

Inhalt

1. Einführung	1
1.1. Montage	1
1.2. Stellenwert der Montage im Produktionsablauf	2
2. Produktgestaltung als Voraussetzung wirtschaftlicher Montage	4
2.1. Produktaufbau	5
2.1.1. Basisteil	6
2.1.2. Teilezahl	7
2.2. Montageerweiterte 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: Fügerrichtung und Fügefähigkeit	21
2.2.4.1. Fügerrichtung	21
2.2.4.2. Fügefähigkeit	23
2.2.4.3. Füge Räume	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 montageerweiterten ABC-Analyse	36
3. Manuelle Montage	39
3.1. Einleitung	39

3.2. Grundlagen der Arbeitsplatzgestaltung	39
3.3. Organisationsformen manueller Montage	42
3.3.1. Einzelplatzmontage	42
3.3.1.1. Ausführungsbeispiele – Einzelplatzmontage	43
3.3.2. Fließmontage	46
3.3.2.1. Fließmontage durch manuelles Fördern des Montageobjektes	47
3.3.2.2. Fließmontage durch mechanische Förderung des Montageobjektes in ungeordneter Form	48
3.3.2.3. Fließmontage durch mechanische Förderung des Montageobjektes in geordneter Form	49
3.3.2.3.1. Werkstückträger	55
3.3.2.3.2. Austaktung	57
3.3.2.3.3. Bewertung der Fließmontage durch mechanische Förderung des Montageobjektes in geordneter Form	59
4. Primär-Sekundär-Analyse – ein Hilfsmittel zur Ermittlung des wirtschaftlichen Wirkungsgrades von Montagekonzepten	61
4.1. Einleitung	61
4.2. Definition des Wirkungsgrades von Montagevorgängen	61
4.3. Anwendungsbereich	62
4.3.1. Grundanalyse	62
4.3.2. Feinanalyse von Einzelmontagearbeitsplätzen nach Primär- und Sekundärvorgängen	65
4.3.2.1. Hinlangen	66
4.3.2.2. Greifen	68
4.3.2.3. Bringen	68
4.3.2.4. Fügen	69
4.3.2.5. Loslassen	69
4.4. Anwendungsbeispiel der Montageanalyse nach Primär- und Sekundäraufwand	70
4.4.1. Einzelmontagearbeitsplatz mit Bereitstellung der Teile in Greifbehältern	71
4.4.2. Einzelmontagearbeitsplatz mit Teilebereitstellung über Teilepaternoster	74
4.4.3. Einzelmontagearbeitsplatz, Teilebereitstellung teilweise Greifbehälter teilweise Vibrationswendelförderer	74
4.4.4. Verkettung von drei Einzelmontagearbeitsplätzen zur Fließ- montage bei manueller Förderung des Montageobjektes	76
4.4.5. Verkettung von drei Einzelmontagearbeitsplätzen zur Fließ- montage mit mechanischer Förderung des Montageobjektes in Werkstückträgern	78
4.4.6. Zusammenfassung und Wirtschaftlichkeitsbetrachtung	79
4.4.7. Primär-Sekundär-Feinanalyse für das Handhaben und Fügen eines Einzelteiles	83
4.5. Erweiterte Analyse nach Primär- und Sekundäraufwendungen für den Gesamtablauf einer Montage	84

