

# HANSER



## Leseprobe

zu

## Taschenbuch der Konstruktionstechnik

von Klaus - Jörg Conrad (Hrsg.)

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

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

Weitere Informationen und Bestellungen unter

<https://www.hanser-kundencenter.de/fachbuch/artikel/9783446466715>

sowie im Buchhandel

© Carl Hanser Verlag, München

# 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>

# 1

# Konstruktions- orientierung

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jörg Conrad

Die Konstruktion kann entsprechend der Bedeutung für die Entwicklung technischer Produkte in fast allen Unternehmensbereichen als Orientierung wirken. Die Fähigkeit, sich in bestimmter Weise in Unternehmensaktivitäten zurechtzufinden, soll durch die behandelten Themen unterstützt werden. Deshalb umfasst dieses Buch Begriffe, Grundlagen, Fachkenntnisse und Erfahrungen. Um mit technischen Produkten erfolgreich zu sein, sind die in Unternehmen bekannten Bereiche aus der Sicht der Konstruktion zu behandeln. Konstruktion, Konstruieren, Konstruktionsmittel, Konstruktionsmethodik und **Konstruktionstechnik** sind als Begriffe mit unterschiedlichen Vorstellungen sehr verbreitet. In diesem einleitenden Kapitel sollen deshalb grundlegende Klärungen und Erläuterungen so dargestellt werden, dass eine Übersicht vorhanden ist, die eine effektive Nutzung des Taschenbuches ermöglicht.

**Konstruktion** von lat. „constructio“ bedeutet Zusammenfügung oder Verbindung und umfasst im logischen Sinn den Ablauf, der erforderlich ist, um einfache Elemente zu komplexen Gegenständen zusammensetzen. Konstruktion bezeichnet also den Prozess und das Ergebnis, um Produkte durch menschliche Fähigkeiten, Fertigkeiten und Ideenfindung zu planen und herzustellen [1].

**Konstruieren** umfasst alle Tätigkeiten vom bildhaften Vorausdenken und dem gedanklichen Realisieren technischer Gebilde zur Lösung technischer Aufgaben bis zum Darstellen der Ideen auf Skizzen und Zeichnungen sowie deren Gestaltung, Berechnung und eindeutigen Beschreibung.

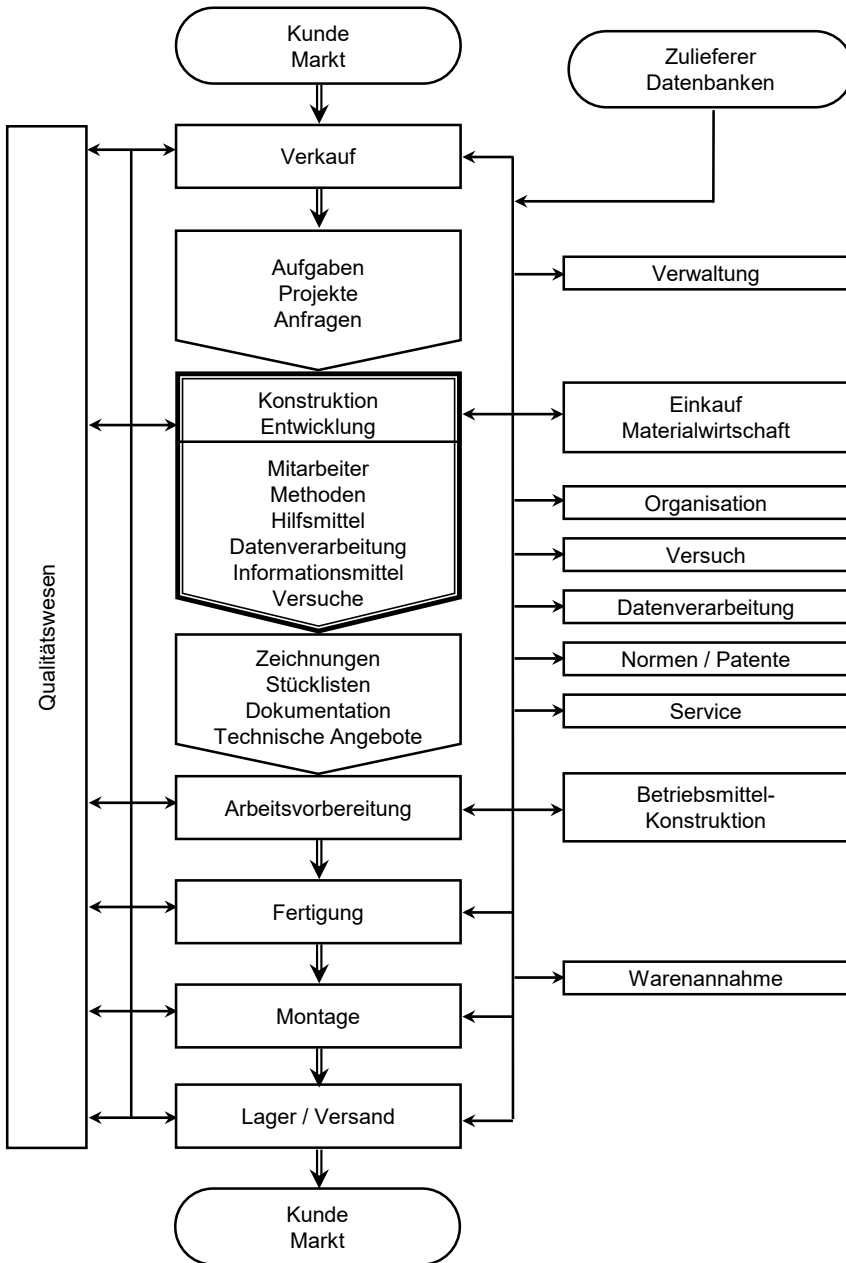
Die Tätigkeit Konstruieren hat bei der Lösung von Ingenieuraufgaben eine zentrale Stellung. Der **Konstrukteur** bestimmt durch seine Ideen, Fähigkeiten und Kenntnisse in entscheidender Weise ein Produkt und dessen Wirtschaftlichkeit bei der Herstellung und im Gebrauch. Die Betrachtung aller Maßnahmen zur Verbesserung von Konstruktion und Entwicklung zeigen, dass Konstruieren kein automatisierbarer Vorgang ist, also nicht vergleichbar mit Fertigungs- und Montageoperationen. Werden jedoch die Konstruktionstätigkeiten Zeichnen, Berechnen oder Informieren betrachtet, so gibt es durch den Einsatz von EDV, CAD oder Datenbanken bereits gute Lösungen zur Unterstützung der Routinetätigkeiten [1].

Der übliche Ablauf im Konstruktionsalltag kann auch durch Angabe der schrittweise zu erledigenden Aufgaben und der gewünschten Ergebnisse beschrieben werden. Für eine Aufgabenstellung sind die vollständigen Informationen zu erarbeiten und bereitzustellen, die für die Herstellung und den Betrieb einer optimalen Maschine erforderlich sind:

- Die vorliegende Aufgabenstellung entsteht durch Anfragen oder Aufträge, wie z. B. die Konstruktion eines Getriebes, um Drehzahlen und Drehmomente zu wandeln.
- Informationen für die Herstellung einer optimalen Maschine bestehen aus technischen Zeichnungen, Stücklisten, NC-Programmen, Beschreibungen usw.
- Der Betrieb einer optimalen Maschine wird durch entsprechende Betriebsanleitungen (Technische Dokumentation) gesichert.
- Maschinen sind allgemein technische Gebilde, die konkret als Anlagen, Apparate, Geräte, Baugruppen oder Einzelteile anzutreffen sind.
- Optimal soll hier ein Kompromiss sein zwischen Forderungen und Lösungsmöglichkeiten bei geringstem Aufwand und nach dem derzeitigen Stand der Technik.
- Eine Maschine ist optimal, wenn sie mit geringsten Kosten alle geforderten Funktionen zuverlässig erfüllt.

## ■ 1.1 Konstruktion im Unternehmen

Eine **Konstruktion** kann auch heute noch auf verschiedene Weise entstehen. Es gibt immer noch Handwerksbetriebe, in denen ein Meister alle Tätigkeiten durchführt, die von der Anfrage eines Kunden über Konstruktion, Arbeitsvorbereitung, Fertigung und Montage bis zum fertigen Produkt erforderlich sind. Bei umfangreichen oder bei komplexen Produkten, wie z. B. Werkzeugmaschinen, sind diese Aufgaben nicht mehr von einem Mitarbeiter allein zu schaffen, sondern nur durch Abteilungen, die zusammenarbeiten. Eine Übersicht von Informationsflüssen in Unternehmen zeigt Bild 1.1. Unternehmen haben viele Abteilungen, die durch Aktivitäten und Tätigkeiten dafür sorgen, dass der erforderliche Informations- und Datenaustausch erfolgt, um durch Verkauf, Konstruktion und Produktion erfolgreich technische Produkte herzustellen. Dargestellt sind in der Mitte die direkt beteiligten Abteilungen und daneben die unterstützenden Abteilungen, die insgesamt für den Unternehmenserfolg erforderlich sind.



