

# Inhaltsverzeichnis

<b>1. Einführung in die Fertigungsprozeßgestaltung</b> .....	<b>13</b>
1.1. Einordnung der Fertigungsprozeßgestaltung in die ingenieurwissenschaftlichen Grundlagen der Technologie der metallverarbeitenden Industrie .....	13
1.1.1. Entwicklung der Wissenschaft Technologie .....	13
1.1.2. Produktionstechnische Grundlagen der Technologie der metallverarbeitenden Industrie .....	14
1.1.3. Entwicklung und Hauptaufgaben der Fertigungsprozeßgestaltung .....	15
1.2. Stellung der Fertigungsprozeßgestaltung innerhalb der industriellen Fertigung des Maschinen- und Gerätebaus .....	16
1.2.1. Fertigungsprozeßgestaltung als Ingenieurtätigkeit .....	16
1.2.2. Einordnung der Aufgaben der Fertigungsprozeßgestaltung in die technologische Fertigungsvorbereitung der Industriebetriebe .....	18
1.3. Allgemeine Grundlagen der Gestaltung von Fertigungsprozessen .....	20
1.3.1. Entwicklungstendenzen der Fertigungsprozesse und ihrer Gestaltung im Maschinen- und Gerätebau .....	20
1.3.1.1. Teilefertigung .....	21
1.3.1.2. Montage .....	22
1.3.1.3. Technologische Fertigungsvorbereitung .....	22
1.3.2. Fertigungsaufgabe als Ausgangspunkt der Fertigungsprozeßgestaltung .....	23
1.3.2.1. Charakteristik und Arten von Fertigungsaufgaben .....	23
1.3.2.2. Beschreibung von Fertigungsaufgaben .....	25
1.3.3. Fertigungsprozesse und ihre Gestaltungselemente .....	25
1.3.3.1. Prozeßelemente .....	25
1.3.3.2. Zeitelemente .....	28
1.3.3.3. Konzentrations- und Differenzierungsprinzip .....	31
1.3.3.4. Beschreibung von Fertigungsprozessen .....	32
1.3.4. Fertigungsart und Fertigungsprozeßgestaltung .....	33
1.3.4.1. Einfluß der Fertigungsart .....	33
1.3.4.2. Fertigungsprozeßgestaltung bei unterschiedlichen Fertigungsarten .....	35
1.3.5. Organisations- und Gestaltungsformen der Fertigungsprozesse .....	38
1.3.5.1. Formen der Weitergabe der Arbeitsgegenstände und Losfertigung .....	38
1.3.5.2. Formen der räumlichen Anordnung der Arbeitsplätze .....	39
1.3.5.3. Gestaltungsformen der Fertigungsprozesse .....	40
1.4. Verzeichnis der Kurzzeichen und Symbole zum Abschn. 1. ....	42
1.5. Literaturverzeichnis .....	43
<b>2. Gestaltung von Fertigungsprozessen für Einzelteile</b> .....	<b>45</b>
2.1. Fertigungsaufgabe und Fertigungsbedingungen als Ausgangsbasis für die Gestaltung von Fertigungsprozessen .....	45
2.2. Überprüfung konstruktiver Lösungen auf fertigungsgerechte Gestaltung .....	50
2.2.1. Notwendigkeit und Inhalt .....	50
2.2.2. Technologische Auswirkungen konstruktiver Entscheidungen — aufgezeigt für Verfahrenshauptgruppen nach TGL 21639 .....	50
2.2.2.1. Einführende Bemerkungen .....	50

2.2.2.2.	Urformgerechtes Gestalten .....	51
2.2.2.3.	Umformgerechtes Gestalten .....	53
2.2.2.4.	Spannungsgerechtes Gestalten .....	55
2.2.2.5.	Wärmebehandlungsgerechtes Gestalten .....	57
2.2.3.	Organisation der Zusammenarbeit .....	59
2.3.	Prinzipielle Schritte und Folgerichtigkeit bei der Gestaltung von Teilefertigungsprozessen .....	59
2.4.	Technologische Fertigungsunterlagen (TFU) .....	65
2.4.1.	Funktion und Bedeutung .....	65
2.4.2.	Inhalt und Gestaltung .....	66
