

# Inhaltsverzeichnis

<b>1</b>	<b>Einführung in die Fertigungstechnik</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>Werkstofftechnik</b>	<b>51</b>
1.1	Die Fertigung im Betrieb	9	3.1	Einteilung der Werkstoffe	51
1.2	Das Berufsfeld Metalltechnik	10	3.2	Werkstoffeigenschaften	52
1.3	Grundlagen der Fertigungstechnik	11	3.3	Rohstoffe, Hilfsstoffe, Werkstoffe	55
1.3.1	Struktur der Fertigungstechnik	11	3.4	Roheisengewinnung	56
1.3.2	Einteilung der Fertigungsverfahren	11	3.5	Stahlherstellung	57
1.3.3	Fertigungsablauf	14	3.5.1	Umwandlung von Roheisen in Stahl	57
1.4	Arbeitsschutz	15	3.5.2	Stahlherstellung mit dem Sauerstoffblas-Verfahren	57
1.4.1	Unfallverhütung	15	3.5.3	Stahlherstellung mit dem Elektrostahl-Verfahren	57
1.4.2	Allgemeine Sicherheitsmaßnahmen	15	3.5.4	Nachbehandlung des flüssigen Stahls	58
1.4.3	Unfallursachen	16	3.6	Verarbeitung zu Stahlerzeugnissen	58
1.4.4	Sicherheitszeichen	16	3.6.1	Warmwalzen	59
1.5	Kennzeichnen und Anreißen	17	3.6.2	Rohrherstellung	60
1.5.1	Maßübertragung aus Zeichnungen	17	3.6.3	Kaltumformen	60
1.5.2	Anreißen und Körnen	18	3.7	Genormte Halbzeuge und ihre Bestellung	61
1.5.3	Anreißarbeiten und -werkzeuge	19	3.8	Einteilung und Zusammensetzung der Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	62
<b>2</b>	<b>Prüftechnik und Qualitätsmanagement</b>	<b>21</b>	3.9	Wichtige Stähle und Eisen-Gusswerkstoffe	63
2.1	Grundlagen der Prüftechnik	21	3.9.1	Stahlbaustähle	63
2.1.1	Vergleich Sollzustand – Istzustand	21	3.9.2	Maschinenbaustähle	65
2.1.2	Subjektives und objektives Prüfen	21	3.9.3	Stähle für Bleche und Band	67
2.1.3	Prüfen – Messen – Lehren	22	3.9.4	Nichtrostende Stähle	68
2.1.4	Prüfarten	23	3.9.5	Werkzeugstähle	69
2.1.5	Maßangaben	23	3.9.6	Gusseisenwerkstoffe und Stahlguss	70
2.2	Toleranzen und Passungen	25	3.9.7	Werkstoffnummern	71
2.2.1	Maßtoleranzen	26	3.10	Der innere Aufbau der Metalle	72
2.2.2	Grundbegriffe der Passungen	27	3.10.1	Blick ins Werkstoffinnere	72
2.2.3	ISO-Passungen	27	3.10.2	Kristallgittertypen der Metalle	73
2.3	Prüfmittel	29	3.10.3	Entstehung des Metallgefüges	73
2.3.1	Einteilung der Prüfmittel	29	3.10.4	Innerer Aufbau und Eigenschaften	73
2.3.2	Maßverkörperungen	30	3.10.5	Eisen-Kohlenstoff-Zustandsdiagramm und Gefügearten der unlegierten Stähle	74
2.3.3	Anzeigende Messgeräte	31	3.11	Wärmebehandlung der Stähle	75
2.3.4	Lehren	37	3.11.1	Glühen	75
2.3.5	Hilfsmittel	39	3.11.2	Härten	76
2.4	Prüfabweichungen	40	3.11.3	Vergüten	77
2.4.1	Systematische Abweichungen	40	3.11.4	Randschichthärtungen	77
2.4.2	Zufällige Abweichungen	40	3.12	Nichteisenmetalle (NE-Metalle)	78
2.4.3	Größe der Abweichung	40	3.12.1	Kupfer und Kupferlegierungen	78
2.4.4	Ursachen von Prüfabweichungen	41	3.12.2	Aluminium und Aluminiumlegierungen	80
2.5	Auswahl der Prüfmittel – Messübung	42	3.12.3	Weitere technisch wichtige Metalle	82
2.6	Qualitätsmanagement	43	3.13	Sinterwerkstoffe	83
2.6.1	Der Qualitätsbegriff	43	3.14	Korrosion und Korrosionsschutz	84
2.6.2	Qualität als Unternehmensziel	44	3.14.1	Korrosionsursachen	84
2.6.3	Qualitätsplanung	46	3.14.2	Erscheinungsformen der Korrosion	85
2.6.4	Qualitätslenkung	46	3.14.3	Passivierung der Metalloberflächen	85
2.6.5	Qualitätssicherung	47	3.14.4	Einflüsse auf die Korrosionsbeständigkeit eines Bauteils	86
2.6.6	Qualitätsverbesserung	50			

