



EUROPA-FACHBUCHREIHE
für metalltechnische Berufe

Fachwissen Technische Produktdesigner 1

2. Auflage

VERLAG EUROPA-LEHRMITTEL · Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG
Düsselberger Straße 23 · 42781 Haan-Gruiten

Europa-Nr.: 14641

Autoren:

Marcus Gompelmann	OStR, Dipl.-Ing.	Düren
Anja Häcker	B.A., Ausbilderin	Oberderdingen
Gabriele Mols	Dipl.-Ing.	Dortmund
Bernhard Schilling	StR, Dipl.-Ing.	Attenweiler
Andreas Stenzel	OStR, Dipl.-Ing.	Balingen
Norbert Trapp	Ausbildungsleiter Technische Berufe, SSI Schäfer – Fritz Schäfer GmbH	Neunkirchen

Mitwirkende:

H.-P. Wissen, BFW Koblenz

H. Meyer, Bielefeld

Autorenteams der Lehrwerke „Fachkunde Metall“ (Europa-Nr. 10129), „Konstruktionslehre Maschinenbau“ (Europa-Nr. 14009), „Fachkunde Zerspantechnik“ (Europa-Nr. 15655), „Fachkunde Kunststofftechnik“ (Europa-Nr. 13802), „Industrielle Fertigung“ (Europa-Nr. 53510) sowie „Produktionsorganisation“ (Europa-Nr. 52417) durch das Beisteuern technischer Illustrationen

Verlagslektorat:

Dr. Astrid Grote-Wolff

Bildbearbeitung:

Zeichenbüro des Verlages Europa-Lehrmittel, Ostfildern

2. Auflage 2022

Druck 5 4 3 2

Alle Drucke derselben Auflage sind parallel einsetzbar, da sie bis auf die Korrektur von Druckfehlern identisch sind.

ISBN 978-3-7585-1252-0

Alle Rechte vorbehalten. Das Werk ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung außerhalb der gesetzlich geregelten Fälle muss vom Verlag schriftlich genehmigt werden.

© 2022 by Verlag Europa-Lehrmittel, Nourney, Vollmer GmbH & Co. KG, 42781 Haan-Gruiten
www.europa-lehrmittel.de

Satz: Satz+Layout Werkstatt Kluth GmbH, 50374 Erftstadt

Umschlag: braunwerbeagentur, 42477 Radevormwald

Umschlagbild: nach einer Vorlage von Gabriele Mols

Druck: mediaprint solutions GmbH, 33100 Paderborn

VORWORT

„**Fachwissen Technische Produktdesigner 1**“ richtet sich an **Auszubildende zum Technischen Produktdesigner/zur Technischen Produktdesignerin** der Fachrichtungen Maschinen- und Anlagenkonstruktion sowie Produktgestaltung und -konstruktion im 1. und 2. Ausbildungsjahr.

Es kann darüber hinaus von allen Berufsgruppen, Vollzeitbildungsgängen und Studierenden, die **konstruktiv** tätig sind und **3D-CAD-Modelle** sowie **technische Zeichnungen** erstellen, im Selbststudium eingesetzt und als aktueller Wissensspeicher genutzt werden.

■ Inhalte:

„**Fachwissen Technische Produktdesigner 1**“ vermittelt die Fachinhalte der **Lernfelder 1 bis 8 des Rahmenlehrplans** sowie die im **Ausbildungsrahmenplan** verankerten Fertigkeiten, Kenntnisse und Fähigkeiten.

Das Lehrwerk ist **lernfeldsystematisch** strukturiert. Der wesentliche Schwerpunkt ist die **funktions-, fertigungs- und prüfgerechte Gestaltung** von Bauteilen und Baugruppen und deren Darstellung in technischen Zeichnungen. Die Informationen zur Erstellung von 3D-CAD-Modellen und der zugehörigen Zeichnungsableitung werden **3D-CAD-System-unabhängig** vermittelt.

Der **aktuelle Normenstand** inklusive des Normensystems zur **Geometrischen Produktspezifikation** (ISO GPS) wird berücksichtigt.

Englische Fachtexte, Illustrationen und Aufgabenstellungen sowie Fachvokabular stehen in enger Verknüpfung mit den vermittelten Fachinhalten und regen zur **fremdsprachlichen Kommunikation** an.

Ein lernfeldübergreifendes Kapitel „**Industrie 4.0 und künstliche Intelligenz**“ schließt den ersten Band des zweibändigen Lehrwerks ab.

■ Didaktische Besonderheiten:

Die Lernfeld-Kapitel werden durch praxisnahe **Lernsituationen** eingeleitet, die auf die Erstellung von CAD-Modellen und die Ableitung technischer Zeichnungen zielen.

Die **sachlogische Darstellung der Fachinhalte** ermöglicht einen systematischen Wissensaufbau im Rahmen des Lernfeld-Unterrichts, aber auch im Selbststudium und zur Prüfungsvorbereitung. Merksätze, übersichtliche Tabellen und Anleitungen, eine reichhaltige Bebilderung mit engem Text-Bild-Bezug sowie zahlreiche Aufgaben zur Wiederholung und Vertiefung der Fachinhalte sichern den Lernerfolg.

■ Digitales Zusatzmaterial:

Alle Bilder und Tabellen des Lehrwerks sind für die Übernahme in eigenes Material digital zugänglich (s. Informationen zur EUROPATHEK auf der Umschlaginnenseite).

Ergänzend zum Bilderpaket stehen die **technischen Zeichnungen** zu Lernsituationen und Aufgaben als **PDF-Dokumente** zur Verfügung, sie können maßstabsgerecht ausgedruckt werden.

■ Neu in der 2. Auflage:

Das Feedback der Leser wurde in der 2. Auflage berücksichtigt. Außerdem erfolgte die Abstimmung auf aktuelle Normen, Stand Frühjahr 2022.

■ Ihr Feedback ist uns wichtig!

Wenn Sie mithelfen möchten, dieses Lehrwerk weiterzuentwickeln, schreiben Sie uns unter lektorat@europa-lehrmittel.de oder unter der Verlagsadresse. Wir freuen uns auf Ihre Anregungen und wünschen Ihnen viel Erfolg mit „**Fachwissen Technische Produktdesigner 1**“.

