

Klaus-Jörg Conrad (Hrsg.)

Taschenbuch der
**Konstruktions-
technik**



3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

HANSER

KONSTRUKTIONSORIENTIERUNG

KO

KONSTRUKTIONSTECHNIK

KT

KONSTRUKTION UND DIGITALISIERUNG

KD

KONSTRUKTION UND WISSENSMANAGEMENT

KW

KONSTRUKTION UND INNOVATION

KI

KONSTRUKTION UND UNTERNEHMENSGRÜNDUNG

KU

KONSTRUKTION UND PRODUKTENTSTEHUNG

KP

KONSTRUKTIONSMETHODIK

KM

KONSTRUKTIONSELEMENTE

KE

KONSTRUKTION UND KOSTEN

KK

KONSTRUKTION UND BERECHNUNG

KB

KONSTRUKTION UND GESTALTUNG

KG

KONSTRUKTION UND FERTIGUNG

KF

KONSTRUKTIONSAUSARBEITUNG

KA

KONSTRUKTION UND RECHNEREINSATZ

KR

KONSTRUKTION UND SCHUTZRECHTE

KS

SACHWORTVERZEICHNIS

SV

Conrad (Hrsg.)

Taschenbuch der Konstruktionstechnik



Bleiben Sie auf dem Laufenden!

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

www.hanser-fachbuch.de/newsletter

Klaus-Jörg Conrad (Hrsg.)

Taschenbuch der Konstruktionstechnik

3., vollständig überarbeitete und erweiterte Auflage

HANSER

Herausgeber:

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jörg Conrad



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

Ebenso wenig übernehmen Autor(en, Herausgeber) und Verlag die Gewähr dafür, dass die beschriebenen Verfahren usw. frei von Schutzrechten Dritter sind. Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek:

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

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.

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

© 2021 Carl Hanser Verlag München

Internet: www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Dipl.-Ing. Natalia Silakova-Herzberg

Herstellung: Anne Kurth

Covergestaltung: Max Kostopoulos

Coverkonzept: Marc Müller-Bremer, www.rebranding.de, München

Titelbild: © stock.adobe.com/WrightStudio

Satz: Eberl & Koesel Studio GmbH, Krugzell

Druck und Bindung: Eberl & Koesel, Altusried-Krugzell

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

Printed in Germany

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

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

Vorwort

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Burgdorf, im Februar 2021

Klaus-Jörg Conrad

Herausgeber und Autoren

Der Herausgeber

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jörg Conrad

Konstruktionstechnik – Erkenntnisse für Prozesse im Maschinenbau

Die Autoren

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jörg Conrad

Maschinenbau – Konstruktion und Werkzeugmaschinen

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

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

Maschinenbau – Konstruktion und CAD

(Kapitel 29, 30)

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

Institut für Konstruktionselemente, Mechatronik und Elektromobilität (IKME)

(Kapitel 19)

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

Maschinenelemente und Konstruktion/CAD

(Kapitel 17, 18)

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

Professur für Rechnergestützten Entwurf, Studiengang Produktdesign

(Kapitel 22)

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

Spanende und abtragende Fertigungsverfahren – CAM

(Kapitel 24, 25, 28)

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

(Kapitel 9, 10, 11, 12)

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

Maschinenelemente und Konstruktion (im Maschinenbau dual)

(Kapitel 15, 16)

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

Simulationsverfahren im Maschinenbau, insbesondere Finite-Elemente-Methoden

(Kapitel 32)

Dr.-Ing. Karsten Straßburg

Patent- und Benchmark Ingenieur Electronic Interfaces

ZF Friedrichshafen AG

(Kapitel 33)

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

Spanende und abtragende Fertigungsverfahren – CAM

(Kapitel 24, 25)

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

Professorin für Entrepreneurship

(Kapitel 13, 14)

Inhalt

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

KONSTRUKTIONSORIENTIERUNG

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.

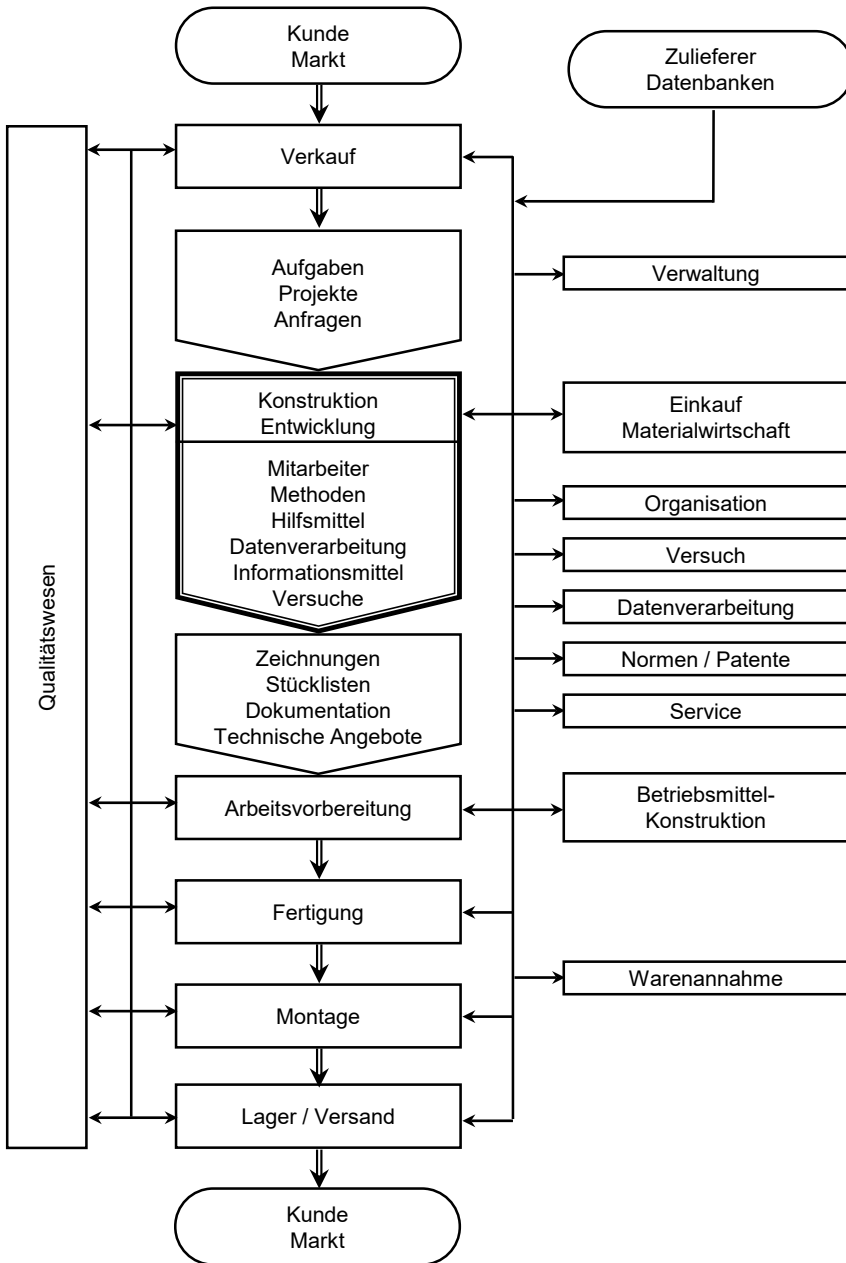


Bild 1.1 Vereinfachte Darstellung der Informationsverbindungen in Unternehmen [1]

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].

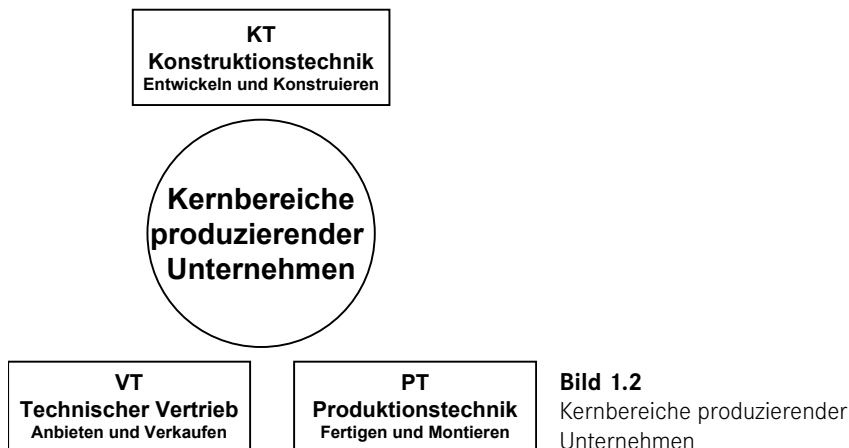
Diese einfache Übersicht zeigt schon die unterschiedlichen Aufgaben und Tätigkeiten dieser drei Bereiche, die sich natürlich auch auf die **Anforderungen** an die Fähigkeiten der Menschen auswirken. Konstrukteure, Produktionstechniker und der Technische Vertrieb haben und brauchen bestimmte **Eigenschaften**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

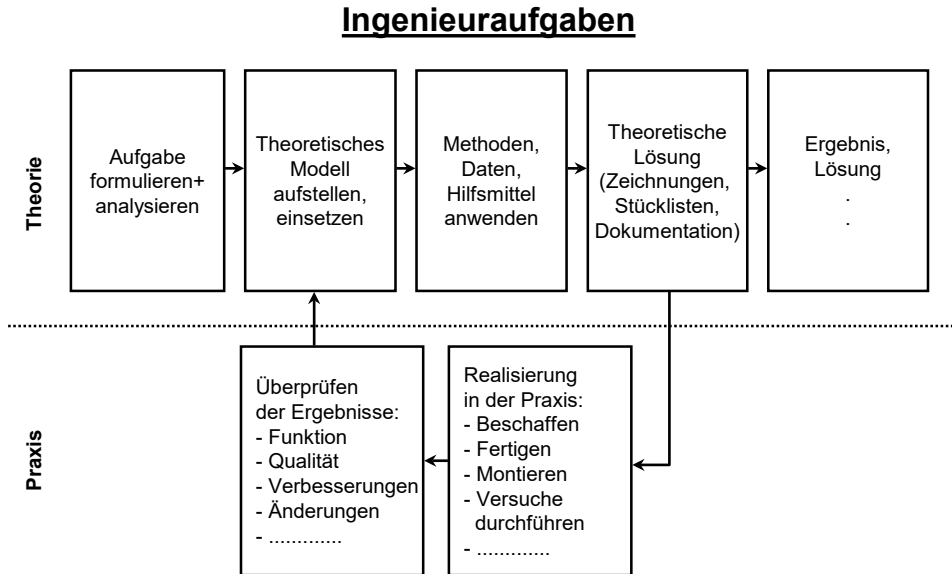


Bild 1.3 Vorgehen beim Bearbeiten von Ingenieuraufgaben [1]

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

KONSTRUKTIONSTECHNIK

- 2 Konstruktionstechnik
- 3 Prozessmanagement
- 4 Konstruktionsablauf
- 5 Variantenmanagement
- 6 Prozessorientierte Qualitätsmanagementsysteme

2

Konstruktionstechnik

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jörg Conrad

Konstruktionstechnik ist ein häufig verwendeter, aber selten eindeutig definierter Begriff für einen der drei Kernbereiche produzierender Unternehmen. Diese drei Kernbereiche sind

- Konstruktionstechnik: Konstruieren und Entwickeln,
- Produktionstechnik: Fertigen und Montieren,
- Vertriebstechnik: Anbieten und Verkaufen.

Wie bereits in Kapitel 1 erläutert und im gesamten Buch dargestellt, gehören zur Konstruktionstechnik viele Fachgebiete, Methoden, Hilfsmittel und Vorgehensweisen um die immer komplexeren Aufgaben erfolgreich zu lösen.

Konstruktionstechnik wird hier in Anlehnung an Müller [7] definiert:



Konstruktionstechnik, als Bereich der Technikwissenschaften, untersucht den Prozess des Konstruierens technischer Gebilde sowie allgemeine Strukturgesetze technischer Systeme mit den Zielen:

- Gesetzmäßigkeiten konstruktiver Prozesse zu erkennen,
- Verfahren, Technologien bzw. Methoden des Konstruierens zu entwerfen,
- Überführung dieser Erkenntnisse in die praktische Tätigkeit bzw. in die Ausbildung der Konstrukteure,
- Verbesserung der Effektivität der Prozesse und der Qualität der Ergebnisse im Konstruktionsbereich.

