

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

Vorwort	V
Herausgeber und Autoren	VII
1 Konstruktionsorientierung	3
1.1 Konstruktion im Unternehmen	4
1.2 Konstruieren – Fertigen – Verkaufen	6
1.3 Ingenieuraufgaben	9
1.4 Konstruktionsmittel	10
2 Konstruktionstechnik	15
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
3 Prozessmanagement	27
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
4	Konstruktionsablauf	47
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
5	Variantenmanagement	71
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

6	Prozessorientierte Qualitätsmanagementsysteme	83
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
7	Analoge Welt – digitalisierte Produkte	121
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
8	Digitalisierung in der Konstruktion	141
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
9	Wissensmanagement	157
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
10	Informations- und Datenmanagement in der Konstruktion ...	163
10.1	Simultaneous Engineering	164
10.2	Informationsquellen und -beschaffung	166
10.3	Datenmanagement in der Konstruktion	168
11	Marketing und Vertrieb, Einkauf	173
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
12	Innovation technischer Produkte	187
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
13	Entrepreneurship – eine Einführung	215
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
14	Entrepreneurship – Methoden und Tools zur Ausschöpfung unternehmerischer Gelegenheiten	237
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
15	Produktentstehung	263
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
16	Werkstoffauswahl	321
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
17	Methodisches Konstruieren	351
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
18	Maschinenelemente	375
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
19	Kosten in der Konstruktion	401
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
20	Konstruktionsberechnung	431
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
21	Technische Gestaltung	461
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
22	Industriedesign und Ergonomie	473
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
23	Gestaltungsrichtlinien	489
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
24	Elektrodenkonstruktion	543
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
25	Konstruktionsbibliotheken und Bearbeitungsvorlagen	563
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
26	Technische Zeichnungen	581
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
27	Normung	623
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
28	Oberflächenrauheit	637
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
29	Toleranzen und Passungen	659
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
30	Form- und Lagetoleranzen	677
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
31	Rechnerunterstützung der Konstruktion	697
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
32	Finite-Elemente-Methode	719
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
33	Schutzrechte in der Konstruktion	739
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
Sachwortverzeichnis		747

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.

