

# Inhalt

<b>1. Einführung</b> . . . . .	1
1.1. Montage . . . . .	1
1.2. Stellenwert der Montage im Produktionsablauf . . . . .	2
<b>2. Produktgestaltung als Voraussetzung wirtschaftlicher Montage</b> . . . . .	4
2.1. Produktaufbau . . . . .	5
2.1.1. Basisteil . . . . .	6
2.1.2. Teilezahl . . . . .	7
2.2. Montagerweiterte ABC-Analyse . . . . .	9
2.2.1. Grundsatzfrage Nr. 1: Preis der Einzelteile bzw. ihre Herstellkosten	10
2.2.2. Grundsatzfrage Nr. 2: Anlieferungszustand . . . . .	11
2.2.2.1. Schüttgut . . . . .	11
2.2.2.2. Geordnet verpackt . . . . .	12
2.2.2.3. Magaziniert . . . . .	12
2.2.2.4. Langteile, Fließgut, gegurtetes Material . . . . .	13
2.2.3. Grundsatzfrage Nr. 3: Handhabungsfähigkeit . . . . .	15
2.2.3.1. Ordnungsfähigkeit . . . . .	16
2.2.3.2. Weitergeben . . . . .	19
2.2.4. Grundsatzfrage Nr. 4: Fügerichtung und Fügefähigkeit . . . . .	21
2.2.4.1. Fügerichtung . . . . .	21
2.2.4.2. Fügefähigkeit . . . . .	23
2.2.4.3. Fügeräume . . . . .	24
2.2.4.4. Stabilität . . . . .	27
2.2.5. Grundsatzfrage Nr. 5: Fügeverfahren . . . . .	27
2.2.5.1. Schraubenverbindungen . . . . .	28
2.2.5.2. Auswahl der Fügeverfahren . . . . .	28
2.2.5.3. Beispiele . . . . .	31
2.2.6. Grundsatzfrage Nr. 6: Qualität . . . . .	31
2.2.6.1. Teilequalität . . . . .	32
2.2.6.2. Folgekosten schlechter Teilequalität . . . . .	34
2.2.7. Grundsatzfrage Nr. 7: Montagekosten . . . . .	36
2.2.8. Organisatorische Durchführung der montagerweiterten ABC-Analyse . . . . .	36
2.3. Bewertung der ABC Analyse . . . . .	38
<b>3. Manuelle Montage</b> . . . . .	43
3.1. Einleitung . . . . .	43

3.2. Grundlagen der Arbeitsplatzgestaltung . . . . .	43
3.3. Organisationsformen manueller Montage . . . . .	46
3.3.1. Einzelplatzmontage . . . . .	46
3.3.1.1. Ausführungsbeispiele – Einzelplatzmontage . . . . .	47
3.3.2. Fließmontage . . . . .	50
3.3.2.1. Fließmontage durch manuelles Fördern des Montageobjektes . . . . .	51
3.3.2.2. Fließmontage durch mechanische Förderung des Montageobjektes in ungeordneter Form . . . . .	52
3.3.2.3. Fließmontage durch mechanische Förderung des Montageobjektes in geordneter Form . . . . .	53
3.3.2.3.1. Werkstückträger . . . . .	59
3.3.2.3.2. Austaktung . . . . .	61
3.3.2.3.3. Bewertung der Fließmontage durch mechanische Förderung des Montageobjektes in geordneter Form . . . . .	63
3.4. Automatische, auftragsgebundene Teileversorgung komplexer Montageplätze . . . . .	64
<b>4. Primär-Sekundär-Analyse – ein Hilfsmittel zur Ermittlung des wirtschaftlichen Wirkungsgrades von Montagekonzepten . . . . .</b>	<b>67</b>
4.1. Einleitung . . . . .	67
4.2. Definition des Wirkungsgrades von Montagevorgängen . . . . .	67
4.3. Anwendungsbereich . . . . .	68
4.3.1. Grundanalyse . . . . .	68
4.3.2. Feinanalyse von Einzelmontagearbeitsplätzen nach Primär- und Sekundärvorgängen . . . . .	71