3.14.5	Korrosionsschutz durch Beschichten . . .	86	4.5.2	Spannungserzeugung durch Induktion .	111
3.14.6	Korrosionsschutz bei Maschinen . . . . .	87	4.5.3	Elektrochemische Reaktionen . . . . .	113
3.14.7	Katodischer Korrosionsschutz . . . . .	87	4.5.4	Transformatoren . . . . .	113
3.14.8	Korrosionsschutz von Al-Bauteilen . . .	87	4.6	<b>Messung elektrischer Größen . . . . .</b>	<b>114</b>
3.15	<b>Kunststoffe (Plaste) . . . . .</b>	<b>88</b>	4.7	<b>Schutz vor den Gefahren des</b>	
3.15.1	Eigenschaften und Verwendung . . . . .	88		<b>elektrischen Stroms. . . . .</b>	<b>115</b>
3.15.2	Herstellung und innerer Aufbau . . . . .	89	4.7.1	Wirkungen des elektrischen Stroms	
3.15.3	Einteilung . . . . .	89		auf den menschlichen Organismus . . . .	116
3.15.4	Thermoplaste . . . . .	90	4.7.2	Fehler an elektrischen Anlagen . . . . .	116
3.15.5	Duroplaste . . . . .	91	4.7.3	Schutzmaßnahmen . . . . .	116
3.15.6	Elastomere . . . . .	91	4.7.4	Arbeit mit elektrischen Anlagen . . . . .	118
3.16	<b>Verbundwerkstoffe . . . . .</b>	<b>92</b>			
3.17	<b>Hilfsstoffe . . . . .</b>	<b>93</b>	5	<b>Steuerungstechnik . . . . .</b>	<b>119</b>
3.17.1	Schmierstoffe . . . . .	93	5.1	<b>Aufbau einer Steuerung . . . . .</b>	<b>119</b>
3.17.2	Kühlschmierstoffe . . . . .	94	5.2	<b>Steuerungsarten . . . . .</b>	<b>120</b>
3.18	<b>Werkstoffprüfung . . . . .</b>	<b>95</b>	5.2.1	Analoge, binäre und digitale	
3.18.1	Werkstattprüfungen . . . . .	95		Steuerungen . . . . .	120
3.18.2	Zugversuch . . . . .	96	5.2.2	Verknüpfungssteuerungen . . . . .	121
3.18.3	Kerbschlagbiegeversuch nach Charpy . .	97	5.2.3	Ablaufsteuerungen . . . . .	122
3.18.4	Technologische Prüfungen . . . . .	97	5.2.4	Mechanische Steuerungen . . . . .	123
3.18.5	Härteprüfungen . . . . .	98	5.2.5	Pneumatische Steuerungen . . . . .	124
3.18.6	Untersuchungen des inneren Aufbaus		5.2.6	Hydraulische Steuerungen . . . . .	127
	der Werkstoffe . . . . .	99	5.2.7	Elektrische Steuerungen . . . . .	130
3.19	<b>Umweltschutz und Gesundheits-</b>		5.2.8	Speicherprogrammierbare	
	<b>vorsorge im Metallbetrieb. . . . .</b>	<b>100</b>		Steuerungen . . . . .	131
3.19.1	Umgang mit Werk- und Hilfsstoffen . . .	100	5.2.9	Numerische Steuerungen . . . . .	132
3.19.2	Vermeiden von Schadstoffen . . . . .	101	5.3	<b>Beispiele für Steuerungen. . . . .</b>	<b>133</b>
3.19.3	Recycling und Entsorgung in metall-		5.4	<b>Lösung steuerungstechnischer</b>	
	verarbeitenden Betrieben . . . . .	101		<b>Aufgaben . . . . .</b>	<b>134</b>
3.19.4	Gesundheitsgefährdende Stoffe		5.5	<b>Regelungen. . . . .</b>	<b>136</b>
	im Metallbetrieb . . . . .	103	5.6	<b>GRAFCET . . . . .</b>	<b>137</b>
3.20	<b>Gesamt-Wiederholungsaufgaben . . . .</b>	<b>104</b>	5.6.1	Erstellung . . . . .	137
4	<b>Elektrotechnik . . . . .</b>	<b>105</b>	5.6.2	Elemente . . . . .	138
4.1	<b>Grundbegriffe der Elektrotechnik. . . .</b>	<b>105</b>	5.6.3	Transitionsbedingungen . . . . .	139
4.1.1	Elektrischer Stromkreis . . . . .	105	5.6.4	Beispiel einer vereinfachten	
4.1.2	Leitung der elektrischen Energie . . . . .	105		Ablaufsteuerung . . . . .	140
4.1.3	Elektrischer Strom . . . . .	106	6	<b>Technische Kommunikation. . . . .</b>	<b>141</b>
4.1.4	Elektrische Spannung . . . . .	106	6.1	<b>Die Technische Zeichnung als</b>	
4.1.5	Elektrischer Widerstand . . . . .	106		<b>Kommunikationsmittel . . . . .</b>	<b>141</b>
4.1.6	Ohm'sches Gesetz . . . . .	107	6.1.1	Darstellungsarten . . . . .	142
4.2	<b>Schaltungsarten. . . . .</b>	<b>108</b>	6.1.2	Einzelteilzeichnungen . . . . .	144
4.2.1	Reihenschaltung . . . . .	108	6.1.3	Schnittdarstellung . . . . .	148
4.2.2	Parallelschaltung . . . . .	108	6.1.4	Bemaßung von Einzelteilen . . . . .	149
4.3	<b>Leistung und Wirkungsgrad . . . . .</b>	<b>109</b>	6.1.5	Gewindedarstellung . . . . .	150
4.4	<b>Wirkungen des elektrischen Stromes . .</b>	<b>110</b>	6.1.6	Genormte Einzelteile . . . . .	151
4.4.1	Lichtwirkung . . . . .	110	6.1.7	Gruppenzeichnungen . . . . .	152
4.4.2	Wärmewirkung . . . . .	110	6.2	<b>Tabellen und Diagramme . . . . .</b>	<b>153</b>
4.4.3	Magnetische Wirkung . . . . .	110	6.2.1	Tabellen . . . . .	153
4.4.4	Chemische Wirkung . . . . .	110	6.2.2	Diagramme . . . . .	153
4.5	<b>Bereitstellung elektrischer Energie . . .</b>	<b>111</b>	6.3	<b>Technische Kommunikation mithilfe</b>	
4.5.1	Elektrischer Strom und Magnetismus . .	111		<b>von Plänen . . . . .</b>	<b>154</b>

