

Klaus-Jörg Conrad

Ideal für
das Bachelor-
Studium

Grundlagen der Konstruktionslehre

Maschinenbau-Anwendungen und
Orientierung auf Menschen



7., aktualisierte und erweiterte Auflage

HANSER

Technologien
Verfahren
Bediensysteme
Benutzung

Motoren
Wohnen
Verkehr
Umwelt

Konstruktionsgrundlagen

Inhaltsverzeichnis	7
1 Konstruktionslehre und Konstruktion	15
2 Grundlagen des systematischen Konstruierens	41
3 Integrierte Produktentwicklung	70
4 Konstruktionsphase Planen	124
5 Konstruktionsphase Konzipieren	159
6 Konstruktionsphase Entwerfen	233
7 Konstruktionsphase Ausarbeiten	331
8 Konstruktion und Kosten	385
9 Rechnerunterstütztes Konstruieren	427

Anwendungsübungen

10 Übungsaufgaben	446
Aufgabenstellungen	446
Lösungen	474

Orientierung auf Menschen

11 Menschenorientierte Konstruktion	522
---	-----

Grundlagenkenntnisse

12 Maschinenelemente	592
----------------------------	-----

Literaturverzeichnis	611
----------------------------	-----

Sachwortverzeichnis	633
---------------------------	-----

Klaus-Jörg Conrad

Grundlagen der Konstruktionslehre

**Maschinenbau-Anwendungen und
Orientierung auf Menschen**

7., aktualisierte und erweiterte Auflage

mit 278 Bildern, 104 Tabellen, zahlreichen Kenntnisfragen
und Aufgabenstellungen mit Lösungen

HANSER

Prof. Dipl.-Ing. Klaus-Jörg Conrad
Burgdorf



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.

ISBN 978-3-446-45321-0
E-Book-ISBN 978-3-446-45322-7

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt.
Alle Rechte, auch die der Übersetzung, des Nachdrucks und der Vervielfältigung des Buches oder Teilen
daraus, vorbehalten. Kein Teil des Werkes darf ohne schriftliche Genehmigung des Verlages in irgend-
einer Form (Fotokopie, Mikrofilm oder ein anderes Verfahren), auch nicht für Zwecke der Unterrichts-
gestaltung, reproduziert oder unter Verwendung elektronischer Systeme verarbeitet, vervielfältigt oder
verbreitet werden.

Einbandbild: Autor / SALLISYSTEMS Finnland, www.salli.com

Schutzvermerke:

Salli® Sattelstühle

Gerontik© : Prof. Klaus-Jörg Conrad

Gerontotechnik® : GGT Deutsche Gesellschaft für Gerontotechnik® mbH Iserlohn

Mindjet®MindManager® : Dagmar Herzog

Mind Maps & Concept Maps: Nückles, Gurlitt, Pabst, Renkl

© 2019 Carl Hanser Verlag München

www.hanser-fachbuch.de

Lektorat: Ute Eckardt

Herstellung: Katrin Wulst

Satz: Kösel Media GmbH, Krugzell

Druck und Bindung: Friedrich Pustet, Regensburg

Printed in Germany

Vorwort

Die siebte Auflage wurde überarbeitet, aktualisiert und mit neuen Beiträgen ergänzt, um einige neue Anforderungen an den Bereich Konstruktion und Entwicklung darzustellen. Die Orientierung auf Menschen wurde erweitert und in einem neuen Kapitel mit aktuellen Themen vorgestellt, wie z. B. Kompetenz, Ethik, Ingenieurpsychologie, frugale Produkte, Obsoleszenz, Reparatureignung und agile Produktentwicklung. Das Literaturverzeichnis wurde anwendergerecht geordnet und enthält nicht nur die Quellen, sondern auch weiterführende Literatur.

Der Herausgeber dieses Lehrbuchs war als Professor 25 Jahre an der Fachhochschule Hannover im Fachbereich Maschinenbau tätig und hat intensiv in der Lehre und mit Industrieunternehmen zusammengearbeitet, um seine Kenntnisse und Erfahrungen stets aktuell vermitteln zu können. Für das Fachgebiet Konstruktion hat er im Fachbereich das Fach Konstruktionslehre eingeführt und dafür 1998 die erste Auflage dieses Lehrbuch geschrieben. Er hat mit einem Team im Jahr 2002 den dualen Studiengang Konstruktionstechnik entwickelt, eingeführt und betreut. Dafür hat er das Taschenbuch der Konstruktionstechnik 2004 herausgegeben, das inzwischen bereits in der zweiten Auflage erschienen ist. Seine Erfahrungen aus der Tätigkeit in der Werkzeugmaschinenindustrie führten zur Herausgabe des Taschenbuch der Werkzeugmaschinen mit sehr guter Unterstützung durch Beiträge aus Unternehmen und von Kollegen, das im Jahr 2015 in der dritten Auflage vorliegt.

Heute zählen immer noch die Erfahrungen, die bei der Benutzung im Lehrbetrieb mit Studierenden gesammelt wurden. So wird insbesondere darauf geachtet, dass die Themen so erklärt werden, dass die Vorkenntnisse von interessierten Studierenden immer ausreichen, um alle Inhalte sofort zu verstehen. Auch die vielen guten Hinweise und Anregungen der Fachkollegen, die eine Stellungnahme zu diesem Buch abgegeben haben, konnten fast alle berücksichtigt werden. Für diese Unterstützung möchte ich mich besonders bedanken.

Der Einstieg erfolgt mit einem Vergleich der Tätigkeiten der Konstruktionsübungen mit denen des methodischen Konstruierens. Ein bekanntes Beispiel zeigt die Bedeutung des methodischen Konstruierens, bevor die Grundlagen des systematischen Konstruierens behandelt werden. Die bewährte Konstruktionsmethodik nach der VDI Richtlinie 2221 wird mit den Begriffen und Vorgehensweisen behandelt, die in der Praxis eingesetzt werden, da die neue Ausgabe noch nicht vorliegt.

Die Grundlagen und eine Übersicht zum Einsatz von Maschinenelementen sind in Form von Informationsblättern zum Nachschlagen enthalten, weil die Kenntnisse dieser Basisbereiche des Konstruierens oft nicht ausreichend vorhanden sind, um die Übungsaufgaben zu lösen.

Die Übungsaufgaben mit den Lösungen im Kapitel 10 wurden umgestellt, sodass jetzt die Kapitelnummern für Lösungshinweise angegeben sind. Für die Themen in den Kapiteln 1 bis 9 sind Beispiele und Übungen vorhanden. Die Kenntnisfragen wurden entsprechend angepasst und erweitert, sodass für das Nacharbeiten des Stoffs alles vorhanden ist. Die bewährte Gliederung wurde beibehalten, aber an einigen Stellen so angepasst, dass die Themen der Abschnitte im Inhaltsverzeichnis besser zu finden sind. Außerdem haben alle umfangreichen Kapitel eine Zusammenfassung. Das Durcharbeiten kann damit unterschiedlich erfolgen. Leser mit Vorkenntnissen sind nach dem Nachschlagen und Lesen der Zusammenfassung soweit informiert, dass sie nur die Kapitel durcharbeiten, die von Interesse sind. Andere Leser schauen sich nur die vier Konstruktionsphasen an und lösen die Übungsaufgaben.

Das Arbeiten mit diesem Buch setzt Kenntnisse voraus, die insbesondere in den Fachgebieten Technisches Zeichnen, Normung und Maschinenelemente als Handwerkszeug für Konstrukteure vermittelt werden. Auch das Rechnerunterstützte Konstruieren ist nur mit diesem Wissen möglich. Es wird das systematische Entwickeln von Lösungen vorgestellt, zu dem natürlich auch Kreativitätsmethoden und der Einsatz von Rechnern gehören.

Das wesentliche Ziel dieses Buches ist die Vermittlung einer systematischen und methodischen Arbeitsweise in einem Umfang, die es jedem Konstrukteur ermöglicht, seinen persönlichen Arbeitsstil zu entwickeln oder zu verbessern. Damit ist es sowohl für Studierende in der Ingenieurausbildung an Fachhochschulen, Hochschulen und Universitäten, als auch für Konstrukteure in der Wirtschaft sinnvoll nutzbar.