4.3.2.1. Hinlangen . . . . .	72
4.3.2.2. Greifen . . . . .	74
4.3.2.3. Bringen . . . . .	74
4.3.2.4. Fügen . . . . .	75
4.3.2.5. Loslassen . . . . .	75
4.4. Anwendungsbeispiel der Montageanalyse nach Primär- und Sekundäraufwand . . . . .	76
4.4.1. Einzelmontagearbeitsplatz mit Bereitstellung der Teile in Greifbehältern . . . . .	77
4.4.2. Einzelmontagearbeitsplatz mit Teilebereitstellung über Teilepaternoster . . . . .	80
4.4.3. Einzelmontagearbeitsplatz, Teilebereitstellung teilweise Greifbehälter teilweise Vibrationswendelförderer . . . . .	80
4.4.4. Verkettung von drei Einzelmontagearbeitsplätzen zur Fließ- montage bei manueller Förderung des Montageobjektes . . . . .	82
4.4.5. Verkettung von drei Einzelmontagearbeitsplätzen zur Fließ- montage mit mechanischer Förderung des Montageobjektes in Werkstückträgern . . . . .	84
4.4.6. Zusammenfassung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung . . . . .	85
4.4.7. Primär-Sekundär-Feinanalyse für das Handhaben und Fügen eines Einzelteiles . . . . .	89

4.5. Erweiterte Analyse nach Primär- und Sekundäraufwendungen für den Gesamtablauf einer Montage . . . . .	90
4.6. Praxisbeispiele . . . . .	93
4.6.1. Beispiel Nr. 4.1: Schaltermontage . . . . .	93
4.6.1.1. Ausgangsbasis . . . . .	93
4.6.1.2. Lösungsansatz . . . . .	95
4.6.1.3. Montageablauf . . . . .	96
4.6.1.4. PMV-SMV-Analyse . . . . .	100
4.6.2. Beispiel Nr. 4.2: Schaltelement . . . . .	101
4.6.2.1. Ausgangsbasis . . . . .	101
4.6.2.2. Lösungsansatz . . . . .	102
4.6.3. Beispiel Nr. 4.3: Scheinwerfermontage . . . . .	107
4.6.3.1. Ausgangsbasis . . . . .	107
4.6.3.2. Lösungsansatz . . . . .	107
4.7. Ausbaufähige Fließmontage . . . . .	109
4.7.1. Systemmodule . . . . .	109
4.7.2. Praxisbeispiel . . . . .	111
<b>5. Bausteine zur Automatisierung von Montagevorgängen . . . . .</b>	<b>114</b>
5.1. Einleitung . . . . .	114
5.1.1. Handhabung . . . . .	115
5.2. Zubringeeinheiten . . . . .	120
5.2.1. Zubringeeinrichtungen für Teile mit einem Ordnungsmerkmal . . . . .	121
5.2.1.1. Bunker mit Schöpfsegment . . . . .	121
5.2.1.2. Bunker mit Flügelrad . . . . .	122
5.2.1.3. Bunker mit Magnetscheibenaustrag . . . . .	123
5.2.1.4. Schrägförderer . . . . .	124
5.2.2. Zubringeeinrichtungen für Teile mit mehreren Ordnungsmerkmalen . . . . .	126
5.2.2.1. Ordnen der Teile in Vibrationswendelförderern . . . . .	127
5.2.2.2. Bauarten von Vibrationswendelförderern . . . . .	129
5.2.2.3. Auslaufschienen . . . . .	131
5.2.2.4. Teile vereinzeln – abnehmen – zuteilen . . . . .	136
5.2.2.5. Nachsortiereinrichtungen . . . . .	141
5.2.2.6. Leistung von Vibrationswendelförderern . . . . .	142
5.2.3. Elektronische Lageerkennung von Teilen . . . . .	144
5.2.4. Zubringen von Wirrteilen . . . . .	145
5.3. Handhabungsgeräte . . . . .	149
5.3.1. Einlegegeräte . . . . .	150