<b>7</b>	<b>Kommunikation und Präsentation ..</b>	<b>155</b>
<b>7.1</b>	<b>Die Sprache als Kommunikationsmittel</b>	<b>155</b>
7.1.1	Das Erstellen von Protokollen .....	155
7.1.2	Referate und Vorträge .....	156
7.1.3	Referaterstellung .....	156
7.1.4	Der Vortrag des Referates .....	156
<b>7.2</b>	<b>Kommunikation und Präsentation mithilfe von Präsentationssoftware .....</b>	<b>157</b>
7.2.1	Einstellungen einer Präsentation .....	157
<b>8</b>	<b>Kostenrechnung .....</b>	<b>161</b>
<b>8.1</b>	<b>Die Preisermittlung .....</b>	<b>161</b>
8.1.1	Kostenarten .....	161
8.1.2	Kostenstellen .....	163
8.1.3	Kalkulation und Betriebsabrechnung ..	163
8.1.4	Die Zuschlagskalkulation .....	163
<b>8.2</b>	<b>Preiskontrolle .....</b>	<b>163</b>
<b>8.3</b>	<b>Kontrolle der Wirtschaftlichkeit .....</b>	<b>164</b>
<b>8.4</b>	<b>Beispiel einer Preisermittlung .....</b>	<b>164</b>