Die Konstruktionstechnik ist ein Bereich der Technikwissenschaften, der den Konstruktionsprozess und die Strukturgesetze technischer Systeme untersucht, um erfolgreiche Produkte zu entwickeln.

■ 2.1 Konstruktionsprozess

KT

Als Konstruktionsprozess bezeichnet man den Ablauf aller Tätigkeiten unter Beachtung von Regeln, die zur Konstruktion technischer Produkte geeignet sind. Der Konstruktionsprozess ist produktneutral oder allgemein, wenn er für alle Arten von technischen Produkten gilt, sonst ist es ein produktspezifischer Konstruktionsprozess, der nach Regeln für bestimmte Produktarten abläuft [1].

Die ständige Weiterentwicklung der Technik hat in den letzten Jahren dazu geführt, dass die klassische **Funktionsorientierung** mit sehr starker Arbeitsteilung immer mehr durch eine **Prozessorientierung** abgelöst wird. Heute sind die Aufgaben und Abläufe in den Unternehmen durch Denken und Arbeiten in Prozessen zu lösen.

Entsprechend ist der Konstruktionsprozess zu sehen: Konstrukteure müssen ihre Tätigkeiten als Teil des gesamten Produktentstehungsprozesses verstehen und in Prozessen denken. Deshalb werden auch die wesentlichen Tätigkeiten als Abläufe dargestellt, wobei die Lösung von Teilaufgaben durch Systembetrachtungen, Methoden und Informationsumsetzung unterstützt werden.

Alle wesentlichen Zusammenhänge für die Methodik beim Konstruieren sind branchen- und produktunabhängig mit den VDI-Richtlinien 2221 und 2222 bekannt. Neue Erkenntnisse werden entsprechend dem Stand der Technik laufend erarbeitet und als neue Richtlinien herausgegeben, wie z. B. VDI 2206 – Entwicklungsmethodik für mechatronische Produkte oder VDI 2223 – Methodisches Entwerfen technischer Produkte.

Das Anwenden dieser Methoden und Erkenntnisse in der Konstruktionslehre und in der Konstruktionspraxis erfolgt und schafft damit die Voraussetzungen für effektive Konstruktionsprozesse mit Konstruktionsergebnissen, die die Anforderungen der Kunden erfüllen.

In der Praxis zeigt sich jedoch, dass die Kenntnis der Abläufe zwar sehr hilfreich, aber allein oft nicht ausreichend ist, um sehr gute Lösungen für konstruktive Aufgaben zu finden. Neben den vielen Anregungen in der Konstruktionslehre-Literatur gibt es natürlich die Ergebnisse guter Konstrukteure, deren Ideen als marktgerechte Produkte vorhanden sind.

Erfahrungen japanischer Unternehmen bei der **Produktinnovation** belegen die Bedeutung und den Aufwand, um von Ideen zu marktgerechten Produkten zu kommen.

Für eine gute Innovation braucht man die Idee von nur einer Person, aber zehn Personen sind schon nötig, um nach der **Idee** einen **Prototyp** zu bauen. Einhundert Personen sind erforderlich, um dieses Produkt für den Markt zu entwickeln und einzuführen.

Von der Idee zum Produkt:

1 Person – 1 Idee

10 Personen – 1 Prototyp

100 Personen – 1 marktgerechtes Produkt

Viele Ideen sind sehr interessant, für den Geschäftserfolg eines Unternehmens sind jedoch **marktgerechte Produkte** entscheidend.

KT

■ 2.2 Schalenmodell der Konstruktionstechnik

Das in Bild 2.1 gezeigte Schalenmodell der Konstruktionstechnik enthält ausgehend von der Idee als Kern in den Schalen die Aktivitäten, Einflussgrößen und Ergebnisse des Konstruktionsprozesses sowie die Produkte. Die erste Schale enthält wichtige Tätigkeiten, um eine Idee weiterzuentwickeln. In der zweiten Schale sind die bekannten Einflussfaktoren zur Erarbeitung konstruktiver Lösungen angegeben. Die Ergebnisse der Konstruktionstechnik stehen in der dritten Schale. Der Konstruktionsprozess ist mit den realen Produkten in der vierten Schale abgeschlossen. Das Produkt gehört zur Konstruktionstechnik, da der Produktlebenszyklus auch die Gebrauchsphase sowie Recycling und Entsorgung umfasst, wie im Kapitel Gestaltungsrichtlinien erläutert.

Die Schalen können je nach Anforderungen, Aufgaben und für unterschiedliche Branchen erweitert, verfeinert oder reduziert werden. Sie sind auch in unterschiedlicher Reihenfolge und mehrfach zu durchlaufen. Die Inhalte der einzelnen Segmente können von innen nach außen oder innerhalb der Schalen zum Bearbeiten konstruktiver Aufgaben eingesetzt werden.

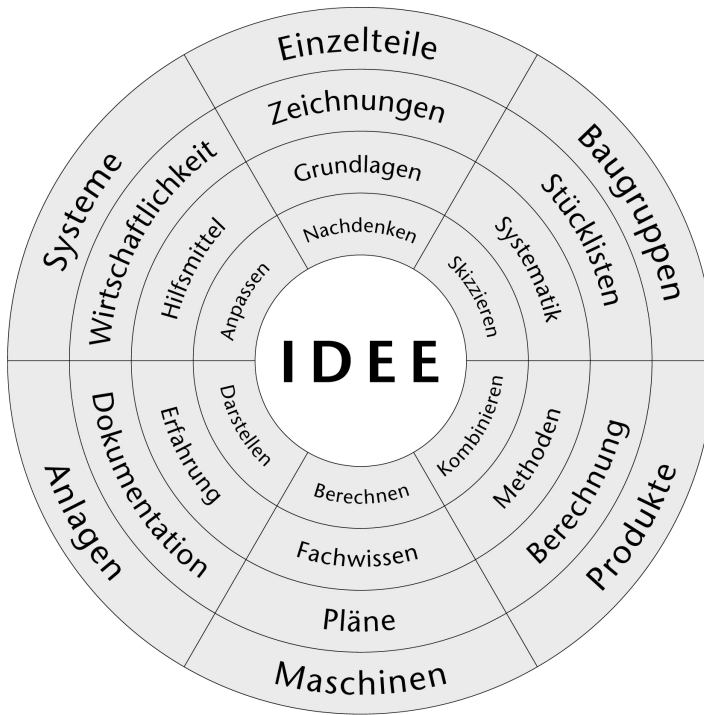


Bild 2.1 Schalenmodell der Konstruktionstechnik

■ 2.3 Traditionelles Denken und Systemdenken

Aus einer Idee ein Produkt zu entwickeln, ist auf verschiedenen Wegen möglich. Das Denken in Systemen zeigt Ansatzpunkte, die für Aufgaben aus dem täglichen Leben ebenso gelten wie für Konstruktionsprobleme.

Ein **System** kann als die Beschreibung einer funktionierenden Lösung einer gegebenen Problemstellung formuliert werden [6]. Die Lösung der Problemstellung kann aus mehreren Komponenten bestehen, deren Zusammenwirken ein funktionierendes Produkt ergibt. Die einzelnen Einflussfaktoren der **Problemlösung** haben viele Beziehungen untereinander, die zu erfassen sind. Das System hat Grenzen, die sich aus dem Sachzusammenhang ergeben, wenn die Beziehungen der Einflussfaktoren dort nicht mehr so bedeutsam sind.

Die Problemlösung ergibt sich nicht durch eine Addition der einzelnen Wirkungen, sondern durch die Folge des funktionierenden Zusammenspiels wichtiger Ein-

flussfaktoren. Das Denken in Systemen ist eigentlich ein Nachdenken über die wirksamen Beziehungen zwischen den Einflussfaktoren. Die Einflussgrößen sind deshalb in ihrem Zusammenwirken zu erfassen [6].

Beim Nachdenken über Systeme sind grafische Darstellungen der Beziehungen als Skizzen sehr hilfreich zum Erläutern, zum Dokumentieren und zum Erkennen der Grenzen zu anderen Systemen.

Das traditionelle Denken in Ursache-Wirkung-Beziehungen bzw. in Wenn-dann-Denkweisen zeigt sich dann als wenig realistisch. Es ist viel wahrscheinlicher, dass eine bestimmte Lösung durch mehrere, ineinander wirkende Ursachen entsteht. Dieses Systemdenken ist ein Zusammenspiel der wirksamen Beziehungen, wie in Bild 2.2 rechts gezeigt.

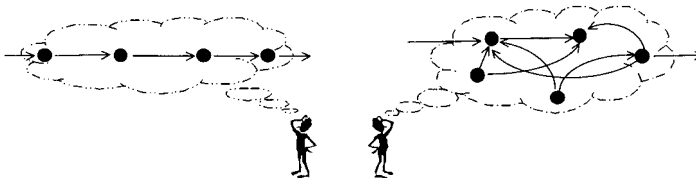


Bild 2.2 Traditionelles Denken (links) und Systemdenken (rechts) [6]

■ 2.4 Konstrukteur als Problemlöser

Die Anforderungen der Märkte und Kunden an moderne Produkte bedeuten für Konstrukteure, immer komplexere Aufgaben zu lösen. Schon allein die heute übliche Nutzung von Komponenten aus Maschinenbau, Elektrotechnik, Elektronik und Informatik für neue Produkte und die Beachtung des gesamten Produktlebenszyklus erfordert ein Umdenken.

Die bekannten Methoden und Hilfsmittel im normalen Ablauf anzuwenden, ist nicht mehr ausreichend, um die **Probleme** zu lösen. Die komplexen und unbestimmten Größen sind erst nach mehreren Arbeits- und Entscheidungsschritten so weit geklärt, dass ein Konzept vorliegt. Viele Planungsarbeiten und ständige Verbesserungen des eigenen Vorgehens sind erforderlich, um eine neue Lösung zu finden. Lösungen ergeben sich nicht mehr durch einfaches Abarbeiten bewährter Regeln, sondern erst durch intensives Auseinandersetzen mit den Problemen, die sich aus der Konstruktionsaufgabe ergeben.

Probleme liegen dann vor, wenn der Konstrukteur einen unerwünschten Anfangszustand in einen erwünschten Endzustand überführen soll, aber nicht weiß, mit welchen Mitteln dies erfolgen könnte oder wie der Endzustand eigentlich aussehen

soll. Konstrukteure benötigen als erfolgreiche **Problemlöser** folgende Voraussetzungen: Gutes **Faktenwissen**, gute Grundlagenkenntnisse, Erfahrungen, Kenntnisse über Suchmethoden und Berechnungsmethoden.

Nach Untersuchungen im Konstruktionsbereich hat sich gezeigt, dass gute Problemlöser folgende Merkmale haben [2, 8]:

Faktenwissen ist für die Fähigkeit, Probleme zu lösen, besonders wichtig und lässt sich nicht durch Methodenwissen kompensieren. Der Wissensvorsprung von Experten kann von Anfängern kurzfristig weder aufgeholt noch überbrückt werden. Leistungsüberlegenheit entsteht durch bereichsübergreifendes Faktenwissen und nicht durch allgemeine Fähigkeiten [2].

Methodenwissen ist für das effektive Problemlösen wichtig, wenn nicht nur mit zweckmäßigen Methoden das rationale Wissen verarbeitet wird, sondern auch das viel häufigere unbewusste Methodenkönnen darunter eingeordnet wird. Gemeint sind die eigenen effektiven Methoden, die durch Anschauen, Erkennen und Übertragen als Erfahrungen aufgenommen und angewendet werden [2].

Heuristische Kompetenz ist eine individuelle Eigenschaft menschlicher Fähigkeiten, Probleme zu lösen. Gemeint ist die zielgerichtete Kreativität, die Planungs- und Steuerungsfähigkeit des eigenen Vorgehens mit der inneren Flexibilität für neue Ansätze. Zur heuristischen Kompetenz gehört das Erkennen der Wichtigkeit und der zeitlichen Reihenfolge von Teilproblemen, Fakten und anzuwendenden Methoden. Der entscheidende Antrieb ist durch persönliche Motivation, Kreativität und den Anspruch der Konstrukteure an die eigene Leistungsfähigkeit gegeben [2].