5.3.1.1. Antriebe . . . . .	150
5.3.1.2. Kinematik . . . . .	151
5.3.1.3. Steuerung . . . . .	153
5.3.1.4. Greifer . . . . .	153
5.3.1.5. Aufbau von Einlegegeräten . . . . .	155
5.3.2. Industrieroboter . . . . .	159
5.3.2.1. Kinematik, Arm und Greifer . . . . .	159
5.3.2.2. Steuerung . . . . .	161
5.3.2.3. Antrieb . . . . .	162

5.3.2.4.	Meßsystem . . . . .	163
5.3.2.5.	Sensoren . . . . .	164
5.3.2.6.	Bauarten von Industrierobotern . . . . .	164
5.3.2.6.1.	SCARA-Horizontal-Knickarmroboter . . . . .	165
5.3.2.6.2.	Roboter mit translatorischen X-, Y- und Z-Achsen . . . . .	166
5.4.	Transfereinrichtungen . . . . .	171
5.4.1.	Getaktete Transfereinrichtungen . . . . .	171
5.4.1.1.	Rundtakttransfereinrichtungen . . . . .	171
5.4.1.1.1.	Pneumatisch betriebene Rundtakteinheiten . . . . .	172
5.4.1.1.2.	Rundtakteinheiten mit Malteserantrieb . . . . .	174
5.4.1.1.3.	Kurvengetriebe für Rundtakteinheiten . . . . .	177
5.4.1.2.	Getaktete Längstranfereinrichtungen . . . . .	178
5.4.1.2.1.	Über-/Unterflur-Längstransfersysteme . . . . .	180
5.4.1.2.2.	Karussell-Längstransfersysteme . . . . .	180
5.4.1.2.3.	Platten-Längstransfersysteme . . . . .	181
5.4.2.	Ungetaktete Transfereinrichtungen . . . . .	182
5.5.	Schraubeinheiten . . . . .	184
5.5.1.	Schraubautomaten in Fallrohrzuführung . . . . .	185
5.5.2.	Schraubautomaten mit Förderschienenzuführung . . . . .	188
5.6.	Nieteinheiten . . . . .	190
5.6.1.	Nieten durch Pressen . . . . .	190
5.6.2.	Taumelnieten . . . . .	193
5.7.	Schweißeinheiten . . . . .	197
5.7.1.	Widerstandsschweißen . . . . .	197
5.7.2.	Laserschweißeinrichtungen . . . . .	200
5.8.	Löteinrichtungen . . . . .	203
5.9.	Kleben . . . . .	205
<b>6.</b>	<b>Aufbau von Montagemaschinen . . . . .</b>	<b>207</b>
6.1.	Einleitung . . . . .	207
6.2.	Einstationen-Montagemaschinen . . . . .	208
6.3.	Mehrstationen-Montagemaschinen . . . . .	210
6.3.1.	Aufbau von Teilezuführstationen . . . . .	213
6.3.2.	Prüfstationen . . . . .	215
6.3.3.	Aufbau pneumatisch betriebener Mehrstationen- Montagemaschinen . . . . .	217
6.3.4.	Aufbau elektromotorisch betriebener Mehrstationen- Montagemaschinen . . . . .	220
6.3.4.1.	Aufbau von Montagemaschinen mit Vertikalanordnung der Steuerwelle . . . . .	221
6.3.4.2.	Montagemaschinen mit horizontal angeordneter Steuerwelle . . . . .	225
6.3.4.3.	Durchführung mehrerer, gleichzeitiger Hauptbewegungen durch Oszillationsantrieb . . . . .	228
6.3.5.	Montagemaschinensysteme . . . . .	233
6.4.	Verkettung von Montagemaschinen zu Montagelinien . . . . .	238

6.5. Integration manueller Arbeitsplätze in automatisierte Montagelinien . . . . .	242
6.5.1. Manuelle Arbeitsplätze zur Teilebereitstellung . . . . .	243
6.5.2. Manuelle Fügearbeitsplätze . . . . .	244
6.6. Ungetaktete Montagelinien mit Einbeziehung manueller Arbeitsplätze . . . . .	246
6.7. Verfügbarkeit von Montageanlagen . . . . .	247