8.7. Wartungsfreundlichkeit	267
8.8. Verfügbarkeit	268
8.9. Datenaustausch	268
9. Praxisbeispiele	269
9.1. Montagemaschinen	269
9.1.1. Beispiel Nr. 1: Wippe	269
9.1.1.1. Aufgabenstellung	269
9.1.1.2. Durchzuführende Arbeitsgänge	270
9.1.1.3. Kriterien zur Lösungsauswahl	270
9.1.1.4. Anlagenbeschreibung	270
9.1.2. Beispiel Nr. 2: Ventilscheibe	272
9.1.2.1. Aufgabenstellung	272
9.1.2.2. Durchzuführende Arbeitsgänge	272
9.1.2.3. Kriterien zur Lösungsauswahl	274
9.1.2.4. Anlagenbeschreibung	274
9.1.3. Beispiel Nr. 3: Spraydosen-Sprühkopf	277
9.1.3.1. Aufgabenstellung	277
9.1.3.2. Durchzuführende Arbeitsgänge	278
9.1.3.3. Kriterien zur Lösungsauswahl	279
9.1.3.4. Anlagenbeschreibung	279
9.1.4. Beispiel Nr. 4: Reihenklemme	282
9.1.4.1. Aufgabenstellung	282
9.1.4.2. Durchzuführende Arbeitsgänge	284
9.1.4.3. Kriterien zur Lösungsauswahl	284
9.1.4.4. Anlagenbeschreibung	284
9.1.5. Beispiel Nr. 5: Hochdruckdüse	287
9.1.5.1. Aufgabenstellung	287
9.1.5.2. Durchzuführende Arbeitsgänge	288
9.1.5.3. Kriterien zur Lösungsauswahl	288
9.1.5.4. Anlagenbeschreibung	288
9.1.6. Beispiel Nr. 6: Tonbandkassetten	292
9.1.6.1. Aufgabenstellung	292
9.1.6.2. Durchzuführende Arbeitsgänge	293
9.1.6.3. Kriterien zur Lösungsauswahl	293
9.1.6.4. Anlagenbeschreibung	294
9.1.7. Beispiel Nr. 7: Pkw-Lüftermotor	295
9.1.7.1. Aufgabenstellung	295
9.1.7.2. Durchzuführende Arbeitsgänge	296
9.1.7.3. Kriterien zur Lösungsauswahl	296
9.1.7.4. Anlagenbeschreibung	296
9.2. Flexible Montageanlagen	298
9.2.1. Beispiel Nr. 1: Schalterblock	298
9.2.1.1. Aufgabenstellung	298
9.2.1.2. Durchzuführende Arbeitsgänge	300
9.2.1.3. Kriterien zur Lösungsauswahl	300
9.2.1.4. Anlagenbeschreibung	300
9.2.2. Beispiel Nr. 2: Fügen von Klammern an Scheinwerfergehäuse	303

9.2.2.1.	Aufgabenstellung	303
9.2.2.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge	303
9.2.2.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl	304
9.2.2.4.	Anlagenbeschreibung	304
9.2.3.	Beispiel Nr. 3: Küchenmaschinengetriebe	305
9.2.3.1.	Aufgabenstellung	305
9.2.3.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge	307
9.2.3.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl	307
9.2.3.4.	Anlagenbeschreibung	308
9.2.4.	Beispiel Nr. 4: Leiterplattenbestückung	311
9.2.4.1.	Aufgabenstellung	311
9.2.4.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge	311
9.2.4.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl	311
9.2.4.4.	Anlagenbeschreibung	312
9.2.5.	Beispiel Nr. 5: Hilfskontaktblock	313
9.2.5.1.	Aufgabenstellung	313
9.2.5.2.	Durchzuführende Arbeitsgänge	313
9.2.5.3.	Kriterien zur Lösungsauswahl	313
9.2.5.4.	Anlagenbeschreibung	313
10.	Integration von Teileherstellverfahren in Montageanlagen oder von Montagevorgängen in Teileherstellanlagen	316
10.1.	Einleitung	316
10.2.	Integrierte Teileherstellung	316
10.3.	Fertigbearbeitung von Teilen in Montageanlagen	317
10.4.	Praxisbeispiel: Montageanlage mit integrierter Teileherstellung	319
10.5.	Integration von Montagevorgängen in Teileherstellverfahren	321
10.6.	Integration von Teileherstellung in Montageanlagen im Sinne von Just-in-Time-Produktion	324
10.7.	Grenzen der Integration von Fertigungsverfahren	327
11.	Planung und Wirtschaftlichkeit automatisierter Montageanlagen	328
11.1.	Einleitung	328
11.2.	Anforderungsliste	328
11.3.	Produktanalyse	331
11.4.	Montageablaufanalyse	332
11.4.1.	Produktaufbau und Fügesituation	332
11.4.1.1.	Beispiel Nr. 1	332
11.4.1.2.	Beispiel Nr. 2	333
11.4.1.3.	Beispiel Nr. 3	334
11.4.2.	Fügerangfolge	334
11.5.	Werkstückträgerkonstruktion	336
11.5.1.	Einleitung	336
11.5.2.	Ausführungsbeispiele von Werkstückträgern	338