■ 2.5 Interdisziplinäre Zusammenarbeit

In den Betrieben sind die Entwicklung und Konstruktion von Produkten in unterschiedlichen Formen organisiert. Je nach dem Umfang der Aufgaben und der Größe des Unternehmens sind viele sinnvolle Varianten anzutreffen, die von einem Konstrukteur, über Gruppen, Abteilungen, Bereiche oder Ingenieurbüros vorhanden sind. Dementsprechend ist die Zusammenarbeit mit anderen Fachabteilungen des Unternehmens in der Organisation festgelegt. Die ständige Weiterentwicklung der Organisationsformen durch Anforderungen der Märkte und durch die Erkenntnisse von Wissenschaft und Technik erfasst natürlich auch die Zusammenarbeit der verschiedenen Disziplinen im Team.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit bedeutet, dass mehrere Disziplinen, wie z. B. Wissenschaftsgebiete, Fachgebiete oder Spezialgebiete, gemeinsam Lösungen für

Aufgaben entwickeln [4]. Deshalb ist es erforderlich ausgehend von Visionen die Ideenfindung, die Aufgabenklärung und alle weiteren Konstruktionsphasen einem interdisziplinären Team zu übertragen, das für das gesamte Projekt auch während der Produktion und der Markteinführung aktiv ist (Bild 2.3). Die **Vision** ist allgemein eine Erscheinung vor dem geistigen Auge in jemandes Vorstellungen, besonders in Bezug auf ein für die Zukunft entworfenes Bild. Die Vision beschreibt nach Kerth/Asum/Stich die Vorstellung davon, wie das Unternehmen in Zukunft aussehen soll. Dabei gibt sie langfristige Ziele vor und geht zeitlich und quantitativ über das Tagesgeschäft hinaus [8].

Sehr wichtig ist auch die Auswahl der erforderlichen Fachgebiete zu erkennen und geeignete Teammitglieder im Betrieb zu finden. Dafür können auch Dienstleistungen erforderlich sein, die von Ingenieurbüros, Designern, Ergonomen und weiteren Experten aus Zulieferfirmen oder Hochschulen zu nutzen sind. Bild 2.3 zeigt einen möglichen Ablauf.

Für eine effektive Zusammenarbeit sind die Grundlagen der Teamarbeit, der Kommunikation, die Denk- und Arbeitsweisen, die Methoden, die Verfahren und Abläufe sowie die Begriffe der verschiedenen Disziplinen abzustimmen.

Der Aufwand für eine interdisziplinäre Zusammenarbeit kann abhängig vom Produktbereich sehr hoch sein und lohnt sich dann nur für Serien- oder Massenprodukte, wenn ein entsprechend großer Bedarf am Markt vorhanden ist.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit setzt Teamarbeit statt Einzelkämpfer voraus. Die erforderlichen Fachgebiete sollten durch Fachleute mit entsprechenden Kenntnissen vertreten sein. Außerdem sind die Fachsprachen und die Fachbegriffe soweit zu klären, dass eine sinnvolle Kommunikation garantiert ist. Die Grundlagen der allgemeinen Fachgebiete Gerontologie, Psychologie, Philosophie, Soziologie, Kybernetik usw. können im ersten Schritt aus speziellen Wörterbüchern oder Lexika dieser Fachgebiete entnommen werden, um die unterschiedlichen Denkweisen und Fachbegriffe zu vergleichen [1].

Die Entwicklung von Produkten der **Gerontik**[®] erfolgt in der Regel durch die Beteiligung verschiedener Fachgebiete, wie z.B. Maschinenbau, Elektrotechnik, Informations- und Kommunikationstechnik, Design, Ergonomie, Gerontologie, Humanwissenschaften u.a. Jedes Fachgebiet hat eigene Begriffe, Methoden, Verfahren, Technologien und Werkzeuge entwickelt und setzt diese auch für die Produktentwicklung ein [1].

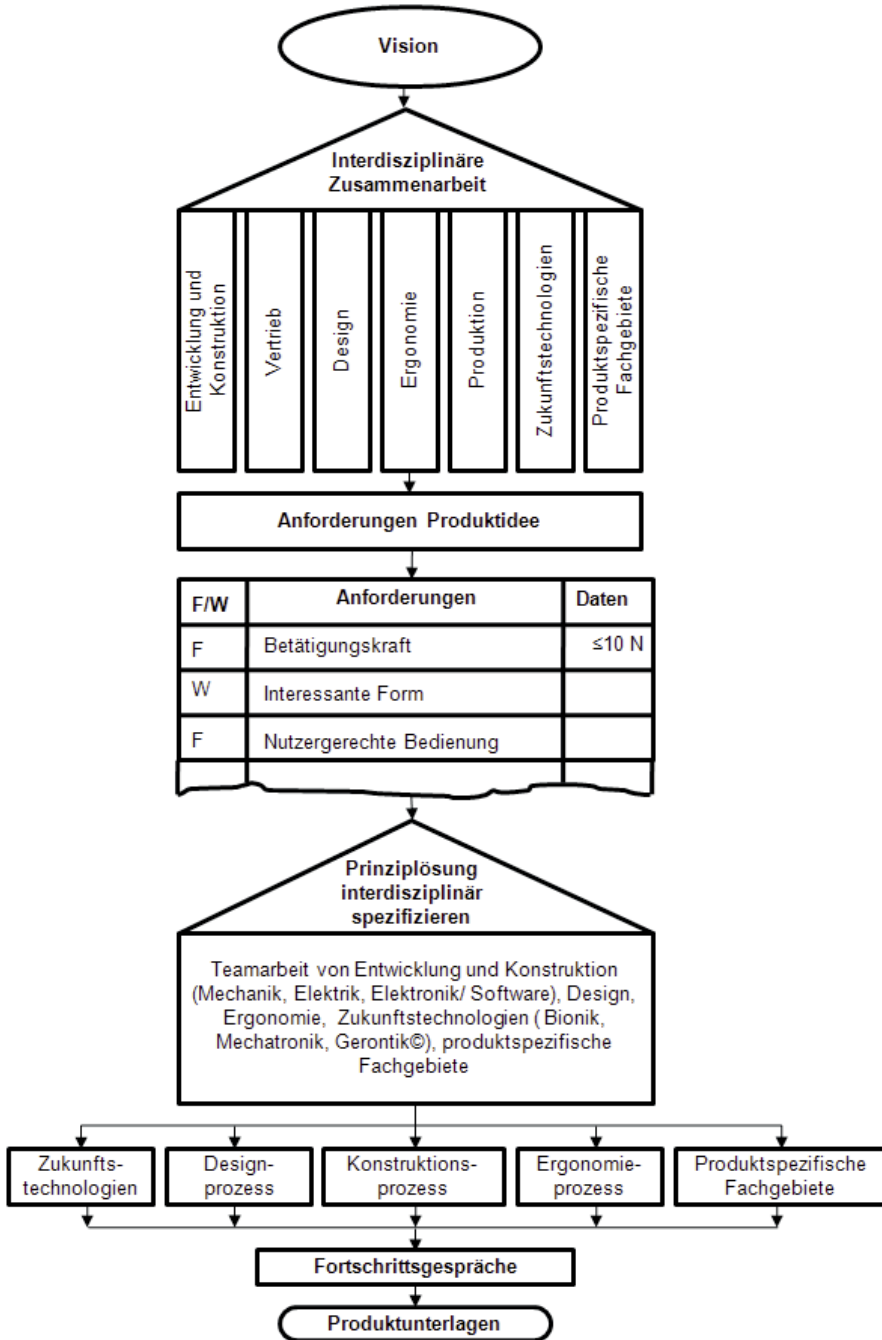


Bild 2.3 Von einer Vision zu Produktunterlagen [1]

Wie bereits durch Produktentwicklungen aus der Mechatronik und aus der Bionik bekannt, sind optimale Lösungen nicht zu finden, wenn Maschinenbauingenieure ein mechanisches Modell entwerfen, das dann später mit elektrotechnischen und Informationstechnischen Komponenten ergänzt wird.

Interdisziplinäre Zusammenarbeit der Fachleute ist bereits notwendig beim Entwickeln des Produktkonzepts, um eine optimale **Prinziplösung** zu finden. Die von der Produktplanung ermittelten Anforderungen sind durch die Fachleute der verschiedenen Disziplinen für eine Prinziplösung weiterzuentwickeln, bevor die Fachabteilungen die folgende Entwurfsarbeit durchführen. Eine so gemeinsam entwickelte Prinziplösung wird heute in der Regel noch nicht realisiert, sondern es wird eine den Anforderungen entsprechende Lösung der Aufgaben in den Fachabteilungen durchgeführt. Die sich dann später ergebenden Abstimmungen und Anpassungen bedeuten einen zusätzlichen Aufwand, der viel Zeit und Kosten umfassen kann (nach Gausemeier/Redenius [3]).

Abhilfe ist möglich durch eine fachgebietsübergreifende Beschreibung der Prinziplösung und durch das interdisziplinäre Zusammenarbeiten der erforderlichen Fachleute, um eine Übereinstimmung zu erreichen über das zu entwickelnde Produkt (Bild 2.3).

In den folgenden Kapiteln sollen Hinweise auf die einzelnen Konstruktionsphasen und auf die Grundlagen für die Erzeugnisgliederung, Stücklisten und Nummernsysteme vermittelt werden. Hier zeigt eine Übersicht die Arbeitsschritte bis zum fertigen Produkt in Bild 2.4 und die dafür erforderlichen Aktivitäten.

Analytische Maßnahmen, auch Nachweismethoden genannt, haben das Ziel die fertigen Produkte (Teilprodukte) auf die Erfüllung der Anforderungen zu überprüfen. **Verifizierung** bedeutet das Überprüfen von Ergebnissen auf Übereinstimmung mit den Vorgaben; auch von Teilergebnissen. **Validierung** bedeutet, das fertige Produkt einem umfangreichen Abnahmetest zu unterziehen; als Erfolgskontrolle (nach Masing).

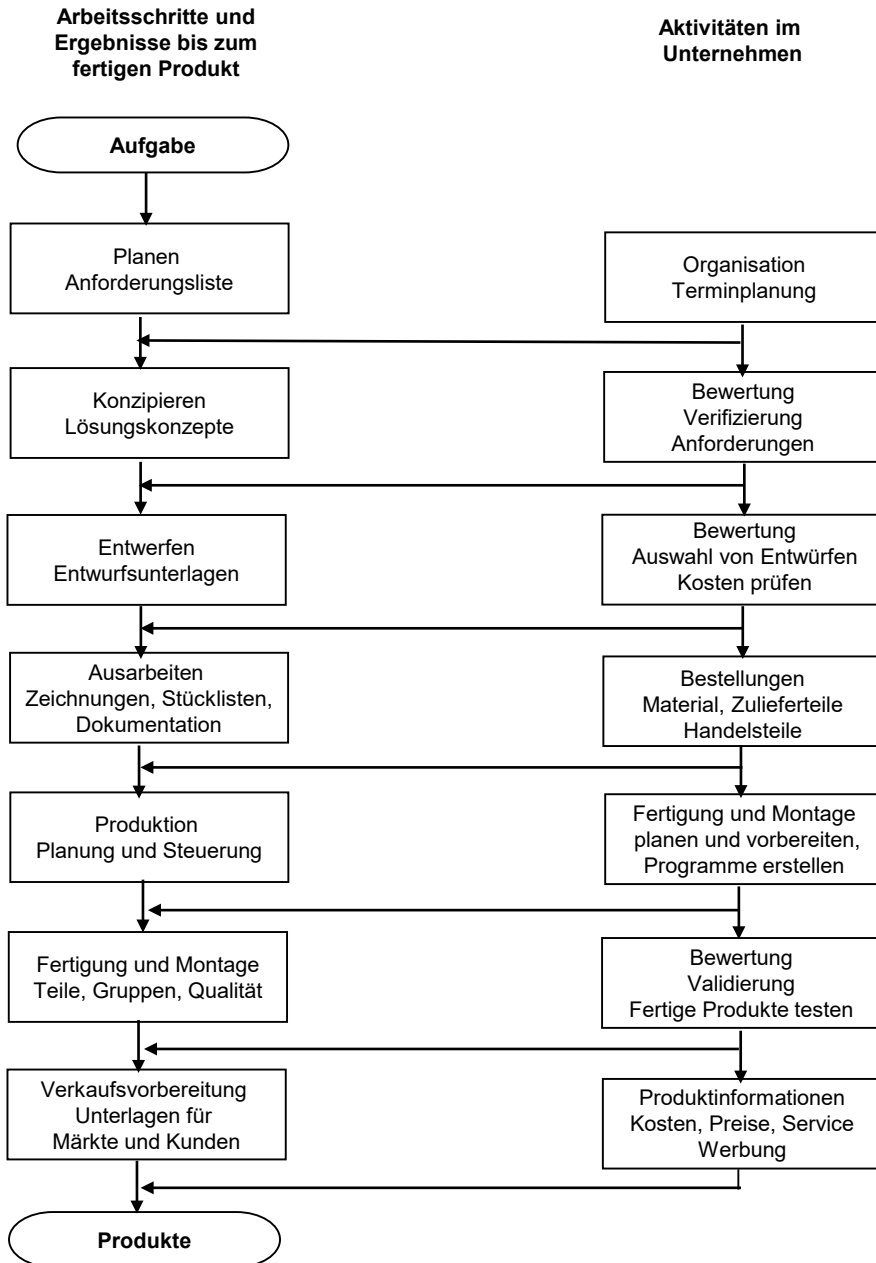


Bild 2.4 Arbeitsschritte bis zum fertigen Produkt

Erfahrungen aus Tätigkeiten im Konstruktionsbereich zeigen, dass Konstrukteure durch Rückmeldungen und Gespräche, aus den der Konstruktion folgenden Abteilungen in den Betrieben, wertvolle Anregungen für Ihre Aufgaben erhalten können.