**Bild 1.1** Vereinfachte Darstellung der Informationsverbindungen in Unternehmen [1]

Der **Bereich Konstruktion** und Entwicklung ist in fast allen Industrieunternehmen als selbständige und bedeutende Abteilung mit zentraler Stellung in der Produktherstellung vorhanden. Neben den vielen Möglichkeiten und Varianten der organisatorischen Eingliederung gibt es unabhängig von den Produkten eines



Unternehmens einige allgemeingültige Regeln und Vereinbarungen, die für die Funktion dieses Bereiches stets gelten. Außerdem wurden im Laufe der letzten Jahre die eingesetzten Methoden und Hilfsmittel entsprechend den vorhandenen Erkenntnissen und Erfahrungen zu einer systematischen Arbeitsweise entwickelt. Die Arbeit der Konstrukteure besteht nicht mehr nur darin, eine technische und wirtschaftlich herstellbare Lösung für ein Problem zu finden und diese dann durch Zeichnungen und Stücklisten festzulegen. Die Ansprüche sind enorm gestiegen und erfordern eine straffe, zielorientierte Vorgehensweise, die im Folgenden vorgestellt werden soll.

Mit der Arbeitsteilung trennte sich die Konstruktion zunehmend von der Produktion. Als Schnittstelle wurde die technische Zeichnung geschaffen, deren Darstellungsart und Symbole genormt wurden. Seitdem ist die Aufgabe der Abteilung „Entwicklung und Konstruktion“ das Festlegen der Produkteigenschaften, ausgehend von der Aufgabenstellung in Form von Informationen auf verschiedenen Arten von Zeichnungen, Stücklisten und technischen Beschreibungen. In den letzten Jahren wurden jedoch Methoden entwickelt und Hilfsmittel eingesetzt, die diese **funktionsorientierte** durch eine **prozessorientierte Arbeitsweise** ersetzen. Insbesondere sollen Projektmanagement, Teamarbeit und der Einsatz von EDV-Systemen eine effektivere Produktentwicklung ermöglichen [1].

Die in Bild 1.1 gezeigte Übersicht ist nicht für alle Unternehmensgrößen und nicht für alle Produktarten gültig, sondern eine häufig anzutreffende Organisationsform für Abläufe und Informationsverbindungen. Dargestellt sind die typischen Abteilungen, die bei der Produktentstehung Teilaufgaben erledigen, und der Informationsaustausch zwischen den Unternehmensbereichen. Die zentrale Stellung der Konstruktion ist ebenso hervorgehoben wie der Einfluss des Qualitätswesens auf alle Bereiche des Unternehmens.

Diese Arbeitsteilung hat nicht nur Vorteile, sondern auch den Nachteil, dass oft zu wenig fertigungs-, montage- und damit kostengerecht konstruiert wird. Konstrukteure arbeiten unter enormem Zeitdruck und sollen trotzdem alle Erkenntnisse, Regeln und Anforderungen der Kunden erfüllen, die durch den Stand der Technik bekannt sind.

## ■ 1.2 Konstruieren – Fertigen – Verkaufen

Die zum Erfolg des Unternehmens erforderliche Zusammenarbeit soll in den folgenden Kapiteln aus der Sicht der Konstruktionstechnik vorgestellt werden. Deshalb werden nicht nur reine Konstruktionsthemen behandelt, sondern auch die der angrenzenden Fachgebiete.

Technische Produkte werden in Unternehmen nach den Anforderungen des Marktes konstruiert, hergestellt und verkauft. Der schon sehr lange bekannte Grundsatz Konstruieren-Fertigen-Verkaufen ist natürlich nur eine vereinfachte Erfahrung, die heute durch viele weitere Aktivitäten zu Ergebnissen führt.

Daraus haben sich folgerichtig Fachgebiete entwickelt, die einen wesentlichen Bereich der Technik abdecken und deshalb auch häufig als duale Ingenieurstudiengänge bekannt sind:

- Konstruktionstechnik,
- Produktionstechnik,
- Technischer Vertrieb.

**Konstruktionstechnik** wird in der Regel als übergeordneter Begriff verstanden für alle Bereiche der Konstruktion, der Entwicklung, der Arbeitsweisen beim Konstruieren und der Ergebnisse dieser Bereiche. Konstruieren umfasst alle Tätigkeiten zur Darstellung und eindeutigen Beschreibung von gedanklich realisierten technischen Gebilden als Lösung technischer Aufgaben. Die Konstruktion ist eine Abteilung oder das Ergebnis einer konstruktiven Tätigkeit, in dem eine technische Lösung entwickelt und dargestellt wird [1].

**Produktionstechnik** hat sich als übergeordneter Begriff für die Bereiche Produktionstechnologie, Produktionsmittel und Produktionslogistik entwickelt und wird durch die Aufgabe definiert. Aufgabe der Produktionstechnik ist die Anwendung geeigneter Produktionsverfahren und Produktionsmittel zur Durchführung von Produktionsprozessen bei möglichst hoher Produktivität [3].

**Technischer Vertrieb** ist ein allgemeiner Begriff für die Verkaufsorganisation von Unternehmen der Investitionsgüter- und Zulieferindustrie. In diesen Branchen erfolgt der Verkauf erklärungsbedürftiger Güter, für die Vertriebsmitarbeiter Fähigkeiten und Erfahrungen in unterschiedlichen Bereichen haben müssen. Gefordert sind das technische Fachwissen eines Ingenieurs, die Erfahrungen eines Betriebswirtschaftlers bzw. Marketing-Fachmanns und das Können eines Verkäufers [2].

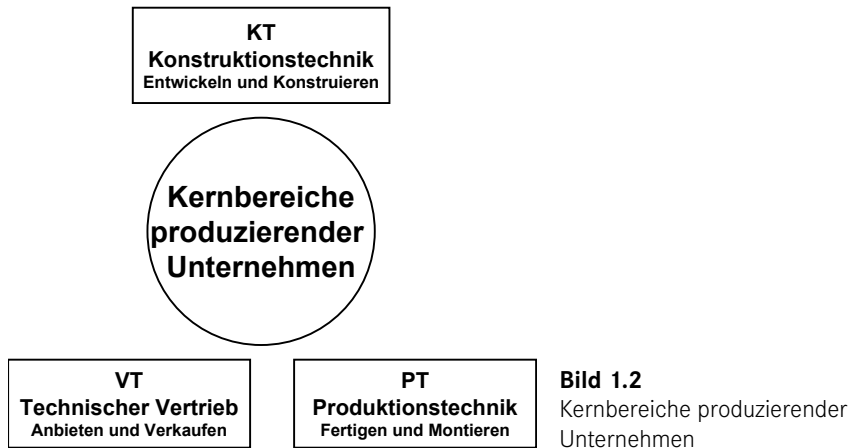
Diese einfache Übersicht zeigt schon die unterschiedlichen Aufgaben und Tätigkeiten dieser drei Bereiche, die sich natürlich auch auf die **Anforderungen** an die Fähigkeiten der Menschen auswirken. Konstrukteure, Produktionstechniker und der Technische Vertrieb haben und brauchen bestimmte **Eigenschaften** zur erfolgreichen Ausübung ihrer Tätigkeiten.

Was zur Konstruktionstechnik gehört, kann unterschiedlich definiert werden. Konstruktionstechnik ist nicht nur ein umfangreiches Fachgebiet, sondern auch als Studiengang im Maschinenbau mit entsprechenden Anforderungen bekannt.

Für die Produktionstechnik als zentralen Bereich der Fabrik sind Ingenieurkenntnisse schon immer durch entsprechende Studiengänge vermittelt worden. Der Bereich Technischer Vertrieb hat in den letzten Jahren eine ständig zunehmende Be-

deutung erlangt und wird ebenfalls als Studiengang angeboten. Da heute viele Betriebe Produkte herstellen können, der Verkauf aber besondere Qualifikationen bei Ingenieuren voraussetzt, ist der Technische Vertrieb ein wichtiger Partner für die Konstruktion.