## Lernfeld 1

<b>9</b>	<b>Trennen .....</b>	<b>165</b>
<b>9.1</b>	<b>Grundlagen der Trennverfahren .....</b>	<b>165</b>
<b>9.2</b>	<b>Zerteilen .....</b>	<b>166</b>
9.2.1	Keilschneiden .....	166
9.2.2	Scherschneiden .....	167
<b>9.3</b>	<b>Thermisches Trennen .....</b>	<b>172</b>
<b>9.4</b>	<b>Spanen .....</b>	<b>173</b>
9.4.1	Spanen mit dem Meißel .....	175
9.4.2	Sägen .....	176
9.4.3	Feilen .....	179
<b>9.5</b>	<b>Bohren .....</b>	<b>181</b>
9.5.1	Bohrvorgang .....	181
9.5.2	Bohrwerkzeug .....	181
9.5.3	Querschneide und Vorschubkraft .....	182
9.5.4	Spiralbohrertypen .....	182
9.5.5	Bohrerarten .....	183
9.5.6	Schneidstoffe der Bohrer .....	183
9.5.7	Verschleiß und Anschliff am Spiralbohrer .....	184
9.5.8	Schnittgeschwindigkeit beim Bohren ..	185
9.5.9	Spannen der Werkzeuge .....	186
9.5.10	Spannen der Werkstücke .....	186
9.5.11	Arbeitsregeln – Unfallverhütung .....	187
9.5.12	Bohrmaschinen .....	187
<b>9.6</b>	<b>Senken .....</b>	<b>189</b>
9.6.1	Arten und Verwendung von Senkern ..	189
9.6.2	Arbeitsregeln .....	189