6.7.1. Kenngrößen des Betriebsverhaltens . . . . .	247
6.7.2. Nutzungsgrad . . . . .	248
6.7.3. Einflußkriterien auf die Verfügbarkeit von Montageanlagen . . . . .	249
6.7.3.1. Stationenzahl . . . . .	249
6.7.3.2. Zeit zur Behebung der Ausfallursachen . . . . .	249
6.7.3.3. Taktzeit . . . . .	250
6.7.3.4. Qualität der Einzelteile . . . . .	252
6.7.4. Zusammenfassung . . . . .	253
<b>7. Aufbau von flexiblen Montageanlagen . . . . .</b>	<b>254</b>
7.1. Einleitung . . . . .	254
7.2. Die Primär-Sekundär-Feinanalyse bei Einsatz von Montagerobotern . . . . .	255
7.2.1. Hinlängen . . . . .	257
7.2.2. Greifen . . . . .	257
7.2.3. Bringen . . . . .	257
7.2.4. Fügen . . . . .	258
7.2.5. Loslassen . . . . .	258
7.3. Arbeitsraum . . . . .	258
7.4. Greifer . . . . .	258
7.5. Aufbau von flexiblen Einstationen-Montagezellen . . . . .	259
7.5.1. Halbautomatische, flexible Montagezellen . . . . .	260
7.5.2. Flexible Montagezellen im Zusammenwirken von Mensch und Maschine für komplexe Produkte . . . . .	262
7.5.2.1. Zellenaufbau . . . . .	262
7.5.2.2. Rüsten . . . . .	266
7.5.3. Automatische, flexible Montagezellen . . . . .	267
7.6. Montagelinien mit flexiblen Montagezellen, verkettet mit manuellen Montagearbeitsplätzen . . . . .	268
7.6.1. Lösungsbeispiele . . . . .	270
7.6.1.1. Beispiel Nr. 1 . . . . .	270
7.6.1.2. Beispiel Nr. 2 . . . . .	272
7.6.2. Zusammenfassung . . . . .	273
<b>8. Speicherprogrammierbare Steuerungen [46] . . . . .</b>	<b>274</b>
8.1. Einleitung . . . . .	274
8.2. Aufbau speicherprogrammierbarer Steuerungen . . . . .	274
8.2.1. Eingangsbaugruppen . . . . .	274
8.2.2. Signalverarbeitungsbaugruppen . . . . .	275

8.2.3.	Ausgangsbaugruppen	275
8.2.4.	Netzwerkbaugruppen	275
8.2.5.	Programm	275
8.3.	Programmiergeräte	275
8.4.	Bausteine	276
8.5.	Betriebssystem	277
8.6.	Programmierung von SPS	278
8.7.	Wartungsfreundlichkeit	282
8.8.	Verfügbarkeit	283
8.9.	Datenaustausch	283
<b>9.</b>	<b>Praxisbeispiele</b>	<b>284</b>
9.1.	Montagemaschinen	284
9.1.1.	Beispiel Nr. 1: Wippe	284
9.1.1.1.	Aufgabenstellung	284
9.1.1.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge	285
9.1.1.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl	285
9.1.1.4.	Anlagenbeschreibung	285
9.1.2.	Beispiel Nr. 2: Ventilscheibe	287
9.1.2.1.	Aufgabenstellung	287
9.1.2.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge	287
9.1.2.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl	289
9.1.2.4.	Anlagenbeschreibung	289
9.1.3.	Beispiel Nr. 3: Spraydosen-Sprühkopf	292
9.1.3.1.	Aufgabenstellung	292
9.1.3.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge	293
9.1.3.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl	294
9.1.3.4.	Anlagenbeschreibung	294
9.1.4.	Beispiel Nr. 4: Reihenklemme	297
9.1.4.1.	Aufgabenstellung	297
9.1.4.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge	299