Die in Bild 1.2 genannten Kernbereiche der Unternehmen sind auch für duale Studiengänge an Hochschulen als bewährte Vertiefungen bekannt. Sie wurden in Zusammenarbeit mit Firmen und Berufsschulen entwickelt und betreut. Das Ziel einer Ingenieurausbildung mit Theorie und Praxis wird erreicht durch ein spezielles Ingenieurstudium und parallel dazu die Berufsausbildung in einer Firma.



Für **Anfrage-Angebot-Auftrag** ist Zusammenarbeit der Kernbereiche der Unternehmen in Bild 1.2 aus der Praxis bekannt. Mittelständische Unternehmen aus dem Werkzeugmaschinenbereich für Einzel- und Kleinserienprodukte erhalten Aufträge durch Anfragen vom Markt. Der Markt besteht in der Regel aus Unternehmen, die Werkzeugmaschinen für die Produktion kaufen wollen. In diesen Unternehmen entsteht Interesse durch Erfahrungen und Kenntnisse über Werkzeugmaschinen-Hersteller, die entsprechende Produkte anbieten

Die Zusammenarbeit von Technischem Vertrieb, Konstruktionstechnik und Produktionstechnik im Werkzeugmaschinenbau mit Auftragskonstruktion kann im vereinfachten Ablauf erfolgen.

Der Technische Vertrieb bietet die Produkte des Unternehmens am Markt und bei Kunden mit Informationen an. Interessenten nehmen Kontakt auf und bitten um technische Unterlagen für die Maschinen des Anbieters. Danach wird ein Angebot angefordert, das in der Regel auch noch spezielle Forderungen des Interessenten enthalten kann.

In der Konstruktion werden die Forderungen untersucht und dafür ein technisches Angebot ausgearbeitet, das aus technischen Zeichnungen und Informationen besteht. Das technische Angebot ist in der Regel nur in einem Umfang auszuarbeiten, dass wichtige firmenspezifische Einzelheiten nicht dargestellt und erklärt werden. Bei Verkaufsgesprächen muss sichergestellt werden, dass Interessenten nicht das detaillierte Angebot an Wettbewerber weitergeben können, die dann den Auftrag erhalten.

Die Produktion muss über das technische Angebot informiert werden, um Kapazitäten, Termine und Fertigungsaufgaben zu bestätigen. Außerdem sind die Lieferzeiten von Handelsprodukten zu beachten.

Der Technische Vertrieb erstellt ein kaufmännisches Angebot für die Maschine mit den Informationen des technischen Angebots. Der Interessent erhält das vollständige Angebot mit allen Daten und Informationen. Die Vorstellung des Angebots erfolgt in einem Gespräch beim Interessenten. Dort sind alle Einzelheiten und die Fragen zum Angebot zu klären. Bei Bedarf wird die Konstruktion teilnehmen. Nach Abschluss der Verhandlungen wird ein Auftrag erteilt, wenn Übereinstimmung erzielt wurde.

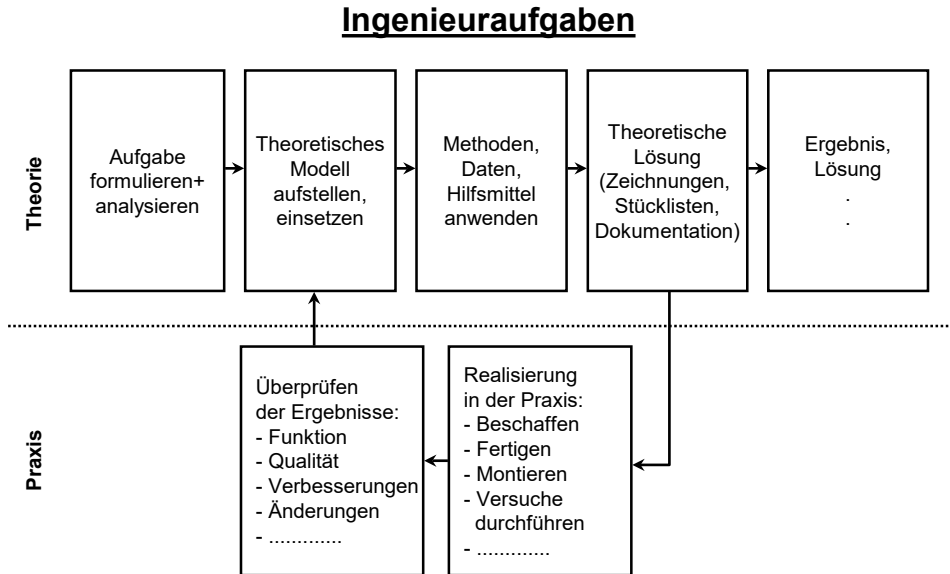
Nach der Auftragserteilung erfolgt die Information im Unternehmen zur Klärung aller Daten und Aktivitäten für den Auftrag mit den Bereichen Technischer Vertrieb, Konstruktion und Produktion.

Die Konstruktion erhält vom Vertrieb die kaufmännische Ausschreibung und erstellt für den Auftrag eine technische Ausschreibung. Die technische Ausschreibung wird durch erfahrene Konstrukteure ausgearbeitet, die für den Produkttyp die notwendigen Kenntnisse haben. Es entsteht eine Gesamtstückliste mit allen Informationen und Baugruppen für diesen Auftrag, die nach gründlicher Überprüfung im Unternehmen verteilt wird an alle Abteilungen im Produktionsbereich, die aktiv werden müssen.

## ■ 1.3 Ingenieuraufgaben

Die Tätigkeit von Ingenieuren hat sich schon immer an einer Vorgehensweise orientiert, die die Verknüpfung von Wissenschaft und Praxis als wesentliches Merkmal hatte. Dabei wurden die **Ingenieuraufgaben** jemandem zugeordnet, der entsprechend der Übersetzung aus dem Französischen „sinnreiche Vorrichtungen baut“ und dafür natürliche Begabung, Erfindungskraft, Genie und Erfahrung mitbringt.

Im Laufe der Jahre wurde mit der Entwicklung der Technik eine etwas differenziertere Betrachtungsweise entwickelt, die Bild 1.3 zeigt.



**Bild 1.3** Vorgehen beim Bearbeiten von Ingenieuraufgaben [1]

Die Lösung von Ingenieuraufgaben in der Konstruktion ist gekennzeichnet durch die Verknüpfung von Praxiswissen mit theoretischen Kenntnissen und der schrittweisen Entwicklung von Lösungsideen zu Produkten oder Verfahren. Gleichzeitig stellte sich immer häufiger heraus, dass erst durch die Realisierung der theoretischen Lösung in der Praxis und durch Überprüfen der geforderten Ergebnisse die Anforderungen an die Aufgabe als erfüllt bestätigt werden konnten oder nicht.

Daraus ergibt sich der wesentliche Kreislauf zwischen Theorie und Praxis, der insbesondere auch für Konstrukteure sehr wichtig ist. Konstrukteure müssen stets das von ihnen entwickelte Produkt in den folgenden Produktentstehungsphasen begutachten, um Erfahrungen in der Praxis zu sammeln. Außerdem ist es sehr erkenntnisfördernd, wenn sie das entwickelte Produkt im Einsatz beim Kunden beobachten können [1].

## ■ 1.4 Konstruktionsmittel

**Konstruktionsmittel** sind zum Erreichen konstruktiver Lösungen erforderlich. Der Einsatz richtet sich nach den Konstruktionsaufgaben. Konstruktionsmittel werden ständig weiterentwickelt und sollten Konstrukteuren durch Weiterbildung vermittelt werden. Insbesondere führte die zunehmende Unterstützung durch Rechner zu anderen Arbeitsabläufen im Konstruktionsbereich.

Die Konstruktionsmittel für die grundlegenden Aufgaben der Konstrukteure sind immer noch wichtig und oft sehr sinnvoll für das Konstruktionsergebnis. Tabelle 1.1 enthält als Übersicht wichtige Konstruktionsmittel mit Beispielen.