Das Lehrbuch wurde selbstverständlich für Konstrukteurinnen und für Konstrukteure geschrieben. Wegen der Übersichtlichkeit wurde auf Doppelangaben im Text verzichtet.

Mein Dank gilt den Verfassern der Fachliteratur zu diesem Thema, von denen ich viele bewährte Anregungen übernehmen konnte. Insbesondere möchte ich mich bei Herrn Prof. Dr.-Ing. *Ehrlenspiel* bedanken, von dem ich an der Universität Hannover die Bedeutung des Methodischen Konstruierens gelernt habe. Herrn Dr. Lutz vom VDMA danke ich für die zur Verfügung gestellten aktuellen VDMA Kennzahlen. Herrn *Erik Liebermann* danke ich für seine auflockernden Darstellungen der Teamarbeit und der Kommunikation. Besonderer Dank für die sehr gute Zusammenarbeit gilt der Lektorin Frau *Ute Eckardt* und Frau *Katrin Wulst* vom Fachbuchverlag Leipzig im Carl Hanser Verlag. Für Verständnis, Geduld und Zeit, die eine neue Auflage erfordert bedanke ich mich sehr bei meiner Frau Marlies und meiner Tochter Cathrin.

Burgdorf, im September 2018

Klaus-Jörg Conrad

Inhalt

■	Vorwort	5
1	Konstruktionslehre und Konstruktion	15
1.1	Einführung und Erfahrungen	19
1.2	Konstruktion im Betrieb	24
1.3	Konstruktionsmethodik	29
1.4	Konstruktionsarten	31
1.5	Konstruktionsmethodik – Erwartungen	36
1.6	Zusammenfassung	39
2	Grundlagen des systematischen Konstruierens	41
2.1	Technische Systeme	42
2.1.1	Grundlagen und Begriffe	42
2.1.2	Energie-, Stoff- und Informationsumsatz	45
2.1.3	Black-Box-Methode	49
2.1.4	Funktionsbeschreibung	50
2.1.5	Wirkprinzipien für Teilfunktionen	54
2.1.6	Entwicklungsschritte technischer Systeme	55
2.2	Grundlegende Arbeitsmethoden	58
2.3	Informationsverarbeitung in der Konstruktion	63
2.4	Zusammenfassung	68
3	Integrierte Produktentwicklung	70
3.1	Der Entwicklungsprozess	71
3.2	Der Lösungsprozess	74
3.3	Bearbeiten von Ingenieuraufgaben	77
3.4	Ablauf bei der Lösungssuche	78
3.5	Ablauf des Konstruktionsprozesses	81
3.6	Interdisziplinäre Zusammenarbeit	87
3.7	Grundlagen der Kommunikation	90
3.8	Grundlagen der Teamarbeit	99
3.9	Ablauf des Designprozesses	103

3.10	Ablauf von Ergonomieprozessen	107
3.11	Useware – Entwicklungsprozess	111
3.12	Kennzahlen Entwicklung und Konstruktion	114
3.12.1	Aufgaben und Tätigkeiten	114
3.12.2	Konstruktionsarten	115
3.12.3	Durchlaufzeiten	116
3.12.4	Produktprogramm und zugekaufte Leistungen	119
3.12.5	Aufgaben und organisatorische Regelungen	121
3.13	Zusammenfassung	122

4 Konstruktionsphase Planen **124**

4.1	Planen der Produkte	125
4.2	Klären der Aufgabenstellung	127
4.3	Anforderungslisten	130
4.3.1	Anforderungsarten	131
4.3.2	Anforderungskataloge	132
4.3.3	Formblatt für Anforderungslisten	138
4.3.4	Aufstellen der Anforderungsliste	139
4.3.5	Ergonomische Anforderungen	144
4.3.6	Designanforderungen	147
4.4	Qualitätssicherung beim Planen	149
4.5	Quality Function Deployment (QFD)	150
4.6	Zusammenfassung	158

5 Konstruktionsphase Konzipieren **159**

5.1	Abstrahieren und Problem formulieren	160
5.2	Funktionsstruktur und Funktionsanalyse	161
5.3	Lösungen finden mit merkmalsorientierten Methoden	165
5.3.1	Lösungen finden durch Analogien	166
5.3.2	Lösungen finden durch Variation	167
5.3.3	Lösungen finden durch Kombination	167
5.4	Lösungsprinzipien suchen	168
5.4.1	Analyse von Veröffentlichungen	169
5.4.2	Analyse bekannter technischer Systeme	169
5.4.3	Anregungen durch Analogien	170
5.4.4	Erkenntnisse aus Versuchen	170
5.4.5	Kreativität und Intuition	170
5.4.6	Brainstorming	173
5.4.7	Brainwriting	174
5.4.8	Methode 635	175
5.4.9	Mapping Techniken	177
5.4.10	Methode Morphologischer Kasten	185
5.4.11	Methode der Ordnenen Gesichtspunkte	190
5.4.12	Methode Konstruktionskatalog-Einsatz	194
5.4.13	Methode Problemlösungsbaum	199

5.5	Konstruieren mit Zulieferkomponenten	200
5.5.1	Zulieferkomponenten und Eigenentwicklungen im Vergleich	201
5.5.2	Produktentwicklung mit Zulieferkomponenten	203
5.5.3	Zulieferorientiertes Konstruieren	205
5.6	Lösungen entwickeln mit Bionik	207
5.6.1	Technische Biologie und Bionik	208
5.6.2	Bionischer Denk- und Handlungsprozess	210
5.6.3	Ausblick und Hinweise	211
5.7	Lösungen entwickeln mit Mechatronik	213
5.7.1	Übersicht und Einführung	214
5.7.2	Grundlagen mechatronischer Systeme	215
5.7.3	Aktoren	216
5.7.4	Sensoren	217
5.7.5	Ausblick und Hinweise	217
5.8	Bewerten von Lösungsvarianten	218
5.8.1	Grundlagen der Bewertung	219
5.8.2	Vorteil-Nachteil-Vergleich	219
5.8.3	Dominanzmatrix	220
5.8.4	Paarweiser Vergleich	220
5.8.5	Erkennen von Bewertungskriterien	221
5.8.6	Bewertung mit Punkten	222
5.8.7	Bewertungspraxis in der Konzeptphase	224
5.9	Qualitätssicherung beim Konzipieren	228
5.10	Konzept und Konzeption	229
5.11	Zusammenfassung	230
6	Konstruktionsphase Entwerfen	233
6.1	Allgemeine Forderungen an technische Produkte	233
6.2	Arbeitsschritte beim Entwerfen	234
6.3	Anwendung der Arbeitsschritte beim Entwerfen	236
6.3.1	Gelenkige Aufhängung entwerfen und gestalten	236
6.3.2	Entwerfen mit 3D-CAD/CAM-Systemen	244
6.4	Grundsätze für das Entwerfen	245
6.5	Gestaltungsgrundregeln	247
6.5.1	Grundregel „Eindeutig“	248
6.5.2	Grundregel „Einfach“	249
6.5.3	Grundregel „Sicher“	250
6.6	Gestaltungsprinzipien	253
6.6.1	Prinzipien der Kraftleitung	256
6.6.2	Regeln zur kraftflussgerechten Gestaltung	258
6.7	Gestaltungsrichtlinien	260
6.7.1	Fertigungsgerechte Gestaltung	263
6.7.2	Montagegerechte Gestaltung	274
6.7.3	Lärmarm konstruieren	282
6.7.4	Recyclinggerechte Gestaltung	287
6.7.5	Konstruktionsablauf mit Recyclingorientierung	297
6.7.6	Entsorgungsgerechte Gestaltung	312

6.8 Bewerten von Entwürfen 316
6.9 Qualitätssicherung beim Entwerfen 321
6.10 Fehler-Möglichkeits- und Einfluss-Analyse (FMEA) 322
6.11 Zusammenfassung 328