Sommer 2022

Autorenteam und Verlag

INHALTSVERZEICHNIS

1	TECHNISCHE SYSTEME ANALYSIEREN UND ERFASSEN	11
1.1	Lernsituationen	13
1.2	Arbeitsablauf beim Erstellen von technischen Zeichnungen	16
1.2.1	Planung	16
1.2.2	Entwurf	16
1.2.3	Realisierung	17
1.2.4	Kontrolle und Dokumentation	17
1.3	Technische Systeme	17
1.4	Informationsbeschaffung	18
1.4.1	Informationsquellen	19
1.5	Grundlagen der technischen Kommunikation	20
1.5.1	Ziele und Bedeutung der technischen Kommunikation	20
1.5.2	Arten der technischen Kommunikation	20
1.6	Normvorgaben zur Erstellung technischer Zeichnungen	24
1.6.1	Zeichnungsvordruck und Schriftfeld	24
1.6.2	Maßstäbe	25
1.6.3	Linienarten und -breiten	26
1.7	Bauteile in Ansichten und Schnitten normgerecht darstellen	27
1.7.1	Ansichten	27
1.7.2	Projektionsmethode	27
1.7.3	Anordnung von Ansichten	28
1.7.4	Schnitte	31
1.7.5	Schnittarten	31
1.7.6	Schnittverlauf	32
1.7.7	Besonderheiten bei Schnitten	33
1.7.8	Besondere Darstellungen	34
1.8	Maßeintragungen in technischen Zeichnungen	37
1.8.1	Elemente der Bemaßung	37
1.8.2	Kennzeichen für Maßangaben	38
1.8.3	Formen bei Bauteilen und Begriffe der Bemaßung	38
1.8.4	Grundlagen der Maßeintragung	39
1.8.5	Allgemeine Bemaßungsregeln	44
1.8.6	Bemaßung von Formelementen	45
1.8.7	Bemaßung nach Bezugsebenen	49
1.8.8	Bemaßung spezieller Geometrien	49
1.9	Oberflächenangaben	51
1.9.1	Begriffe zur Gestaltabweichung nach DIN 4760	52
1.9.2	Messung der Oberflächenrauheit	52
1.9.3	Rauheitskenngrößen	53
1.9.4	Angabe der Oberflächenbeschaffenheit in technischen Zeichnungen	53
1.9.5	Anhaltswerte für Oberflächenrauheiten	57
1.10	Werkstückkanten nach DIN ISO 13715	58
1.11	Toleranzen	60
1.11.1	Allgemeintoleranzen	60
1.11.2	Eindeutigkeit von Maßeintragungen	61
1.11.3	Zeichnerische Eintragung von Grenzmaßen	66
1.11.4	Besonderheiten der Bemaßung bei der geometrischen Produktspezifikation	67
1.11.5	Einführung in die funktionsgerechte Tolerierung	69
1.12	Bemaßung rotations-symmetrischer Bauteile	70
1.12.1	Bemaßung von Drehteilen	70
1.12.2	Kegel	72
1.12.3	Gestaltung von Wellenschultern	73
1.12.4	Nuten für Passfedern	75
1.12.5	Nuten für Sicherungsringe	78
1.13	Freihandzeichnungen	80
1.13.1	Werkzeuge für Freihandzeichnungen	80
1.13.2	Arbeitstechniken zum Freihandzeichnen	80
1.14	Gewinde	82
1.14.1	Funktionsweisen von Gewinden	82

1.14.2	Einteilung der Gewinde nach der Profilform	83	1.17	Werkstücke räumlich darstellen	106
1.14.3	Einteilung der Gewinde nach der Gangzahl	84	1.17.1	Isometrische Projektion	106
1.14.4	Einteilung der Gewinde nach dem Drehsinn	84	1.17.2	Dimetrische Projektion	106
1.14.5	Darstellung und Bemaßung von Gewinden	85	1.17.3	Kabinettprojektion	107
1.14.6	Gewindefreistiche	88	1.18	Baugruppen darstellen	107
1.14.7	Darstellung von Gewinden im Zusammenbau	89	1.18.1	Darstellung von Baugruppen	107
1.15	Schrauben und Muttern	90	1.18.2	Positionsnummern	108
1.15.1	Schraubenarten	90	1.18.3	Stückliste	109
1.15.2	Mutternarten	92	1.19	Zeichnungskontrolle	111
1.15.3	Werkstoffe für Schrauben und Muttern	93	1.20	Grundbegriffe der Elektrotechnik	113
1.15.4	Normbezeichnungen für Schrauben und Muttern	94	1.20.1	Elektronenstrom	113
1.15.5	Unterlegteile und Sicherungen für Schraubenverbindungen	94	1.20.2	Stromkreis	113
1.15.6	Senkungen	95	1.20.3	Elektrische Spannung	114
1.15.7	Zeichnerische Darstellung von Schraubenverbindungen	98	1.20.4	Elektrischer Strom	114
1.16	Stifte als Verbindungselemente	103	1.20.5	Elektrischer Widerstand	115
1.16.1	Einteilung der Stifte	103	1.20.6	Stromarten	117
1.16.2	Zylinderstifte	104	1.20.7	Elektrische Arbeit und elektrische Leistung	117
1.16.3	Spannstifte	105	1.20.8	Schutzmaßnahmen	119
			1.21	Technical English	120
			1.21.1	Technical drawings	120
			1.21.2	Threads	121
			1.21.3	Tolerances	123
			1.21.4	Electricity	124

2 BAUTEILE UND BAUGRUPPEN COMPUTERUNTERSTÜTZT ERSTELLEN 126

2.1	Lernsituationen	128	2.4	Rechnergestütztes Konstruieren	135
2.2	Computerunterstützte Arbeitswelt	130	2.4.1	Allgemeine Grundlagen der Konstruktion	135
2.2.1	CIM, CAD, CAM ...	130	2.4.2	Geometrische Grundlagen der rechnergestützten Konstruktion	137
2.2.2	Der Arbeitsplatz des Technischen Produktdesigners	131	2.4.3	Modellierungsverfahren bei der rechnergestützten Konstruktion	140
2.3	Anwenden von Informations- und Kommunikationstechniken	132	2.4.4	Boolesche Operationen	141
2.3.1	Datenschutz	132	2.4.5	Modelltypen	142
2.3.2	Datensicherheit	132	2.4.6	Skizzen bei der rechnergestützten Konstruktion	142
2.3.3	Datensicherung	132	2.4.7	Platzierte Elemente	148
2.3.4	Datenaustausch	133	2.4.8	Baugruppenabhängigkeiten	149

2.4.9	Strukturierungsmethoden	151	2.6.5	Verwendung von Norm- und Kaufteilen berücksichtigen	164
2.5	Datensätze für Bauteile und Baugruppen nach Vorgaben erstellen	153	2.7	Computergestützte Berech- nungen	166
2.5.1	Einzelteilmodelle	154	2.8	Durchführen von qualitäts- sichernden Maßnahmen	167
2.5.2	Zeichnungsableitung Einzelteil	154	2.8.1	Fehlervermeidung	167
2.5.3	Baugruppenmodelle	156	2.8.2	Eigene Fehler erkennen und beheben	167
2.5.4	Zeichnungsableitung Baugruppen	157	2.8.3	Fehlerquellen und Maßnahmen zu deren Beseitigung	168
2.6	Datensätze für Bauteile und Baugruppen nach eigenen Entwürfen erstellen	158	2.9	Technical English	169
2.6.1	Funktionsgerechtes Gestalten	158	2.9.1	CAD – Computer Aided Design	169
2.6.2	Fertigungsgerechtes Gestalten	158	2.9.2	Designing components and assembly groups	170
2.6.3	Montagegerechtes Gestalten	159			
2.6.4	Füge- und Verbindungstech- niken berücksichtigen	162			

