

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	Orsttoleranzen	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