7 Konstruktionsphase Ausarbeiten 331

7.1 Erzeugnisgliederung 333
7.2 Zeichnungen 337
7.3 Stücklisten 340
 7.3.1 Stücklistenaufbau 342
 7.3.2 Stücklistenarten 345
 7.3.3 Gliederung der Stücklistenarten 351
 7.3.4 Verwendung von Stücklisten 352
7.4 Nummernsysteme 354
 7.4.1 Nummerungstechnik - Grundlagen 354
 7.4.2 Arten und Eigenschaften von Nummern 355
 7.4.3 Ziele der Nummerung 356
 7.4.4 Identnummern 357
 7.4.5 Klassifizierungsnummern 357
 7.4.6 Nummernsysteme 360
 7.4.7 Sachnummern 363
 7.4.8 Sachnummernsystem 363
7.5 Sachmerkmale 366
 7.5.1 Sachmerkmalleisten 368
 7.5.2 Anzahl und Wertigkeit der Sachmerkmale 370
 7.5.3 Sachnummernsystem durch Klassifizierung über Sachmerkmale 371
 7.5.4 Methode zum Erarbeiten von Sachmerkmalen 378
7.6 Qualitätssicherung beim Ausarbeiten 381
7.7 Qualitätsdenken 382
7.8 Zusammenfassung 383

8 Konstruktion und Kosten 385

8.1 Kostenbegriffe 386
8.2 Kosteneigenschaften 388
8.3 Einflussgrößen auf die Herstellkosten 389
 8.3.1 Anforderungen 390
 8.3.2 Lösungsprinzip 390
 8.3.3 Baugröße 392
 8.3.4 Stückzahl 392
8.4 Kostengünstig Konstruieren 392
8.5 Kostenermittlungsverfahren 395
8.6 Relativkosten 396
 8.6.1 Vorteile und Nachteile 396
 8.6.2 Erarbeiten und Aktualisieren 397
 8.6.3 Darstellung und Beispiel 398

8.6.4	Gültigkeit der Relativkosten	399
8.6.5	Einsatz der Methode	400
8.7	ABC-Analyse	403
8.8	Wertanalyse	408
8.8.1	Entwicklung der Wertanalyse	410
8.8.2	Grundbegriffe der Wertanalyse	411
8.8.3	Auswahlkriterien für Wertanalyseprojekte	415
8.8.4	System Wertanalyse	416
8.9	Methode zur Kostenanalyse	418
8.10	Herstellkostenermittlung durch Kalkulation	420
8.11	Zusammenfassung	426
9	Rechnerunterstütztes Konstruieren	427
9.1	CAD/CAM - Begriffe und Systeme	427
9.1.1	CAD - Computer Aided Design	428
9.1.2	CAP - Computer Aided Planning	429
9.1.3	CAM - Computer Aided Manufacturing	429
9.1.4	CAQ - Computer Aided Quality Assurance	430
9.1.5	PPS - Produktionsplanung und -steuerung	430
9.1.6	CAD/CAM	430
9.1.7	CAID - Computer Aided Industrial Design	431
9.2	Konstruieren mit 3D-CAD/CAM-Systemen	432
9.3	Informationstechnik und Konstruktionsprozess	440
9.4	Zusammenfassung	445
10	Übungsaufgaben	446
10.1	Aufgabenstellungen	446
10.1.1	Aufgabenstellungen zu Kapitel 1	446
10.1.2	Aufgabenstellungen zu Kapitel 2	447
10.1.3	Aufgabenstellungen zu Kapitel 3	450
10.1.4	Aufgabenstellungen zu Kapitel 4	451
10.1.5	Aufgabenstellungen zu Kapitel 5	454
10.1.6	Aufgabenstellungen zu Kapitel 6	462
10.1.7	Aufgabenstellungen zu Kapitel 7	464
10.1.8	Aufgabenstellungen zu Kapitel 8	470
10.1.9	Aufgabenstellungen zu Kapitel 9	473
10.2	Lösungen	474
10.2.1	Lösungen zu Kapitel 1	474
10.2.2	Lösungen zu Kapitel 2	475
10.2.3	Lösungen zu Kapitel 3	480
10.2.4	Lösungen zu Kapitel 4	483
10.2.5	Lösungen zu Kapitel 5	492
10.2.6	Lösungen zu Kapitel 6	508
10.2.7	Lösungen zu Kapitel 7	513
10.2.8	Lösungen zu Kapitel 8	519
10.2.9	Lösungen zu Kapitel 9	521

11	Menschenorientierte Konstruktion	522
11.1	Menschenorientierung	522
11.1.1	Konstruktionsorientierung auf Menschen	524
11.1.2	Kompetenz der Konstrukteure	524
11.1.3	Ethik - Grundlagen und Begriffe	526
11.1.4	Technikbewertung und Ethik	528
11.1.5	Die Ethische Maschine	529
11.1.6	Ingenieurpsychologie	531
11.2	Konstruktionsstrategie für Gerontik-Produkte	535
11.2.1	Begriff Gerontik®	535
11.2.2	Zukunft-Technologien	536
11.2.3	Erfahrung und Alter	537
11.2.4	Demografischer Wandel	539
11.2.5	Bedürfnisse der Menschen	539
11.2.6	Bedeutung der Gerontik®	541
11.2.7	Fachgebiete mit dem Wortbildungselement Geronto	544
11.2.8	Anforderungen an Produkte der Gerontik®	549
11.2.9	Lösungen entwickeln mit Gerontik®	552
11.2.10	Nutzung von Prinzipien	552
11.2.11	Anzahl der Prinzipien	554
11.2.12	Sieben Prinzipien der Gerontik®	555
11.2.13	Grundbegriffe des Design	558
11.2.14	Prinzipien des Universal Design	560
11.2.15	Grundbegriffe der Ergonomie	562
11.2.16	Entwicklung eines Sattelstuhls	564
11.2.17	Strategie für Gerontikprodukte	566
11.2.18	Zusammenfassung	567
11.3	Strategie für frugale Produkte	567
11.3.1	Frugale Produkte	568
11.3.2	Frugale Innovation	569
11.3.3	Geplantes Vorgehen	570
11.4	Strategien gegen Obsoleszenz	571
11.4.1	Geplante Obsoleszenz	571
11.4.2	Optimale Lebens- oder Nutzungsdauer von Produkten	572
11.4.3	Kernempfehlungen und Handlungsempfehlungen	573
11.5	Reparatureignung von Produkten	574
11.5.1	Instandhaltung	574
11.5.2	Instandsetzungsgerechtes Konstruieren	576
11.5.3	Reparatur-Nutzen und Aufwand	577
11.6	Agile Produktenwicklung	580
11.6.1	Agil - Begriffsklärung	581
11.6.2	Agile Managementmethoden	581
11.6.3	Scrum - Methode	583
11.6.4	User Story Mapping	589
11.6.5	Zusammenfassung	590

12	Maschinenelemente	592
12.1	Systematik und Einteilung	592
12.2	Informationsblätter Maschinenelemente	593
13	Literaturverzeichnis	611
Quellen und weiterführende Literatur	611	
Konstruktionslehre und Konstruktionsmethodik	611	
Integrierte Produktentwicklung	612	
Interdisziplinäre Zusammenarbeit	612	
Kommunikation	612	
Grundlagen der Teamarbeit	612	
Ablauf Designprozesse	613	
Ablauf Ergonomieprozesse	613	
Ueware-Entwicklungsprozess	613	
Kennzahlen	613	
Konstruktionsphase Planen	614	
Qualität in der Konstruktion	614	
Konstruktionsphase Konzipieren	615	
Ideenfindung	615	
Mapping Techniken	615	
Konstruktionskataloge	616	
Bionik	617	
Mechatronik	618	
Konstruktionsphase Entwerfen	618	
Sicherheit	619	
Fertigung und Montage	619	
Lärmarm konstruieren	620	
Recycling und Entsorgung	620	
Konstruktionphase Ausarbeiten	621	
Technisches Zeichnen	621	
Stücklisten	622	
Nummernsysteme	622	
Konstruktion und Kosten	622	
Rechnerunterstütztes Konstruieren	623	
Menschenorientierte Konstruktion	624	
Menschenorientierung	624	
Ethik	624	
Ingenieurpsychologie	625	
Konstruktionsstrategie für Gerontik-Produkte	625	
Gerontik® - Einordnung und Begriff	625	
Anforderungen an Produkte der Gerontik®	626	
Prinzipien der Gerontik®	627	
Grundlagen Design	627	
Design und Ergonomie	628	
Grundlagen Ergonomie	628	