11.5.2.1.	Beispiel Nr. 1	338
11.5.2.2.	Beispiel Nr. 2	339
11.5.2.3.	Beispiel Nr. 3	341
11.6.	Funktionsanalyse	342
11.7.	Taktzeitermittlung	343
11.8.	Layoutplanung	344
11.8.1.	Grundlagen der Layoutplanung	344
11.8.2.	Layout-Beispiele	345
11.8.2.1.	Beispiel Nr. 1	345
11.8.2.2.	Beispiel Nr. 2	346
11.9.	Personalbedarfsbestimmung	348
11.10.	Verfügbarkeitsermittlung	350
11.10.1.	Teilequalität	350
11.10.2.	Stationenzahl	351
11.10.3.	Einzelverfügbarkeit der Stationen	351
11.10.4.	Anlagenstruktur	351
11.10.5.	Anlaufverhalten	352
11.10.6.	Personalqualifizierung	352
11.11.	Montagesysteme	353
11.11.1.	Taktzeit	354
11.11.2.	Anlagenstruktur – Integration notwendiger manueller Vorgänge	354
11.11.3.	Bedingungen an das Vorfeld der automatisierten Montage	354
11.11.4.	Zusammenfassung	355
11.12.	Investitionsrechnungen	355
11.13.	Bewertung und Auswahl	357
11.13.1.	Maschinenstundensatz	357
11.13.1.1.	Kalkulatorische Abschreibung (K_A)	357
11.13.1.2.	Kalkulatorische Zinsen (K_Z)	357
11.13.1.3.	Raumkosten (K_R)	357
11.13.1.4.	Energiekosten (K_E)	357
11.13.1.5.	Instandhaltungskosten (K_I)	358
11.13.1.6.	Berechnung des Maschinenstundensatzes	358
11.13.2.	Personalabhängige Kosten	358
11.13.3.	Platzkostenrechnung	358
11.14.	Optimierte Gesamtlösung	360
11.15.	Rechnerunterstützte Planung automatisierter Montageanlagen	360
11.15.1.	CAD-Layouterstellung	361
11.15.2.	Simulationstechnik	364
12.	Praxisbeispiel: Planung und Realisierung einer automatisierten Montageanlage	366
12.1.	Einleitung	366
12.2.	Planungsvorgehen	367
12.2.1.	Anforderungsliste	367
12.2.2.	Produktanalyse	367