■ 2.6 Konstruktionstechnik – Übersicht

Die folgende **Übersicht Konstruktionstechnik** zeigt Fachgebiete, die für Konstrukteure, zu dem speziellen Fachwissen und Kenntnissen, sinnvolle Hinweise geben (Bild 2.5). Im Uhrzeigersinn sind die behandelten Fachgebiete der Konstruktionstechnik enthalten. Ausgehend von der Konstruktionsorientierung bis zu den Schutzrechten wird auf das notwendige Wissen und die Fähigkeiten hingewiesen, um das im Kern angegebene Thema umfassend zu behandeln [1].

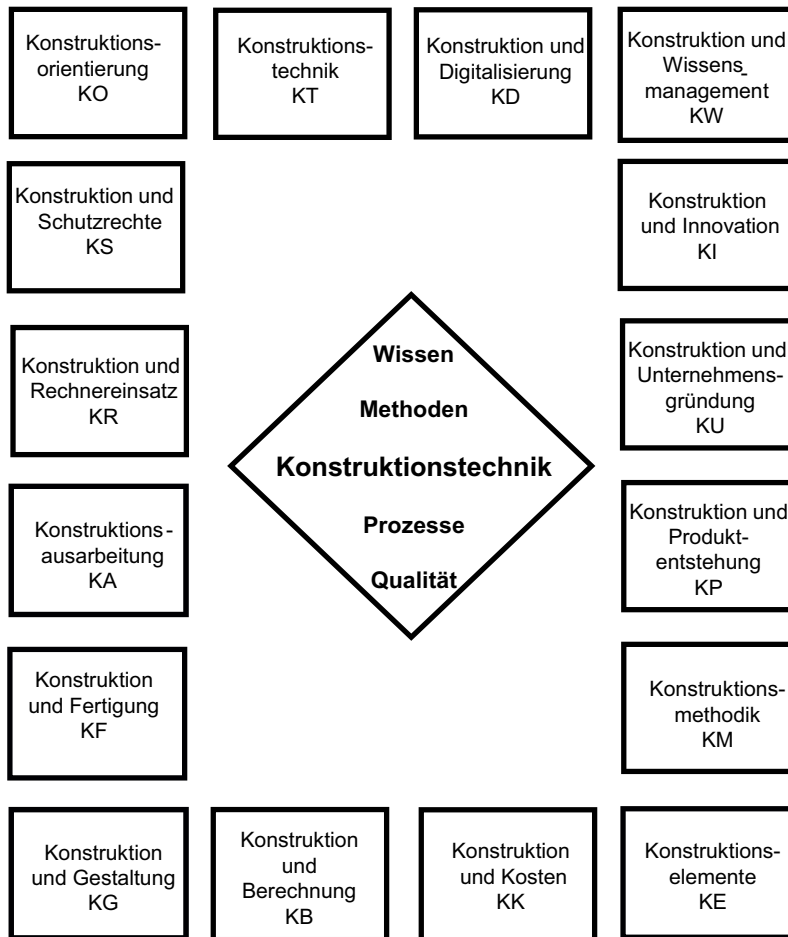


Bild 2.5 Konstruktionstechnik – Übersicht

Quellen und weiterführende Literatur

- [1] *Conrad, K.-J.*: Grundlagen der Konstruktionslehre. 7. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2019
 - [2] *Ehrlenspiel, K.*: Integrierte Produktentwicklung. 3. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2007
 - [3] *Gausemeier, J.; Redenius, A.*: Entwicklung mechatronischer Systeme. In *Schäppi, B.; Andreasen, M.; Kirchgeorg, M.; Radermacher, F.-J.*: Handbuch Produktentwicklung. S. 547-575, München: Carl Hanser Verlag, 2005
 - [4] *Jungert, M.; Romfeld, E.; Sukopp, T.; Voigt, U. (Hrsg.)*: Interdisziplinarität – Theorie, Probleme. 2. Aufl., Darmstadt: Wissenschaftliche Buchgesellschaft WGB, 2013
 - [5] *Kerth, K.; Asum, H.; Stich, V.*: Die besten Strategietools in der Praxis. 5. Aufl., München: Carl Hanser Verlag 2011
 - [6] *Lehner, M.; Wilms, F.*: Systemisch denken – klipp und klar. Zürich: Verlag Industrielle Organisation, 2002
 - [7] *Müller, J.*: Arbeitsmethoden der Technikwissenschaften. Berlin: Springer Verlag, 1990
 - [8] *Pahl, G.*: Psychologische und pädagogische Fragen beim methodischen Konstruieren. Köln: Verlag TÜV Rheinland, 1994
- Fröhlich, W.D.*: Wörterbuch Psychologie. 27. Aufl., München: Deutscher Taschenbuch Verlag, 2010
- Heymann, M.*: Kunst und Wissenschaft in der Technik des 20. Jahrhunderts. Zur Geschichte der Konstruktionswissenschaft. Zürich: Chronos Verlag, 2005
- Höhne, G.; Langbein, P.*: Konstruktionstechnik. In: Grundwissen des Ingenieurs. 14. Aufl., Leipzig: Fachbuchverlag 2007
- Pfeifer, T.; Schmidt, R.*: Masing Handbuch Qualitätsmanagement. 6. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2014
- Schweizer, H. H.*: Konstruktionstechnik – Konstruktion von Geräten. In: Taschenbuch für Handwerk und Industrie. 7. Aufl., Leinfelden-Echterdingen: Robert Bosch GmbH, 2011

3

Prozessmanagement

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jörg Conrad

Prozesse sind in jedem Unternehmen vorhanden, auch wenn sie nicht bewusst wahrgenommen werden. Es gibt Konstruktionsprozesse, Fertigungsprozesse, Serviceprozesse usw., die in der Regel mehrere Aktivitäten in bestimmten Bereichen umfassen und Ergebnisse liefern. Diese Prozesse können sich selbst überlassen werden in der Hoffnung, dass sie dann die gewünschten Ergebnisse liefern.

Prozesse sollten jedoch nicht nur wegen der Forderungen der Qualitätsnorm DIN EN ISO 9001:2015 untersucht werden, sondern weil die Kenntnis der Prozesse für das Unternehmen wichtig ist. Prozesse sind deshalb zu identifizieren, zu analysieren und so darzustellen, dass alle Mitarbeiter sie verstehen und bewusst in Prozessen denken und arbeiten. Prozesse sind kontinuierlich weiterzuentwickeln, damit die Vorteile für Kunden und Unternehmen genutzt werden.

Prozessmanagement, also das Managen der Prozesse, wurde entsprechend den Erkenntnissen und Erfahrungen von vielen Autoren beschrieben. Deshalb sollen hier als Übersicht die wichtigsten Grundlagen für Produktionsunternehmen vorgestellt werden.

■ 3.1 Prozesse

Die Bedeutung der **Prozesse** wird von vielen Unternehmen als so wichtig eingestuft, dass prozessorientiertes Denken und Arbeiten in vielen Bereichen gefordert werden.



Prozesse dienen der Klärung, was wann und warum erreicht werden soll.

Prozeduren (Verfahren, Ablauf) belegen, wer wo und wie etwas tut, wobei das Warum keine sehr große Bedeutung hat.

Prozesse werden nach einheitlichen Prinzipien gestaltet und dokumentiert, unter Berücksichtigung der Forderungen nach

- **Effektivität** = die richtigen Dinge tun,
- **Effizienz** = die Dinge richtig tun,
- **Wirtschaftlichkeit** = es zu marktfähigen Bedingungen tun,
- **Ordnungsmäßigkeit** = es rechtlich beanstandungsfrei zu tun.

Prozesse sind **effektiv**, wenn sie die Ergebnisse liefern, die der Kunde will bzw. braucht.

Prozesse sind **effizient**, wenn diese Ergebnisse auf optimale Weise erreicht werden.

Prozesse haben bestimmte **Merkmale**, die in Bild 3.1 dargestellt sind.

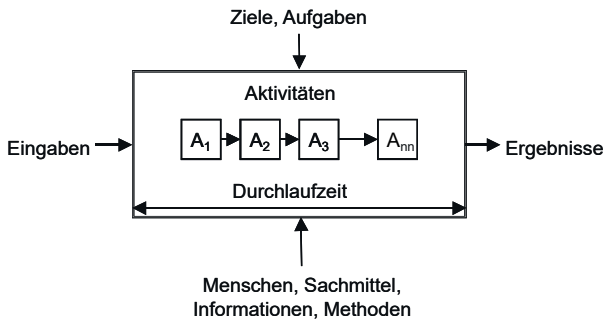


Bild 3.1
Merkmale eines Prozesses [6]

Eingaben eines Prozesses sind Informationen und Materialien, die eine Folge von Aktivitäten und Tätigkeiten innerhalb des Prozesses auslösen. Beispiele für Eingaben in den Prozess sind Zeichnungen, Rohteile, Halbzeuge, Informationen, Telefonanrufe oder EDV-Daten.

Prozesse bestehen aus Teilprozessen, Aktivitäten und Tätigkeiten, die als Systematik in Bild 3.2 zur Klärung der Zusammenhänge dargestellt sind.

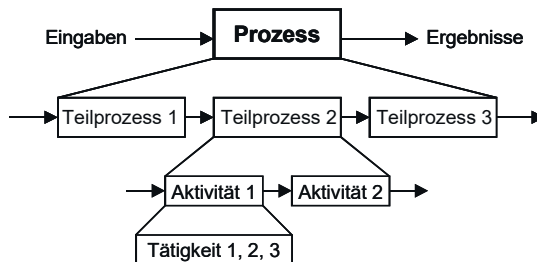


Bild 3.2
Systematik der Prozessanalyse [1]

Ergebnisse des Prozesses sind ebenfalls Informationen oder Materialien, die jedoch durch den Prozess eine Wertsteigerung erfahren haben. Beispiele für Ergebnisse sind Auftragspapiere, Fertigungspläne, NC-Programme, Berechnungsergebnisse, Fertigteile oder Produkte.

Die Zerlegung von Prozessen in Teilprozesse ist bei fast allen Prozessen sinnvoll und erfolgt als Prozesskette, wenn die Ergebnisse als Eingaben des jeweils folgenden Teilprozesses vorhanden sind.



Unter **Prozessketten** versteht man nach Regeln definierte, verlaufsorientierte Abfolgen von Prozessen oder Teilprozessen. Die einzelnen Prozesse können dabei nacheinander oder parallel durchgeführt werden.

Prozessketten sollten möglichst einfach und übersichtlich dargestellt werden mit den wesentlichen Größen. Für genauere Abläufe haben sich zusätzliche Flussdiagramme bewährt [1].

Die erforderlichen Begriffe stehen in Tabelle 3.1. Zusätzliche Erläuterungen auf den folgenden Seiten sorgen für die notwendigen Kenntnisse zum Verstehen und Anwenden.

