverhalten .....	448
20.7.4	Zulässige Spannungen .....	451
20.8	Festigkeitshypothesen .....	452
20.9	Betriebsfestigkeit .....	456
<b>21</b>	<b>Technische Gestaltung .....</b>	<b>461</b>
21.1	Entwerfen und Gestalten .....	461
21.2	Gestaltungsgrundregeln .....	465
21.2.1	Eindeutig als Grundregel .....	466
21.2.2	Einfach als Grundregel .....	466
21.2.3	Sicher als Grundregel .....	467
21.3	Gestaltungsprinzipien .....	468
<b>22</b>	<b>Industriedesign und Ergonomie .....</b>	<b>473</b>
22.1	Einordnung der Gestaltung .....	473
22.2	Gestalterische Mittel .....	476
22.3	Gestaltungsansätze .....	479
22.4	Ergonomie .....	481
22.4.1	Aufgaben der Ergonomie bei der Produktentwicklung und -gestaltung .....	482
22.4.2	Eigenschaften des Menschen .....	483
22.5	Beispiele .....	484
22.6	Zusammenfassung .....	487
<b>23</b>	<b>Gestaltungsrichtlinien .....</b>	<b>489</b>
23.1	Funktionsgerechte Gestaltung .....	491
23.2	Beanspruchungsgerechte Gestaltung .....	492

23.3	Werkstoffgerechte Gestaltung .....	494
23.4	Fertigungsgerechte Gestaltung .....	496
23.5	Montagegerechte Gestaltung .....	503
23.6	Toleranzgerechte Gestaltung .....	509
23.7	Transportgerechte Gestaltung .....	511
23.8	Sicherheit und Zuverlässigkeit .....	513
23.9	Anschluss- und Schnittstellen .....	518
23.10	Korrosion und Verschleiß .....	520
23.11	Instandhaltung und Gebrauch .....	522
23.12	Recyclinggerechte Gestaltung .....	524
23.13	Entsorgungsgerechte Gestaltung .....	535
<b>24</b>	<b>Elektrodenkonstruktion .....</b>	<b>543</b>
24.1	Einordnung im Produktentstehungsprozess .....	543
24.1.1	Nutzung von Elektroden in der abtragenden Fertigung .....	544
24.1.2	Prozesskette am Beispiel Senkerodieren .....	546
24.1.3	Schnittstellen im CAX-Prozess .....	549
24.2	Elektrodenkonstruktionsprozess .....	551
24.2.1	Formgebende Geometrie .....	551
24.2.2	Nicht formgebende Geometrien .....	555
24.2.3	Elektrodenwerkstoffe .....	556
24.3	Einsatz der Elektroden beim Senkerodieren .....	558
24.3.1	Positions- und Versatzdaten .....	558
24.3.2	Spannmittel für Elektroden .....	559
<b>25</b>	<b>Konstruktionsbibliotheken und Bearbeitungsvorlagen .....</b>	<b>563</b>
25.1	Konstruktionsbibliotheken .....	563
25.1.1	Merkmale und Arten von Konstruktionsbibliotheken .....	563
25.1.1.1	Teilebibliotheken .....	564
25.1.1.2	Featurebibliotheken .....	565
25.1.2	Verankerung von Fertigungsinformationen in der Konstruktion .....	567
25.1.3	Aufbau und Erstellung von Featurebibliotheken .....	570
25.2	Bearbeitungsvorlagen .....	571
25.2.1	Merkmale und Arten von Bearbeitungsvorlagen .....	571

