

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 Begriffen 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 Elektro-	
1.15.4	Normbezeichnungen für Schrauben und Muttern	94		technik	113
1.15.5	Unterlegteile und Sicherungen für Schraubenverbindungen	94	1.20.1	Elektronenstrom	113
1.15.6	Senkungen	95	1.20.2	Stromkreis	113
1.15.7	Zeichnerische Darstellung von Schraubenverbindungen	98	1.20.3	Elektrische Spannung	114
1.16	Stifte als Verbindungselemente	103	1.20.4	Elektrischer Strom	114
1.16.1	Einteilung der Stifte	103	1.20.5	Elektrischer Widerstand	115
1.16.2	Zylinderstifte	104	1.20.6	Stromarten	117
1.16.3	Spannstifte	105	1.20.7	Elektrische Arbeit und elektrische Leistung	117
			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	3.7.1	Kurzbezeichnung der Stähle nach dem Verwendungszweck .	196
3.2	Grundlagen der Werkstoffkunde	176	3.7.2	Kennzeichnung der Stähle nach der chem. Zusammensetzung . .	197
3.2.1	Grundlegende Werkstoffeigen- schaften	176	3.7.3	Kurzbezeichnung der Stähle durch eine Werkstoffnummer . .	199
3.3	Rohstoffe, Werkstoffe und Hilfsstoffe	183	3.8	Bauteildimensionierung	201
3.3.1	Einteilung der Werkstoffe	183	3.8.1	Belastungsarten	201
3.3.2	Aufbau der Werkstoffe	183	3.8.2	Festigkeitswerte der Werkstoffe .	203
3.4	Aufbau metallischer Werkstoffe	187	3.9	Kriterien für die Auswahl der Halbzeuge	207
3.4.1	Innerer Aufbau der Metalle	187	3.10	Toleranzen und Passungen	209
3.4.2	Kristallgitter der Metalle	188	3.10.1	Toleranzen	209
3.4.3	Verformungsverhalten der Metalle, Kaltverfestigung	189	3.10.2	Berechnung der Toleranzen – Schließmaßberechnung	210
3.4.4	Entstehung des Metallgefüges . .	189	3.10.3	ISO-Toleranzen	213
3.4.5	Reine Metalle und Legierungen .	190	3.10.4	Passungen	215
3.5	Aufbau und Eigenschaften der Stähle	191	3.11	Bauteilkonstruktion und Qualitätsprüfung	221
3.5.1	Herstellung von Roheisen	191	3.11.1	Prüfen durch Lehren	221
3.5.2	Herstellung von Stahl	191	3.11.2	Prüfen durch Messen	223
3.5.3	Nachbehandlungsverfahren für Stähle	192	3.11.3	Messabweichungen	226
3.5.4	Verarbeitung des Stahls	193	3.12	Einteilung, Eigenschaften und Auswahlkriterien der Fertigungsverfahren	228
3.5.5	Gefüge unlegierter Stähle	194	3.13	Urheberrecht	234
3.6	Stahlsorten	195			
3.7	Bezeichnungssystem der Stähle	196			

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

4 AUFTRÄGE KUNDENORIENTIERT AUSFÜHREN

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

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 additiven Manufacturings	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-Schmelzschnitten	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 Spannungs- größen beim Fräsen	397	7.13.1	Erodiervorgang	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 Spannungs- größen 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	8.3.1	Übersicht über die Eisenguss- werkstoffe	445
8.2	Einteilung der Urform- verfahren	444	8.3.2	Kurzbezeichnung und Eigenschaften der Eisengusswerkstoffe	446
8.3	Eisengusswerkstoffe	445			

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		8.10	Technische Zeichnungen von	
	herstellen	457		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		8.11.2	Fertigung von Sinterformteilen	
	Formen und Dauermodell	458		aus Metall	473
8.6.1	Handformen	458	8.11.3	Eigenschaften der Sinterform-	
8.6.2	Maschinenformen	459		teile	473
8.6.3	Maskenformverfahren	459	8.11.4	Konstruktionshinweise zu	
8.6.4	Vakuumformen	460		Sinterformteilen	474
8.7	Gießen mit verlorener Form und		8.12	Technical English	475
	verlorenem Modell	461	8.12.1	Casting	475
8.7.1	Feingießen	461	8.12.2	How to design castings	476
8.7.2	Vollformgießen	462	8.12.3	Sintering	477
8.8	Gießen in Dauerformen	462			

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

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