

# Inhalt

<b>1 Grundlagen</b> .....	10
1.1 Aufgaben der Fertigungstechnik .....	10
1.2 Hauptgruppen der Fertigungsverfahren nach DIN 8580 .....	14
1.3 Auswahl von Fertigungsverfahren .....	16
1.4 Wesentliche Eigenschaften der Fertigungsverfahren .....	16
<b>2 Urformende Fertigungsverfahren</b> .....	22
2.1 Gießen .....	22
2.1.1 Stranggießen .....	22
2.1.2 Gießen in verlorene Formen .....	24
2.1.3 Gießen in Dauerformen .....	30
2.1.4 Verfahrensvergleich Sandguss – Kokillenguss .....	34
2.1.5 Gießerei .....	36
2.2 Sintern von Metallwerkstoffen .....	38
2.2.1 Verfahrensablauf .....	38
2.2.2 Vergleich pulvermetallurgischer Fertigungsverfahren .....	42
2.2.3 Vorteile, Nachteile und Anwendungsfelder des Sinterns .....	44
<b>3 Umformende Fertigungsverfahren</b> .....	46
3.1 Grundlagen des Umformens .....	46
3.2 Massivumformen .....	56
3.2.1 Stauchen .....	56
3.2.2 Gesenkformen .....	58
3.2.3 Verfahrensvergleich Gesenkformen – Gießen .....	60
3.2.4 Walzen .....	62
3.2.5 Eindrücken .....	66
3.2.6 Strangpressen und Fließpressen .....	68
3.2.7 Verfahrensvergleich Strangpressen – Walzen .....	72
3.2.8 Gleitziehen .....	74
3.2.9 Rundkneten .....	76
3.3 Blech- und Profilumformen .....	78
3.3.1 Biegen .....	78
3.3.2 Tiefziehen .....	80
3.3.3 Verfahrensvergleich Tiefziehen – Fließpressen .....	84
3.3.4 Tiefziehen mit elastischen Werkzeugen und Wirkmedien .....	86
3.3.5 Streckziehen .....	88
3.3.6 Walzprofilieren, Walzziehen, Walzrichten .....	90
3.3.7 Drücken .....	92
3.3.8 Verfahrensvergleich Drücken – Tiefziehen .....	94
3.3.9 Innenhochdruck-Umformen (IHU) .....	96

---

<b>4 Trennende Fertigungsverfahren</b>	98
4.1 Zerteilen – Spanloses Trennen	98
4.1.1 Scherschneiden	100
4.1.2 Feinschneiden	102
4.1.3 Werkzeuge für Umform- und Schneidvorgänge	104
4.2 Zerspanungstechnik	106
4.2.1 Bewegungen und Geometrie am Schneidwerkzeug	106
4.2.2 Schnitt-, Spanungsgrößen und Spanbildung	110
4.2.3 Schnittkraft, Leistungsbedarf und Hauptnutzungszeit	118
4.2.4 Schneidstoffe und Kühlenschmierstoffe	126
4.2.5 Werkzeugverschleiß und Werkstückoberfläche	132
4.2.6 Standzeit eines Werkzeugs	136
4.2.7 Optimierung der Zerspanung	138
4.2.8 Zerspanbarkeit von Werkstoffen	140
4.2.9 Trends in der spanenden Fertigung	142
4.3 Spanende Fertigungsverfahren mit geometrisch bestimmten Schneiden	146
4.3.1 Drehen	146
4.3.2 Bohren, Senken und Reiben	150
4.3.3 Fräsen	154
4.3.4 Räumen	158
4.3.5 Sägen	160
4.4 Spanende Fertigungsverfahren mit geometrisch unbestimmten Schneiden	162
4.4.1 Schleifen	164
4.4.2 Honen	168
4.4.3 Läppen	170
4.4.4 Strahlspanen, Strahlen und Reinigen	172
4.4.5 Entgraten	174
4.5 Abtragende Verfahren	176
4.5.1 Erodieren	176
4.5.2 Verfahrensvergleich Erodieren – Fräsen	180
4.5.3 Laserbearbeitung	182
4.5.4 Verfahrensvergleich Laserbrennschneiden – Nibbeln	184
4.5.5 Wasserstrahlschneiden	186
<b>5 Fügende Fertigungsverfahren</b>	188
5.1 Montage	188
5.2 Schweißen	190
5.2.1 Autogenschweißen	192
5.2.2 Lichtbogenschweißen	194
5.2.3 Laserstrahlschweißen	200
5.2.4 Widerstandspressschweißen	204
5.2.5 Ultraschallschweißen und Reibschiweißen	206
5.3 Löten	208
5.3.1 Weichlöten	210
5.3.2 Hartlöten	212