**Tabelle 1.1** Tätigkeiten und Mittel zum Konstruieren

Tätigkeit	Ergebnis	Konstruktionsmittel
Nachdenken	Idee	Kreativität
Darstellen	Handskizze	Papier, Bleistift, Radiergummi
Verständlich aufbereiten nach Normen	Technische Zeichnung	Lineal, Zirkel, Winkelmesser, Stifte, Linienarten, Schrift, Symbole, Elemente, Richtlinien
Planen, Konzipieren, Entwerfen, Ausarbeiten, Konstruieren und Berechnen	Anforderungen, Konzept, Geometrie, Abmessungen, Formen, Werkstoffe, Funktion, Eigenschaften	Gestaltung, Berechnung, Formelemente, Maschinenelemente, Bücher, Regeln, Erfahrung
Neue Produkte entwickeln	Teile, Baugruppen, Produkte, Anlagen	Intuition, Methodik, Erfahrung, Hilfsmittel, Informationen, Wissen
Produkteigenschaften untersuchen	Virtuelle Darstellung von Produkten, Aufgaben für Versuche	CAD/CAM-System, Simulationsprogramme, Versuche
Berechnen, auslegen, optimieren	Geometrie, Abmessungen, Werkstoffe der Produkte, Schnittstellen	Programme, FEM (Finite-Elemente-Methode), Versuche
Dreidimensionales Modellieren und Konstruieren	Teile, Baugruppen, Produkte, Produktdaten, Datenaustausch	3D-CAD/CAM-System, Systemschnittstellen, Vernetzung
Speichern von Papier	Technische Zeichnungen, Stücklisten, Dokumentation	Ablage in Ordnern, in der Rolle, im Schrank
Speichern und Ausgeben von Dateien	Technische Zeichnungen, Stücklisten, Dokumentation	Dateien in EDV-Anlage, CAD-System, Drucker, Plotter

Als **Handwerkszeug** für Konstrukteure haben sich Papier, Bleistift und Radiergummi bewährt, um Freihandzeichnungen oder Skizzen zur Darstellung von Ideen, Einzelheiten oder von Zusammenhängen anzufertigen. Dazu gehören auch technische Zeichnungen, die von größeren Bauteilen, Baugruppen oder Maschinen immer noch eingesetzt werden. Dies gilt für Unternehmen mit Einzel- oder Kleinserienfertigung und einem Technischen Büro ohne eigene Produktkonstruktion, für die es unwirtschaftlich sein kann, Zeichnungen mit Rechnerunterstützung zu erstellen.

Zeichnungen gehören immer noch zu einem der wichtigsten Verständigungsmittel in der Technik und sind insbesondere in Fertigung und Montage sowie auf Baustellen in Papierform erforderlich.

Wie Tabelle 1.1 zeigt, gehören heute neben dem Handwerkszeug vor allem Intuition, Methoden und Hilfsmittel zur systematischen Erarbeitung von konstruktiven Lösungen technischer Aufgaben mit und ohne Rechneinsatz. Erfahrungen und Interesse sind natürlich zum Konstruieren erforderlich. Die Ergebnisse sind Zeichnungen, Stücklisten und technische Dokumentation. Sie werden in der Regel als Dateien eines CAD-Systems vorliegen und sind in dieser Form auch weiterzuarbeiten.

### Quellen und weiterführende Literatur

- [1] *Conrad, K.-J.*: Grundlagen der Konstruktionslehre. 7. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2019
- [2] *Kapeller, W.*: Das Marketing-Lexikon für die Praxis. Landsberg/Lech: Verlag Moderne Industrie, 2000
- [3] *Spur, G.*: Produktion. In: Hütte – Die Grundlagen der Ingenieurwissenschaften. 31. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 2000

# Sachwortverzeichnis

## Symbole

2D-CAD-Systeme 705  
3D-CAD/CAM-Systeme 150, 701, 706  
3D-CAD-Systeme 438, 595, 600, 710  
3D-Printing 315  
16%-Regel 656

## A

ABC-Analyse 73, 179, 421  
Ablauf einer FE-Berechnung 724  
Abmaß, oberes 663  
– unteres 663  
Abtragsrate 557  
Abweichung 509  
Abwicklungen 594  
Achsen 385  
Aftermarket 178  
Agilität 306  
Ähnlichkeit 77  
– spezielle 78  
Algorithmus 124 f.  
Algorithmus und Mensch 126  
Alleinstellungsmerkmal 194  
Allgemeintoleranzen 663, 691  
Analoge Menschen 121  
Analyse 354  
Analyseprozesse 36  
Analytische Maßnahmen 23  
Anforderungen 7  
Anforderungskataloge 52  
Anforderungsliste 51, 325, 357  
Anforderungsmodell 708  
Anfrage-Angebot-Auftrag 8  
Angebotserstellungsprozess 114  
Angewandte Ethik 131  
Anmutung 479  
Anpassungskonstruktion 75, 372  
Anschlussmaße 617  
Anschluss- oder Schnittstellen 519  
Ansichten 584  
– unterbrochene 595  
Antriebselemente 375  
Anwendungsschnittstellen 704  
Anziehungsmoment 383  
Arbeitsblätter 499  
Arbeitsspalt 552  
Arbeitsteilung 288  
Archivierungsschnittstellen 704  
Arithmetischer Mittelwert der Ordinaten des  
Rauheitsprofils 640  
Arithmetischer Mittenrauwert 640  
Armaturen 393  
Attribute Listing 195  
Audits 91  
Aufbewahrungsrichtlinie 144  
Aufgabenstellung 278  
Auftragskonstruktion von Drehmaschinen  
146  
Ausarbeiten 56, 461  
Ausarbeitungsphase 281  
Ausgespanntheit 478  
Ausgewogenheit 478  
Auslegungsrechnung 434  
Ausschlusskriterien 330  
Ausschusswahrscheinlichkeit 673  
Austausch von Erfahrungen 151  
Auswahl 273  
Automatisierung 129  
Autonome Systeme 129  
Autorendesign 475



Awareness 153

Axiallager 386

## B

B2B 174

BAB (Betriebsabrechnungsbogen) 412

balanced strategies 190

Baugruppenbauweise 55

Bauhaus 473

Baukasten 78

Baukastenstückliste 61

Baukastensystem 77, 79

Baureihen 75

Beanspruchung 446

– mehrachsige 452

– schwingende 445

– zusammengesetzte 455

Beanspruchungsarten 442

Beanspruchungsgerecht Gestalten 492

Bearbeitungsvorlage 571, 573, 576

Belastung 440

Belastungs-Beanspruchungs-Konzept 483

Bemaßung der Werkstückgeometrie 600

Bemaßungsinformationen 593

Bemaßung, steigende 611

Benchmarking 269, 284, 307, 423

– Ablauf 307

– Best in Class 308

– Best Practices 307

Benutzerschnittstelle 704

Berechnung 431

– nichtlineare 728

Berechnungssoftware 735

Berechnungsverfahren 432

Berechnungsziele 727

Beschaffenheitsmerkmale 66

Beschaffungsverhalten, organisationales 183

Best-of-Benchmarking 423

Best Practices 160

Betriebsabrechnungsbogen (BAB) 412

Betriebsfestigkeit 456

Betriebsmittel 282

Betriebsmittelentwicklungen 285

Betriebssicherheit 386

Bewertung 273, 369

Bewertungsmatrix 273

Beziehungen 713

Bezugsebenentastsystem 646

Bezugselement 678

Bezugsflächentastsystem 646

Bezugssystem 678

Bionik 198, 364

Blindleistungen 113

Bolzenverbindungen 382

Bottom-up-Analyse 423

Brainstorming 196, 272, 364

Branchenauswirkung 189

Break-Even-Diagramm 406

Break-Even-Point 406

Bremsen 389

Bricolage 241

Bruch 445

Business Model 247

Business Model Canvas 256

Businessplan 257

Buying Center 183

## C

CAD-Benutzungsfunktion 709

CAD-FEM-Kopplung 731

CAD-Systeme 595

– nicht parametrische 716

– teilparametrische 716

– vollparametrische 716

CAM (Computer Aided Manufacturing) 571

CAM-Programmierung 572

CA-Techniken 698

Causation 239

Checkliste 279, 327f.