9.1.4.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl	299
9.1.4.4.	Anlagenbeschreibung	299
9.1.5.	Beispiel Nr. 5: Hochdruckdüse	302
9.1.5.1.	Aufgabenstellung	302
9.1.5.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge	303
9.1.5.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl	303
9.1.5.4.	Anlagenbeschreibung	303
9.1.6.	Beispiel Nr. 6: Tonbandkassetten	307
9.1.6.1.	Aufgabenstellung	307
9.1.6.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge	308
9.1.6.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl	308
9.1.6.4.	Anlagenbeschreibung	309
9.1.7.	Beispiel Nr. 7: Pkw-Lüftermotor	310
9.1.7.1.	Aufgabenstellung	310
9.1.7.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge	311

9.1.7.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl . . . . .	311
9.1.7.4.	Anlagenbeschreibung . . . . .	311
9.2.	Flexible Montageanlagen . . . . .	313
9.2.1.	Beispiel Nr. 1: Schalterblock . . . . .	313
9.2.1.1.	Aufgabenstellung . . . . .	313
9.2.1.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge . . . . .	315
9.2.1.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl . . . . .	315
9.2.1.4.	Anlagenbeschreibung . . . . .	315
9.2.2.	Beispiel Nr. 2: Fügen von Klammern an Scheinwerfergehäuse . . . . .	318
9.2.2.1.	Aufgabenstellung . . . . .	318
9.2.2.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge . . . . .	318
9.2.2.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl . . . . .	319
9.2.2.4.	Anlagenbeschreibung . . . . .	319
9.2.3.	Beispiel Nr. 3: Küchenmaschinengetriebe . . . . .	320
9.2.3.1.	Aufgabenstellung . . . . .	320
9.2.3.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge . . . . .	322
9.2.3.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl . . . . .	322
9.2.3.4.	Anlagenbeschreibung . . . . .	323
9.2.4.	Beispiel Nr. 4: Leiterplattenbestückung . . . . .	326
9.2.4.1.	Aufgabenstellung . . . . .	326
9.2.4.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge . . . . .	326
9.2.4.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl . . . . .	326
9.2.4.4.	Anlagenbeschreibung . . . . .	327
9.2.5.	Beispiel Nr. 5: Hilfskontaktblock . . . . .	328
9.2.5.1.	Aufgabenstellung . . . . .	328
9.2.5.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge . . . . .	328
9.2.5.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl . . . . .	328
9.2.5.4.	Anlagenbeschreibung . . . . .	328
9.3.	Vergleich der Wirtschaftlichkeit flexibler und starrer Montageautomatisierung . . . . .	330
<b>10.</b>	<b>Integration von Teileherstellverfahren in Montageanlagen oder von Montagevorgängen in Teileherstellanlagen . . . . .</b>	<b>336</b>
10.1.	Einleitung . . . . .	336
10.2.	Integrierte Teileherstellung . . . . .	336
10.3.	Fertigbearbeitung von Teilen in Montageanlagen . . . . .	337