Arbeitsgestaltung	629
Strategie für frugale Produkte	630
Frugale Produkte	630
Frugale Innovation	630
Strategien gegen Obsoleszenz	630
Reparatureignung von Produkten	631
Agile Produktentwicklung	631
Maschinenelemente	632

 Sachwortverzeichnis	633
--	------------

1

Konstruktionslehre und Konstruktion

Konstruktionslehre ist die Lehre vom Konstruieren. Zu klären ist, was Konstruieren eigentlich für eine Tätigkeit ist und welche Vorgehensweisen sinnvoll sind, um das Konstruieren lehr- und lernbar darzustellen. Die Grundlagen der Konstruktionslehre zu behandeln bedeutet, nicht den Anspruch zu erheben das gesamte Wissen und alle Erkenntnisse zu beschreiben, sondern nur das Basiswissen zu vermitteln. Die Konstruktionslehre ist ein Fachgebiet, das schon seit mehreren Jahren zur Ingenieurausbildung gehört. Da aus Erfahrungen bekannt ist, dass ca. 50% der Ingenieure in konstruktiven Bereichen der Betriebe tätig sind, hat die Konstruktionslehre eine besondere Bedeutung.

Für das Konstruieren sollten gewisse Fähigkeiten und Neigungen vorhanden sein, die in Bild 1.1 als Übersicht angegeben sind. Bei entsprechendem Interesse sind gewisse Lücken ohne weiteres durch Lernen zu schließen. Es ist auch schon erkennbar, dass zum Konstruieren von technischen Produkten mehr zu beachten ist, als das einfache Kombinieren von Elementen. Das zeigt sich insbesondere an den automatisierten Maschinen und Anlagen, die heute als Ergebnisse guter Konstruktionsarbeit in vielen Firmen vorhanden sind und im täglichen Leben genutzt werden, wie z. B. Werkzeugmaschinen, Haushaltsgeräte, Büroeinrichtungen, Automobile, Schienenfahrzeuge usw.



Bild 1.1 Wissensbasis für das Konstruieren

Die in Bild 1.1 angegebene Wissensbasis ist für alle konstruktiven Tätigkeiten wichtig. Eine **Wissensbasis** enthält das notwendige Wissen und die Fähigkeiten, um das im Kern angegebene Thema umfassend zu behandeln.

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

Durch eine Konstruktion entsteht nach *Erlhoff/Marshall* eine eindeutige Beziehung von Funktion und Form. Der Begriff wird häufig, zuweilen irreführend, synonym mit Design verwendet. Die Herstellung von Konstruktionen erfolgt in **Konstruktionsprozessen**, nach Arbeitsschritten, Verfahren, Rechenvorschriften und Regeln. Die Konstruktionswissenschaft beschäftigt sich mit Konstruktionen und Konstruktionsprozessen sowie mit den wissenschaftlich-technischen Grundlagen der Konstruktionslehre. **Konstruktionstechnik**, als Bereich der Technikwissenschaften, untersucht nach *Müller* 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 sowie die Verbesserung der Effektivität der Prozesse und der Qualität der Ergebnisse im Konstruktionsbereich.

Konstruktion ist als Wortbildungselement sehr weit verbreitet. Das folgende Bild 1.2 enthält eine Übersicht häufig verwendeter Begriffe, die hier und in den folgenden Kapiteln erklärt werden.

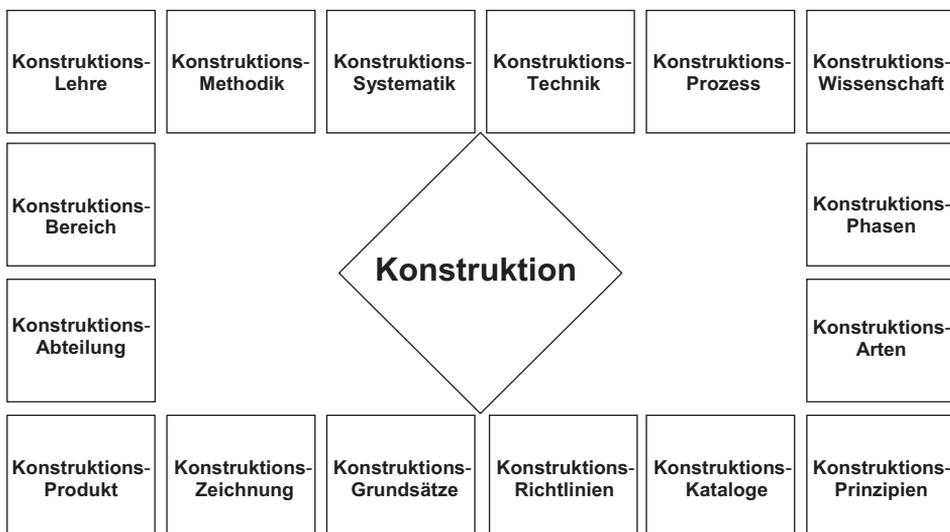


Bild 1.2 Konstruktionsbegriffe

Konstrukteure sind technisch interessierte Menschen mit Fähigkeiten und Neigungen für das bildhafte Vorausdenken und das gedankliche Realisieren technischer Gebilde als Lösungen technischer Aufgaben, die sie auf Zeichnungen darstellen, gestalten, berechnen und eindeutig beschreiben.

Der Ablauf des kreativen Denkens beim Konstruieren ist nach *Hansen* rationell zu gestalten. Die notwendige geistige Tätigkeit kann aufgeteilt werden in eine formal-geistige und in eine kreativ-geistige Tätigkeit. Die formal-geistige Tätigkeit kann nach Methoden erfolgen, der kreativ-geistige Anteil ist auch in gewissem Umfang zu beeinflussen.

Um beim Konstruieren kreativ tätig zu sein, sind nicht allein das Wissen und die Kenntnis von vorhandenen Lösungen als Vorlagen ausreichend. Das Konstruieren ist nicht eine Kunst, sondern insbesondere das Ergebnis logischen Denkens. Ohne besondere konstruktive Fähigkeiten ist der Konstrukteur umso mehr auf logisches Denken angewiesen, um sich folgerichtig und sicher an eine gute Lösung heranzutasten.

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 Routine-tätigkeiten.

Der übliche Ablauf im Konstruktionsalltag kann auch beschrieben werden durch Angabe der schrittweise zu erledigenden Aufgaben und deren gewünschte Ergebnisse. Für eine Aufgabenstellung sind die vollständigen Informationen zu erarbeiten und bereit zu stellen, 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.

Nach diesen Hinweisen ist die Vielfalt der Überlegungen erkennbar, die vor dem Umsetzen in reale Lösungen auf technischen Zeichnungen erforderlich ist. Konstruieren als Tätigkeit zum Lösen von technischen Aufgaben ist also nicht mit einem Satz zu definieren, sondern erfordert Erläuterungen, die individuell unterschiedlich sind.

Die **Konstruktionslehre** behandelt die für das Konstruieren im Maschinenbau erforderlichen wissenschaftlich-technischen Grundlagen. Es wurden allgemeingültige Methoden für das systematische Vorgehen beim Konstruieren entwickelt, die Erfahrungen guter Konstrukteure aufbereitet und das sehr komplexe Grundwissen der Gestaltung strukturiert zusammengefasst.

Die Tätigkeiten zum Bearbeiten von konstruktiven Aufgaben werden in den folgenden Kapiteln erklärt und mit Hilfsmitteln so dargestellt, dass eine eindeutige Beschreibung vorliegt. Um die allgemeine Anwendbarkeit für Einzelteile, Baugruppen, Maschinen, Apparate, Geräte oder Anlagen in allen Bereichen der Technik zu zeigen, wird als Oberbegriff **technische Gebilde** verwendet. Neue Lösungen für Konstruktionsaufgaben ergeben sich vor allem durch kreative Tätigkeiten der Konstrukteure, während die Routinearbeiten mehr zur normgerechten Darstellung und Klärung von Einzelheiten eingesetzt werden. Das kreative Denken mit einfallsbetonter Ideenfindung ergänzt sich beim Konstruieren mit dem systematischen Vorgehen zu einer Einheit.