25.2.2	Verknüpfung regelbasierter Bearbeitungsvorlagen mit Featurebibliothekselementen .....	572
25.2.3	Aufbau regelbasierter Bearbeitungsvorlagen .....	573
25.2.4	Anwendung im CAD/CAM-Prozess .....	575
25.2.4.1	Vergleich konventionelle – automatisierte Programmierung .....	575
25.2.4.2	Einsatzkriterien und Werkstückbeispiele .....	576
<b>26</b>	<b>Technische Zeichnungen .....</b>	<b>581</b>
26.1	Grundlagen .....	582
26.2	Zeichnungen – Normen und Regeln .....	585
26.2.1	Papier-Endformate .....	586
26.2.2	Schriftfelder für Zeichnungen .....	587
26.2.3	Schriften technischer Zeichnungen .....	588
26.2.4	Maßstäbe .....	588
26.2.5	Linienarten .....	589
26.3	Axonometrische Darstellungen .....	592
26.4	Zeichnungen – Informationen und Daten .....	593
26.4.1	Geometrieinformationen .....	594
26.4.1.1	Geometriedarstellungen in Ansichten .....	595
26.4.1.2	Formelemente .....	599
26.4.2	Bemaßungsinformationen .....	600
26.4.2.1	Systeme der Maßeintragung .....	601
26.4.2.2	Elemente der Maßeintragung .....	601
26.4.2.3	Maßzahlen-Eintragung .....	603
26.4.2.4	Eintragen von Maßen .....	604
26.4.2.5	Maßeintragung an Formelementen .....	605
26.4.2.6	Arten der Maßeintragung .....	610
26.4.2.7	Eintragung von Toleranzen für Längen- und Winkelmaße .....	612
26.4.3	Technologieinformationen .....	613
26.4.4	Organisationsinformationen .....	614
26.5	Hauptzeichnungen .....	617
26.6	Grafische Symbole .....	619

26.7	Geometrische Produktspezifikation .....	620
26.8	Technisches Freihandzeichnen .....	621
<b>27</b>	<b>Normung .....</b>	<b>623</b>
27.1	Normen und Standards .....	623
27.2	Normen und Richtlinien .....	624
27.3	Aufgaben und Zweck der Normung .....	626
27.4	Normen für den Konstruktionsprozess .....	627
27.5	Inhalt und Arten von DIN-Normen .....	629
27.6	Normzahlen und Normzahlreihen .....	630
<b>28</b>	<b>Oberflächenrauheit .....</b>	<b>637</b>
28.1	Beschreibung der Oberfläche von Werkstücken .....	637
28.1.1	Achsen- und Streckenbezeichnungen beim Rauheitsprofil .....	637
28.1.2	Elementare Rauheitskenngrößen .....	638
28.1.3	Anwendung der Rauheitskenngrößen .....	640
28.2	Erfassung des Rauheitsprofils .....	644
28.2.1	Tastschnittverfahren .....	644
28.2.1.1	Funktionsweise .....	644
28.2.1.2	Parameter von Tastschnittgeräten .....	646
28.2.1.3	Profilfilter .....	647
28.2.1.4	Messpraxis .....	648
28.2.2	Manuelle und optische Verfahren .....	650
28.3	Fertigung .....	651
28.3.1	Fertigungsverfahren und Oberflächenrauheit .....	651
28.3.2	Einträge auf Fertigungszeichnungen bzw. im CAD-Modell .....	652
<b>29</b>	<b>Toleranzen und Passungen .....</b>	<b>659</b>
29.1	Übersicht .....	659
29.2	Geometrische Produktspezifikation .....	660
29.3	Maße mit Toleranzangaben .....	661
29.3.1	Toleranzarten und -begriffe .....	661
29.3.2	Allgemeintoleranzen .....	663
29.3.3	ISO-Toleranzsystem .....	665