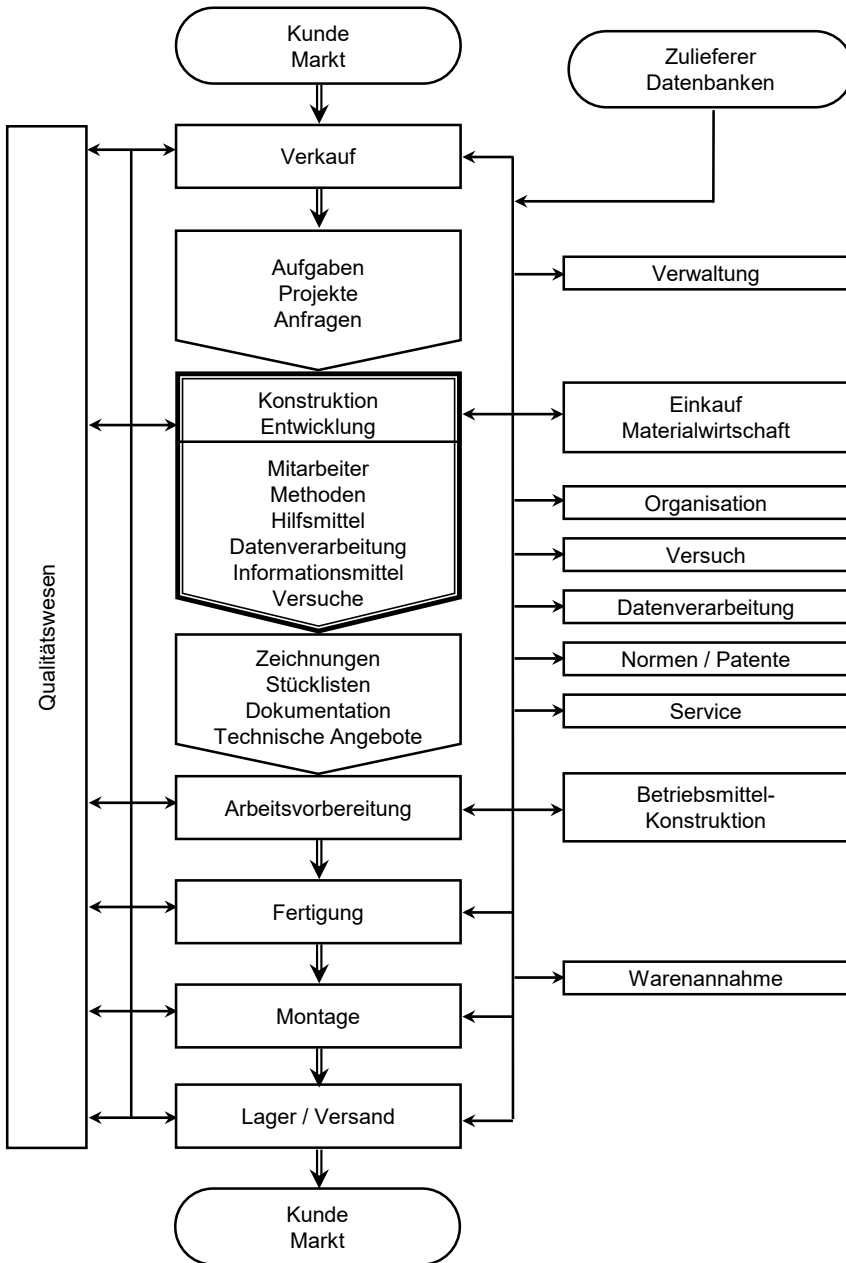


Bild 1.1 Vereinfachte Darstellung der Informationsverbindungen in Unternehmen [1]

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].

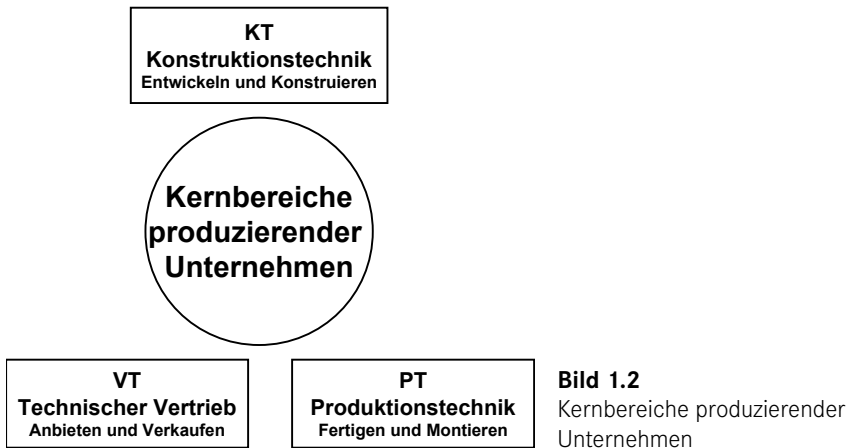
Diese einfache Übersicht zeigt schon die unterschiedlichen Aufgaben und Tätigkeiten dieser drei Bereiche, die sich natürlich auch auf die **Anforderungen** an die Fähigkeiten der Menschen auswirken. Konstrukteure, Produktionstechniker und der Technische Vertrieb haben und brauchen bestimmte **Eigenschaften**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

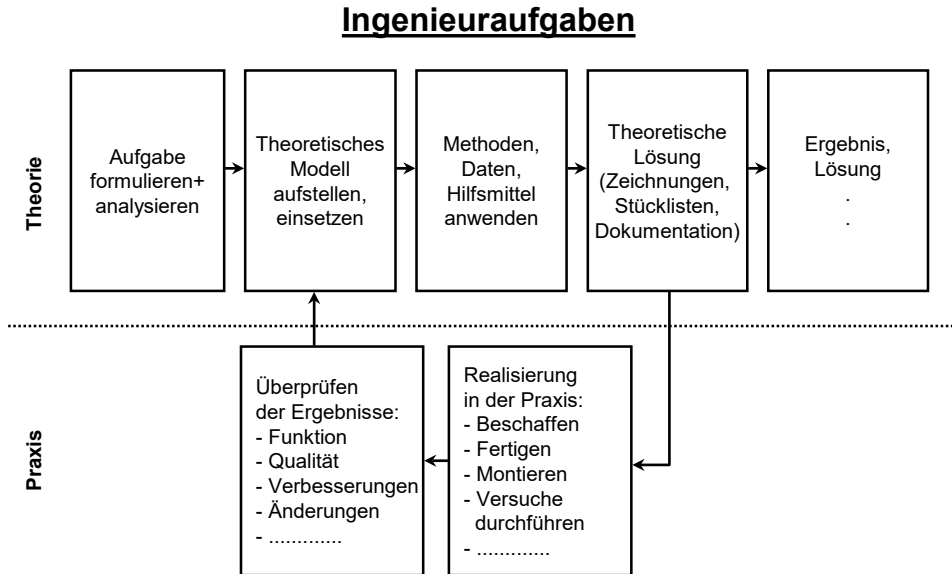


Bild 1.3 Vorgehen beim Bearbeiten von Ingenieuraufgaben [1]

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
 Funkenspalt 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
Konstruktions-skizze 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
Kosenenstehung 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 Laminate 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
 Profildellen 381
 Programmweiterungen 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