3	BAUTEILKONSTRUKTION UNTER BERÜCKSICHTIGUNG DER WERKSTOFFE UND FERTIGUNGSVERFAHREN	171
3.1	Lernsituationen	172
3.2	Grundlagen der Werkstoffkunde	176
3.2.1	Grundlegende Werkstoffeigen- schaften	176
3.3	Rohstoffe, Werkstoffe und Hilfsstoffe	183
3.3.1	Einteilung der Werkstoffe	183
3.3.2	Aufbau der Werkstoffe	183
3.4	Aufbau metallischer Werkstoffe	187
3.4.1	Innerer Aufbau der Metalle	187
3.4.2	Kristallgitter der Metalle	188
3.4.3	Verformungsverhalten der Metalle, Kaltverfestigung	189
3.4.4	Entstehung des Metallgefüges	189
3.4.5	Reine Metalle und Legierungen	190
3.5	Aufbau und Eigenschaften der Stähle	191
3.5.1	Herstellung von Roheisen	191
3.5.2	Herstellung von Stahl	191
3.5.3	Nachbehandlungsverfahren für Stähle	192
3.5.4	Verarbeitung des Stahls	193
3.5.5	Gefüge unlegierter Stähle	194
3.6	Stahlsorten	195
3.7	Bezeichnungssystem der Stähle	196
3.7.1	Kurzbezeichnung der Stähle nach dem Verwendungszweck	196
3.7.2	Kennzeichnung der Stähle nach der chem. Zusammensetzung	197
3.7.3	Kurzbezeichnung der Stähle durch eine Werkstoffnummer	199
3.8	Bauteildimensionierung	201
3.8.1	Belastungsarten	201
3.8.2	Festigkeitswerte der Werkstoffe	203
3.9	Kriterien für die Auswahl der Halbzeuge	207
3.10	Toleranzen und Passungen	209
3.10.1	Toleranzen	209
3.10.2	Berechnung der Toleranzen – Schließmaßberechnung	210
3.10.3	ISO-Toleranzen	213
3.10.4	Passungen	215
3.11	Bauteilkonstruktion und Qualitätsprüfung	221
3.11.1	Prüfen durch Lehren	221
3.11.2	Prüfen durch Messen	223
3.11.3	Messabweichungen	226
3.12	Einteilung, Eigenschaften und Auswahlkriterien der Fertigungsverfahren	228
3.13	Urheberrecht	234

3.14	Technical English	237	3.14.2	Load types	238
3.14.1	Overview of materials	237			

4 AUFTRÄGE KUNDENORIENTIERT AUSFÜHREN 239

4.1	Lernsituationen	240	4.8.3	Sichere Gestaltung	255
4.2	Die Konstruktions- und Entwicklungsabteilung	241	4.9	Ausarbeiten	256
4.3	Produktlebenszyklus	242	4.10	Projektmanagement	257
4.4	Der Konstruktionsprozess	243	4.10.1	Initialisierung eines Projekts	258
4.4.1	Anforderungen an das Ergebnis des Konstruktionsprozesses	243	4.10.2	Definitionsphase eines Projekts	259
4.4.2	Bedeutung der Konstruktionsarbeit	243	4.10.3	Planungsphase eines Projekts	260
4.5	Konstruktionsmethodik	244	4.10.4	Steuerung und Durchführung eines Projekts	266
4.6	Planen	244	4.10.5	Projektabschluss	267
4.7	Konzipieren	246	4.11	Technische Projekte dokumentieren	268
4.7.1	Methoden zur Lösungsfindung	247	4.12	Projekte präsentieren	269
4.7.2	Bewerten von Lösungsvarianten	251	4.13	Technical English	270
4.8	Entwerfen	254	4.13.1	Methods of ideation	270
4.8.1	Eindeutige Gestaltung	254	4.13.2	Assessment of the different design solutions	271
4.8.2	Einfache Gestaltung	255	4.13.3	Project management	272

5 BAUTEILE AUS METALLISCHEN WERKSTOFFEN UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON UMFORMVERFAHREN IM KONTEXT VON BAUGRUPPEN ENTWICKELN 274

5.1	Lernsituationen	275	5.3.6	Biegeverfahren, Biegemaschinen und Biegewerkzeuge	294
5.2	Grundlagen der Umformtechnik	280	5.3.7	Fertigungsgerechte Gestaltung von Biegeteilen	296
5.2.1	Werkstoffe in der Umformtechnik	280	5.3.8	Biegeteile mit CAD-Systemen herstellen	297
5.3	Biegeumformen	284	5.3.9	Einsatzgebiete, Vor- und Nachteile des Biegens	298
5.3.1	Gestreckte Länge von Flach-erzeugnissen aus Stahl mit großen Biegeradien	284	5.4	Zugdruckumformen	299
5.3.2	Gestreckte Länge von Flach-erzeugnissen aus Stahl mit kleinen Biegeradien	286	5.4.1	Tiefziehwerkzeuge	300
5.3.3	Abwicklungen von Biegeteilen, die nicht nach DIN 6935 bestimmt werden können	291	5.4.2	Rondendurchmesser und Tiefziehverhältnis	302
5.3.4	Mindestbiegeradius beim Biegen	292	5.4.3	Fertigungsgerechte Gestaltung von Tiefziehteilen	305
5.3.5	Rückfederung beim Biegen	292	5.4.4	Einsatzgebiete, Vor- und Nachteile des Fertigungsverfahrens Tiefziehen	305

5.4.5	Weitere Zugdruckumformverfahren	306	5.5.3	Schmieden	309
5.5	Druckumformen	308	5.6	Technical English	312
5.5.1	Walzen	308	5.6.1	Reforming	312
5.5.2	Stauchen und Eindrücken	308	5.6.2	Bend reforming	313
			5.6.3	Deep drawing and forging	314

6 ENTWICKLUNG VON BAUTEILEN AUS KUNSTSTOFFEN 315

6.1	Lernsituationen	316	6.6	Fertigen durch Extrusion	341
6.2	Der Werkstoff Kunststoff	317	6.6.1	Verfahrensablauf	342
6.2.1	Innerer Aufbau und Herstellung von Kunststoffen	318	6.6.2	Funktion und Aufbau eines Extrusionswerkzeugs	343
6.2.2	Kunststoffgruppen	319	6.7	Fertigen durch Blasformen	344
6.2.3	Eigenschaften von Kunststoffen	321	6.7.1	Prinzip des Blasformens	345
6.2.4	Wiederverwertung von Kunststoffen	325	6.7.2	Funktion und Aufbau des Werkzeugs	346
6.2.5	Biokunststoffe	327	6.8	Fertigen durch Thermoumformen	348
6.3	Allgemeine Gestaltungsregeln für Kunststoffbauteile	328	6.8.1	Verfahrensablauf	348
6.3.1	Integration von Funktionselementen	330	6.8.2	Aufbau des Werkzeugs	350
6.4	Oberflächenveredelung von Kunststoffbauteilen	331	6.9	Additives Manufacturing (AM) ..	351
6.5	Fertigen durch Spritzgießen ...	334	6.9.1	Verfahren des additivenufacturings	352
6.5.1	Verfahrensablauf beim Spritzgießen	334	6.9.2	Modellarten	353
6.5.2	Aufbau und Funktion eines Spritzgießwerkzeugs	335	6.9.3	Generative Fertigungsverfahren	354
6.5.3	Werkzeugkonstruktion	337	6.10	Technical English	358
6.5.4	Simulation des Spritzgießprozesses	338	6.10.1	Plastics	358
6.5.5	Konstruktionsmethodik	339	6.10.2	Designing plastic components ..	359
			6.10.3	Manufacturing methods for plastics	360