29.4	Passungen	667
29.4.1	Passungsarten und Begriffe	667
29.4.2	Passungssysteme	668
29.4.3	Zeichnungseintragungen	669
29.5	Tolerierungsgrundsatz	669
29.5.1	Taylor'scher Prüfgrundsatz	669
29.5.2	Unabhängigkeitsprinzip	670
29.5.3	Hüllprinzip	670
29.6	Toleranzverknüpfungen in Maßketten	671
29.6.1	Arithmetische Tolerierung	671
29.6.2	Statistische Tolerierung	672
<b>30</b>	<b>Form- und Lagetoleranzen</b>	<b>677</b>
30.1	Übersicht und Begriffe	677
30.2	Toleranzarten für Form und Lage	681
30.2.1	Formtoleranzen	681
30.2.2	Profiltoleranzen	682
30.2.3	Richtungstoleranzen	684
30.2.4	Orstoleranzen	686
30.2.5	Lauftoleranzen	688
30.3	Anwendung der Maximum-Material-Bedingung	689
30.4	Hinweise für die Praxis	691
<b>31</b>	<b>Rechnerunterstützung der Konstruktion</b>	<b>697</b>
31.1	CAD/CAM-Begriffe und Übersicht	697
31.1.1	CAD – Computer Aided Design	698
31.1.2	CAP – Computer Aided Planning	699
31.1.3	CAM – Computer Aided Manufacturing	700
31.1.4	CAQ – Computer Aided Quality Assurance	700
31.1.5	PPS – Produktionsplanung und -steuerung	700
31.1.6	CAD/CAM	701
31.1.7	CAID – Computer-Aided-Industrial-Design	702
31.2	CAD-Systeme	703
31.2.1	CAD-System-Schnittstellen	703

31.2.2	2D-CAD-Systeme .....	705
31.2.3	Konstruieren mit 3D-CAD/CAM-Systemen .....	706
31.2.4	3D-CAD-Systeme .....	710
31.2.4.1	Geometrisches Modellieren .....	711
31.2.4.2	Feature-Technologie .....	711
31.2.4.3	Parametrische CAD-Systeme .....	713
31.2.5	Ausblick .....	717
<b>32</b>	<b>Finite-Elemente-Methode .....</b>	<b>719</b>
32.1	Computergestützte Berechnung in der Konstruktion .....	719
32.1.1	Berechnung und Simulation .....	719
32.1.2	Numerische Verfahren .....	720
32.1.3	Analytische oder FEM-Berechnung? .....	721
32.1.4	Versuch oder FEM-Berechnung? .....	721
32.2	Hintergründe der Finite-Elemente-Methode .....	722
32.2.1	Grundgedanke .....	722
32.2.2	Begriffe .....	722
32.2.3	Ansatz .....	723
32.2.4	Knotenkräfte, Steifigkeitsmatrix .....	724
32.2.5	Ablauf einer FE-Berechnung .....	724
32.2.6	Elementtypen .....	725
32.3	Genauigkeit und Aufwand .....	725
32.4	Anwendungsgebiete und Berechnungsziele .....	727
32.5	Lineare und nichtlineare Berechnungen .....	728
32.6	Modellbildung, Idealisierung .....	729
32.7	CAD-FEM-Kopplung .....	731
32.8	Interpretation der Ergebnisse .....	732
32.9	Varianten- und Parameterstudien, Optimierung .....	734
32.10	Qualitätssicherung .....	735
32.11	Auswahl geeigneter Software .....	735
<b>33</b>	<b>Schutzrechte in der Konstruktion .....</b>	<b>739</b>
33.1	Arten gewerblicher Schutzrechte .....	740
33.1.1	Das Patent .....	740

33.1.2	Das Gebrauchsmuster .....	740
33.1.3	Das eingetragene Design .....	741
33.1.4	Die Marke .....	741
33.1.5	Weitere Schutzrechte .....	741
33.2	Wirkung von gewerblichen Schutzrechten .....	742
33.3	Arbeitnehmererfindungen .....	742
33.4	Patentbewertung .....	743
33.5	Patente als Informationsquelle .....	743
33.5.1	Vorgehen bei einer Patentrecherche .....	744
33.5.2	Patentrecherche im Internet .....	745
33.5.3	Die internationale Patentklassifikation .....	746
<b>Sachwortverzeichnis .....</b>		<b>747</b>

# KONSTRUKTIONSORIENTIERUNG