2.4.3.	Ausarbeitung und Ausfertigung .....	69
2.5.	Flächen am Arbeitsgegenstand .....	72
2.5.1.	Grundlagen und Übersicht .....	72
2.5.2.	Technologische Basen .....	73
2.6.	Rohteilbestimmung .....	77
2.6.1.	Vorbemerkungen .....	77
2.6.2.	Typische Rohteilvarianten für das Teilesortiment der metallverarbeitenden Industrie .....	77
2.6.3.	Festlegungen des Technologen zur Rohteil- und Halbzeugauswahl .....	79
2.6.4.	Kriterien und Vorgehensweise bei der Rohteilbestimmung .....	84
2.7.	Determinierung von Fertigungsverfahren und Fertigungsmitteln .....	86
2.7.1.	Charakteristik .....	86
2.7.2.	Grundprinzip und Voraussetzungen .....	87
2.7.3.	Kriterien und Vorgehensweise .....	89
2.7.4.	Ansätze für die mathematische Lösung des Problems .....	100
2.8.	Bestimmung von Arbeitsfolgen .....	103
2.8.1.	Charakteristik .....	103
2.8.2.	Zahl möglicher Arbeitsfolgen .....	105
2.8.3.	Technologische Regeln und Bestimmungsprinzipien .....	107
2.8.4.	Arbeitsfolgen für wärmebehandelte Bauteile .....	109
2.8.5.	Gestaltung von Arbeitsfolgen mit geringer Stufenzahl .....	111
2.8.6.	Grafische Darstellung von Teilefertigungsprozessen .....	116
2.9.	Arbeitsgangfolgen für ausgewählte Teileklassen der metallverarbeitenden Industrie .....	119
2.9.1.	Wellenförmige Teile .....	119
2.9.1.1.	Charakteristik .....	119
2.9.1.2.	Technologische Regeln und Haupteinflußgrößen .....	119
2.9.1.3.	Wellen ohne Wärmebehandlung .....	122
2.9.1.4.	Vergütete Wellen .....	125
2.9.2.	Gehäuseförmige Teile .....	126
2.9.2.1.	Charakteristik .....	126
2.9.2.2.	Technologische Regeln und Haupteinflußgrößen .....	127
2.9.2.3.	Fertigungsprozeßstufen- und Arbeitsgangfolgen .....	129
2.9.2.4.	Gestaltung ausgewählter Fertigungsprozeßstufen .....	129
2.10.	Detaillierung und Quantifizierung von Arbeitsgängen .....	133
2.11.	Literaturverzeichnis .....	137
3.	Gestaltung von Fertigungsprozessen der Montage .....	139
3.1.	Charakteristik der Fertigungsaufgabe der Montage .....	139
3.1.1.	Spezifische Aspekte der Fertigungsaufgabe .....	139
3.1.2.	Strukturierung des Montageprozesses .....	143
3.2.	Konstruktive Vorbereitung .....	147
3.2.1.	Grundsätze des montagegerechten Gestaltens .....	148

3.2.2.	Maß- und Toleranzketten der Montage .....	150
3.2.3.	Konstruktive Unterlagen .....	153
3.3.	Prinzipielle Arbeitsschritte bei der Gestaltung von Montageprozessen .....	153
3.3.1.	Technologische Unterlagen der Montage .....	153
3.3.2.	Bestimmung der Montagereihenfolge der Bauteile bzw. Bauelemente .....	156
3.3.3.	Ermittlung der Verfahren und ihre Kombination zum Montageprozeß .....	159
3.3.4.	Berechnung des Montagezeitaufwands .....	164
3.3.5.	Bestimmung der Strukturform der Montage .....	166
3.3.6.	Auswahl der Fertigungsmittel .....	166
3.3.7.	Bestimmung des Flächenbedarfs .....	171
3.3.8.	Bestimmung der Prozeßstabilität .....	172
3.3.9.	Rechnergestützte technologische Vorbereitung der Montage .....	176
3.3.10.	Beispiel der technologischen Vorbereitung des Montageprozesses .....	178
3.3.10.1.	Aufgabenstellung .....	178
3.3.10.2.	Analyse der Erzeugnisstruktur — Auflösungsübersicht .....	179