Cherrypicking 423

Computer-Aided-Industrial-Design 702

Concurrent Engineering 164

Conjoint-Analyse 269, 422

Corporate Entrepreneur 224

Corporate Entrepreneurship 221

Corporatepreneur 224

Coulomb'sche Reibungsgesetz 378

Creation Theory 229

Customer-Relationship-Management 184

Cyberattacken 152

Cybersicherheit 153

## D

Datenmanagement 168

Dauerfestigkeitsschaubild 450

- Dauerschwingbeanspruchung 451
  - Dauerschwingfestigkeit 450
  - Dauerschwingversuch 448
  - dead-end knowledge 168
  - Deckungsbeitrag 416
  - Deckungsbeitragsrechnung 416
  - Deep Learning (DL) 137
  - Dehnung 444
  - Delphi-Methode 197
  - Delphi-Studien 269
  - Deming-Zyklus 296
  - Denkweise, prozessorientierte 100
  - Design-for-manufacture-assembly 423
  - design history 168
  - Design of Experiments 316
  - Design Review 295f.
  - Designstudien 710
  - Design Thinking 243
  - Design-to-Cost (DTC) 419
  - Designvariablen 734
  - Detaillieren 363
  - Deterministische Gefahren 467
  - Dichtungen 375, 395
  - Dielektrikum 552
  - Differenzen, finite (FDM) 720
  - Digitale Geschäftsmodelle 254
  - Digitaler Ist-Zustand 141
  - Digitales Büro 143
  - Digitale Transformation 127, 142
  - Digitale Weiterbildung 141
  - Digitalisierung 124, 127
  - Digitalisierung der Konstruktion 141
  - Digitalisierung in Unternehmen 127, 153
  - Digitalisierungsstrategie 143
  - Digital Light Processing 314
  - Digitalstrategie 141
  - Dimetrie 592
  - DIN-EN-ISO-Normen 626
  - DIN-EN-Normen 625
  - DIN-ISO-Normen 626
  - DIN-Normen 625
  - Discovery Theory 229
  - Diskretisierung 723
  - Diskretisierungsverfahren 720
  - Diversifikation 189
  - Divisionskalkulation 413
  - Dokumenten-Management-System (DMS) 144
  - Dreitafelprojektion 583
  - Durchdringungen 594
- ## E
- Ebenheit 677, 681
  - Effectuation 225, 240
  - Effektivität 28, 160, 407
  - Effektivitätsverlust 160
  - Effizienz 28, 160, 407
  - Effizienzgewinne 160
  - EFQM (European Foundation for Quality Management) 94
  - EFQM-Excellence-Modell 94
  - EG-Maschinenrichtlinie 518
  - Eigenschaften 7
  - Eigenschaftslisten 195
  - Eindeutige Lösungen 466
  - Einfache Lösungen 466
  - Eingetragenes Design 741
  - Einheitensysteme 733
  - Einheitsbohrung 668
  - Einheitswelle 668
  - Einkauf 173
  - Einstiegspunkte der Digitalisierung 128, 142
  - Einzelkosten 404
  - Einzelmessstrecke 638, 649
  - Einzelteil-Zeichnungen 585
  - Elastizitätsmodul 444
  - Elektrodenkonstruktion 544
  - Elektrodenverschleiß 557
  - Elektrodenwerkstoffe 556
  - Elemente 723
    - abgeleitete 680
    - finite (FEM) 720, 723
  - Elemente der Maßeintragung 601
  - Elementtypen 725
  - E-Modul 444
  - Enterprise Content Management (ECM) 144
  - Enterprise Resource Planning (ERP) 700
  - Entrepreneure 217
    - entrepreneurial alertness 228
    - Entrepreneurial Innovation 222
    - Entrepreneurial Mindset 219
    - Entrepreneurship 218, 237
    - Entrepreneurship-Prozess 227
  - Entscheidungssituationen 324
  - Entsorgung 535
  - Entsorgungskosten 536

- Entwerfen 54 f., 464  
 Entwicklungskosten 406  
 Entwurfsphase 279  
 Entwurfsrechnung 434  
 EOQ (European Organisation for Quality) 94  
 EQA (European Quality Award) 94  
 Erfahrungswissen 151  
 Erfolgsfaktorenanalyse 268  
 Ergonomie 473, 479  
 ERP (Enterprise Resource Planning) 700  
 ERP-Systeme 700  
 Erzeugnis 57  
 Erzeugnisgliederung 57, 281  
 – fertigungsorientierte 498  
 Erzeugnisstruktur 57  
 Erzeugung von Profilkörpern 714  
 Erzwungene Beziehungen 195  
 Ethik 131  
 Ethische Grundsätze 131  
 Ethische Leitlinien 132  
 European Organisation for Quality (EOQ) 94  
 European Quality Award (EQA) 94  
 Evolventenverzahnungen 392  
 Explosionszeichnungen 617
- F**
- Fachliteratur 337  
 Fähigkeiten der Menschen 121  
 Faktenwissen 20  
 Faltung 673  
 Familientabellen 713  
 Fast Follower 161  
 Feature 711  
 Featurebibliotheken 564  
 Feature-Technologie 712  
 F&E-Budgets 200  
 F&E-Controlling 209  
 Federkennlinie 382  
 Federkonstante 382  
 Federn 382  
 Fehlerbaumanalyse 309  
 Fehler im Produktentstehungsprozess 293  
 Fehlerkosten 108  
 Fehler-Möglichkeiten- und -Einfluss-Analyse  
 (FMEA) 55, 309, 363  
 Fehlerverhütungskosten 107  
 Fehlleistungen 113  
 Feinentwurf 715
- Feingestalten 363, 462  
 F&E-Management 202  
 F&E-Projektmanagement 208  
 F&E-Strategie 201  
 FEM-Berechnung 721  
 Fertigteil 491, 716  
 Fertigungsverfahren 496  
 Festigkeit 439  
 Festigkeitsbedingung 440, 451 f.  
 Festigkeitsberechnung 439, 451  
 Festigkeitshypothesen 453  
 Festigkeitsnachweis 439  
 Finite-Elemente-Methode 719, 722  
 Firmenübernahme 198  
 Flachbettdrehmaschinen 76  
 Flächenprofil 683  
 Fließen 445  
 FMEA 55  
 Forced Relationship 195  
 Forderungen der QM-Systeme 84  
 Formelemente 599  
 Formgebende Geometrien  
 – Brennfläche 551  
 Formschlussverbindungen 381  
 Formtoleranzen 677, 681  
 Freihandzeichnen 622  
 Freihandzeichnungen, technische 621  
 Freitastsystem 646  
 Frontloading 420  
 Fügen 504  
 Führungen 388  
 Funkspalt 552  
 – Arbeitsspalt 546  
 Funktion 353  
 Funktionsgerechtes Gestalten 491  
 Funktionsmodell 708  
 Funktionsorientierte Arbeitsweise 6  
 Funktionsorientierung 16  
 Funktionsstruktur 359  
 Funktionsteil 491, 716  
 Funktionsunfähigkeit 445  
 Funktionszuordnung 699  
 Fused Layer Modeling 315
- G**
- Gebrauchsmuster 740  
 Gemeinkosten 404  
 Genauigkeit 725

- Geometrie, darstellende 594
  - Geometrieinformationen 593
  - Geometriennormal 649
  - Geometrische Produktspezifikation 620
  - Geometrisches Modellieren 711
  - Geradheit 677, 681
  - Gesamtentwurf 363
  - Gesamtfunktion 359
  - Gesamthöhe des Rauheitsprofils 640
  - Gesamtlauf 677, 688
  - Gesamtplanlauf 689
  - Gesamtrundlauf 689
  - Gesamttoleranz 689
  - Geschäftsmodell 247
  - Geschäftsmodell-Entwicklung 250
  - Geschäftsmodellinnovation 252
  - Geschäftsmodellmuster 252
  - Geschäftsmodellraster 248
  - Geschäftsplan 257
  - Geschäftsplanung 265, 274
  - Geschäftsprozesse 31, 36
  - Geschäftsprozessmanagement 32, 96
  - Gestaltänderungsenergiehypothese 454
  - Gestaltelemente 476
  - Gestalten 461, 464
  - Gestaltfestigkeit 451
  - Gestaltmodell 708
  - Gestaltstruktur 476
  - Gestaltung 473
    - fertigungsgerechte 479, 497
    - instandhaltungsgerechte 523
    - korrosionsschutzgerechte 522
    - kraftflussgerechte 469
    - materialgerechte 479
  - Gestaltung der Geschäftsprozesse 39
  - Gestaltungsbewertung 464
  - Gestaltungsgrundregeln 464 f.
  - Gestaltungsphase 361
  - Gestaltungsprinzipien 464, 468
  - Gestaltungsregeln 280, 465
  - Gestaltungsrichtlinien 464, 489, 505
  - Gestaltvarianten 74
  - Gesunder Menschenverstand 153
  - Getriebe 390
  - Gewerbliche Schutzrechte 742
  - Gewichtung 359, 370
  - Gewindedarstellung 597
  - Gewinne 402
  - Gleichteile 77
  - Gleitkufentastsystem 646
  - Gleitlager 386
    - hydrodynamische 387
    - hydrostatische 387
  - Grafikschnittstelle 704
  - Grafische Symbole 619
  - Grazer Modell 159
  - Grenzkostenrechnung 416
  - Grenzmaß 662
    - wirksames 663
  - Grenzwellenlänge 646 ff., 655
  - Grobentwurf 715
  - Grobgestalt 462
  - Grobgestalten 362
  - Größte Höhe des Rauheitsprofils 640
  - Grundabmaß 665
  - Grundähnlichkeiten 77
  - Grundkonstruktionen, geometrische 594
  - Grundsätze des Qualitätsmanagements 87
  - Grundsatz für das Berechnen 456
  - Grundtoleranz 666
  - Grundtoleranzgrad 665
  - Gruppen-Zeichnungen 585, 617
- ## H
- Halbschnitte 597
  - Handhaben 504
  - Handhabung 511
  - Handwerkszeug 11
  - Hardwareschnittstellen 519
  - Hauptzeichnungen 617
  - Herstellkosten 404
  - Hilfsmaß 664
  - h-Methode 726
  - Hochschule für Gestaltung 473
  - Hooke'sche Gesetz 444
  - House of Quality 304
  - Hüllbedingung 670
  - Hüllprinzip 670, 689
- ## I
- Idee 16
  - Ideenfindung 271
  - Identifizieren 63
  - Illustration 621
  - Imitation 198
  - Industriedesign 473