10.4.	Praxisbeispiel: Montageanlage mit integrierter Teileherstellung . . . . .	339
10.5.	Integration von Montagevorgängen in Teileherstellverfahren . . . . .	341
10.6.	Integration von Teileherstellung in Montageanlagen im Sinne von Just-in-Time-Produktion . . . . .	344
10.7.	Verbundfertigungssystem . . . . .	347
10.7.1.	Allgemeines . . . . .	347
10.7.2.	Voraussetzungen . . . . .	348
10.7.3.	Vorteile der Verbundfertigung . . . . .	348
10.7.4.	Aufbau von Verbundfertigungssystemen . . . . .	348
10.7.5.	Praxisbeispiele . . . . .	351

10.7.5.1.	Beispiel Nr. 1: Relaissockel . . . . .	351
10.7.5.2.	Beispiel Nr. 2: Komplett-Relais . . . . .	354
10.7.6.	Wirtschaftlichkeit . . . . .	358
10.8.	Grenzen der Integration von Fertigungsverfahren . . . . .	359
<b>11.</b>	<b>Planung und Wirtschaftlichkeit automatisierter Montageanlagen . . . . .</b>	<b>360</b>
11.1.	Einleitung . . . . .	360
11.2.	Anforderungsliste . . . . .	360
11.3.	Produktanalyse . . . . .	363
11.4.	Montageablaufanalyse . . . . .	364
11.4.1.	Produktaufbau und Fügesituation . . . . .	364
11.4.1.1.	Beispiel Nr. 1 . . . . .	364
11.4.1.2.	Beispiel Nr. 2 . . . . .	365
11.4.1.3.	Beispiel Nr. 3 . . . . .	366
11.4.2.	Fügerangfolge . . . . .	366
11.5.	Werkstückträgerkonstruktion . . . . .	368
11.5.1.	Einleitung . . . . .	368
11.5.2.	Ausführungsbeispiele von Werkstückträgern . . . . .	370
11.5.2.1.	Beispiel Nr. 1 . . . . .	370
11.5.2.2.	Beispiel Nr. 2 . . . . .	371
11.5.2.3.	Beispiel Nr. 3 . . . . .	373
11.6.	Funktionsanalyse . . . . .	374
11.7.	Taktzeitermittlung . . . . .	375
11.8.	Layoutplanung . . . . .	376
11.8.1.	Grundlagen der Layoutplanung . . . . .	376
11.8.2.	Layout-Beispiele . . . . .	377
11.8.2.1.	Beispiel Nr. 1 . . . . .	377
11.8.2.2.	Beispiel Nr. 2 . . . . .	378
11.9.	Personalbedarfsbestimmung . . . . .	380
11.10.	Verfügbarkeitsermittlung . . . . .	382
11.10.1.	Teilequalität . . . . .	382
11.10.2.	Stationenzahl . . . . .	383
11.10.3.	Einzelverfügbarkeit der Stationen . . . . .	383
11.10.4.	Anlagenstruktur . . . . .	383
11.10.5.	Anlaufverhalten . . . . .	384
11.10.6.	Personalqualifizierung . . . . .	384
11.11.	Montagesysteme . . . . .	385
11.11.1.	Taktzeit . . . . .	386
11.11.2.	Anlagenstruktur – Integration notwendiger manueller Vorgänge . . . . .	386
11.11.3.	Bedingungen an das Vorfeld der automatisierten Montage . . . . .	386
11.11.4.	Zusammenfassung . . . . .	387
11.12.	Investitionsrechnungen . . . . .	387



11.13. Bewertung und Auswahl . . . . .	389
11.13.1. Maschinenstundensatz . . . . .	389
11.13.1.1. Kalkulatorische Abschreibung ( $K_A$ ) . . . . .	389
11.13.1.2. Kalkulatorische Zinsen ( $K_Z$ ) . . . . .	389
11.13.1.3. Raumkosten ( $K_R$ ) . . . . .	389
11.13.1.4. Energiekosten ( $K_E$ ) . . . . .	389
11.13.1.5. Instandhaltungskosten ( $K_I$ ) . . . . .	390
11.13.1.6. Berechnung des Maschinenstundensatzes . . . . .	390