7 BAUTEILE UNTER BERÜCKSICHTIGUNG VON TRENNENDEN FERTIGUNGSVERFAHREN IM KONTEXT VON BAUGRUPPEN ENTWICKELN 361

7.1	Lernsituationen	362	7.4	Bohren, Senken, Reiben	371
7.2	Grundlagen der trennenden Fertigungsverfahren	366	7.4.1	Bohren	371
7.3	Spanende Fertigung	367	7.4.2	Senken	378
7.3.1	Grundlagen	367	7.4.3	Reiben	379
7.3.2	Werkzeugschneide	367	7.4.4	Gestaltungsregeln beim Bohren, Senken, Reiben	380
7.3.3	Schneidstoffe	368	7.5	Drehen	382
7.3.4	Kühlschmierstoffe	369	7.5.1	Drehverfahren	382
			7.5.2	Bewegungen und Spanungsgrößen beim Drehen	383

7.5.3	Schneidengeometrie am Werkzeug	384	7.11	Schneiden	412
7.5.4	Spanbildung beim Drehen	385	7.11.1	Scherschneiden	412
7.5.5	Verschleiß und Standzeit	386	7.11.2	Laserstrahlschneiden	416
7.5.6	Drehwerkzeuge	386	7.11.3	Autogenes Brennschneiden	417
7.5.7	Spannsysteme für Werkstücke	387	7.11.4	Plasma-Schmelzschneiden	417
7.5.8	Drehmaschinen	389	7.11.5	Wasserstrahlschneiden	418
7.5.9	Hartdrehen	392	7.11.6	Gestaltungsregeln beim Schneiden	419
7.5.10	Konturelemente an gedrehten Werkstücken	392	7.12	Stanzen	420
7.5.11	Gestaltungsregeln beim Drehen	393	7.12.1	Stanzvorgang	420
7.6	Fräsen	395	7.12.2	Folgeverbundwerkzeug	420
7.6.1	Fräsverfahren	395	7.13	Erodieren	421
7.6.2	Bewegungen und Spanungsgrößen beim Fräsen	397	7.13.1	Erodierv Verfahren	421
7.6.3	Schneidengeometrie am Werkzeug	398	7.13.2	Erodiervorgang	421
7.6.4	Fräswerkzeuge	399	7.13.3	Erodiemaschinen	422
7.6.5	Spannsysteme für Werkstücke	399	7.13.4	Gestaltungsmöglichkeiten beim Erodieren	423
7.6.6	Fräsmaschinen	400	7.14	CNC-Technik	424
7.6.7	Hochgeschwindigkeitsfräsen	401	7.14.1	CNC-Werkzeugmaschinen	424
7.6.8	Gestaltungsregeln beim Fräsen	401	7.14.2	Koordinaten, Nullpunkte, Bezugspunkte	424
7.7	Schleifen	403	7.14.3	Steuern und Regeln	425
7.7.1	Schleifverfahren	403	7.14.4	Wegmesssysteme	425
7.7.2	Schleifkörper	404	7.14.5	Steuerungsarten	426
7.7.3	Bewegungen und Spanungsgrößen beim Schleifen	404	7.14.6	CNC-Programmstruktur	427
7.7.4	Schleifwerkzeuge	405	7.14.7	Bearbeitungszyklen und Unterprogramme	427
7.7.5	Schleifmaschinen	405	7.14.8	CNC-Programmbeispiele	428
7.7.6	Zeichnungsangaben beim Schleifen	405	7.15	CAM-Technik	430
7.7.7	Gestaltungsregeln beim Schleifen	406	7.15.1	CAM-Technik in der Teilefertigung	430
7.8	Räumen	407	7.15.2	Anwendungsgebiet der CAM-Technik	431
7.9	Stoßen	408	7.16	Technical English	432
7.10	Feinbearbeitung	409	7.16.1	Basics of metal-cutting manufacturing	432
7.10.1	Honen	409	7.16.2	Drilling	434
7.10.2	Läppen	410	7.16.3	Turning	435
7.10.3	Feindrehen	411	7.16.4	Milling	435
7.10.4	Superfinishing	411	7.16.5	Grinding	437

8	KONSTRUKTION VON METALLISCHEN BAUTEILEN FÜR DAS FERTIGUNGS-VERFAHREN URFORMEN	438
8.1	Lernsituationen	439
8.2	Einteilung der Urformverfahren	444
8.3	Eisengusswerkstoffe	445
8.3.1	Übersicht über die Eisengusswerkstoffe	445
8.3.2	Kurzbezeichnung und Eigenschaften der Eisengusswerkstoffe	446

8.4	Nichteisenmetalle	451	8.8.1	Kokillengießen	462
8.4.1	Leichtmetalle	452	8.8.2	Druckgießen	463
8.4.2	Schwermetalle	455	8.9	Gestaltung von Gussteilen	464
8.5	Bauteile durch Gießen herstellen	457	8.10	Technische Zeichnungen von Gussteilen	469
8.5.1	Modellherstellung	457	8.11	Sintern	472
8.5.2	Formherstellung	458	8.11.1	Sinterwerkstoffe	472
8.6	Gießverfahren mit verlorenen Formen und Dauermodell	458	8.11.2	Fertigung von Sinterformteilen aus Metall	473
8.6.1	Handformen	458	8.11.3	Eigenschaften der Sinterformteile	473
8.6.2	Maschinenformen	459	8.11.4	Konstruktionshinweise zu Sinterformteilen	474
8.6.3	Maskenformverfahren	459	8.12	Technical English	475
8.6.4	Vakuumformen	460	8.12.1	Casting	475
8.7	Gießen mit verllorener Form und verlorenem Modell	461	8.12.2	How to design castings	476
8.7.1	Feingießen	461	8.12.3	Sintering	477
8.7.2	Vollformgießen	462			
8.8	Gießen in Dauerformen	462			

9	INDUSTRIE 4.0 UND KÜNSTLICHE INTELLIGENZ	478
----------	---	-----

10	SACHWORTVERZEICHNIS	484
-----------	----------------------------------	-----

Entwicklung eines Produktes

Vor der Herstellung eines Produktes müssen viele Details bedacht und geklärt werden. Erst dann kann der Auftrag in die Fertigung gehen.

Zunächst muss der Auftrag für ein neues Produkt vorliegen. Alternativ kann auf Basis einer Marktanalyse deutlich werden, dass für ein bestehendes Produkt eine beträchtliche Modifizierung erforderlich oder sogar eine Neuentwicklung sinnvoll ist, um konkurrenzfähig zu bleiben. Der Auftraggeber – bei einer Neuentwicklung auch die Firma selbst – legt in einem Dokument fest, welche Anforderungen an das neue Produkt gestellt werden, welche Randbedingungen gelten und welche weiteren Punkte wichtig sind. Dieses Dokument wird **Lastenheft** genannt. Um ein Produkt herstellen zu können, sind weitere Unterlagen erforderlich, zu denen auch **technische Zeichnungen**, **Stücklisten**, **Montageanweisungen** usw. gehören.

Technische Zeichnungen werden heute zumeist mit einem 3D-CAD-Programm erstellt. Weitere Software, wie Textverarbeitung, Tabellenkalkulation, Datenverwaltung und **ERP-System** (Entwicklungs-Ressourcen-Planungs-System) oder **PPS-System** (Produktionsplanungs- und Steuerungs-System) sind erforderlich, um ein Produkt von der Idee bis zur Serienreife zu entwickeln und mit den entsprechenden Unterlagen durch die verschiedenen Bereiche der Firma zu begleiten.