- Informationen 167
  - Informationsbeschaffung 164
  - Informationsflüsse 144
  - Informationsmanagement 163
  - Informationsquellen 167
  - Ingenieurarbeit 276
  - Ingenieuraufgaben 9
  - Inhalt einer Zeichnung 585
  - Inhärente Merkmale 85
  - Innovation 159, 187
  - Innovationsintensität 189
  - Innovationskauf 198
  - Innovationskraft 209
  - Innovationsmanagement 199, 203
  - Innovationsmatrix 200
  - Innovationsökonomie 188
  - Innovationsprojekte 207
  - Innovation und Lernen 95
  - Inspektion 524
  - Instandhaltung 523
  - Instandsetzung 524
  - Integration
    - menschliche 286
    - methodische 286
    - organisatorische 286
    - technische 287
  - Intelligenz 133
  - Interdisziplinäre Zusammenarbeit 20 f.
  - Internationale Patentklassifikation 746
  - International Organization for Standardization (ISO) 168
  - Internet 157
  - Intrapreneur 224
  - Investitionsrechnung 274
  - ISO (International Organization for Standardization) 167
  - Isometrie 592
  - ISO-Toleranz 666
  - ISO-Toleranzsystem 665
  - Istmaß, örtliches 662
    - wirksames 663
  - IT-Sicherheit 152
- J**
- Joint Venture 211
  - Joint-Venture 198
- K**
- KAIZEN 100
  - Kalkulation 413
  - Kalkulationsverfahren 413
  - Kano-Analyse 266
  - Kanten 723
  - Kasten, morphologischer 195, 367
  - Kataloge 167
  - Käufermacht 175
  - Kegelräder 391
  - Kegelsitz 380
  - Keilriemen 392
  - Kennzeichnung des Schnittverlaufs 597
  - Keramik, technische 494
  - Kerbspannungen 729
  - Kern der Aufgabe 462
  - Kernprozessen 34
  - Ketten 392
  - Key-Account-Management 165
  - Kirzners Opportunity 228
  - Klären der Aufgabenstellung 50
  - Klassifizieren 63
  - Klassifizierungsinformationen 353
  - Klassifizierungssystem 64
  - Kleben 376
  - Klemmverbindungen 380
  - Knoten 723
  - Knotenkräfte 724
  - Know-how 284
  - Koaxialität 677, 686
  - Kompetenz, heuristische 20
  - Kompetenz, soziale 300
  - Komplexität 287
  - Konstruieren 3
    - rechnerunterstütztes 697
  - Konstrukteur 3
  - Konstruktion 3 f.
  - Konstruktionsablauf, 47
  - Konstruktionsart 275, 371
  - Konstruktionsbibliothek 563
  - Konstruktionsgrundsätze 464
  - Konstruktionskataloge 272
  - Konstruktionskosten 406
  - Konstruktionsmaßnahmen 514
  - Konstruktionsmittel 10
  - Konstruktionsphasen 47, 461
  - Konstruktionsprozess 49, 354, 356
  - Konstruktionsprozess mit Ablaufplan 148

Konstruktionsregeln 489  
Konstruktionsrichtlinien 168, 367  
Konstruktionsskizze 621  
Konstruktionstechnik 3, 7, 15  
Konstruktionswerkstoffe 337  
Konvergenz 728  
Konzentrität 677, 686  
Konzept 355, 361  
Konzeptphase 278 f., 355  
Konzipieren 54, 461  
Koordinatenbemaßung 611  
Korrosion 395, 521  
Korrosionsschutzgerechtes Gestalten  
521  
Kosten 277, 401  
– fixe 404  
– variable 404  
Kostenart 404  
Kostenbegriffe 403  
Kosententstehung 402  
Kostenermittlung 411  
Kostenfestlegung 402  
Kostenfrüherkennung 416  
Kostenführerschaft 177  
Kostenmanagement 419  
Kostenrechnung 411  
Kostenstelle 404  
Kostenträger 404  
Kostentreiberanalyse 421  
Kostenverantwortung 401  
Kräfte 442  
Kreativität 160, 187  
Kreislaufwirtschaft 526  
Kundenakte 144  
Kundenorientierung 104, 182  
Kundenwünsche 266  
Kundenzufriedenheit 103 f.  
Künstliche Intelligenz (KI) 133 f.  
Künstliche neuronale Netze (KNN) 136  
Kunststoffe, faserverstärkte 339  
Kupplungen 389  
Kurzwellenfilter 655

**L**

Lager 386  
Lagerbelastung, äquivalente 388  
Lagetoleranzen 661, 677  
Längspresssitz 379

Langwellenfilter 655  
Laser-Sintern 315  
Lastenheft 51, 165  
Lastfall 446  
Lastinkrementierung 729  
Lauf 677, 688  
Lauftoleranzen 677, 688  
Layer Laminare Manufacturing 315  
Leader 161  
Lead-User 162  
Lean-Startup 246  
Lebensdauer, nominelle 388  
Lebenslaufkosten 409  
Leichtbau 338  
Leistungen des Gehirns 122  
Leistungsfähigkeit 113  
Leitungen 393  
Leitungssysteme 393  
Lessons Learned 160  
Life-Cycle-Cost 409  
Linear-performance-pricing 423  
Linien 589  
Linienarten 589  
Linienprofil 682  
Lizenzkauf 198  
Lösungsfindung 364  
Lösungskataloge 367  
Lösungsprinzipien 360  
Lösungssuche 360  
Löten 376

## M

Make or Buy 283  
Managementprozesse 34, 36  
Manuellen Konstruieren 715  
Marke 741  
Marketing 173  
Marktanteil 181  
Marktsegmente 178  
Markt-Technologie-Portfolio 266 f.  
Marktteilnehmer 175  
Marktwirtschaft 176  
Maschinelles Lernen (ML) 135 f.  
Maschinenelemente 375  
Maschinenethik 132  
Maschinenstundensatzrechnung 415  
Maßeintragung  
– fertigungsbezogene 601

- fertigungsgerechte 604
- funktionsbezogene 601
- NC-gerechte 604
- prüfbezogene 601
- Maßkette 604, 671
- Maßlinie 601
- Maßstab 588
- Maß, theoretisches 664
- Maßtoleranzen 662, 664
- Maßvarianten 74
- Maßzahl 601, 603
- Materialindex 335, 337
- Materialkosten 341
- Maximum-Material-Bedingung 689
- Maximum-Material-Grenzmaß 663
- Mechatronik 518
- Mengenübersichtsstückliste 61
- Merkmal 66
- Merkmalausprägung 66
- Merkmalliste 358
- Messprozesse 36
- Messstrecke 638, 649
- Metadaten 567, 571
- Metaplan-Methode 196
- Methode 196
- Methoden 421
  - diskursive 366
  - intuitive 364
  - morphologische 366
- Methodenwissen 20, 300
- Mindmapping 272
- Minimum Viable Product (MVP) 246
- Mittenmaß 662
- Modellbildung 729
- Modellierung 710
- Modulbauweise 55
- Momente 442
- Montage 504
- Montagebereich 503
- montagegerechte Konstruieren 505
- montagegerechtes Gestalten 503, 508
- Montieren 504
- Morphologischer Kasten 272, 366
- Motivation 300
- Multi-Jet-Modeling 315
- Mustererzeugung 714