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.

Die **Konstruktionsausbildung** beginnt in der Regel mit der Vermittlung der Konstruktionsgrundlagen, wie Technisches Zeichnen, Normung, Toleranzen, Passungen und Oberflächenangaben. In zugeordneten Übungen sind technische Zeichnungen anzufertigen, z. B. durch Maßaufnahmen von Teilen, also die Geometrie mit Maßen, Toleranzen, Oberflächenangaben usw. nach den Regeln als technische Zeichnungen darzustellen.

Anschließend werden die **Maschinenelemente** behandelt, um Kenntnisse der Teile zu vermitteln, die häufig in Maschinen eingesetzt werden, wie z. B. Schrauben, Wellen, Lager oder Zahnräder. Mit diesen Kenntnissen sind Konstruktionsübungen als Aufgaben lösbar. Dies sind einfache Baugruppen oder Produkte, die nach einem vorgegebenen Prinzip oder Schema zu entwerfen sind, um die Anwendung der Maschinenelemente zu lernen. Tabelle 1.1 vergleicht die bekannten Tätigkeiten für das Bearbeiten von Konstruktionsübungen mit den Tätigkeiten beim Methodischen Konstruieren, indem diese den Konstruktionsphasen zugeordnet werden. Die beispielhaft genannten Punkte zeigen deutlich, dass mit dem Methodischen Konstruieren die Kenntnisse weiterzuentwickeln sind.

Tabelle 1.1 Vergleich von Konstruktionsübungen mit Methodischem Konstruieren

Konstruktionsübungen Tätigkeiten	Konstruktions- phasen	Methodisches Konstruieren Tätigkeiten
	Planen	Aufgabenstellung klären Informationen beschaffen Anforderungsliste ausarbeiten
	Konzipieren	Abstrahieren und Problem formulieren Funktionen beschreiben Black-Box-Methode anwenden Lösungsprinzipien suchen Lösungselemente für Funktionen Systematische Lösungsentwicklung Lösungsvarianten untersuchen Konzept festlegen
Aufgabenstellung als Text mit Prinzipiskizzen lesen und umsetzen Maschinenelemente auswählen, um Funktionen zu erfüllen Entwurfsberechnung durchführen Geometrie gestalten Werkstoffe auswählen Normteile und Handelsteile einsetzen Entwurfszeichnung erstellen mit Teiledaten und Festigkeitsberechnung	Entwerfen	Entwerfen nach Arbeitsschritten Grobentwurf skizzieren Entwurfsberechnung durchführen Geometrie gestalten Werkstoffe auswählen Grundregeln, Prinzipien und Richtlinien der Gestaltung anwenden Maschinenelemente, Normteile und Handelsteile für die Funktionen wählen Entwurfszeichnung erstellen mit Teiledaten und Festigkeitsberechnung Baugruppen festlegen
Einzelteilzeichnungen anfertigen Stückliste erstellen Hinweise für Fertigung und Montage festlegen	Ausarbeiten	Einzelteilzeichnungen anfertigen Stücklisten der Baugruppen erstellen Hinweise für Fertigung und Montage festlegen Betriebsanleitung und Dokumentation

■ 1.1 Einführung und Erfahrungen

Die Bedeutung der **Konstruktion** als Abteilung oder als Ergebnis einer technischen Aufgabe, dargestellt auf einer technischen Zeichnung bzw. als fertiges Produkt, wird stets unterschiedlich bewertet. Meistens verbinden Außenstehende damit die Tätigkeiten Berechnen, Zeichnen, Untersuchen, Gestalten, Planen usw. Erst wenn durch die Erstellung von technischen Zeichnungen mit der Gestaltung von Bauteilen oder einfachen Baugruppen, wie z. B. einem Schraubstock, erste Entwurfszeichnungen angefertigt werden, ergibt sich ein erster Eindruck von den Aufgaben der Konstruktion. Dann ist auch zu erkennen, dass gute Kenntnisse und Erfahrungen vorhanden sein müssen, die in den Fachgebieten Maschinenelemente und Konstruktionsgrundlagen vermittelt werden. Dazu gehören auch die Fachgebiete Fertigungstechnik und Werkstoffkunde, sowie in gewissem Umfang das

Grundlagenwissen der Technik und der Automatisierungstechnik. Nach dem selbständigen Lösen einfacher Konstruktionsübungen sind folgende Erfahrungen bekannt.

Erkenntnisse erster eigener Konstruktionsarbeiten bei kritischer Betrachtung:

- nicht nur nach Beispielen arbeiten
- ein Problem hat mehrere Lösungen
- Fachwissen ist erforderlich
- nach Regeln arbeiten ist sinnvoll
- Auswahlentscheidungen sind erforderlich
- Informationen müssen beschafft und umgesetzt werden

Mit dem ersten Beispiel soll vor weiteren Aussagen zum Thema die Problematik verdeutlicht werden, die beim Bearbeiten von konstruktiven Aufgaben auftreten kann.

Beispiel Hebel: Die Aufgabe besteht darin, ein Einzelteil zu entwerfen und eine technische Zeichnung zu erstellen. Sie wurde in Anlehnung an eine Untersuchung von *Hansen* aufbereitet. Für diese erste Konstruktionsübung sind von einer Baugruppe die wichtigsten Maße, die in dem neuen Teil erforderlichen Formelemente sowie die geometrischen Bedingungen in einer Skizze in Bild 1.3 dargestellt.

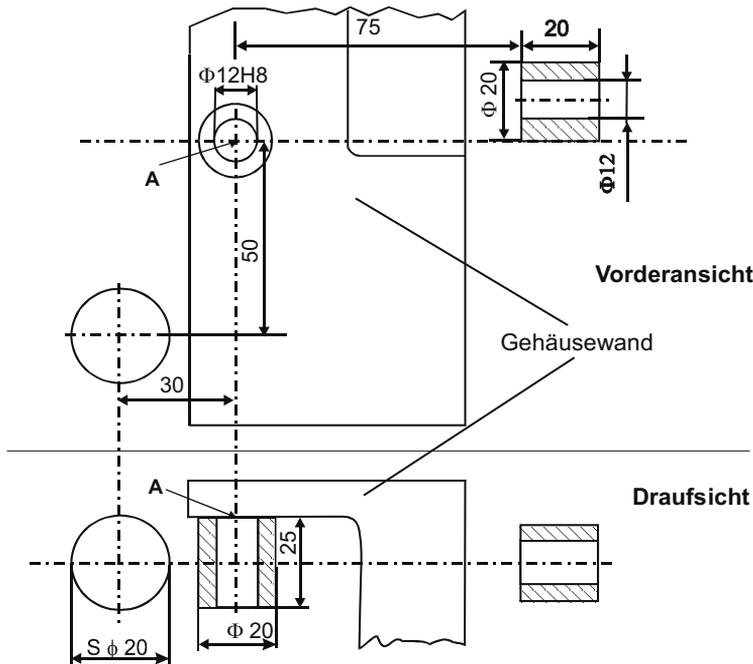


Bild 1.3 Skizze der Aufgabe mit den geometrischen Bedingungen

Die Formelemente Bohrung, Buchse und Kugel sind an den äußeren Konturen so mit Material zu verbinden, dass die Bohrungen der beiden Buchsen frei bleiben und die Kugel nur in einem Teilbereich verwendet wird. Der zu gestaltende Hebel soll mit der Bohrung 12 H8 auf einen Bolzen gesteckt werden, der an der Gehäusewand befestigt ist. Um diese Drehachse sollen Schwenkbewegungen von $\pm 5^\circ$ ohne Berührung der skizzierten Gehäusewände möglich sein. Die Bewegungseinleitung erfolgt an der äußeren Bohrung oder an der Kugel. Da dabei nur sehr geringe Kräfte auftreten, ist keine Festigkeitsberechnung erforderlich. Die Gestaltung soll so erfolgen, dass die Kosten bei absoluter Funktionssicherheit und hohen Stückzahlen gering sind.