12.2.3.	Montageablaufanalyse	369
12.2.3.1.	Produktaufbau und Fügungssituation	369
12.2.3.2.	Fügerangfolge	369
12.2.3.3.	Werkstückträgerkonstruktion	371
12.2.4.	Funktionsanalyse	371
12.2.5.	Taktzeitermittlung	374
12.2.6.	Layoutplanung	374
12.2.7.	Personalbedarfsbestimmung	376
12.2.8.	Verfügbarkeitsermittlung	376
12.2.8.1.	Teilequalität	377
12.2.8.2.	Stationenzahl	377
12.2.8.3.	Einzelverfügbarkeit	377
12.2.8.4.	Anlagenstruktur	377
12.2.8.5.	Anlaufverhalten	378
12.2.8.6.	Personalqualifizierung	378
12.3.	Montagesystem-Feinplanung	378
12.3.1.	Einleitung	378
12.3.2.	Maschine I	379
12.3.3.	Maschine II	381
12.3.4.	Maschine III	383
12.3.5.	Maschine IV	384
12.3.6.	Maschine V	386
12.3.7.	Maschine VI	386
12.3.8.	Maschine VII	388
12.3.9.	Maschine VIII	391
12.3.10.	Maschine IX	392
12.4.	Investitionsrechnung	394
12.5.	Bewertung und Auswahl/Platzkostenvergleich	395
12.6.	Investitionsrisiken	395
13.	Betrieb von automatisierten Montageanlagen	401
13.1.	Voraussetzung zur Inbetriebnahme	401
13.1.1.	Qualität der Teile	401
13.1.2.	Funktionssicherheit der Anlage	402
13.1.2.1.	Grobanalyse über das Störbetriebsverhalten	402
13.1.2.2.	Feinanalyse des Störbetriebsverhaltens	404
13.1.3.	Praxisbeispiele einer Störzeiterfassung mit MANALYS an einer Montageanlage	406
13.2.	Entlohnung	407
13.3.	Instandhaltung	410
13.4.	Arbeitssicherheit	411
14.	Ausblick	413
15.	Literaturverzeichnis	416
16.	Sachwortverzeichnis	418

5.4.	Transfereinrichtungen	161
5.4.1.	Getaktete Transfereinrichtungen	161
5.4.1.1.	Rundtakttransfereinrichtungen	161
5.4.1.1.1.	Pneumatisch betriebene Rundtakteinheiten	162
5.4.1.1.2.	Rundtakteinheiten mit Malteserantrieb	164
5.4.1.1.3.	Kurvengetriebe für Rundtakteinheiten	167
5.4.1.2.	Getaktete Längstransfereinrichtungen	168
5.4.1.2.1.	Über-/Unterflur-Längstransfersysteme	170
5.4.1.2.2.	Karussell-Längstransfersysteme	170
5.4.1.2.3.	Platten-Längstransfersysteme	171
5.4.2.	Ungetaktete Transfereinrichtungen	172
5.5.	Schraubeinheiten	174
5.5.1.	Schraubautomaten in Fallrohrausführung	175
5.5.2.	Schraubautomaten mit Förderschienenzuführung	178
5.6.	Nieteinheiten	180
5.6.1.	Nieten durch Pressen	180
5.6.2.	Taumelnieten	183
5.7.	Schweißeinheiten	187
5.7.1.	Widerstandsschweißen	187
5.7.2.	Laserschweißeinrichtungen	190
5.8.	Löteinrichtungen	193
5.9.	Kleben	195
6.	Aufbau von Montagemaschinen	197
6.1.	Einleitung	197
6.2.	Einstationen-Montagemaschinen	198
6.3.	Mehrstationen-Montagemaschinen	200
6.3.1.	Aufbau von Teilezuführstationen	203
6.3.2.	Prüfstationen	205
6.3.3.	Aufbau pneumatisch betriebener Mehrstationen- Montagemaschinen	207
6.3.4.	Aufbau elektromotorisch betriebener Mehrstationen- Montagemaschinen	210
6.3.4.1.	Aufbau von Montagemaschinen mit Vertikalanordnung der Steuerwelle	211
6.3.4.2.	Montagemaschinen mit horizontal angeordneter Steuerwelle	215
6.3.4.3.	Durchführung mehrerer, gleichzeitiger Hauptbewegungen durch Oszillationsantrieb	218
6.3.5.	Montagemaschinensysteme	223
6.4.	Verkettung von Montagemaschinen zu Montagelinien	228
6.5.	Integration manueller Arbeitsplätze in automatisierte Montagelinien	232
6.5.1.	Manuelle Arbeitsplätze zur Teilebereitstellung	233
6.5.2.	Manuelle Fügearbeitsplätze	234