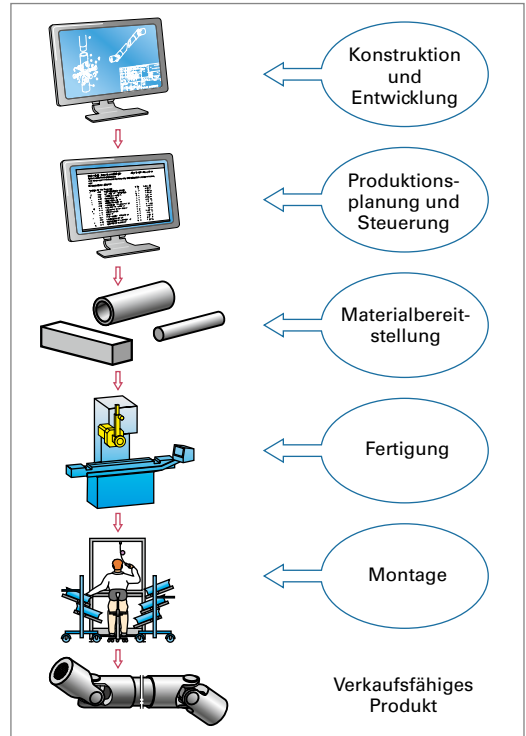


Bild 1: Entwicklungsschritte eines Produktes

Mit Beginn der Entwicklung kommt die Konstruktions- und Entwicklungsabteilung mit ins Boot und damit auch der Technische Produktdesigner. In der Konstruktion werden die Funktion und das Aussehen eines Bauteils oder einer Baugruppe durch die konstruktive Gestaltung festgelegt. Als **Baugruppe** bezeichnet man die aus mehreren Teilen bestehende, in sich geschlossene Einheit eines Produktes, wie z. B. einen Schraubstock. Bei der Konstruktion müssen die Funktion, die Herstellbarkeit, die Haltbarkeit und die Montage eines Bauteils oder einer Baugruppe beachtet werden und durch eine entsprechende Berechnung und Gestaltung berücksichtigt werden. **Bild 1** zeigt die verschiedenen Schritte zur Entstehung eines Endproduktes. Im Rahmen der Konstruktion werden auch die wesentlichen Grundlagen zur Ressourcenschonung und zum Umweltschutz gelegt. Das sicherheitsgerechte Gestalten ist bei allen Aufgaben vorrangig zu betrachten.

Damit alle Anforderungen an eine Baugruppe erfüllt werden, ist es im Vorfeld notwendig, das **technische System** des zu fertigenden Produktes zu **analysieren**, dies in **Teilschritte** zu **untergliedern** und **konstruktive Lösungen für diese Teilfunktionen** zu finden. Anschließend werden die Konstruktion und die technischen Zeichnungen sowie notwendige Berechnungen erstellt. Auch der Preis des Produktes ist ein wichtiger Aspekt. Nur wenn der Käufer bereit ist, den Preis zu zahlen, kann das Produkt erfolgreich am Markt platziert werden und das Unternehmen wirtschaftlich am Markt bestehen. Basis all dieser Aspekte ist die technische Zeichnung. Für ihre Erstellung ist ein fundiertes Fachwissen erforderlich. Nur durch eine zielgenau geplante Vorgehensweise kann ein gutes Ergebnis erzielt werden.

LERNSITUATION 2 | Konstruktion eines Stövchens

Die Marketingabteilung möchte einigen neuen Kunden die Möglichkeiten der Oberflächenbearbeitung durch Polieren von Werkstücken aufzeigen. Die Präsentation der polierten Oberflächen soll an den Einzelteilen eines Stövchens erfolgen.

Hierzu wurde die Ausbildungswerkstatt beauftragt, Stövchen anzufertigen.

Das Stövchen nimmt ein handelsübliches Teelicht auf. Die Flamme des Teelichts muss einen ausreichenden Abstand zur Standfläche der Kanne haben, damit diese nicht durch die Flamme an der Unterseite verrußt.

Aufgrund der Verwendung des Stövchens im Umfeld der Zubereitung von Lebensmitteln sollen nur lebensmittelgeeignete Edeltähle als Werkstoff verwendet werden.

Die Fertigung der Einzelteile des Stövchens erfolgt durch spanende Bearbeitung von Halbzeugen oder aus Blechen, die thermisch geschnitten und nachgearbeitet werden.

Aufgabenstellung

- 2.1** Ermitteln Sie die notwendige Größe der oberen Standfläche, damit handelsübliche Tee- oder Kaffeekannen sicher darauf stehen können.
- 2.2** Entwickeln Sie zwei Lösungsvarianten für die Gestaltung des Stövchens. Fertigen Sie hierzu maßstabsgerechte Skizzen von Hand an. Beachten Sie hierbei, dass die Wärme auch seitlich entweichen können muss.
- 2.3** Bewerten Sie Ihre gefundenen Varianten nach Fertigungsaufwand und Gewicht.
- 2.4** Wählen Sie einen geeigneten Werkstoff aus, der lebensmittelgeeignet ist und sich gut spanend bearbeiten lässt.
- 2.5** Wählen Sie Ihre optimale Variante aus und erstellen Sie eine Zusammenbauzeichnung.
- 2.6** Erstellen Sie eine vollständige Stückliste.
- 2.7** Erstellen Sie zu allen Einzelteilen norm- und fertigungsgerechte Zeichnungen.

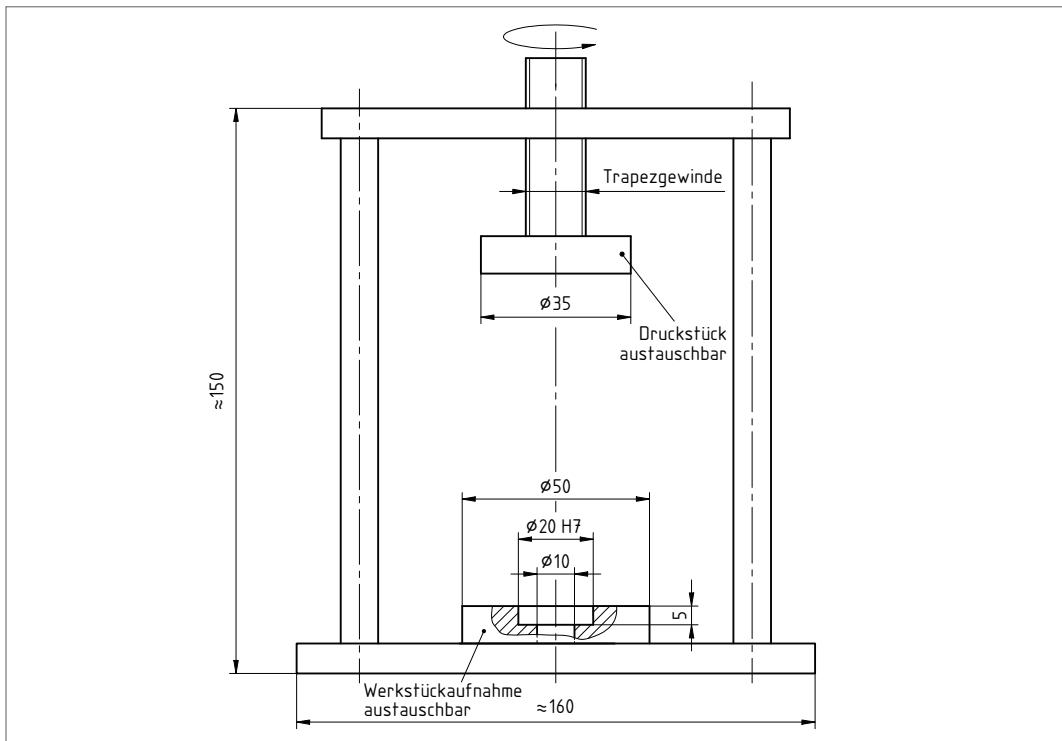
LERNSITUATION 3 | Konstruktion einer Spindelpresse

In der Vormontage müssen öfters Teile durch Pressen gefügt werden. Bislang wurde dieser Montageschritt mit einfachen Werkzeugen ausgeführt.