## N

- Nachlaufstrecke 638
- Nachrechnungen 435
- Nachweis 727
- need-pull 190, 194
- Neigung 677, 685
- Nenn-Geometrieelement 661
- Nennmaß 662
- Netzwerkschnittstellen 520
- Neuigkeitsgehalt 189
- Neukonstruktion 275, 372
- Neuproduktmanagement 193
- Neuronale Netze 136
- Newton-Raphson-Verfahren 728
- nichtformgebenden Geometrien
  - Schaft, Rahmen 555
- Nichtlinearitäten 728
- Norm 623, 629
- Normalspannungshypothese 454
- Normal- und Tangentialspannungen 455
- Normalverteilung 97
- Normen 166
- Normenfunktion 626
- Normstrategie 180
- Normung 623
- Normzahlen 76, 630
- Normzahlreihe 633
- Null Fehler 285
- Null-Fehler-Philosophie 674
- Nullserie 282
- Nummer 62
- Nummernsystem 63f.
- Nutzleistungen 113
- Nutzwertanalyse 422

## O

- Oberflächengestaltung 741
- Oberflächenkenngrößen 637
- Oberflächen-Vergleichsmuster 650
- Ökobilanz 527
- Opponenten 184
- Optimieren 362
- Optimierung 734
  - mathematische 734
- Optimierungsrechnungen 436
- Ordnungsmäßigkeit 28

- Organisation
  - innovationsorientierte 210
  - prozessorientierte 30
- Organisationsinformationen 594, 614
- Organisationskultur 225
- Ortstoleranzen 677, 686
  
- P**
- Paarung 389
- Papier-Endformate 586
- Paradoxe der Automatisierung 130
- Parallelbemaßung 610
- Parallelität 677, 684
- Parallelnummernsystem 65, 74
- Parametrischen Konstruktion 713
- Passfederverbindungen 381
- Passung 659, 667
- Passungsart 667
- Passungssysteme 668
- Patent 740
- Patentabteilung 742
- Patentanwalt 743
- Patentinformationen 744
- Patentliteratur 743
- Patentportfolio 743
- Patentrecherche 744
- Patentregister 743
- PDCA-Zyklus 88, 101
- Personalmanagement 210
- Pfeilmethode 595
- Pflichtenhefte 51
- Phasen des Lebenszyklus 524
- Pilotphase 282
- Pioniergewinne 191
- Planen 461
- Planlauf 688
- Platzkostenrechnung 414
- p-Methode 725
- PMIs (Product and Manufacturing Information) 569
- Poisson'sche Gesetz 444
- Poly-Jet-Modeling 315
- Portfolio-Analyse 180
- Portfoliomanagement 207
- Position 677, 686
- Positionsdaten 558
- Positionsnummer 617
- Potentialfindung 265f.
- Preisbildungsmechanismus 176
- Pressverband 379
- Pressverbindung 379
- Primärprofil 637
- Prinzip der Aufgabenteilung 470
  - ökonomisches 405
- Prinzip der Bistabilität 471
- Prinzip der fehlerarmen Gestaltung 470
- Prinzip der Selbsthilfe 470
- Prinzip der Stabilität 471
- Prinzipien der Kraftleitung 469
- Prinziplösung 23
- Prinzipmodell 708
- Problemdefinition 357
- Probleme 19
- Problemlöser 20
- Problemlösung 18
- Problemlösungsprozess 354
- Produkt
  - -definition 274
  - -entstehung 263
  - -entwicklungsmethoden 276
  - -findung 265, 271
  - -innovationen 277
  - -lebenslaufs 264
  - -planung 265
  - -potentiale 266
  - -strategie 274
- Produktdaten-Management PDM 301
- Produktdokumentation 361, 363
- Produkte der Gerontik 21
- Produkteigenschaften 490
- Produktelimination 181
- Produkte, marktgerechte 17
- Produkterstellung
  - integrierte 286
- Produktinnovation 16, 190
- Produktinnovationen 188
- Produktinnovationsrate 187
- Produktionsplanung und -steuerung 283
- Produktionsrückläufe 526
- Produktionstechnik 7
- Produktivität 403
- Produktkostenoptimierung (PKO) 422
- Produktlebensphasen 525
- Produktlebenszyklus 181
- Produktpolitik 175
- Produktsicherheitsgesetz 518



Produktspezifikation  
 – geometrische 660  
 Produktsubstitution 175  
 Produktvariation 181  
 Profilter 648  
 Profiltoleranzen 678  
 Profilwellen 381  
 Programmiererweiterungen 710  
 Projekt 289  
 – -abschluss 292  
 – -organisation 290  
 – -planung 291  
 – -steuerung 291  
 Projektionen 582  
 – axonometrische 592  
 – orthogonale 582  
 Projektkostenmodellierung 422  
 Projektmanagement 289, 292  
 – agiles 291, 307  
 Projektportfolios 206  
 Projektsteuerung 199  
 Promotoren 184  
 Protokollschnittstellen 520  
 Prototyp 16, 282, 285, 312  
 – Klassifizierung 313  
 – virtueller 313  
 Prozess 27  
 Prozessbefähigung 295  
 Prozessbeschreibung 40  
 Prozessdokumentation 44  
 Prozesse 142  
 Prozessfähigkeitswert 673  
 Prozessinnovationen 188  
 Prozessketten 29  
 Prozesskostenrechnung 415  
 Prozess-Landkarte 37, 142  
 Prozessmanagement 27, 31  
 Prozessmodell 34f.  
 Prozessorganisation 30  
 Prozessorientierte Arbeitsweise 6  
 Prozessorientiertes Qualitätsmanagement-  
 system 83  
 Prozessorientierung 16  
 Prozessverbesserungen 99  
 Prüfen 504  
 Prüfkosten 108  
 Prüfmaß 663  
 Pt 643

## Q

QFD (Quality Function Deployment) 53  
 Qualität 85  
 Qualitätsaudits 91  
 Qualitätsbewertung 295, 297  
 Qualitätsbezogene Kosten 107  
 Qualitätsführerschaft 177  
 Qualitätsmanagement 208, 280, 293  
 – agiles 307  
 Qualitätsmanagementplan 295  
 Qualitätsmanagementsystem 296  
 Qualitätssicherung 735  
 Qualitätsverbesserung 84, 99  
 Qualitätsziele 294  
 Quality Function Deployment (QFD) 269,  
 294, 303, 356, 422  
 Quality-Gates 420  
 Quellen unternehmerischer Gelegenheiten  
 230  
 Querpresssitz 379

## R

Ra 640  
 Rädergetriebe 391  
 Radiallager 386  
 Rahmen 555  
 Rand- oder Boundary-Elemente (BEM) 720  
 Ranking 343  
 Rapid Prototyping 312, 314  
 – Wirtschaftlichkeit 315  
 Rauheitskenngrößen 637  
 Rauheitsprofil 637, 648  
 Recherchen 364  
 Rechnerunterstütztes Konstruieren 698, 715  
 Rechnungswesen, betriebliches 412  
 Rechtwinkligkeit 677, 685  
 Recycling 524  
 Recyclinggerechte Gestaltung 525  
 Recyclingorientierte Produktentwicklung 532  
 Reibradgetriebe 392  
 Reibschlussverbindungen 378  
 Reibung 395  
 Reibzahl 379  
 Relationsinformationen 353  
 Relativkosten 418  
 Ressourcenmanagement 209  
 Restriktionsgerechtes Konstruieren 489

Reverse Engineering 424  
Richtlinien 626  
Richtungstoleranzen 677, 684  
Riemen 392  
Risiken 325  
Risikoanalyse 297, 309, 329, 363  
Risikomanagement 294  
Risikoprioritätszahl 310  
Rk 643  
Rmr(c) 643  
Robust-Design 316  
Rohrleitungen 375  
Rohteil 491, 716  
Rp 640  
RPc 642f.  
Rt 640  
Rundheit 677, 682  
Rundlauf 688  
Rundlingspaarungen 389  
Rz 640