3.3.10.3.	Technologische Vorplanung des Montageprozesses — Montageablauf .....	181
3.3.10.4.	Strukturform .....	183
3.3.10.5.	Montageplan .....	185
3.4.	Verzeichnis der Kurzzeichen und Symbole zum Abschn. 3. ....	185
3.5.	Literaturverzeichnis .....	186
↓	<b>Technologischer Variantenvergleich, wirtschaftliche Losgröße .....</b>	<b>188</b>
4.1.	Technologischer Variantenvergleich .....	188
4.1.1.	Entscheidungskriterien .....	188
4.1.2.	Methoden zum Bestimmen vergleichbarer Kosten von Fertigungsvarianten .....	189
4.1.2.1.	Verrechnung der indirekten Kosten durch globale Zuschläge .....	189
4.1.2.2.	Einzelermittlung der indirekten Kosten .....	190
4.1.2.3.	Ermittlung von vergleichbaren Kosten mit Hilfe von Stundenkostennormativen .....	191
4.1.3.	Methoden zum Bestimmen der technologischen Einzelkosten .....	194
4.1.3.1.	Ermittlung der direkten Grundkosten .....	194
4.1.3.2.	Ermittlung der indirekt zurechenbaren Kosten — Kosten für Abschreibungen .....	197
4.1.4.	Grenzstückzahlen von Fertigungsvarianten .....	201
4.1.5.	Kosteneinsparungen und Rückflußdauer der zusätzlichen einmaligen Aufwendungen .....	204
4.1.6.	Komplexes Berechnungsbeispiel .....	206
4.2.	Wirtschaftliche Losgröße .....	209
4.2.1.	Begriffe .....	209
4.2.2.	Bestimmung der Losgröße .....	209
4.3.	Verzeichnis der Kurzzeichen und Symbole zum Abschnitt 4. ....	213
4.4.	Literaturverzeichnis .....	215
5.	<b>Gestaltung von Fertigungsprozessen für unterschiedliche Organisationsformen der Fertigung</b> .....	<b>216</b>
5.1.	Organisationsformen der Fertigung und Charakterisierung des Betrachtungsfelds .....	216
5.1.1.	Einführung .....	216
5.1.2.	Fertigungsstruktur .....	217
5.1.3.	Fertigungsprozeßgestaltung und Anforderungen unterschiedlicher Formen der Fertigungsorganisation .....	218
5.1.4.	Merkmale gegenstandsspezialisierter Fertigungen .....	221
5.1.5.	Fertigungsprozeßgestaltung bei gegenstandsspezialisierten Fertigungen .....	221
5.2.	Gestaltung von Fertigungsprozessen für die Bedingungen der Großserien- und Massenfertigung .....	226
5.2.1.	Vorbemerkungen .....	226

5.2.2.	Fertigungsprozeßgestaltung für Fließfertigungen .....	226
5.2.2.1.	Einführung und Definition .....	226
5.2.2.2.	Voraussetzungen für die Fließfertigung .....	227
5.2.2.3.	Formen der Fließfertigung .....	227
5.2.2.4.	Taktzeitbestimmung .....	231
5.2.2.5.	Technologische Leistungsabstimmung .....	235
5.2.2.6.	Stabilität der Fließfertigung .....	238
5.2.3.	Fertigungsprozeßgestaltung für flexible gegenstandsspezialisierte Fertigungen bei Großserien- und Massenfertigung .....	239
5.3.	Gestaltung von Fertigungsprozessen für die Bedingungen der Einzel-, Klein- und Mittel- serienfertigung .....	241
5.3.1.	Vorbemerkung .....	241
5.3.2.	Konventionelle Formen der Fertigung .....	242
5.3.3.	Weiterentwicklung der Formen der Fertigung und die Gestaltung von Fertigungs- prozessen .....	244
5.3.3.1.	Flexible integrierte Formen der Fertigung .....	244
5.3.3.2.	Technische und ökonomische Aspekte der flexiblen integrierten Fertigung .....	245
5.4.	Entwicklungstendenzen .....	247
5.5.	Literaturverzeichnis .....	248