Der Fertigungsleiter hat der Ausbildungswerkstatt den Auftrag erteilt in Ihrer Firma hierfür eine entsprechende Vorrichtung in Form einer einfachen Spindelpresse zu fertigen. Die dafür notwendigen Zeichnungen erstellen die Technischen Produktdesigner.

Die Bedienung der Spindelpresse erfolgt von Hand. Hierzu muss die Vorrichtung auf einem Tisch mit Schrauben für T-Nuten M10 nach DIN 787 befestigt werden können. Die Aufnahme für die Werkstücke und das Druckstück sollen austauschbar sein und eine Grundfläche mit $\varnothing 50$ mm haben.

Das nachfolgende **Bild** zeigt den prinzipiellen Aufbau einer Spindelpresse.



Aufgabenstellung

- 3.1 Erstellen Sie eine einfache Anforderungsliste, in der alle umzusetzenden Anforderungen an die Spindelpresse aufgeführt sind.
- 3.2 Entwickeln Sie zwei Lösungsvarianten für die Gestaltung der Spindelpresse. Fertigen Sie hierzu maßstabsgerechte Skizzen von Hand an.
- 3.3 Bewerten Sie Ihre skizzierten Varianten nach dem Fertigungsaufwand.
- 3.4 Wählen Sie geeignete Werkstoffe aus.
- 3.5 Wählen Sie Ihre optimale Variante aus und erstellen Sie davon eine Zusammenbauzeichnung.
- 3.6 Erstellen Sie eine vollständige Stückliste.
- 3.7 Erstellen Sie zu allen Einzelteilen norm- und fertigungsgerechte Zeichnungen.

1.2 | ARBEITSABLAUF BEIM ERSTELLEN VON TECHNISCHEN ZEICHNUNGEN

Bei der Auftragsbearbeitung in der Abteilung Konstruktion eines Maschinenbau-Unternehmens ist es sachdienlich, die nachfolgend dargestellten **Arbeitsschritte** zu durchlaufen, um die Aufgabe zielgerichtet und effizient bearbeiten zu können und eine optimale Grundlage für die Produktfertigung zu schaffen (**Bild 1**):

1. Planung 2. Entwurf 3. Realisierung 4. Dokumentation

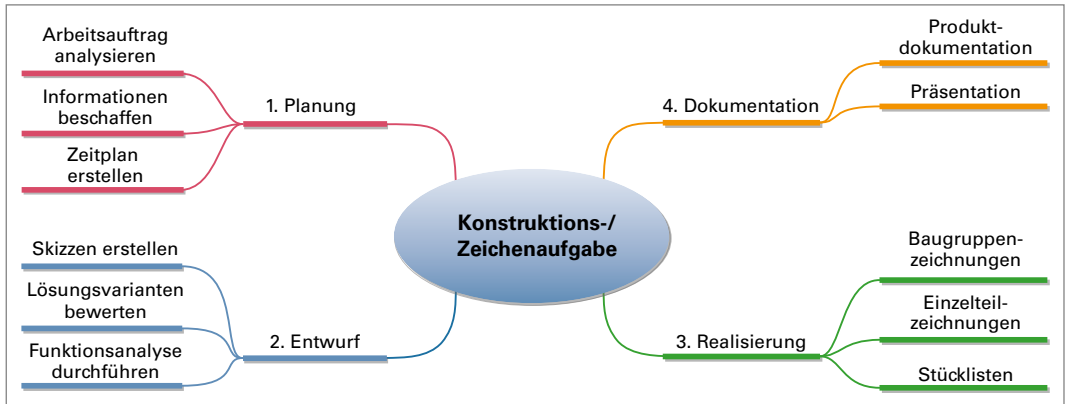


Bild 1: Arbeitsschritte einer Konstruktionsaufgabe

Je nach Art der Aufgabe können die einzelnen Schritte mehr oder weniger umfangreich ausfallen. Treten Fehler auf, muss ein Schritt wiederholt und der Fehler korrigiert werden, um dann in der bewährten Reihenfolge fortzufahren.

1.2.1 | PLANUNG

Die Planung einer technischen Zeichnung umfasst die Arbeitsschritte:

- **Arbeitsauftrag analysieren**, d.h. die Aufgabenstellung lesen und verstehen, Unklarheiten beseitigen, einen auf die Zeichenblattgröße abgestimmten Darstellungsmaßstab auswählen (oder die erforderliche Blattgröße für den gewählten Darstellungsmaßstab) sowie festlegen wie viele und welche Ansichten zur Darstellung des Werkstücks notwendig sind.
- **Informationen beschaffen**, d.h. weitere technische Unterlagen aus Normen, Literatur, Internet und Katalogen entsprechend der Aufgabenstellung zusammenstellen.
- **Zeitplan erstellen** unter Berücksichtigung der Vorgaben des Auftraggebers.

1.2.2 | ENTWURF

Unter dem Begriff Entwurf versteht man die ersten Überlegungen zu einer technischen Zeichnung. Erste Konzepte werden in Form von Handskizzen ausgeführt. Handskizzen lassen sich schnell realisieren und korrigieren, sie sind eine gute Übung für das Freihandzeichnen.

Die in **Bild 1** aufgeführten Teilschritte „Lösungsvarianten bewerten“ und „Funktionsanalyse durchführen“ kommen bei den ersten Zeichenaufgaben nicht vor, sie werden in Kapitel 4 ab Seite 246 näher erläutert.

Skizzen sind zumeist Freihandzeichnungen, mit Bleistift auf Papier gezeichnet. Die Darstellung und Bemaßung erfolgt von Hand. Ein CAD-Programm kommt nicht zum Einsatz.

1.2.3 | REALISIERUNG

Unter Realisierung wird die Entwicklung der konkreten technischen Zeichnung verstanden. Hierbei sind die entsprechenden Normen zu beachten. Die Arbeitsschritte sind:

- Baugruppenzeichnung entwickeln
- Einzelteilzeichnungen anfertigen
- Stückliste erstellen

1.2.4 | KONTROLLE UND DOKUMENTATION

Hier wird das Arbeitsergebnis nochmal sorgfältig überprüft und ggf. Fehler korrigiert.