Tabelle 3.1 Begriffsbestimmungen für Prozesse

Begriff	Definition	Beispiele
Tätigkeit	Tätigkeiten sind einzelne Arbeitsschritte oder Teil einer Aktivität.	Informationen erfassen Normteile festlegen Toleranzen eintragen
Aktivität	Aktivitäten umfassen die Bearbeitung eines Vorgangs, der mit einem Arbeitsergebnis abgeschlossen wird und in der Regel mehrere Einzeltätigkeiten erfordert.	Anforderungsliste schreiben Festigkeit berechnen Stückliste schreiben Zeichnung prüfen
Prozess	Prozesse legen fest, welche Aktivitäten in welcher Reihenfolge stattfinden, um bestimmte Eingaben in etwas Wertvolleres als Ergebnisse zu verwandeln.	Produktentwicklungsprozess Konstruktionsprozess Auftragsabwicklungsprozess Beschaffungsprozess Produktionsprozess
Prozessmanagement	Prozessmanagement umfasst planerische, organisatorische und kontrollierende Maßnahmen zur zielorientierten Steuerung der Wertschöpfungskette eines Unternehmens hinsichtlich Qualität, Zeit, Kosten und Kundenzufriedenheit [4].	Management der Prozesse des Unternehmens: Prozessentwicklung mit Beschreibung von Maßnahmen zur Wertschöpfung, Prozessbewertung mit Kennzahlen, Kundenzufriedenheit messen.

Die Prozessdefinition nach DIN EN ISO 9001:2015 ist sehr abstrakt: Ein **Prozess** ist ein Satz von in Wechselbeziehung oder Wechselwirkung stehenden Tätigkeiten, der Eingaben in Ergebnisse umwandelt.

Ein Prozess ist demnach bereits vorhanden, wenn die Verknüpfung von wenigen Aktivitäten Arbeitsergebnisse liefert. Solche Prozesse für Teilaufgaben mit Teilergebnissen laufen in sehr großer Zahl im Unternehmen ab und sind auch an der Erstellung von Leistung für Kunden des Unternehmens beteiligt. Diese Teilprozesse sind so zu verbinden und aufeinander abzustimmen, dass als Ergebnis eine Prozesskette entsteht, die alle Anforderungen der Kunden erfüllt. Diese Koordination verursacht in der Praxis erhebliche Schwierigkeiten und Kosten.

■ 3.2 Prozessorientierung

Die **prozessorientierte Organisation** hat die Zielgrößen **Zeit**, **Kosten** und **Qualität**, die zu optimieren sind. Diese Ziele sind gegenläufig, sodass das Maximum einer Größe allein dazu führt, dass die beiden anderen sich verschlechtern. Ein Gesamtoptimum ist mit einem prozessorientierten Ansatz zu ermitteln, damit alle Zielgrößen und Wechselwirkungen entsprechend bewertet werden. Bild 3.3 zeigt die Struktur.

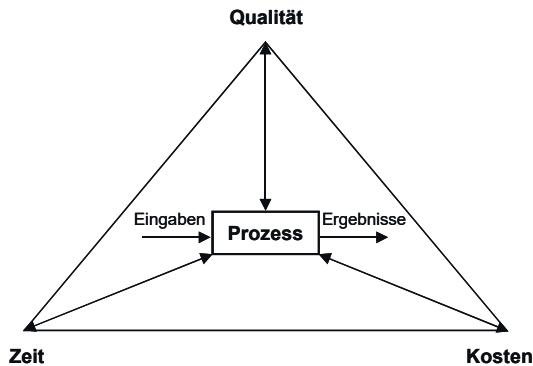


Bild 3.3

Zielgrößen prozessorientierter Organisation [1]

Für die Geschäftsprozesse Auftragsabwicklung und Produktentwicklung sind stets alle drei Größen so zu gestalten, dass ein optimaler Wertschöpfungsprozess geschaffen wird [2].

Die **Prozessorientierung** orientiert sich an effizienten Abläufen von Prozessen im Betrieb.



Prozessorganisation oder prozessorientierte Organisationsgestaltung nennt man die dauerhafte Strukturierung und die laufende Optimierung von Prozessen im Hinblick auf die Prozessziele.

Kernfrage: „Was soll wann und warum erreicht werden?“

KT

Prozessmanagement ist in Tabelle 3.1 schon eindeutig und vollständig definiert [4]. Eine weitere Definition zum Vergleich lautet:

Unter **Prozessmanagement** versteht man den ganzheitlichen Ansatz zur Leistungsverbesserung in Unternehmen. Im Prozessmanagement wird nicht nur die Wirksamkeit (Effektivität), sondern auch die Wirtschaftlichkeit (Effizienz) benötigt [3].

■ 3.3 Geschäftsprozessmanagement

Unternehmen haben den Zweck, Leistungen zu erzeugen, die Kunden zufrieden zu stellen und durch Vermarktung der Leistungen den wirtschaftlichen Erfolg des Unternehmens zu sichern. Leistungen sind Produkte oder Dienstleistungen, die in Geschäftsprozessen erstellt werden. Die folgenden Ausführungen wurden nach Schmelzer/Sesselmann zusammengestellt [5].

3.3.1 Geschäftsprozesse

Geschäftsprozesse bestehen aus der funktionsüberschreitenden Verkettung wertschöpfender Aktivitäten, die spezifische, von Kunden erwartete Leistungen erzeugen und deren Ergebnisse strategische Bedeutung für das Unternehmen haben. Sie können sich über Unternehmensgrenzen hinweg erstrecken und Aktivitäten von Kunden, Zulieferern oder auch Konkurrenten einbinden. Mitilfe der Geschäftsprozesse ist es möglich, die strukturbedingte Zerstückelung der Prozessketten in Funktionsorganisationen zu überwinden und die Aktivitäten eines Unternehmens stärker auf die Erfüllung von Kundenanforderungen auszurichten [5].

Ein Geschäftsprozess besteht aus folgenden Komponenten (Bild 3.4):

- Anforderungen der Kunden,
- Eingaben zur Leistungserstellung,
- Leistungserstellung mit Wertschöpfung,
- Ergebnisse als Produkte oder Dienstleistungen,

- Geschäftsprozessverantwortlicher ist zuständig für Effektivität und Effizienz des Geschäftsprozesses,
- Ziel- und Messgrößen zur Steuerung des Geschäftsprozesses.

Geschäftsprozesse werden auch als Kernprozesse, Leistungsprozesse, Schlüsselprozesse oder Unternehmensprozesse bezeichnet.

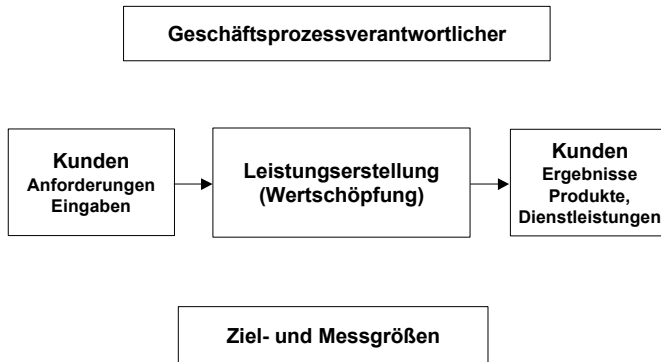


Bild 3.4 Geschäftsprozess [6]

Ein **Geschäftsprozess** beginnt und endet bei den Kunden. Die Anforderungen der Kunden werden als Eingaben im Geschäftsprozesses umgesetzt, um am Prozessende die Ergebnisse, die der Kunde als Produkte oder Dienstleistungen erwartet, zu erhalten. Der Kunde bekommt einen Wert, den er mit einem entsprechenden Preis bezahlt. Das Unternehmen sichert sich durch Prozessergebnisse Einnahmen.

Geschäftsprozessmanagement hat das Ziel, die **Effektivität** und die **Effizienz** des Unternehmens zu erhöhen. Geschäftsprozesse sind **effektiv**, wenn ihre Ziele und Ergebnisse die Anforderungen der Kunden erfüllen und gleichzeitig dazu beitragen, die Unternehmensziele zu erreichen („die richtigen Dinge tun“). Die wichtigste Kenngröße der Prozesseffektivität ist die Kundenzufriedenheit. Nur wertschaffende Aktivitäten sind effektiv, alle anderen sind wertvernichtend.

Geschäftsprozesse sind **effizient**, wenn die Kundenleistungen mit möglichst geringem Ressourceneinsatz, d. h. wirtschaftlich, erzeugt werden („die Dinge richtig tun“). Die Prozesseffizienz bestimmt die Höhe der Kosten für die Leistungserstellung und den angestrebten Gewinn, wenn die von Kunden akzeptierten Preise ausreichen. Die Effizienz eines Geschäftsprozesses bestimmt auch, wie anforderungsgerecht und schnell Leistungen für Kunden bereitgestellt werden. Wichtige Effizienzgrößen in Geschäftsprozessen sind Kosten, Zeit und Qualität der Prozesse, die aufeinander abgestimmt sein müssen.

Die Beispiele für Geschäftsprozesse in Industrieunternehmen nach Bild 3.5 zeigen den direkten Bezug zum Kunden. Außerdem ist zu erkennen, dass die Ergebnisse

eines Geschäftsprozesses die Eingaben für den nächsten sind. Kunden werden in Geschäftsprozessen in zwei Gruppen eingeteilt:

- externe Kunden,
- interne Kunden.

Externe Kunden sind die Endkunden, die die Produkte oder Dienstleistungen abnehmen und selbst nutzen oder anwenden.

Interne Kunden sind Abnehmer von Teilergebnissen im Unternehmen, die sie als Eingaben weiterverarbeiten. In einem Geschäftsprozess ist jeder Teilprozess Kunde des davorliegenden und zugleich Lieferant des nachfolgenden Teilprozesses.

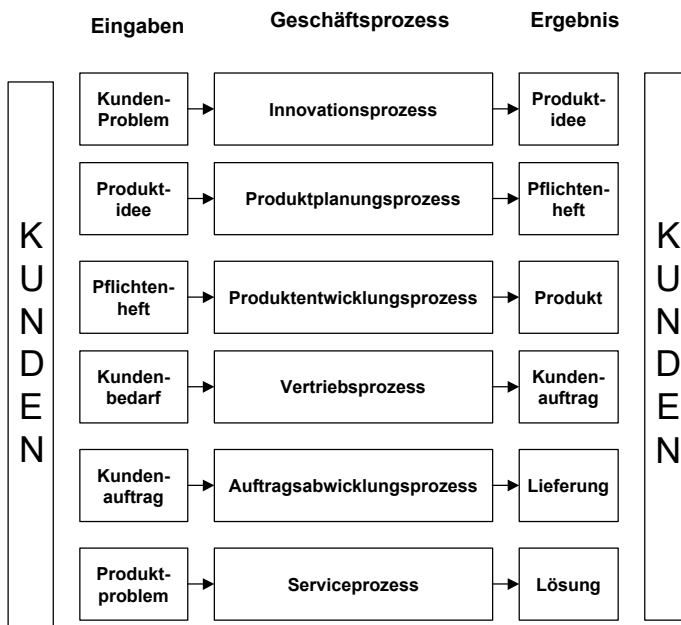


Bild 3.5 Geschäftsprozesse in Industrieunternehmen [5]

Die Bedeutung und Wirkungsweise von Geschäftsprozessen im Alltag zeigt folgendes Beispiel der Autoreparatur:

Die Kundenerwartung an die Reparatur eines Autos besteht aus den Anforderungen schnell, termintreu, kostengünstig und zuverlässig. Der Geschäftsprozess „Reparaturabwicklung“ beginnt beim Kunden (Reparaturannahme) und endet beim Kunden (Rechnung bezahlen). Wie und wer den Prozess der Reparatur abwickelt, ist für den Kunden nicht interessant. Für den Kunden ist nur wichtig, dass die Autowerkstatt diesen Geschäftsprozess vollkommen beherrscht.

Die Einführung von Geschäftsprozessen ist ein zuverlässiger Weg, Mängel in der Kundenorientierung zu beseitigen. In Geschäftsprozessen sind Kunden und Kundenbeziehungen das Wichtigste. Das Denken und Handeln des gesamten Unternehmens wird durch Geschäftsprozesse auf Kunden ausgerichtet. Die Kunden sind umso zufriedener, je effizienter die Geschäftsprozesse die Kundenanforderungen und -erwartungen erfüllen. Damit steigt der Erfolg des Unternehmens.

3.3.2 Geschäftsprozestypen

Geschäftsprozesse werden nach ihren Aufgaben in Typen unterteilt. Die bekannten Varianten unterscheiden zwei, drei oder vier Prozesstypen. Oft zeigt die Praxis, dass zwei Typen ausreichen:

- Kernprozesse oder primäre Geschäftsprozesse und
- Unterstützungsprozesse oder sekundäre Geschäftsprozesse.