6.	<b>Vereinheitlichung von Fertigungsprozessen</b> .....	250
6.1.	Grundsätze und Ziele .....	250
6.2.	Klassifizierung .....	250
6.2.1.	Begriffe .....	251
6.2.2.	Klassifikatoren für Einzelteile .....	252
6.2.2.1.	Konstante Klassifikatoren .....	252
6.2.2.2.	Variable Klassifikatoren .....	258
6.2.2.3.	Klassifizierung der Formelemente .....	258
6.2.3.	Klassifikatoren für Baugruppen .....	259
6.2.4.	Klassifizierung der Fertigungsprozesse und Prozeßelemente .....	259
6.3.	Typung von Fertigungsprozessen .....	263
6.3.1.	Variabilität der Arbeitsgänge und Arbeitsgangdaten .....	263
6.3.2.	Formen der Typenarbeitspläne .....	266
6.3.3.	Typenprozesse als Grundlage höherer Rationalisierungsstufen der Fertigungs- vorbereitung .....	273
6.4.	Gruppenbearbeitung .....	277
6.4.1.	Grundlagen .....	277
6.4.2.	Gruppenfertigungspläne .....	278
6.4.3.	Schwerpunkte der Gruppenbearbeitung bei verschiedenen Fertigungsverfahren .....	279
6.5.	Einflüsse der Vereinheitlichung von Fertigungsprozessen auf weitere Gebiete der Produk- tionsvorbereitung .....	283
6.5.1.	Zeitermittlung und Arbeitsnormung .....	283
6.5.2.	Konstruktive Fertigungsvorbereitung .....	284
6.5.3.	Organisation der Produktion .....	286
6.6.	Analyse der Fertigungsaufgaben .....	286
6.7.	Zusammenfassung .....	288
6.8.	Literaturverzeichnis .....	290

<b>7. Rationelle Informationsverarbeitung bei der Gestaltung von Fertigungsprozessen</b> .....	291
7.1. Einsatz- und Fertigungsvorbereitung für programmgesteuerte Fertigungsmittel .....	291
7.1.1. Programmgesteuerte Werkzeugmaschinen .....	291
7.1.1.1. Aufbau und Wirkungsweise analog gesteuerter Werkzeugmaschinen .....	292
7.1.1.2. Aufbau und Wirkungsweise numerisch gesteuerter Werkzeugmaschinen .....	293
7.1.2. Numerische Steuerungstechnik .....	296
7.1.2.1. Generationsfolge der NC-Steuerungstechnik .....	296
7.1.2.2. Grundbegriffe der NC-Technik .....	297
7.1.3. Besonderheiten der komplexen Automatisierung .....	300
7.1.3.1. NC-Bearbeitungszentren, NC-Maschinensysteme, Fertigungszellen .....	300
7.1.3.2. Rechnerintegrierte und rechnergesteuerte Betriebsarten .....	304
7.1.3.3. Weiterentwicklung der Automatisierungstechnik .....	310
7.1.3.4. Hauptaspekte und Vorteile beim Einsatz numerisch gesteuerter Maschinen .....	311
7.1.4. Einsatzvorbereitung hochproduktiver Maschinen .....	312
7.1.4.1. Generelle Aspekte und Aufgaben der Einsatzvorbereitung .....	312
7.1.4.2. Schwerpunkte der technologischen Einsatzvorbereitung .....	313
7.1.5. Fertigungsvorbereitung für programmgesteuerte Maschinen .....	323
7.1.5.1. Unterlagen und Hilfsmittel .....	324
7.1.5.2. Zu erarbeitende technologische Unterlagen und Ablauf der Programmausarbeitung .....	325
7.1.5.3. Einrichten programmgesteuerter Werkzeugmaschinen .....	331
7.2. Rationalisierte technologische Fertigungsvorbereitung innerhalb durchgängig automatisierter Systeme (CAD/CAM) .....	332
7.2.1. Anliegen und grundsätzliche Möglichkeiten .....	332
7.2.2. Methoden zur Rohteil Auswahl .....	333
7.2.3. Rechnergestützte Prozeß- und Arbeitsgangermittlung .....	335
7.2.3.1. Allgemeines .....	335
7.2.3.2. Charakteristik des Programmsystems RATIBERT .....	336