- Zeichnerische Darstellung überprüfen
- Bemaßung sowie alle weiteren Angaben kontrollieren
- Dokumentation (z. B. neue Lerninhalte zusammenfassen)
- Ablage der Zeichnungen oder Dateien in einem geeigneten Arbeitsordner



Eine **Einzelteilzeichnung** zeigt ein einzelnes Bauteil in den notwendigen Ansichten bzw. Schnitten mit allen für die Fertigung erforderlichen Angaben.

Eine **Baugruppenzeichnung** zeigt die Anordnung und den Zusammenbau mehrerer Einzelteile zu einer Einheit, die meist wieder zerlegt werden kann.

Eine **Stückliste** ist eine strukturierte Auflistung der Einzelteile einer Baugruppe mit Angaben, die zur Herstellung oder zum Kauf der Einzelteile benötigt werden.

1.3 | TECHNISCHE SYSTEME

Zum Verständnis der Funktion und Wirkungsweise einer Maschine kann sie verallgemeinernd als ein in sich geschlossenes **technisches System** betrachtet werden, in dem ein Hauptprozess abläuft. Der Hauptprozess unterteilt sich in **Teilfunktionen**, die durch die Komponenten des technischen Systems umgesetzt werden.

Eingangsgrößen, wie Energie, Stoffe oder Signale, werden dem technischen System zugeführt. Diese Eingangsgrößen erfahren in der Maschine eine Umsetzung oder eine Umwandlung und verlassen sie anschließend wieder (**Bild 1**).

Auf die Umsetzung oder Umwandlung kann der Mensch gezielt Einfluss nehmen. Darüber hinaus wirken unerwünschte Störgrößen aus der Umgebung sowie innerhalb des Systems.

In der Konstruktionslehre wird oft der Begriff **Blackbox** verwendet. Er steht für ein **technisches System mit einer Hauptfunktion**. **Bild 2** zeigt das Schema einer Blackbox.

Eingetragen werden die **Eingangs- und Ausgangsgrößen**, d. h. Input und Output der drei Grundgrößen Energie, Stoff und Signal. Nur die Eingangs- und Ausgangsgrößen werden zur Beschreibung von Vorgängen, Funktionen usw. benutzt. Diese Vorgehensweise erleichtert später die Lösungsfindung.

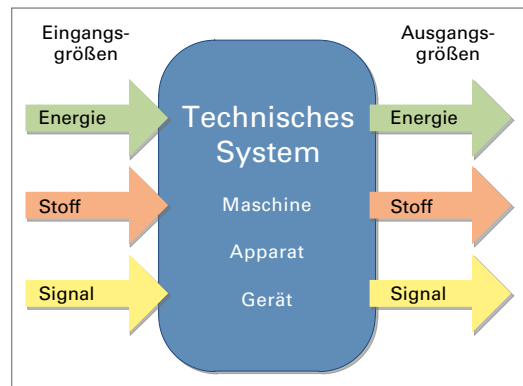


Bild 1: Technisches System

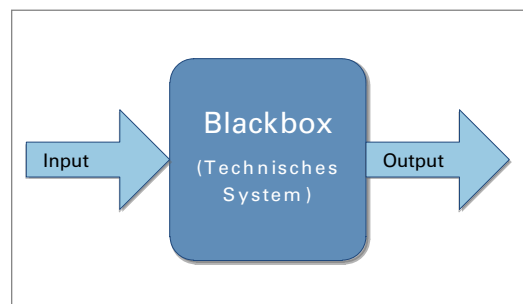


Bild 2: Blackbox

Eine Kaffeemaschine kann als ein in sich geschlossenes technisches System betrachtet werden. Das System hat Ein- und Ausgangsgrößen sowie Umwandlungsprozesse im Inneren (**Bild 1**).

Mögliche Störgrößen von außen sind z. B. Stromausfall, Verkalkung des Heizsystems durch hohe Wasserhärte, ungeeignete Mengen Kaffeepulver oder Wasser usw.

Um ein komplexes technisches System entwickeln zu können, wird die Hauptfunktion in möglichst einfache **Teilfunktionen** unterteilt. So wird beim Beispiel Kaffeemaschine nicht die ganze Maschine betrachtet, sondern die Teilfunktionen Wasser erhitzen, Wasser speichern, Kaffeepulver speichern usw. Hierfür lassen sich wesentlich leichter konstruktive Lösungen finden und bewerten als für das Gesamtsystem.

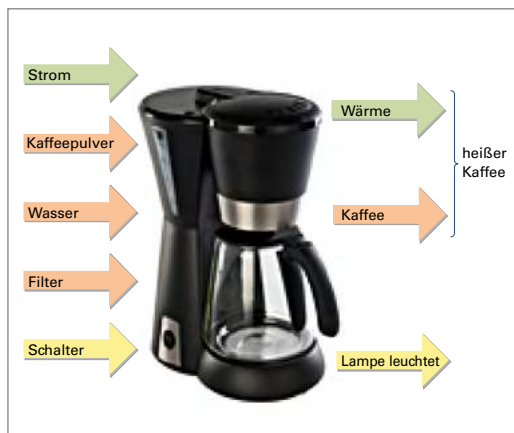


Bild 1: Kaffeemaschine als Beispiel für ein technisches System

Die **Hauptfunktion** einer Baugruppe wird in einfache **Teilfunktionen** unterteilt.

In den ersten kleinen Baugruppen lassen sich derartige Teilfunktionen erfassen. Dadurch werden die Zusammenhänge der Bauteile untereinander besser verstanden.

1.4 | INFORMATIONSBESCHAFFUNG

Einer Konstruktionsaufgabe geht immer eine Aufgabenstellung voraus. Für deren Bearbeitung besteht Informationsbedarf. Gleichzeitig werden Informationen ständig weiterverarbeitet. Da ca. 75 % der Herstellungskosten eines Produktes in der Konstruktionsabteilung festgelegt werden, müssen viele Regeln und Erkenntnisse beachtet werden. Die Konstruktion benötigt ein umfangreiches Informationssystem zu den Materialien, den Fertigungsverfahren, den Montagemöglichkeiten sowie zum Qualitätswesen. Diese wichtigen Informationen finden sich im eigenen Unternehmen, beim Kunden, bei den Zulieferern, dem Hersteller- und Zulieferermarkt und in Veröffentlichungen, wie z. B. Tabellenbücher.

Neben der Informationsbeschaffung ist die Bereitstellung und Handhabung von Informationen ein wichtiger Aufgabenbereich, der einen größeren Anteil der beruflichen Tätigkeit des Technischen Produktdesigners einnimmt. Informationsquellen sind Tabellen- und Fachbücher, Patente, Normen, Vorschriften, Berichte, Fachzeitschriften und Produktkataloge. Die beschafften Informationen müssen stets auf dem aktuellen Stand sein. Auch das Aktualisieren, das Verwalten und das Archivieren von Informationen auf Speichermedien sind Aufgaben, die im Konstruktionsbereich erledigt werden. Sie zählen zu den **indirekten Konstruktionstätigkeiten**. Als **direkte Konstruktionstätigkeit** bezeichnet man die Verarbeitung von Informationen in Konstruktionen sowie das Erstellen von technischen Zeichnungen, Stücklisten und Bauteilbeschreibungen.