<b>9.7</b>	<b>Reiben .....</b>	<b>190</b>
9.7.1	Die Spanabnahme beim Reiben .....	190
9.7.2	Reibwerkzeug .....	190
9.7.3	Arten und Verwendung von Reibahlen ..	191
9.7.4	Arbeitsregeln – Unfallverhütung .....	192
<b>9.8</b>	<b>Gewindeschneiden .....</b>	<b>192</b>
9.8.1	Innengewindeschneiden von Hand ....	193
9.8.2	Gewindebohrer .....	193
9.8.3	Winkel an der Schneide .....	194
9.8.4	Arbeitsregeln zum Innengewindeschneiden von Hand .....	194
9.8.5	Arbeitsregeln zum Innengewindeschneiden auf der Bohrmaschine .....	194
9.8.6	Maschinengewindebohrer .....	195
9.8.7	Außengewindeschneiden von Hand ...	195
9.8.8	Werkzeuge zum Außengewindeschneiden .....	196
9.8.9	Arbeitsregeln zum Außengewindeschneiden .....	196
<b>10</b>	<b>Umformen .....</b>	<b>197</b>
<b>10.1</b>	<b>Einteilung der Umformverfahren .....</b>	<b>197</b>
<b>10.2</b>	<b>Technologische Grundlagen .....</b>	<b>198</b>
10.2.1	Vorgänge im Gefüge .....	198
10.2.2	Einfluss der Temperatur .....	199
<b>10.3</b>	<b>Biegen .....</b>	<b>200</b>
10.3.1	Technologische Grundlagen .....	200
10.3.2	Biegen von Rohren .....	201
10.3.3	Biegen von Profilen .....	202
<b>10.4</b>	<b>Richten .....</b>	<b>203</b>
10.4.1	Richten von Hand .....	203
10.4.2	Richten durch Wärme .....	204
10.4.3	Spannen von Blech .....	204
<b>10.5</b>	<b>Blechbearbeitungsverfahren .....</b>	<b>205</b>
10.5.1	Technologische Grundlagen .....	205
10.5.2	Biegeumformen .....	206
10.5.3	Zuschnittlängen .....	208
10.5.4	Tiefziehen .....	208
10.5.5	Runden .....	209
10.5.6	Schweifen .....	210
10.5.7	Einziehen .....	211
10.5.8	Bördeln .....	211
10.5.9	Falzen .....	212
10.5.10	Blechversteifungen .....	213
<b>10.6</b>	<b>Projektaufgaben Computergehäuse ...</b>	<b>215</b>
<b>10.7</b>	<b>Projektaufgaben Kardangelenk .....</b>	<b>217</b>

## Lernfeld 2

<b>11</b>	<b>Maschinen, Anlagen und Geräte ....</b>	<b>219</b>
<b>11.1</b>	<b>Systemtechnische Grundlagen .....</b>	<b>219</b>
11.1.1	Funktionen technischer Systeme .....	219

<b>11.2</b>	<b>Stoffverarbeitung im technischen System Werkzeugmaschine</b>	<b>221</b>
11.2.1	Antriebe	222
11.2.2	Bewegungsenergie übertragende und/oder wandelnde Bauteile	222
11.2.3	Tragende und stützende Bauteile	224
11.2.4	Halte- und Spannvorrichtungen	225
11.2.5	Informationsverarbeitende Bauteile	226
11.2.6	Systemübersicht Bohrmaschine	226

## **12 Spanende Fertigung mit Werkzeugmaschinen 227**

<b>12.1</b>	<b>Bewegungen an Werkzeugmaschinen</b>	<b>227</b>
<b>12.2</b>	<b>Einflussgrößen der Zerspanung</b>	<b>228</b>
<b>12.3</b>	<b>Drehen</b>	<b>229</b>
12.3.1	Drehvorgang – Drehverfahren	229
12.3.2	Drehwerkzeug	230
12.3.3	Drehmeißelarten	231
12.3.4	Schneidstoffe der Drehmeißel	231
12.3.5	Schnittgeschwindigkeit beim Drehen	232
12.3.6	Spannen der Werkzeuge	233
12.3.7	Spannen der Werkstücke	233
12.3.8	Drehmaschinen	234
<b>12.4</b>	<b>Fräsen</b>	<b>236</b>
12.4.1	Fräswerkzeuge	236
12.4.2	Arbeitsbewegungen	237
12.4.3	Einteilung der Fräsvverfahren	237
12.4.4	Arten der Fräser	238
12.4.5	Arbeit an Fräsmaschinen	239
<b>12.5</b>	<b>Schleifen</b>	<b>242</b>
12.5.1	Schleifwerkzeuge	242
12.5.2	Zerspanungsvorgang	244
12.5.3	Arbeit mit Schleifwerkzeugen	244
12.5.4	Schleifmaschinen und -verfahren	245
<b>12.6</b>	<b>Projektaufgaben handgeführtes Gelenk – Fertigen von Bauelementen mit Maschinen</b>	<b>246</b>