7.3. Rationelle Fertigungsvorbereitung für numerisch gesteuerte Maschinen .....	339
7.3.1. Aufgabenstellung .....	339
7.3.2. Programmiersysteme der Fertigungstechnik .....	339
7.3.3. Grundaufbau fertigungstechnischer Programmiersysteme .....	341
7.3.3.1. Problemorientierte Programmiersprachen .....	341
7.3.3.2. Verarbeitungsprogramme .....	342
7.3.3.3. Postprozessoren und einheitliche Übergabesprache .....	343
7.3.4. Einheitliche Programmiersprache des RGW .....	344
7.3.5. Charakteristik eines Teilsystems und Bearbeitungsbeispiel .....	346
7.3.6. Programmiersysteme zur Kleinrechnernutzung .....	348
7.3.6.1. Charakteristik des Programmiersystems AUTOTECH/SYMAP DR 4 .....	348
7.3.6.2. Bearbeitungsbeispiel .....	349
7.4. Rationelle Informationsspeicherung .....	349
7.4.1. Nutzung der Mikrofilmtechnik .....	351
7.4.2. Datenbanken zur elektronischen Informationsspeicherung .....	352
7.5. Progressive Arbeitsplätze für Konstrukteure und Technologen .....	353
7.5.1. Grundsätzliche Bemerkungen und Begriffsbestimmung .....	353
7.5.2. Konstrukteur- und Technologenarbeitsplätze in der DDR .....	354
7.6. Ausblick auf die weitere Entwicklung zur integrierten Informationsverarbeitung .....	358
7.6.1. Grundanliegen und Grundbegriffe .....	358
7.6.2. Entwicklungsrichtungen .....	359
7.7. Literaturverzeichnis .....	360

<b>8. Gestaltung von Fertigungsprozessen für Einzelteile nach dem Optimierungsprinzip (technologische Prozeßoptimierung)</b> .....	<b>361</b>
8.1. Gegenstand und Ziel der Fertigungsprozeßgestaltung nach dem Optimierungsprinzip .....	361
8.2. Mathematische Grundlagen der technologischen Prozeßoptimierung .....	363
8.2.1. Monooptimierung .....	365
8.2.2. Polyoptimierung .....	366
8.3. Technische und organisatorische Prozeßrestriktionen .....	367
8.3.1. Technische Prozeßrestriktionen .....	367
8.3.2. Organisatorische Prozeßrestriktionen .....	370
8.4. Ökonomische Optimalitätskriterien und Zielfunktionen .....	372
8.4.1. Fertigungskosten ( $K$ ) .....	372
8.4.2. Fertigungszeit ( $t$ ) .....	374
8.5. Etappen der Prozeßoptimierung .....	374
8.5.1. Prozeßgrobentwurf in Varianten (1. Entwurfsschritt) .....	374
8.5.2. Verfahrensoptimierung (2. Entwurfsschritt) .....	375
8.5.2.1. Zielfunktionen der Schnittwertoptimierung .....	375
8.5.2.2. Optimierungsmodell .....	377
8.5.2.3. Schnittwertspeicher der DDR — aktuelle Nutzungsform der Verfahrensoptimierung	379
8.5.3. Technologischer Variantenvergleich in mehrkriterialer Problemstellung (3. Entwurfsschritt) .....	380
8.5.3.1. Diskrete zweikriteriale Polyoptimierung (prozeßbezogene Betrachtung) .....	380
8.5.3.2. Diskrete dreikriteriale Polyoptimierung (arbeitsplatzbezogene Betrachtung) .....	382
8.5.4. Auslastungsoptimierung (4. Entwurfsschritt) .....	385
8.5.4.1. Notwendigkeit einer Auslastungsoptimierung .....	385
8.5.4.2. Darstellungsgrundlagen .....	385
8.5.4.3. Optimierregel für Losfertigung .....	390
8.5.4.4. Optimierregel für Fließfertigung .....	392
8.6. Zusammenfassung .....	393
8.7. Literaturverzeichnis .....	394
<b>9. Sachwörterverzeichnis</b> .....	<b>395</b>