Konstrukteure werden für solch eine Aufgabe je nach Erfahrung und Fachgebiet relativ schnell eine Lösungsidee haben und diese als Entwurf aufzeichnen. Diese Aufgabe wurde mehreren Konstrukteuren vorgelegt, die aus verschiedenen Maschinenbaubereichen kamen und dementsprechend sehr unterschiedliche Entwurfszeichnungen erstellten. Einige Beispiele sind in dem folgenden Bild 1.4 dargestellt.

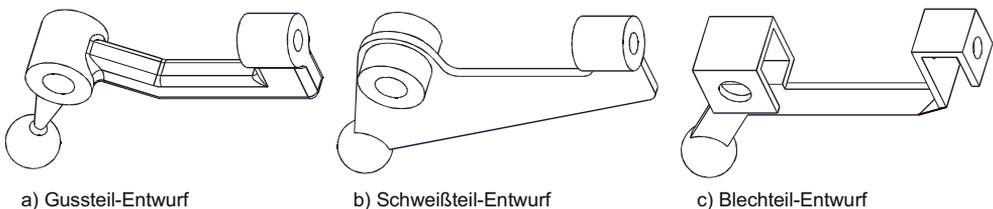


Bild 1.4 Drei Entwürfe mit unterschiedlichen Schwerpunkten

In Bild 1.4a ist ein solides Guss- oder Schmiedeteil eines Konstrukteurs aus dem Schwermaschinenbau dargestellt, der sich gut mit diesen Fertigungsverfahren auskennt. Eine zweite Lösung zeigt eine Ausführung als Schweißkonstruktion durch Verbinden der Formelemente mit einem einfachen Blechteil, so wie sie bei Einzelfertigung oder bei kleinen Serien, z. B. im Versuchsbau üblich ist. Die Entwurfszeichnung im Bildteil c könnte von einem Konstrukteur stammen, der die Blechteilfertigung kennt und dadurch seine Gestaltung mit diesem Fertigungsverfahren realisiert hat.

Die für diese Ergebnisse abgelaufenen Überlegungen sind nicht eindeutig nachzuvollziehen, da neben den Einflüssen aus dem Tätigkeitsbereich auch der Einfluss der üblichen Vorgehensweise – unter Zeitdruck zu konstruieren – zu einer schnellen Lösung geführt haben könnte.

Die für die Lösung dieser Aufgabe wesentlichen Gedanken sollen einmal systematisch untersucht werden. Dabei ergibt sich als Kern der Aufgabe, dass drei Formelemente und ihre gegenseitige Lage zueinander gegeben sind. Durch die feste Verbindung dieser Elemente soll eine Bewegungsübertragung möglich werden. Diese grundsätzliche Aufgabe zur Lösungsfindung ist der Skizze in Bild 1.5 zu entnehmen.

Die Aufgabe besteht also in erster Linie nicht mehr aus dem Gestalten eines Bauteils, sondern aus dem Erkennen der Grundelemente, deren Anordnung zueinander und einem systematischen Erarbeiten der Lösungsmöglichkeiten. Erst nach diesen Arbeitsschritten werden die Gestaltungsmöglichkeiten mit verschiedenen Fertigungsverfahren untersucht.

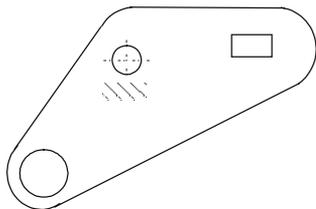


Bild 1.5 Schematische Skizze zur Lösungsfindung

Durch die dreieckige Anordnung der Formelemente ergeben sich fünf Möglichkeiten der Verbindung, wie das folgende Bild 1.6 zeigt. Werden die zugeordneten Entwurfsskizzen mit den Entwürfen der Konstrukteure verglichen, so ist zu erkennen, dass alle Entwürfe der Bauform 2 entsprechen. Mögliche Gründe dafür ergeben sich aus der Formulierung der Aufgabe und aus der Wahl der Konstrukteure.

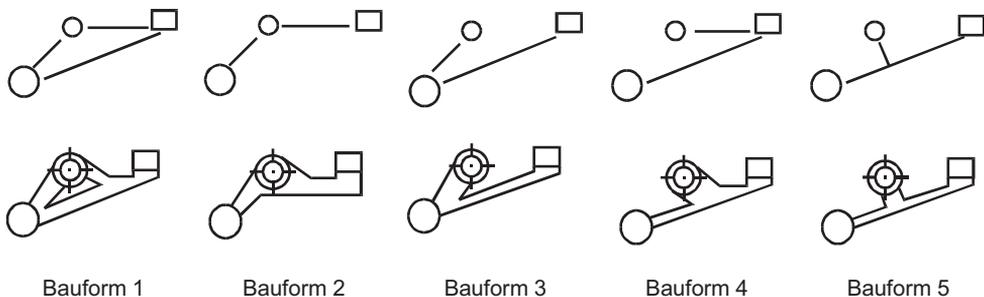


Bild 1.6 Fünf mögliche Bauformen als Strichskizzen und als Bauteile

Eine systematische Untersuchung der Lösungsalternativen unter Beachtung einer einfachen Gestaltung, der Werkstoffart, der Fertigung, der Herstellkosten, der Werkzeuge und Vorrichtungen führt zu einer guten Lösung aus Kunststoff mit der Struktur der 5. Bauform in Bild 1.6, wie in dem folgenden Bild 1.7 vereinfacht dargestellt.

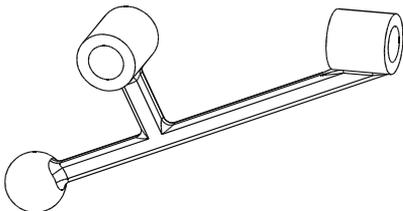


Bild 1.7 Lösungsskizze eines Kunststoffteils

Zur Klärung der Frage, warum die Konstrukteure die Bauform 5 nicht gefunden haben, muss eigentlich nur konsequent analysiert und festgehalten werden, welche Gedanken zu den guten Lösungen geführt haben. Es ist festzustellen, dass sich gute Ergebnisse in der

Regel durch systematisches Erarbeiten der Lösungsmöglichkeiten ergeben. Außerdem ist natürlich Ingenieurwissen, Erfahrung und Kreativität erforderlich.

Diese Aufgabe wurde auch regelmäßig Studierenden des Maschinenbaus im Hauptstudium mit dem zusätzlichen Hinweis vorgelegt, nicht nur ein Bauteil zu entwerfen, sondern zwei verschiedene. Damit sollte erreicht werden, dass nach dem ersten schnellen Skizzieren noch eine weitere Lösung durch zusätzliches Nachdenken geschaffen wird. Aber auch hier zeigte sich als Ergebnis oft nur eine Gestaltung für ein anderes Fertigungsverfahren ohne das erwünschte systematische Erarbeiten der Lösungsvarianten in Form von Strichskizzen für die möglichen Bauformen und ohne Werkstofffestlegung vor dem Entwurf.

Eine Konstruktionslehre muss in verschiedener Hinsicht unterstützend wirken, wenn sie in der Lehre und in der Praxis vorteilhaft einsetzbar sein soll. Aus den Erfahrungen beim Lösen konstruktiver Aufgaben in den verschiedenen Bereichen des Maschinenbaus wurden deshalb viele Erkenntnisse und Vorgehensweisen so aufbereitet, dass diese für neue Konstruktionsaufgaben sinnvoll nutzbar sind. Die **Konstruktionslehre** hat daraus als wesentliche Ziele die Vermittlung von Methodenwissen und die Darstellung der Hilfsmittel zum Bearbeiten konstruktiver Aufgaben festgelegt. Bild 1.8 enthält zusammengefasst Erfahrungen des systematischen Arbeitens als Wissensbasis.