Indirekte Konstruktionstätigkeiten sind:

- Die Beschaffung von Informationen
- Das stetige Aktualisieren von Informationen
- Das Verwalten und Archivieren von Informationen

Direkte Konstruktionstätigkeiten sind:

- Die Verarbeitung von Informationen
- Das Erstellen von Konstruktionen und technischen Zeichnungen
- Das Erstellen von Stücklisten
- Das Anfertigen von technischen Dokumentationen wie z. B. Bauteilbeschreibungen

1.4.1 | INFORMATIONQUELLEN

Wichtige Informationsquellen für konstruktive Aufgaben sind:

■ Kataloge und Fachliteratur

Neben Produktkatalogen gibt es auch Konstruktionskataloge, die erfahrene Konstrukteure für die systematische Lösungsfindung nutzen. In Tabellenbüchern finden sich vielfältige Informationen u. a. zu den Maschinenelementen. Auch in der entsprechenden Fachliteratur, wie Fachzeitschriften und Fachbücher, finden sich Ideen für die konstruktive Umsetzung.

■ Normen, Richtlinien (DIN, ISO, DIN EN, DIN EN ISO, VDI, VDA, VDE, ...)

Normen sind technische Regelwerke, die den Stand der Technik wiedergeben und jedem konstruktiv tätigen Mitarbeiter bekannt sein müssen. Normen werden vom Deutschen Institut für Normung in Kraft gesetzt. In Europa sind die Normen mit der Abkürzung EN (Europa-Norm) gültig. International haben ISO-Normen (International Organization for Standardization) Gültigkeit. Für Deutschland wird die Norm jeweils durch den Vorsatz DIN (Deutsches Institut für Normung) gekennzeichnet, wie:

- DIN EN (europäische Norm in deutscher Fassung)
- DIN ISO (internationale Norm in deutscher Fassung)
- DIN EN ISO (europäische Norm, die den internationalen Inhalt unverändert beinhaltet und in deutscher Fassung vorliegt)

Normen können Bauteilabmessungen, z. B. von Schrauben, oder Berechnungsvorschriften enthalten, z. B. die Festigkeitsberechnung von Wellen. Auch Merkmale, wie eine Oberflächengüte oder Fertigungsverfahren werden in Normen definiert.

Manche Firmen haben auch eine eigene Werksnorm, um für die Belange der Firma einen eigenen Standard zu schaffen. So wird manchmal z. B. die Vielfalt der in einer Norm zur Verfügung stehenden Größen und Längen einer Schraube durch die Werksnorm eingeschränkt, um die Lagerhaltung und damit die Kosten zu minimieren.

Auch Verbände wie der VDI (Verein Deutscher Ingenieure), der VDA (Verband der Automobilindustrie), der VDE (Verband Deutscher Elektrotechniker) oder die DNV GL Group geben Richtlinien heraus, die zu beachten sind und den Charakter einer Norm haben.

■ Konstruktionsrichtlinien

Firmen formulieren oftmals zur Kostenoptimierung Konstruktionsrichtlinien oder Anweisungen. Beispiele sind Anweisungen zum Handling des CAD-Programms, Vorgaben zur Benennung und Ablage der Dateien, fertigungstechnische Richtlinien oder Hinweise zur Montage.

Konstruieren erfordert und produziert eine große Menge an Informationen. Die erforderlichen Informationen müssen verarbeitet und aufgearbeitet weitergegeben werden. Dies bedeutet, dass der Konstrukteur für die Beschaffung und die Weitergabe der aktuellen Information verantwortlich ist. Daneben muss das eigene Wissen aktuell gehalten werden. Viele Firmen haben ausschließlich Produkte, die nicht älter als fünf Jahre sind, woran man erkennt, wie schnell Wissen veraltet und wie wichtig es ist, auf dem aktuellen Stand zu bleiben.



Die **DNV GL Group** ist ein Zusammenschluss des ehemaligen germanischen

Lloyds und des Konkurrenten Det Norske Veritas.

Tätigkeitsschwerpunkt: Beratung von Firmen in den Bereichen Schifffahrt, Gas und Öl.

1.5 | GRUNDLAGEN DER TECHNISCHEN KOMMUNIKATION

Werden Informationen zur Herstellung oder Veränderung eines Produktes ausgetauscht, spricht man von technischer Kommunikation.

1.5.1 | ZIELE UND BEDEUTUNG DER TECHNISCHEN KOMMUNIKATION

Die technische Kommunikation hat das Ziel, alle Bereiche der Firma mit den notwendigen Informationen für die Herstellung oder Veränderung eines Produktes zu versorgen. Technische Kommunikation ist nicht nur innerbetrieblich zu sehen, sondern auch als Interaktion zwischen Betrieb und Kunden. Um dies zu erreichen, müssen die erforderlichen Informationen zum richtigen Zeitpunkt am richtigen Ort und fehlerfrei sein.

1.5.2 | ARTEN DER TECHNISCHEN KOMMUNIKATION

Die Arten der technischen Kommunikation sind sehr vielseitig. Sie richten sich nach der Produktionsart und Struktur des Betriebs. Zu den wesentlichen Arten der technischen Kommunikation zählen technische Zeichnungen und Stücklisten. Meistens werden diese Informationen per EDV zur Verfügung gestellt und abgespeichert. Werden die Informationen erneut gebraucht, stehen sie so schnell wieder zur Verfügung. Handskizzen sind gleichfalls ein wichtiges Kommunikationsmittel. Als Diskussionsgrundlage, für eine Ideenfindung oder für eine Maßaufnahme in der Werkstatt ist die Fähigkeit, eine saubere und gut lesbare Handskizze erstellen zu können, unerlässlich. Wesentliche Handskizzen werden durch Scannen digitalisiert und archiviert. Bei der Modellierung eines Bauteils mit einem 3D-CAD-Programm spricht man ebenfalls von Skizzen, sie sind die Basis des 3D-Modells.

Technische Zeichnungen

Die nachfolgende Tabelle zeigt die üblichen Arten von technischen Zeichnungen, die in DIN EN ISO 10209 definiert sind, in alphabetischer Reihenfolge.

Tabelle 1: Arten technischer Zeichnungen	
Benennung	Erklärung
Anordnungszeichnung	Stellt die Teile in ihrer Lage zueinander dar, wird bei größeren Maschinen oder Anlagen benötigt.
Baugruppenzeichnung	Zeichnung, die Gruppen oder Teile vollständig darstellt, dies kann auch eine ganze Anlage oder Maschine sein.
CAD-Zeichnung	Zeichnung, die mit einem CAD-Programm dargestellt oder über einen Drucker oder Plotter ausgegeben wird.
Diagramm	Dokument mit bildlichen Informationen als Tabelle, als grafische Darstellung oder als Schema.
Einzelteilzeichnung	Stellt ein Einzelteil mit allen Informationen dar.
Fertigungszeichnung	Zeichnung, in der alle für die Fertigung des Teils notwendigen Informationen enthalten sind.
Maßzeichnung	Zeichnung, die die erforderlichen Maße für die Montage oder Fertigung enthält.
Skizze	Eine freihändig oder in einem CAD-System erstellte, nicht zwangsläufig maßstäbliche Zeichnung.
Technische Zeichnung	Technische Informationen, die meist maßstäblich nach vereinbarten Regeln grafisch auf einem Informationsträger dargestellt sind.
Zusammenbauzeichnung	Zeichnung zur Erklärung der Form, der räumlichen Lage sowie der Anzahl der Teile.