Einige Unternehmen ergänzen diese beiden Typen um

- Managementprozesse,

um den Forderungen des Qualitätsmanagementmodells zu entsprechen.

In den **Kernprozessen** erfolgt die Leistungserstellung für den externen Kunden durch Wertschöpfung, also die Herstellung von Produkten und Dienstleistungen. Mit diesen Prozessen wird im Unternehmen Geld verdient. Beispiele für die Kernprozesse von Bild 3.5 werden in Bild 3.6, ergänzt um Unterstützungsprozesse, als Prozessmodell dargestellt.

In der Praxis legen die Unternehmen nach intensiven Überlegungen jeweils fest, welche Typen und welche Geschäftsprozesse vorhanden und notwendig sind. Das Ergebnis wird dann als **Prozessmodell** bezeichnet, das in der Regel für jedes Unternehmen spezifisch ist.

Die **Unterstützungsprozesse** sind unternehmensinterne Prozesse, die danach beurteilt werden, wie sie die Kernprozesse durch Dienstleistungen unterstützen. Die Ergebnisse der internen Unterstützungsprozesse sind genauso zu bewerten wie die von externen Lieferanten. Die internen Kunden bestimmen jetzt, welche Leistungen benötigt werden.

Managementprozesse enthalten Führungsaufgaben des Unternehmens, wie z.B. Ziele, Führung, Steuerung und Bewertung. Diese Prozesse gewährleisten die Durchführung von Managementaufgaben. Sie geben die Richtung vor, sind strategischer Natur und bestimmen bzw. beeinflussen die Kern- und Unterstützungsprozesse.

Die Zahl der Kernprozesse sollte nach praktischen Erfahrungen zwischen fünf und acht liegen. Kleine Unternehmen, ohne eigene Produktentwicklung, kommen auch

mit drei bis vier Kernprozessen aus. Für die Anzahl der Unterstützungsprozesse gelten die gleichen Werte. Wichtig ist nicht die Anzahl, sondern die Gestaltung von einfachen, gut steuerbaren und messbaren Prozessen.

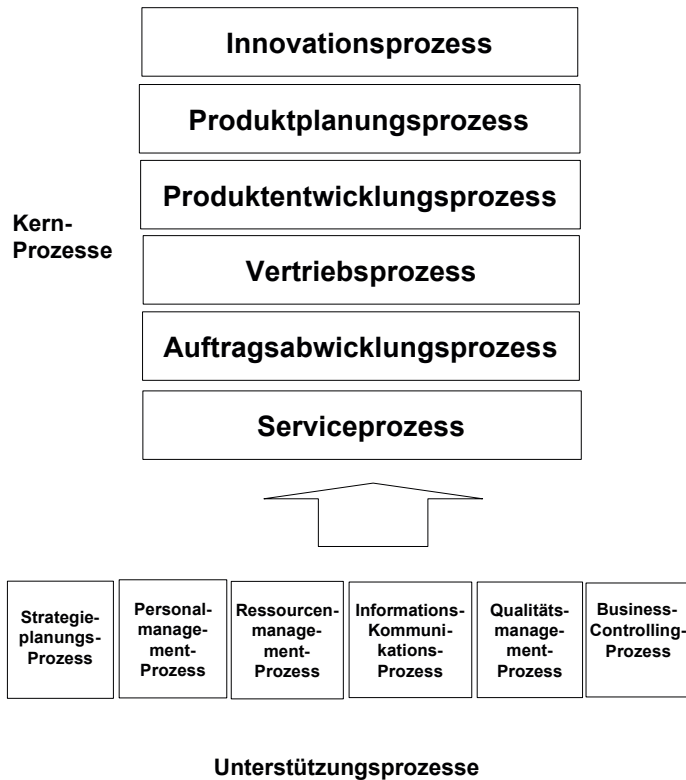


Bild 3.6 Prozessmodell mit Kern- und Unterstützungsprozessen [5]

3.3.3 Prozessmodell der DIN EN ISO 9001:2015

Das **Prozessmodell** der DIN EN ISO 9001:2015 wird für prozessorientiertes Qualitätsmanagement gefordert und kann entsprechend zur Einteilung der Prozesse dienen. Es unterscheidet

- Managementprozesse,
- Geschäftsprozesse,
- unterstützende Prozesse,
- Mess-, Analyse- und Verbesserungsprozesse.

Diese Prozessbereiche werden definiert und ergänzt mit einer Auflistung von häufig in Unternehmen anzutreffenden Prozessen.

Managementprozesse sind Prozesse, die der strategischen Ausrichtung der Organisation dienen bzw. den strukturellen Rahmen bilden (Verantwortung der Leitung):

- strategische Planung,
- Unternehmenssteuerung,
- operative Planung,
- Controlling,
- Unternehmensorganisation,
- Personalentwicklung,
- Kommunikation,
- Marketing.

Geschäftsprozesse sind Prozesse, die der Wertsteigerung bei der Herstellung von Produkten bzw. der Erbringung von Dienstleistungen dienen:

- Anfragebearbeitung,
- Angebotserstellung,
- Auftragsabschluss,
- Auftragsabwicklung,
- Auftragsabnahme,
- Lieferung,
- Kundenservice,
- Wartung.

Unterstützende Prozesse sind Prozesse zur Durchführung der anderen Prozesse, um eine reibungslose Leistungserbringung zu gewährleisten (Management der Mittel):

- Beschaffung,
- Datenverarbeitung,
- Infrastruktur,
- Lager,
- Personaladministration,
- Buchhaltung,
- Prüfmittelüberwachung,
- Abfallwirtschaft.

Mess-, Analyse- und Verbesserungsprozesse sind Prozesse zur Messung, Überwachung und kontinuierlichen Verbesserung des Systems, der Prozesse sowie der Produkte bzw. Dienstleistungen:

- Kundenzufriedenheitsermittlung,
- Prozessmessung,
- interne Audits,
- kontinuierliche Verbesserung.

3.3.4 Prozess-Landkarte

Die **Prozess-Landkarte** (Prozessplan, Prozesslandschaft) ist eine übersichtliche Darstellung der in einer Organisation existierenden Prozesse. Diese Darstellung enthält alle Prozesse, die die Leistung für den Kunden erbringen, und alle Prozesse, die diese Leistungserbringung steuern, unterstützen und verbessern. Sie stellt die Verbindungen, Abhängigkeiten und Wechselbeziehungen dar, um die Geschäftsprozesse zu verstehen.

Die Prozess-Landkarte kann mit einem Organigramm verglichen werden. Das Organigramm stellt das Bereichs- und Abteilungsdenken dar, während bei Prozessen die durchgängige Prozesskette im Vordergrund steht. Prozessorientierung im Unternehmen ist eine Grundhaltung, bei der das gesamte betriebliche Handeln als Kombination von Prozessen bzw. Prozessketten betrachtet wird.

Prozess-Landkarten sind immer unternehmensspezifisch zu gestalten, um die Besonderheiten und Zusammenhänge im Unternehmen zu berücksichtigen. Die Prozess-Landkarte vermittelt Überblick über die Kernprozesse, deren Wirkzusammenhang und die Verbindungen zum Kunden. Bild 3.7 zeigt ein Beispiel für die Kernprozesse nach Bild 3.5.

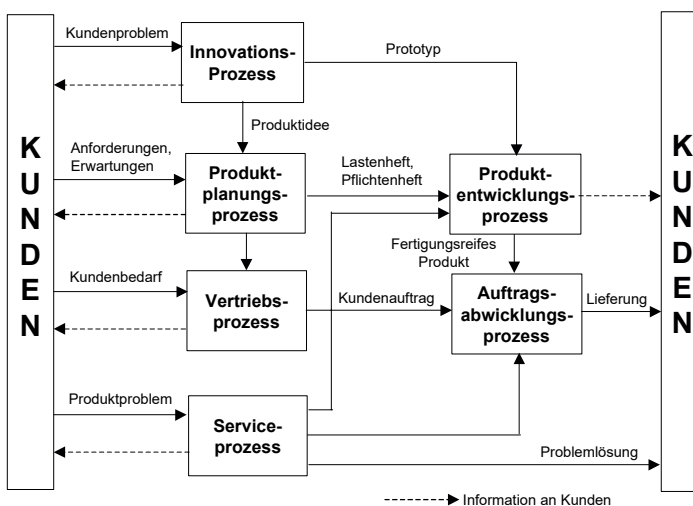


Bild 3.7 Prozess-Landkarte [5]

Eine Prozess-Landkarte muss unternehmensspezifisch erarbeitet werden. Aufschlussreicher, aber auch wesentlich komplexer, sind Prozess-Landkarten mit Teilprozessen. Grafische Darstellungen sind dann mit Softwaretools zu erstellen.

3.3.5 Kunden-Lieferanten-Beziehungen

In Geschäftsprozessen wird unterschieden zwischen externen und internen Kunden. Externe Kunden sind in der Regel Endkunden, die die Produkte und Dienstleistungen selbst nutzen oder anwenden.

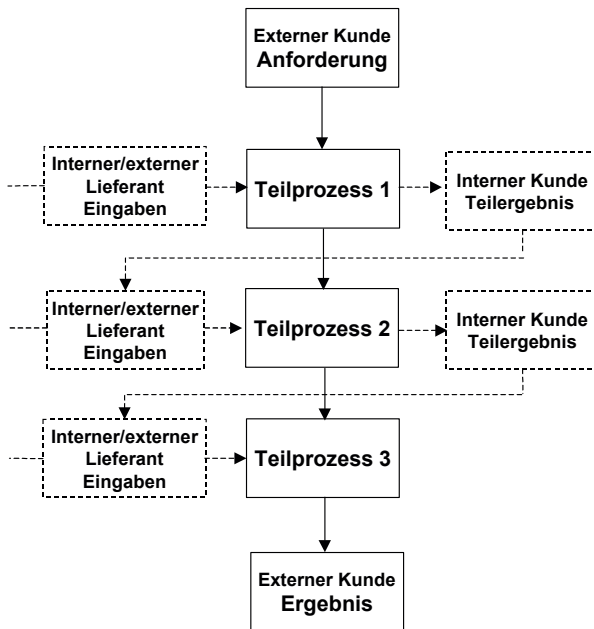
Interne Kunden sind Abnehmer von Teilergebnissen, die sie als Eingaben verwenden und weiterbearbeiten. In einem Geschäftsprozess ist jeder Teilprozess Kunde des vorhergehenden und zugleich Lieferant des nachfolgenden Teilprozesses.

Interne Kunden-Lieferanten-Beziehungen werden in der Praxis oft weniger intensiv gepflegt als externe. Interne Lieferanten sind oft zu teuer, zu langsam und liefern nicht ausreichende Qualität.

Geschäftsprozesse fördern neben der unternehmensinternen auch die unternehmensübergreifende Zusammenarbeit.

Bild 3.8 zeigt in der Mitte einen Geschäftsprozess mit den Anforderungen als Eingaben und den Ergebnissen von und zum externen Kunden. Der Geschäftsprozess verläuft senkrecht und ist in Teilprozesse unterteilt, die waagrecht mit internen Lieferanten und internen Kunden dargestellt sind. Aus den Eingaben des ersten Teilprozesses werden durch Aktivitäten der Mitarbeiter Teilergebnisse, die jeweils wieder Eingaben für die folgenden Lieferanten im nächsten Teilprozess sind.

Der Vorteil dieser Darstellung ergibt sich bei der Beschreibung von Prozessen. In dieser Anordnung kann ein vollständiger Prozess auf einer Seite übersichtlich beschrieben werden.

**Bild 3.8**

Kunden-Lieferanten-Beziehungen in Geschäftsprozessen [5]

3.3.6 Gestaltung von Geschäftsprozessen

Die organisatorische **Gestaltung der Geschäftsprozesse** ist nach dem Aufstellen des Prozessmodells und der Prozess-Landkarte der nächste Schritt. Die dafür bekannten Erfahrungen aus der Praxis sollen hier schwerpunktmäßig vorgestellt werden. Für Geschäftsprozesse und für Teilprozesse haben sich folgende Regeln bewährt [5]:

1. Jeder Geschäftsprozess beginnt und endet bei den Kunden, die Leistungsanforderungen stellen und Prozessergebnisse erhalten.
2. Jeder Geschäftsprozess ist in Teilprozesse, Aktivitäten und Tätigkeiten zu unterteilen.
3. Jeder Geschäftsprozess hat einen Verantwortlichen.
4. In jedem Geschäftsprozess wird ein Objekt komplett bearbeitet.
5. Nicht wertschöpfende Teilprozesse, Aktivitäten und Tätigkeiten sind zu eliminieren.
6. Für jeden Geschäftsprozess ist eine zeit- und ressourcengünstige Ablaufstruktur festzulegen.
7. Mit den Lieferanten der Geschäftsprozesse sind Leistungsvereinbarungen zu treffen.