Bild 1.8 Wissensbasis für die Erfahrungen beim Methodischen Konstruieren

Das systematische Arbeiten setzt voraus, dass Methoden und Hilfsmittel in Übungen vorgestellt und angewendet werden. Sehr wichtig ist das selbständige Bearbeiten der Übungen mit anschließender Klärung offener Fragen und Diskussion der Ergebnisse. Der Einsatz der Methoden und Hilfsmittel bedeutet in der Anfangsphase der Konstruktion erheblich mehr Zeitaufwand, insbesondere bei gleichzeitigem Lernen. Die Erfahrung zeigt, dass es nicht sinnvoll ist, jede Aufgabe mit allen Methoden und Hilfsmitteln zu bearbeiten, sondern mit den vorhandenen Kenntnissen ist jeweils abzuwägen, ob sich durch einen erhöhten Aufwand Vorteile oder Verbesserungen ergeben. So sind z. B. einfache Produkte, die nur einmal hergestellt werden sollen, schneller ohne Methodik konstruiert.

Die **Anwendung der Konstruktionsmethodik** hat sich besonders bei anspruchsvollen oder bei komplexen Aufgabenstellungen bewährt, wie z. B.:

- Entwicklung von Serienprodukten
- Verbesserung von nicht mehr marktgerechten Produkten (Kosten, Wettbewerb, Stand der Technik)
- Entwicklung von wirtschaftlichen „Ausweichprodukten“ geschützter Lösungen
- Entwicklung von Lösungen für Abläufe und Verfahren in der Produktion mit Automatisierung (Backwaren, Verpackungen, usw.)
- Bearbeitung von Projekten im Studium mit fachlich noch nicht ausgereiften Kenntnissen

Aus diesen Überlegungen lassen sich bereits die wichtigsten **Aufgaben der Konstruktionslehre** ableiten, die erarbeitet werden müssen.

Die Konstruktionslehre benötigt Methoden und Hilfsmittel

- zum Beschaffen von Informationen
- zum Speichern von Informationen
- zum systematischen Anwenden von Kenntnissen
- zum methodischen Entwickeln von Lösungen
- zum Bewerten von Lösungen
- zum Gestalten von Produkten

Methoden beschreiben das allgemeine, geplante, gleichartige und schrittweise Vorgehen bei der Lösung einer Klasse von Problemen.

Hilfsmittel sind aufbereitete Unterlagen, die das methodische Konstruieren unterstützen, wie z. B. Lösungssammlungen, Gestaltungsregeln, Daten oder Arbeitsblätter.

Für das Fachgebiet Konstruktionslehre gibt es unterschiedliche Bezeichnungen, wie Konstruktionssystematik, Methodisches Konstruieren oder Konstruktionsmethodik. Da keine wesentlichen Unterschiede bestehen, werden alle Begriffe gleichwertig benutzt.

Ein Auszug aus der vorhandenen weiterführenden Literatur und einige spezielle Veröffentlichungen sind im Literaturverzeichnis angegeben.

■ 1.2 Konstruktion im Betrieb

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 zusammenarbeitende Abteilungen (Bild 1.9).

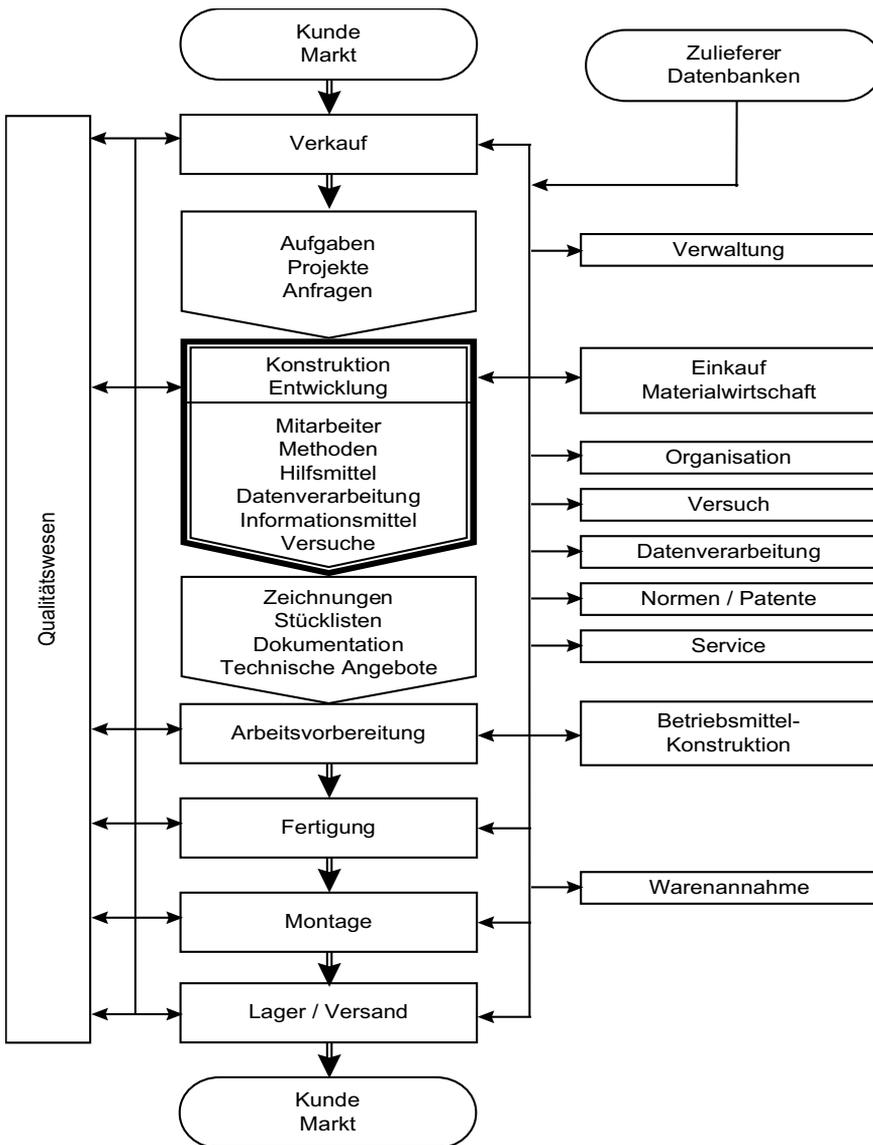


Bild 1.9 Vereinfachte Darstellung der Informationsverbindungen in Unternehmen

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.

Die in der Übersicht in Bild 1.9 gezeigte Aufgliederung 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 die Nachteile, dass oft zu wenig fertigungs-, montage- und damit kostengerecht konstruiert wird. Konstrukteure arbeiten unter enormem Zeitdruck und sollen trotzdem alle Erkenntnisse, Regeln und Anforderungen erfüllen, die durch den Stand der Technik bekannt sind.

Die **Produktarten** Einzel-, Kleinserien- oder Serienprodukte bedeuten unterschiedlichen Aufwand in den Abteilungen und bei den Abläufen im Betrieb. Da alle Produkte, die konstruiert werden, auch hergestellt werden müssen, sind in der Konstruktion gute Kenntnisse der Fertigungstechnik erforderlich. Insbesondere sind die im Betrieb vorhandenen Fertigungsmöglichkeiten und die Eigenschaften der Werkzeugmaschinen als unternehmensspezifisches Fertigungswissen für die Gestaltung von Produkten zu nutzen. Schon in der Produktentwicklung ist die Zusammenarbeit von Produktion und Konstruktion notwendig.

Nach der **Fertigungsart** eines Unternehmens lassen sich ebenfalls Regeln ableiten, die die Entwicklung und Konstruktion beeinflussen. Nach Untersuchungen des VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e.V.) wird heute nach Serien-, Kleinserien-, Gemischt- und Einzelfertiger unterschieden.

Die Entwicklung von **Einzelprodukten** erfolgt in der Regel durch einen einmaligen Durchlauf der wichtigsten Abteilungen. Versuch und Erprobung werden, falls erforderlich, an der Kundenmaschine durchgeführt.

Soll ein **Kleinserienprodukt** entwickelt werden, so sind Funktionsmuster oder Labormuster sinnvoll, die im Rahmen einer Produktverbesserung die angegebenen Abteilungen noch einmal durchlaufen. Gemischtfertiger haben mehrere Fertigungsarten im Unternehmen, d. h. es werden z. B. Blechteile in Großserien und Blecheinzelteile hergestellt.