## S

Sachmerkmale 66  
Sachmerkmalreihe 66, 74  
Sachnummer 64  
Sachnummernsystem 64  
Schadensanalysen 294  
Schadensfälle 329  
Schaft 555  
Scheinbare Reibungswinkel 384  
Schließmaß 671  
Schließtoleranz, arithmetische 671  
– quadratische 673  
Schlüselfaktoren 266  
Schmiermittel 375, 395  
Schmierstoffe 395  
Schneckengetriebe 391  
Schnittdarstellungen 596  
Schnittstelle 519  
– externe 520  
– interne 520  
– zum Datentransfer 704  
Schnittzeichnungen 598  
Schraffuren 597  
Schraubenfedern 383  
Schraubenräder 391  
Schraubenverbindungen 383  
Schriften 588  
Schriftfeld 587  
Schubspannungshypothese 454  
Schumpeters Opportunity 228  
Schwache KI 135  
Schwachstellenanalyse 273  
Schweißen 376  
Schwerpunktbildung 323  
Scoringmodell 207  
Scrum 307  
Selbstkosten 408  
Selbstschmierende Gleitlager 387  
Selbstschützende Lösungen 470  
Selbstverstärkende Lösungen 470  
Senkerodieren 544  
Senkrechtkenngrößen 655  
Sicher 467  
Sichere Lösungen 466  
Sicherheit 280, 440, 513  
Sicherheitsgerechtes Konstruieren 514  
Simulation 313, 438, 719  
Simultaneous Engineering 164, 298  
Situationsanalyse 271  
Six Sigma 97  
Six-Sigma-Qualität 97  
Six Sigma Quality 95  
Skizze 621  
Social Entrepreneurship 220  
Softwareschnittstellen 519  
Sortenschutz 741  
Spannelementverbindungen 380  
Spannung 440, 723  
– gleich gerichtete 455  
Spannungs-Dehnungs-Diagramm 444  
Spannungssprünge 726  
Spannungsverlauf 447  
specification freeze 208  
Spielpassung 667  
Spin-off 211  
Standardabweichung 97  
Standardisierung 284, 624  
Standard-Papierformate 587  
Standards  
– betriebliche 624  
Stärke-Diagramm 371  
Starke KI 135  
Starrkörperbewegungen 724  
Start of Production 282  
Steifigkeitsmatrix 724  
Stereolithographie 314

Stiftverbindungen 382  
 Stirnräder 391  
 Stochastische Gefahren 467  
 Stoffschlussverbindungen 376  
 Störgrößen 317  
 Strategie 160  
 Strukturstückliste 61  
 Stückliste 59, 281  
 Stücklistensatz 57  
 Stufen der Digitalisierung 128, 142  
 Stufen einer Baureihe 76  
 Stützleistungen 113  
 Suchkriterien 328  
 Sustainable Entrepreneurship 220  
 Symbolbibliotheken 564  
 Symmetrie 677, 687  
 Synektik 196  
 Synthese 354  
 System 18  
 Systeme, technische 352  
 Systemgrenze 352  
 Szenario-Technik 266, 270

## T

Target Costing 165, 424  
 Target Pricing 165  
 Tastschnittverfahren 644  
 Tastspitzenradius 646  
 Taststrecke 638  
 Tätigkeitsanalysen 114  
 Taylorisierung 159  
 Taylor'scher Prüfgrundsatz 669  
 Technische Freihandzeichnungen 711  
 Technische Gestaltung 461  
 Technischer Vertrieb 7  
 Technologieinformationen 594, 613  
 Technologiemanagement 199  
 Technologie Roadmapping 271  
 Technologie-Strategie 199  
 technology-push 190, 194  
 Teil 59  
 Teilebibliotheken 564  
 Teilefamilien 74, 713  
 – fertigungstechnische 74  
 – konstruktive 74  
 Teilentwürfe 361  
 Teilevielfalt 72  
 Teilfunktion 360

Teilkostenrechnung 415  
 Teilprozessbeschreibung 43  
 Teilprozesse 43  
 Teilschnitte 597  
 Tellerfedern 383  
 Tiefpassfilter 647  
 Time to Market 298  
 Toleranz 509, 659, 662  
 Toleranzanalyse 671  
 – statistische 297  
 Toleranzangaben 661  
 Toleranzarten 661, 677  
 Toleranzeintragungen 691  
 Toleranzfelder 665  
 Toleranzgerecht Gestalten 509  
 Toleranzrahmen 678  
 Toleranzsynthese 671  
 Toleranzverknüpfungen 671  
 Toleranzzonen 678  
 Tolerierung, arithmetische 671  
 – statistische 672  
 Tolerierungsgrundsatz 669  
 Topologie 725  
 Total Productive Maintenance 285  
 Total Quality Management 92, 293  
 TQM-Business Excellence 95  
 TQM-Modell 95  
 Tragzahl 388  
 Transformationsprozess in Unternehmen  
 128, 142  
 Transport 511  
 TRIZ 272

## U

Übergangspassung 667  
 Übermaßpassung 667  
 Übersetzungsverhältnis 391  
 Übersicht Konstruktionstechnik 25  
 Unabhängigkeitsprinzip 670, 689, 692  
 Ungefährmaß 664  
 Unique Selling Proposition (USP) 194  
 Unternehmensstrategie 265  
 Unternehmer im Unternehmen 234  
 Unternehmerische Gelegenheiten 229  
 Unterstützungsprozesse 34  
 Urheberrecht 741  
 User Defined Feature (UDF) 566, 570  
 USP (Unique Selling Proposition) 194

## V

Validierung 23  
Value Analysis 426  
Value Management 426  
Value Proposition Canvas 255  
Value Proposition Design 255  
Varianten 71  
Variantenbaum 73  
Variantenkonstruktion 275, 372  
Variantenmanagement 71  
VDI-Richtlinien 626  
Verbesserungsprozesse 36  
Verbesserungsprozess, kontinuierlicher (KVP) 100  
Verbindungen, elastische 382  
Verbindungselemente 375  
Verbreitungsgebiet 189  
Verbundnummernsysteme 65  
Verfahren, numerische 720  
Vergleichsspannung 453  
Verifizierung 23  
Vermeidung von Fehlern 110  
Vernetzung 141, 725  
Versagen 445, 451  
Versagensart 453  
Versagensbedingung 453  
Versatzdaten 559  
Verschleiß 395, 520  
Verschwendungen 100  
Verspannungsdiagramm 384  
Versuche, grundlegende 345  
Versuchskosten 316  
Versuchsmethodik  
– statistische 297, 316  
Versuchsplanung  
– klassischen Methoden 316  
– Screening-Versuchspläne 316  
– Shainin 316  
– Taguchi 316  
Verteilungsfunktionen 673  
Vertrieb 173  
Verursachungsprinzip 411  
Verwendbarkeitsmerkmale 66  
Vision 21  
Vollschnitt 596  
Volumina, finite (FVM) 720  
Vorauswahl 368  
Vorgehenspläne 48

Vorlaufstrecke 638

Vormontage 504

Vorserie 282

## W

Wahrscheinlichkeit 514  
Wälzlager 387  
Wartung 523  
Wechselwirkungen in der Werkstoffauswahl 322  
Wegabhängigkeit 720  
Weglassen von Ansichten 595  
Weiterverwendung 529  
Wellen 385  
Welligkeitsprofil 637  
Werknormen 168, 624  
Werkstoffdatenbanken 321  
Werkstoffentscheidung 344  
Werkstoffgerechten Gestalten 494  
Werkstoffkennwert 328, 440, 442  
Werkstoffneueinführungen 324  
Werkstoffschaubild 331  
Werkstoffsubstitution 324  
Werkstofftechnik 321  
Werkstoffvariante 324  
Werkstoffverhalten 443, 448  
Werkstoffwahl  
– Prozessschritte 326  
Werkstückgeometrie 594  
Werkstückgestaltung 498  
Werkzeug-Elektroden  
– Erodieren 544  
Wertanalyse 426  
Wertigkeit, technisch-wirtschaftliche 371  
– technische 369  
– wirtschaftliche 370  
Wertschöpfung 403  
Wettbewerbsfähigkeit 157  
Wettbewerbsintensität 175  
Wettbewerbsprodukte 277  
Wettbewerbsvorteile 158  
Wiederverwendung 529  
Wirkprinzip 360  
Wirtschaftlichkeit 28, 403  
Wirtschaftlichkeitsprinzip 411  
Wissen 157, 160  
Wissensmanagement 157  
Wöhlerkurven 448

WOP 571

Wt 643

## Z

Zahnriemen 392

Zehnerregel 110, 293

Zeichenfunktion 479

Zeichnung 621

– Regeln für technische 600

– technische 581

Zeichnungssatz 57

Zeitabhängigkeit 720

Zeitmanagement 208

Zielfunktion 734

Zielkosten 424

Zielsetzung 189

Zugmitteltriebe 392

Zukunftstechnologie 204

Zulieferermacht 175

Zusatzfunktionen 626

Zuschlagskalkulation 413

Zuverlässigkeit 513 f.

Zuverlässigkeit verbesserndes Konstruieren

514

Zweck einer Zeichnung 585

Zweipunktverfahren 662

Zylindrizität 677, 682