3.3.6.1 Struktur der Geschäftsprozesse

Jeder Geschäftsprozess ist in Teilprozesse, Aktivitäten und Tätigkeiten zu unterteilen. Bild 3.9 zeigt die Struktur und ein Beispiel.

KT

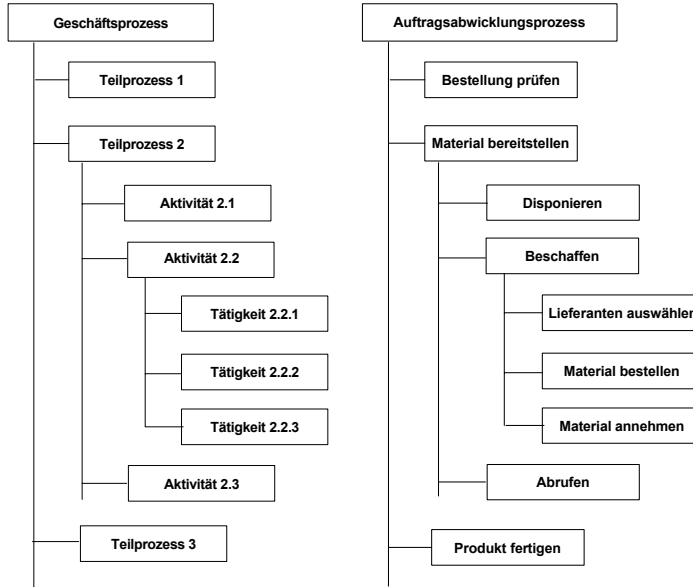


Bild 3.9 Prozess-Aufbaustruktur [5]

Die Darstellung der Prozessebenen ist sinnvoll, um Aufgaben und Verantwortungen festlegen zu können. Für Mitarbeiter, die den Prozess selbst steuern, ist eine Zerlegung bis zu den Tätigkeiten nicht erforderlich. Bei einfachen Prozessen sind ebenfalls weniger Ebenen zu beschreiben. Prozesse werden von Prozessteams erarbeitet.

3.3.6.2 Beschreibung der Geschäftsprozesse

Prozessbeschreibungen dokumentieren die Ergebnisse der Prozessgestaltung. Dafür gibt es verschiedene Fragelisten und Muster in den Literaturstellen, von denen ein Beispiel in Tabelle 3.2 vorgestellt wird.

Tabelle 3.2 Beschreibung eines Geschäftsprozesses [5]

Prozessname: Produktentwicklungsprozess	Prozessverantwortlicher:
Prozessanfangspunkt: Pflichtenheft	Prozessendpunkt: Lieferfreigabe
Objekt: Entwicklungsprojekt (Beschreiben des Projekts, für das die Prozessmerkmale erfasst werden sollen.)	
Prozesseingaben: Lastenheft, Pflichtenheft, Projektplan, Wirtschaftlicher Produktplan, Prototypen (Informationen, Material)	Lieferant: Produktplanungsprozess, Innovationsprozess (Angabe der liefernden Prozesse)
Prozessergebnis: Integriertes, getestetes und fertigungsreifes Produkt mit vollständiger Dokumentation (Produkte/Dienstleistungen)	Kunde: Auftragsabwicklungsprozess, Vertriebsprozess, Serviceprozess (Angabe der abnehmenden Prozesse)
Messgrößen: Zykluszeit, Termineinhaltung, Anteil fehlerfreier Prozessergebnisse, Kundenzufriedenheit erfassen (Prozesszeiten, Prozesskosten, Termintreue, Kundenzufriedenheit, Aufwand, Prozessqualität)	

Der Produktentwicklungsprozess soll als Beispiel vorgestellt werden. Entwicklungsprojekte werden nach dem Produktplanungsprozess im Produktentwicklungsprozess weiterbearbeitet. Das Ergebnis des Produktplanungsprozesses ist das Pflichtenheft. Der Produktentwicklungsprozess beginnt dementsprechend mit dem Pflichtenheft und hat als Ergebnis die Lieferfreigabe.

Produktentwicklungsprozesse sind vom Prozessteam so zu gestalten und anzuwenden, dass alle Entwicklungsaufgaben des Unternehmens erfolgreich durchzuführen sind.

Die Teilprozesse des Produktentwicklungsprozesses sind abhängig von den Entwicklungsaufgaben des Unternehmens.

Das Ergebnis des Produktentwicklungsprozesses ist ein getestetes, lieferfähiges Produkt mit allen für Fertigung, Montage, Einkauf, Logistik, Vertrieb und Service notwendigen Unterlagen.

Nach Abschluss dieses Prozesses können externe Kunden das Produkt erwerben.

Die Prozessbeschreibungen sind für ein Unternehmen einheitlich festzulegen. Art, Umfang und Kriterien richten sich nach Produkten, Organisation, Größe und spezifischen Merkmalen des Unternehmens.

Bewährt hat sich eine Festlegung, wie z. B. in Tabelle 3.3, durch die Prozessverantwortlichen. Nach dem Einsatz in Sitzungen der Prozessteams ergeben sich dann noch erforderliche Verbesserungen. Durch dieses Vorgehen ist gewährleistet, dass eine Form gefunden wird, die die Prozessverantwortlichen, die Prozessteams und alle Mitarbeiter im Unternehmen verstehen und anwenden können.

Tabelle 3.3 Prozessbeschreibung

KT	Prozessbeschreibung	
	Prozessname:	Prozessart: M/K/U
Prozessverantwortlicher:		
Prozessteam:		
Prozesskurzbeschreibung: (Aufgaben, Merkmale, Ablauf)		
Prozessziele: (Messbare Ziele)		
Prozessanfangspunkt:		
Prozessendpunkt:		
Zugehörige Teilprozesse: (Prozesskette)		
Prozessschnittstellen: (Abteilungen, Prozesse)		
Prozess-Eingaben:		
Interne/externe Lieferanten:		
Prozess-Ergebnisse: (Produkte, Dienstleistungen)		
Interne/externe Kunden:		
Wertschöpfung:		
Benutzte Ressourcen:		
Zugeh. Verfahrensanweisungen:		
Zugeh. Arbeitsanweisungen:		
Erfolgsfaktoren:		
Prozesskennzahlen:		
Kennzahl		
Messung		
Auswertung		

3.3.6.3 Beschreibung der Teilprozesse

Teilprozesse werden mit Substantiv und Verb beschrieben, wie z. B. „Auftrag klären“. Klare und einfache Beschreibungen sind vom Prozessteam so zu wählen, dass auch Außenstehende den Teilprozess verstehen:

- Für jeden Teilprozess ist eine **Teilprozessbeschreibung** zu erstellen.
- **Teilprozessergebnisse** werden mit den dazugehörigen Kunden eingetragen.
- **Teilprozesseingaben** wie Zulieferungen, Informationen usw. sind mit zugehörigen Lieferanten anzugeben.

Bei Bedarf können auch Aktivitäten mit Ergebnissen erfasst werden.

Mit Vorschriften und Richtlinien sind Qualitätsrichtlinien, Verfahrensanleitungen und Ausführungsbestimmungen gemeint, die bei dem Teilprozess zu beachten sind.

Tabelle 3.4 Beschreibung von Teilprozessen [5]

Teilprozess (TP):	Geschäftsprozess:
TP-Verantwortlicher:	TP-Objekt:
Eingaben:	Lieferanten:
1.	1.
2.	2.
Aktivitäten:	Ergebnisse:
1.	1.
2.	2.
TP-Ergebnisse:	TP-Kunden:
1.	1.
2.	2.
3.	3.
Ziel- und Messgrößen:	
Vorschriften und Richtlinien:	
Tools, Methoden:	

Die Prozesskette der Kunden-Lieferanten-Beziehungen gehört zur Prozessdokumentation. Damit sind die Teilprozesse bekannt. Für jeden Teilprozess ist mindestens eine Beschreibung nach folgendem Muster in Tabelle 3.5 erforderlich. Bei Bedarf erstellt das Prozessteam eine ausführlichere Beschreibung nach Tabelle 3.4.

Tabelle 3.5 Vereinfachte Teilprozessbeschreibung

Teilprozess 1:	
Aufgabe/Objekt:	
Ziel:	
Eingaben:	
Ergebnisse:	

Der Umfang der Teilprozessbeschreibungen ist abhängig von den ausführenden Mitarbeitern und wird deshalb firmenspezifisch angepasst.

3.3.7 Prozessdokumentation

Das Top-Down-Vorgehen ist konsequent einzuhalten, indem erst die Geschäftsprozesse definiert werden und danach die tieferen Prozessebenen, also die Teilprozesse sowie die Aktivitäten und Tätigkeiten. Dadurch ist auch später noch zu erkennen, welche Teilaufgaben für die Erzeugung des Prozessergebnisses erforderlich und damit wertschöpfend sind.

Die Kernprozesse sind in Teilprozesse zu zerlegen. Der Ausgangspunkt für die Definition der Teilprozesse ist das Ergebnis des Kernprozesses. Dieses wird in Teilergebnisse zerlegt. Mit Kenntnis der Teilergebnisse können die erforderlichen Teilprozesse festgelegt werden.

Die Teilprozesse sind in Aktivitäten und Tätigkeiten zu zerlegen.

Ein Teilprozess umfasst alle Aufgaben, die zur Erstellung eines bestimmten Teilergebnisses notwendig sind. Zur Darstellung der Teilergebnisse, Teilprozesse, Aktivitäten und Tätigkeiten kann ein Prozessgliederungsplan eingesetzt werden.

Das Prozess-Team erarbeitet Strukturen und Abläufe der Kern- und der Teilprozesse, damit ein gemeinsames Prozessverständnis geschaffen wird.

Management- und Unterstützungsprozesse sind firmenspezifisch nach den für Prozessbeschreibungen festgelegten Regeln zu erarbeiten. Ausführliche Teilprozessbeschreibungen sind oft nicht erforderlich.

Zur **Prozessdokumentation** gehören alle Dokumente, die im Rahmen der Prozessgestaltung erstellt werden. Mit der Dokumentation können mehrere Aufgaben erfüllt werden:

- prozessinterne und externe Kommunikation,
- Prozesskoordination und Prozessbewertung,
- Training der Prozessmitarbeiter,
- Qualitätsmanagement und Zertifizierung nach DIN EN ISO 9001:2015,

- Erkennen von Prozessproblemen,
- Ableiten von Prozessverbesserungen.

Die Prozessdokumentation besteht aus:

- Übersicht: Prozess-Landkarte, Prozessmodell, Kunden-Lieferanten-Beziehungen, Formularen,
- Geschäftsprozesse: Beschreibung, Aufbaustruktur, Aufgaben der Verantwortlichen, Management-Team, Prozess-Teams, Prozessdaten, Prozesskennzahlen,
- Teilprozesse: Beschreibung, Ablaufstruktur, Aufgaben der Verantwortlichen, Ziel- und Messgrößen.

Die aktive Beteiligung der Konstrukteure bei der Entwicklung und Gestaltung der Geschäftsprozesse ist wegen der Bedeutung der Konstruktionstechnik im Unternehmen selbstverständlich.