Das schrittweise Entwickeln von **Serienprodukten** beinhaltet das wiederholte Durchlaufen von Entwicklung, Konstruktion, usw., um mit den neuen Erkenntnissen oder Informationen aus dem Musterbau und der Nullserienerprobung das Produkt zu optimieren. Die sich daraus ergebenden Abläufe im Unternehmen bei verschiedenen Fertigungsarten zeigt Bild 1.10.

Werkzeugmaschinen, Fertigungstechnik und die Fähigkeiten der Menschen sind die wichtigsten Voraussetzungen für die Herstellung von technischen Produkten in Betrieben und Unternehmen. Produkte sind Erzeugnisse, die als Ergebnis des Entwickelns und Konstruierens hergestellt oder angewendet werden (VDI 2223). Produkte werden für einen Markt entwickelt.

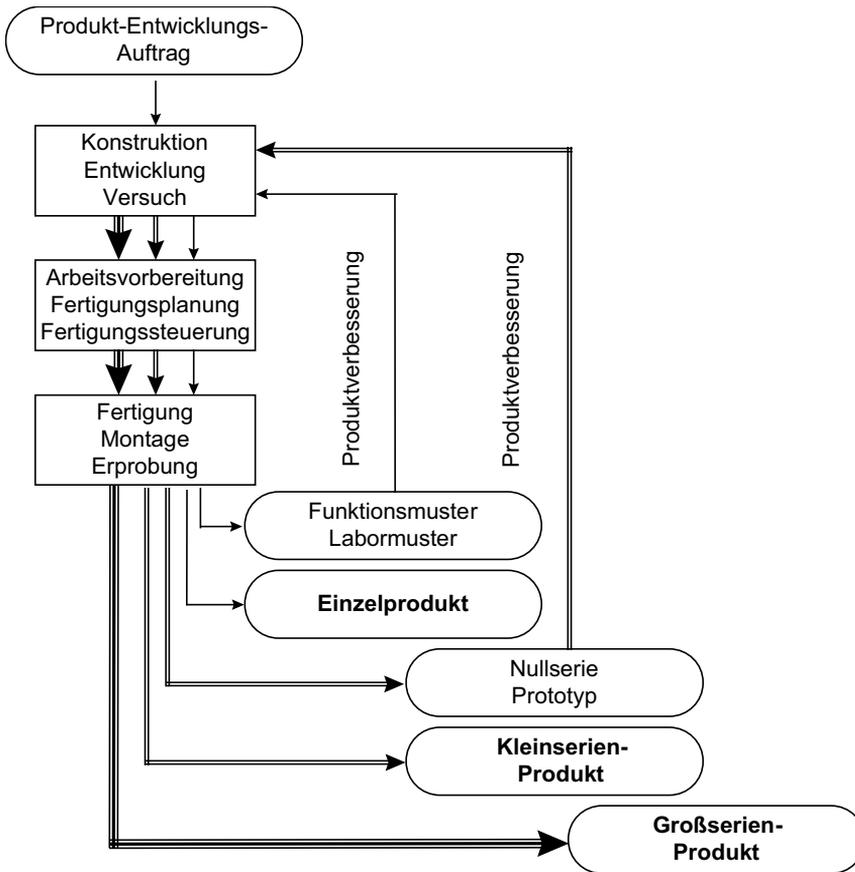


Bild 1.10 Produktarten und Abläufe bei der Produktentwicklung

Die **Produktentwicklung** wird stets von den Anforderungen des Marktes und vom Stand der Technik beeinflusst. Mit den immer schneller erforderlichen neuen Produkten, dem Einsatz von rechnerunterstützten Verfahren und durch Anwendung moderner Managementtechniken unterliegt der Bereich Konstruktion und Entwicklung einem stetigen Wandel und Anpassungsprozess. Eine Produktentwicklung, wie sie im folgenden Bild 1.11 gezeigt wird, muss und wird nicht in jedem Unternehmen anzutreffen sein. Dargestellt werden die heute üblichen Einflussfaktoren und Problemschwerpunkte. Als **Einflussfaktoren** werden neben der Funktion Qualität, Zeit und Kosten auftreten, für die die **Problemschwerpunkte** Projektabwicklung, Mitarbeiter und Methoden/Hilfsmitelesinsatz bekannt sind. Als Beispiele gelten benutzerunfreundliche Produkte, die nicht alle geforderten Funktionen oder mehr als gefordert erfüllen, zu hohe Herstellkosten verursachen oder verspätet auf den Markt kommen.

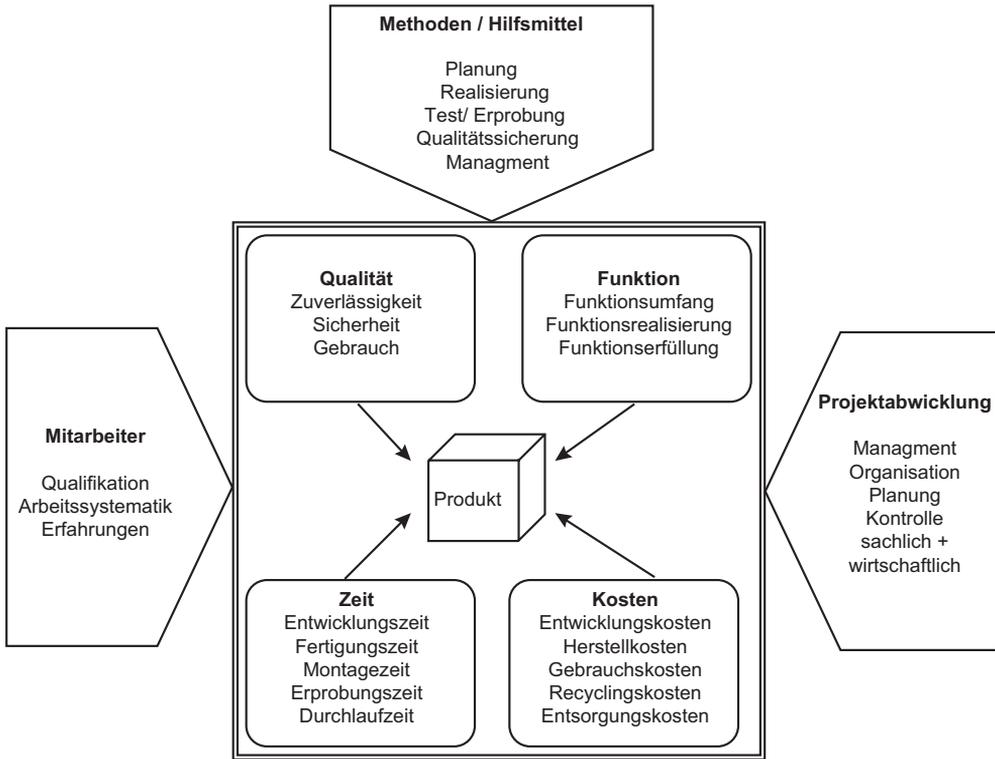


Bild 1.11 Produktentwicklung – Einflussfaktoren und Problemschwerpunkte

Produkte für alle Menschen ist der zentrale Anspruch in dem folgenden Bild 1.12 der darauf hinweisen soll, dass die Konstruktionslehre nicht nur geeignet ist die Grundlagen zu vermitteln für Investitionsgüter, sondern auch die für Konsumgüter. Hier sollen also Methoden und Beispiele für Maschinenbauprodukte und für menschenorientierte Produkte behandelt werden. Dazu gehören natürlich auch die Grundlagen-Kenntnisse und die Kenntnisse der menschenorientierten Konstruktion in Kapitel 11. Im oberen Teil des Bildes sind die in den Unternehmen umzusetzenden Aufgaben und einige Eigenschaften der Menschen angegeben. Im unteren Teil des Bildes sind ein Teil der Anforderungen aus den Märkten genannt. Die rechte Seite in Bild 1.12 bezieht sich auf menschenorientierte Produkte, die linke Seite gilt für beide Produktbereiche.