11.13.2. Personalabhängige Kosten . . . . .	390
11.13.3. Platzkostenrechnung . . . . .	390
11.14. Optimierte Gesamtlösung . . . . .	392
11.15. Rechnerunterstützte Planung automatisierter Montageanlagen . . . . .	392
11.15.1. CAD-Layoutherstellung . . . . .	393
11.15.2. Simulationstechnik . . . . .	396
<b>12. Praxisbeispiel: Planung und Realisierung einer automatisierten Montageanlage . . . . .</b>	<b>398</b>
12.1. Einleitung . . . . .	398
12.2. Planungsvorgehen . . . . .	399
12.2.1. Anforderungsliste . . . . .	399
12.2.2. Produktanalyse . . . . .	399
12.2.3. Montageablaufanalyse . . . . .	401
12.2.3.1. Produktaufbau und Fügesituation . . . . .	401
12.2.3.2. Fügerangfolge . . . . .	401
12.2.3.3. Werkstückträgerkonstruktion . . . . .	403
12.2.4. Funktionsanalyse . . . . .	403
12.2.5. Taktzeitermittlung . . . . .	406
12.2.6. Layoutplanung . . . . .	406
12.2.7. Personalbedarfsbestimmung . . . . .	408
12.2.8. Verfügbarkeitsermittlung . . . . .	408
12.2.8.1. Teilequalität . . . . .	409
12.2.8.2. Stationenzahl . . . . .	409
12.2.8.3. Einzelverfügbarkeit . . . . .	409
12.2.8.4. Anlagenstruktur . . . . .	409
12.2.8.5. Anlaufverhalten . . . . .	410
12.2.8.6. Personalqualifizierung . . . . .	410
12.3. Montagesystem-Feinplanung . . . . .	410
12.3.1. Einleitung . . . . .	410
12.3.2. Maschine I . . . . .	411
12.3.3. Maschine II . . . . .	413
12.3.4. Maschine III . . . . .	415
12.3.5. Maschine IV . . . . .	416
12.3.6. Maschine V . . . . .	418
12.3.7. Maschine VI . . . . .	418
12.3.8. Maschine VII . . . . .	420
12.3.9. Maschine VIII . . . . .	423
12.3.10. Maschine IX . . . . .	424

12.4. Investitionsrechnung . . . . .	426
12.5. Bewertung und Auswahl/Platzkostenvergleich . . . . .	427
12.6. Investitionsrisiken . . . . .	427
<b>13. Betrieb von automatisierten Montageanlagen . . . . .</b>	<b>433</b>
13.1. Voraussetzung zur Inbetriebnahme . . . . .	433
13.1.1. Qualität der Teile . . . . .	433
13.1.2. Funktionssicherheit der Anlage . . . . .	434
13.1.2.1. Grobanalyse über das Störbetriebsverhalten . . . . .	434
13.1.2.2. Feinanalyse des Störbetriebsverhaltens . . . . .	436
13.1.3. Praxisbeispiele einer Störzeiterfassung mit MANALYS an einer Montageanlage . . . . .	438
13.2. Entlohnung . . . . .	439
13.3. Instandhaltung . . . . .	442
13.4. Arbeitssicherheit . . . . .	443
<b>14. Ausblick . . . . .</b>	<b>445</b>
14.1. Allgemeines . . . . .	445
14.2. Manuelle Montage . . . . .	446
14.3. Flexible Montagetechnik . . . . .	446
14.4. Montageautomaten . . . . .	447
14.5. Montagelogistik . . . . .	448
14.6. Wirtschaftlichkeit . . . . .	448
14.7. Organisation . . . . .	448
14.8. Personalqualifizierung . . . . .	449
14.9. Rechnereinsatz – CIM-Ansätze . . . . .	449
14.10. Schlußbetrachtung . . . . .	450
<b>15. Literaturverzeichnis . . . . .</b>	<b>452</b>
<b>16. Sachwortverzeichnis . . . . .</b>	<b>455</b>