5.3.3 Verfahrensvergleich Laserstrahlschweißen – MIG/MAG-Schweißen – Hartlöten . . . . .	214
5.4 Kleben . . . . .	216
5.5 Fügen durch Umformen . . . . .	218
5.5.1 Nieten . . . . .	218
5.5.2 Clinchen oder Durchsetzfügen . . . . .	222
5.5.3 Falzen und Bördeln . . . . .	224
5.6 Schrauben . . . . .	224
5.7 Klipsen und Einrasten . . . . .	230
<b>6 Beschichten . . . . .</b>	<b>232</b>
6.1 PVD- und CVD-Verfahren . . . . .	234
6.2 Lackieren und Lacksysteme . . . . .	236
6.3 Tauchlackieren . . . . .	238
6.4 Spritzlackieren . . . . .	242
6.5 Emaillieren . . . . .	246
6.6 Thermisches Spritzen . . . . .	246
6.7 Galvanisieren, Oxidieren und elektrolytische Tauchabscheidung . . . . .	252
6.8 Wirbelsintern und elektrostatisches Pulverbeschichten . . . . .	254
6.9 Coil Coating . . . . .	256
6.10 Prozesstechnische PKW-Serienlackierung . . . . .	258
<b>7 Werkzeugmaschinen . . . . .</b>	<b>260</b>
7.1 Einführung . . . . .	260
7.2 Gestelle . . . . .	262
7.3 Schlitten und Tische . . . . .	266
7.4 Führungen . . . . .	268
7.5 Lagerungen . . . . .	274
7.6 Antriebe . . . . .	278
7.6.1 Hauptantriebe . . . . .	278
7.6.2 Nebenantriebe . . . . .	282
7.7 Getriebe . . . . .	284
7.7.1 Translationsgetriebe . . . . .	284
7.7.2 Rotationsgetriebe . . . . .	286
7.8 Beispiele für Werkzeugmaschinen . . . . .	292
7.8.1 Spanende Werkzeugmaschinen . . . . .	292
7.8.2 Werkzeugmaschinen für die Umformung und das Zerteilen . . . . .	296
<b>8 Steuerung von Werkzeugmaschinen . . . . .</b>	<b>298</b>
8.1 Aufgaben von Steuerungen in Werkzeugmaschinen . . . . .	298
8.2 Numerische Steuerung (NC) . . . . .	300
8.2.1 Grundlagen der numerischen Steuerung (NC) . . . . .	300
8.2.2 Wegmesssysteme . . . . .	306
8.2.3 Koordinatensysteme, Achsen und Nullpunkte . . . . .	306
8.2.4 NC-Programmierung . . . . .	314
8.2.5 Programmiermethoden . . . . .	318

8.3 Logik- und Servosteuerungen . . . . .	324
8.4 Konventionelle Programmsteuerungen . . . . .	326
8.4.1 Kurvensteuerung . . . . .	326
8.4.2 Kopiersteuerungen . . . . .	326
8.5 Digitalisieren . . . . .	328
<b>9 Industrieroboter . . . . .</b>	<b>330</b>
9.1 Handhabungsmaschinen . . . . .	330
9.2 Aufbau von Industrieroboteranlagen . . . . .	332
9.3 Kenngrößen von Industrierobotern . . . . .	334
9.4 Grundbauformen von Industrierobotern . . . . .	336
9.5 Industrierobotersteuerung und -programmierung . . . . .	340
9.6 Greifer- und Wechselsysteme . . . . .	344
9.7 Industrieroboter und Peripheriegeräte . . . . .	346
<b>10 Steigerung von Flexibilität und Produktivität . . . . .</b>	<b>350</b>
10.1 Zielsetzung . . . . .	350
10.2 Verkürzung der Hauptzeit . . . . .	352
10.3 Verkürzung der Nebenzeiten . . . . .	354
10.3.1 Verkürzung der Werkstückwechselzeit . . . . .	354
10.3.2 Verkürzung der Werkzeugwechselzeit . . . . .	356
10.4 Verkürzung der Rüstzeit . . . . .	358
10.5 Verkürzung der Durchlaufzeit . . . . .	360
10.6 Verlängerung der Maschinennutzung . . . . .	362
10.7 Qualitätssicherung durch Prozesssicherung . . . . .	364
<b>11 Fertigungautomatisierung . . . . .</b>	<b>370</b>
11.1 Begriffe zur Fertigungautomatisierung . . . . .	372
11.2 Ziele der Fertigungautomatisierung . . . . .	374
11.3 Fertigungssysteme mit zunehmender Automatisierung . . . . .	376
11.4 Komponenten automatisierter Fertigungsanlagen . . . . .	378
11.5 Transportieren, Verketten und Puffern . . . . .	382
11.6 Überwachen, Prüfen und Sichern mit Sensoren . . . . .	386
<b>12 Formelsammlung . . . . .</b>	<b>390</b>
<b>13 Übungsaufgaben . . . . .</b>	<b>409</b>
13.1 Spanende Fertigungsverfahren . . . . .	409
13.2 Spanlose Fertigungsverfahren . . . . .	418
13.3 Werkzeugmaschinen . . . . .	421
13.4 Lösungen zu Übungsaufgaben . . . . .	422
13.5 Lösungen spanlose Bearbeitung . . . . .	440
13.6 Lösungen Werkzeugmaschinen . . . . .	444
<b>14 Literatur . . . . .</b>	<b>446</b>
<b>15 Sachwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>448</b>