### **Lernfeld 3**

<b>13</b>	<b>Fügen</b>	<b>249</b>
<b>13.1</b>	<b>Physikalische Grundlagen</b>	<b>249</b>
13.1.1	Kräfte und Kraftdarstellung	249
13.1.2	Gewichtskräfte	250
13.1.3	Reibungskräfte	250
13.1.4	Kräfte am Hebel	252
13.1.5	Arbeit, Energie, Leistung	252
13.1.6	Wirkungsgrad	253
<b>13.2</b>	<b>Einteilung und Wirkweise</b>	<b>254</b>
<b>13.3</b>	<b>Schraubverbindung</b>	<b>255</b>
13.3.1	Wirkweise der Schraubverbindungen	255
13.3.2	Einteilung der Gewinde	257
13.3.3	Elemente der Schraubverbindungen	260
13.3.4	Auswahl der Schraubverbindungen	263
13.3.5	Schraubenwerkzeuge	264

<b>13.4</b>	<b>Stift- und Bolzenverbindung</b>	<b>265</b>
<b>13.5</b>	<b>Keilverbindung</b>	<b>267</b>
<b>13.6</b>	<b>Federverbindung</b>	<b>268</b>
<b>13.7</b>	<b>Nieten</b>	<b>269</b>
13.7.1	Nietarten	269
13.7.2	Kaltnieten	270
13.7.3	Warmnieten	270
<b>13.8</b>	<b>Löten</b>	<b>271</b>
13.8.1	Vorgänge beim Löten	271
13.8.2	Löttemperatur	272
13.8.3	Lötverfahren	273
13.8.4	Lote	273
13.8.5	Flussmittel	274
13.8.6	Erwärmung der Lötstelle	275
13.8.7	Arbeitstechniken beim Löten	275
<b>13.9</b>	<b>Kleben</b>	<b>277</b>
13.9.1	Wirkweise der Klebeverbindung	277
13.9.2	Klebstoffe für Metalle	277
13.9.3	Gestaltung und Herstellung der Klebeverbindung	278
13.9.4	Anwendungsbereiche	279
<b>13.10</b>	<b>Schweißen</b>	<b>280</b>
13.10.1	Pressschweißverfahren	280
13.10.2	Schmelzschweißverfahren	280
13.10.3	Gasschmelzschweißen	281
13.10.4	Lichtbogen-Schmelzschweißverfahren	286
13.10.5	Metall-Lichtbogenschweißen	288
13.10.6	Schutzgas-Schweißverfahren	290
<b>13.11</b>	<b>Pressverbindungen</b>	<b>291</b>
<b>13.12</b>	<b>Rohrleitungen</b>	<b>292</b>
13.12.1	Rohrarten	292
13.12.2	Rohrverbindungen	292
13.12.3	Rohrbefestigungen	293
<b>13.13</b>	<b>Projektaufgaben Bohrvorrichtung</b>	<b>294</b>
<b>13.14</b>	<b>Projektaufgaben Werkstattwagen</b>	<b>297</b>

### **Lernfeld 4**

<b>14</b>	<b>Warten von Maschinen und Geräten</b>	<b>299</b>
<b>14.1</b>	<b>Grundbegriffe der Instandhaltung</b>	<b>300</b>
<b>14.2</b>	<b>Instandhaltungskonzepte</b>	<b>301</b>
<b>14.3</b>	<b>Wartung</b>	<b>302</b>
<b>14.4</b>	<b>Inspektion</b>	<b>305</b>
<b>14.5</b>	<b>Instandsetzung</b>	<b>306</b>
<b>14.6</b>	<b>Verbesserungen</b>	<b>307</b>
<b>14.7</b>	<b>Reibung und Verschleiß</b>	<b>308</b>
<b>14.8</b>	<b>Pflege der Kühlschmierstoffe</b>	<b>309</b>
<b>14.9</b>	<b>Projektaufgaben Drehmaschine</b>	<b>311</b>
<b>Sachwortverzeichnis</b>		<b>313</b>
<b>Verzeichnis wichtiger DIN-Normen und Bestimmungen</b>		<b>326</b>
<b>Bildquellenverzeichnis</b>		<b>327</b>