Quellen und weiterführende Literatur

- [1] *Conrad, K.-J.* (Hrsg.): Taschenbuch der Werkzeugmaschinen. 3. Aufl., München: Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag, 2015
 - [2] *Eversheim, W.* (Hrsg.): Prozessorganisierte Unternehmensorganisation. 2. Aufl., Berlin: Springer Verlag, 1996
 - [3] *Fischer, F.; Scheibeler, A. A. W.* (Hrsg.): Handbuch Prozessmanagement. München: Carl Hanser Verlag, 2003
 - [4] *Gaitanides, M.; Scholz, R.; Vrohling, A.; Raster, M.*: Prozessmanagement. München: Carl Hanser Verlag, 1994
 - [5] *Schmelzer, H.J.; Sesselmann, W.*: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis. München: Carl Hanser Verlag, 2003
 - [6] *Vahs, D.*: Organisation. 6. Aufl., Stuttgart: Schäffer Poeschel Verlag, 2007
- Hoartzek, S.*: Toolbox Prozessmanagement. Vorgehensmodell und praktische Methoden für Industrie und Dienstleistung. München, Carl Hanser Verlag, 2019
- Koubek, A.* (Hrsg.): Praxisbuch ISO 9001:2015. Die neuen Anforderungen verstehen und umsetzen. München: Carl Hanser Verlag, 2015
- Schmelzer, H.J.; Sesselmann, W.*: Geschäftsprozessmanagement in der Praxis. 9. Aufl., München: Carl Hanser Verlag, 2020
- Weltring, R.*: Qualitätsmanagement nach ISO 9001:2015 für Dummies. Weinheim: Wiley-VCH Verlag, 2016

4

Konstruktionsablauf

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jörg Conrad

Der Konstruktionsprozess kann in Konstruktionsphasen mit Arbeitsschritten unterteilt werden, die durch unterschiedliche Konstruktionstätigkeiten zu Arbeitsergebnissen führen. Das allgemeine Vorgehen ergibt damit einen **Konstruktionsablauf**, der in diesem Kapitel erläutert wird. In der Praxis erfolgt eine Anpassung nach Branchen, Produkten und Organisationen unter Einsatz bewährter Methoden und Hilfsmittel. Viele Methoden und Hinweise sind auch in den Kapiteln Methodisches Konstruieren, Produktentstehung und Technische Gestaltung grundlegend beschrieben. Hier soll eine Zusammenfassung für das allgemeine Vorgehen beim Konstruieren als Übersicht vorgestellt werden mit den erforderlichen Hinweisen für die Konstruktionstechnik.

■ 4.1 Konstruktionsphasen und Vorgehen

Die vier **Konstruktionsphasen** Planen, Konzipieren, Entwerfen und Ausarbeiten stellen eine Zusammenfassung der wichtigsten Tätigkeiten dar, die sich als wesentliche Gliederung für das Vorgehen beim Konstruieren im Maschinenbau bewährt hat.

- Das **Planen** klärt die Aufgabe durch Erfassen der Anforderungen, die in einer Anforderungsliste festgelegt werden.
- Das **Konzipieren** erfolgt in drei Arbeitsschritten: Funktionen festlegen und Funktionsstruktur aufstellen. Physikalische Prinzipien für das Wirkprinzip festlegen. Geometrie, Bewegungen und Stoffarten als Lösung festlegen.
- Das **Entwerfen** besteht aus dem Gestalten von Teilen, Baugruppen und Verbindungen.
- Das **Ausarbeiten** bedeutet, alle Fertigungs- und Montageangaben in Zeichnungen und Stücklisten festzulegen.

Den Konstruktionsphasen werden Teilaufgaben zugeordnet, um bestimmte Arbeitsergebnisse zu erzielen. Der Ablauf aller Tätigkeiten von der Aufgabe bis zur konstruktiven Lösung ist als allgemeines Vorgehen nach VDI 2221 bekannt. Das Abarbeiten erfolgt schrittweise mit Wiederholungen für alle Arbeitsschritte, bis alle Anforderungen umgesetzt sind. Mit diesem Vorgehen wird sichergestellt, dass alle Arbeitsschritte nach Durchführung und Überprüfung durch Entscheidungen abgeschlossen werden.

Ablaufpläne für das Vorgehen beim Konstruieren wurden in verschiedenen Varianten veröffentlicht und werden in der Regel firmenspezifisch angepasst, da dafür in jedem Unternehmen eine Organisation vorhanden ist. Wichtig ist nicht ein starres Einhalten aller Vorgaben, sondern eine flexible Handhabung zur Unterstützung der Konstrukteure [1].

In Bild 4.1 sind der Ablauf und die Aktivitäten nach der Richtlinie VDI 2221 Blatt 1 angegeben mit dem Modell der Produktentwicklung. Das weiterführende Blatt 2 der Richtlinie, in dem z.B. die Phasen der Konstruktion und die Gestaltung individueller Produktentwicklungsprozesse mit Beispielen unfassend erklärt werden, werden hier nicht behandelt.

Wie bei allen **Vorgehensplänen** ist flexible Handhabung je nach Problemlage erforderlich. Es können weitgehende Überschneidungen auftreten, da z.B. Fertigungsgesichtspunkte, Werkstoffe, gestalterische Merkmale usw. bereits das Lösungsprinzip beeinflussen können.

Konstrukteure in der Praxis sind häufig sehr skeptisch, wenn ihnen die Arbeitsweise nach Ablaufplänen erklärt wird, weil sie dieses Vorgehen als viel zu aufwendig und zeitintensiv empfinden. Dabei ist jedoch zu beachten, dass es sich eigentlich nur um die Darstellung von Abläufen handelt, die nach Angaben von guten Konstrukteuren übernommen wurden. Außerdem fehlen viele für einen Auftragsdurchlauf notwendige Aktivitäten, die im Konstruktionsalltag selbstverständlich sind [1].

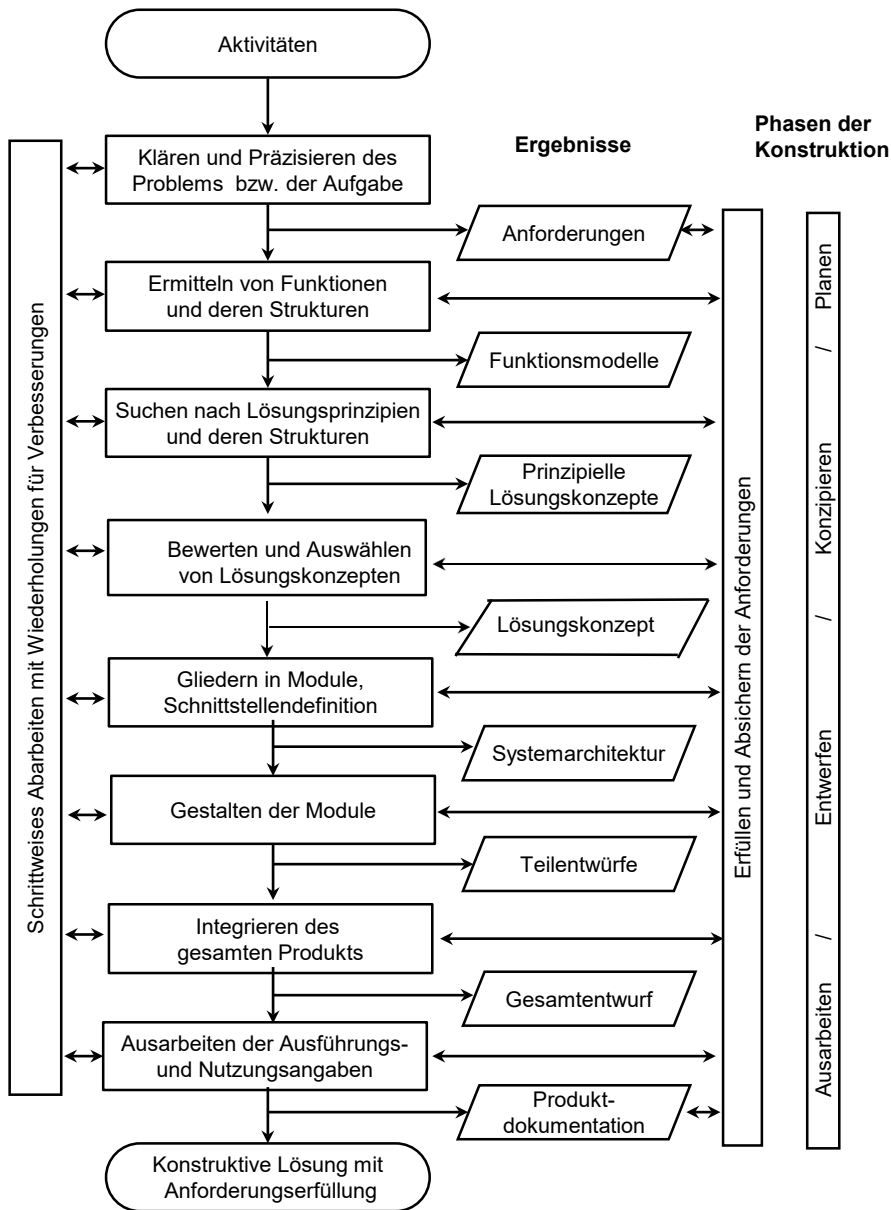


Bild 4.1 Ablauf und Aktivitäten beim Entwickeln und Konstruieren (nach VDI 2221 Blatt 1)

Der **Konstruktionsprozess** wird häufig auch durch ein praxisorientiertes Vorgehen ohne strikte Einhaltung der Ablaufpläne durch Beantwortung einfacher Fragen realisiert, wie z. B. [1]:

- Welche Eigenschaften sind gefordert?
- Wie soll es funktionieren?

- Welche ähnlichen Lösungen gibt es?
- Was kann gekauft werden?
- Wie wird es beansprucht?
- Welche Festigkeit ist notwendig?
- Welche Werkstoffe sind geeignet?
- Welches Rohmaterial wird eingesetzt?
- Wie wird es hergestellt?
- Welche Kosten entstehen?
- Welche Lösung ist wirtschaftlicher?
- Wie wird es einfacher?
- Wie wird es sicherer?
- Wie wird es montiert?
- Welche Schnittstellen müssen beachtet werden?
- Wie wird die Qualität erreicht?

■ 4.2 Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung

In der ersten Konstruktionsphase werden die ersten Schritte des Konstruktionsprozesses behandelt, in dem ausgehend von der Planung der Produkte das Klären und Präzisieren der Aufgabenstellung zu dem Arbeitsergebnis Anforderungsliste führt. Die dafür bewährten Methoden und Hilfsmittel werden vorgestellt.

Als Aufgabenstellungen sind alle Varianten mit dem Umfang eines Satzes bis zu einer ausführlichen Beschreibung in einem oder mehreren Ordnern anzutreffen. Die Aufgabenstellung erhalten die Konstruktionsabteilungen z. B. als Auftrag eines Kunden, Auftrag eines Zulieferers, Auftrag einer Unternehmensabteilung, Auftrag zur Produktverbesserung oder Auftragsanteil für ein Großprojekt.



Das **Klären der Aufgabenstellung** umfasst alle Tätigkeiten der informativen Festlegung, um nach der Informationsbeschaffung alle Anforderungen, Daten und Bedingungen in strukturierter Form geordnet aufzubereiten.

Sehr wichtig ist eine möglichst vollständige Klärung aller Punkte der Aufgabenstellung durch Fragen, wobei auch schon die gesamte Produktnutzung erfasst werden sollte:

- Welches Kernproblem muss für die Aufgabe gelöst werden?
- Welchen Zweck muss die Aufgabe erfüllen?
- Welche Produkteigenschaften sind zu erfüllen?
- Welche Eigenschaften dürfen nicht auftreten?
- Welche Forderungen und welche Wünsche sind zu erfüllen?
- Welche Erwartungen hat der Auftraggeber?
- Welche Bedingungen müssen beachtet werden?
- Welche Schwachstellen können auftreten?
- Welche Lösungen sind vom Wettbewerb bekannt?

Die Aufgabenklärung kann auch dazu verwendet werden, Produkte oder Baugruppen nicht zu konstruieren, sondern diese komplett zu kaufen.



Erst wenn geklärt ist, dass es nicht sinnvoll ist zu kaufen (technisch, wirtschaftlich), wird mit den Arbeitsschritten und methodischen Hilfen der Konstruktionslehre konstruiert! [1]

Die Anforderungsliste ist das Ergebnis dieser Phase.

■ 4.3 Anforderungslisten



Die **Anforderungsliste** ist eine systematisch erarbeitete Zusammenstellung aller Daten und Informationen durch den Konstrukteur für die Konstruktion von Produkten. Sie dient der Klärung und genauen Festlegung der Aufgabe und wird in enger Zusammenarbeit mit dem Auftraggeber erstellt und aktualisiert.

Hinweise zum Aufstellen einer Anforderungsliste enthält das Kapitel Methodisches Konstruieren oder die Fachliteratur [1].

Neben der Anforderungsliste sind noch **Lastenhefte** und **Pflichtenhefte** in den Unternehmen im Einsatz, deren Bedeutung und Abgrenzung hier in Anlehnung an VDI/VDE 3694 in Tabelle 4.1 enthalten ist.