6.6. Ungetaktete Montagelinien mit Einbeziehung manueller Arbeitsplätze	236
6.7 Verfügbarkeit von Montageanlagen	237
6.7.1 Kenngrößen des Betriebsverhaltens	237
6.7.2 Nutzungsgrad	238
6.7.3 Einflußkriterien auf die Verfügbarkeit von Montageanlagen	239
6.7.3.1 Stationenzahl	239
6.7.3.2 Zeit zur Behebung der Ausfallursachen	239
6.7.3.3 Taktzeit	240
6.7.3.4 Qualität der Einzelteile	242
6.7.4 Zusammenfassung	242
7. Aufbau von flexiblen Montageanlagen	244
7.1. Einleitung	244
7.2. Die Primär-Sekundär-Feinanalyse bei Einsatz von Montagerobotern	245
7.2.1. Hinlangen	247
7.2.2. Greifen	247
7.2.3. Bringen	247
7.2.4. Fügen	248
7.2.5. Loslassen	248
7.3. Arbeitsraum	248
7.4. Greifer	248
7.5. Aufbau von flexiblen Einstationen-Montagezellen	249
7.5.1. Halbautomatische, flexible Montagezellen	250
7.5.2. Automatische, flexible Montagezellen	252
7.6. Montagelinien mit flexiblen Montagezellen, verkettet mit manuellen Montagearbeitsplätzen	255
7.6.1. Lösungsbeispiele	256
7.6.1.1. Beispiel Nr. 1	256
7.6.1.2. Beispiel Nr. 2	257
7.6.2. Zusammenfassung	258
8. Speicherprogrammierbare Steuerungen [46]	259
8.1. Einleitung	259
8.2. Aufbau speicherprogrammierbarer Steuerungen	259
8.2.1. Eingangsbaugruppen	259
8.2.2. Signalverarbeitungsbaugruppen	260
8.2.3. Ausgangsbaugruppen	260
8.2.4. Netzwerkbaugruppen	260
8.2.5. Programm	260
8.3. Programmiergeräte	260
8.4. Bausteine	261
8.5. Betriebssystem	262
8.6. Programmierung von SPS	263

4.6. Praxisbeispiele	87
4.6.1. Beispiel Nr. 4.1: Schaltermontage	87
4.6.1.1. Ausgangsbasis	87
4.6.1.2. Lösungsansatz	89
4.6.1.3. Montageablauf	90
4.6.1.4. PMV-SMV-Analyse	94
4.6.2. Beispiel Nr. 4.2: Schaltelement	95
4.6.2.1. Ausgangsbasis	95
4.6.2.2. Lösungsansatz	96
4.6.3. Beispiel Nr. 4.3: Scheinwerfermontage	101
4.6.3.1. Ausgangsbasis	101
4.6.3.2. Lösungsansatz	101
5. Bausteine zur Automatisierung von Montagevorgängen	104
5.1. Einleitung	104
5.1.1. Handhabung	105
5.2. Zubringeeinheiten	110
5.2.1. Zubringeeinrichtungen für Teile mit einem Ordnungsmerkmal	111
5.2.1.1. Bunker mit Schöpfsegment	111
5.2.1.2. Bunker mit Flügelrad	112
5.2.1.3. Bunker mit Magnetscheibenaustrag	113
5.2.1.4. Schrägförderer	114
5.2.2. Zubringeeinrichtungen für Teile mit mehreren Ordnungsmerkmalen	116
5.2.2.1. Ordnen der Teile in Vibrationswendelförderern	117
5.2.2.2. Bauarten von Vibrationswendelförderern	119
5.2.2.3. Auslaufschienen	121
5.2.2.4. Teile vereinzeln – abnehmen – zuteilen	126
5.2.2.5. Nachsortiereinrichtungen	131
5.2.2.6. Leistung von Vibrationswendelförderern	132
5.2.3. Elektronische Lageerkennung von Teilen	134
5.2.4. Zubringen von Wirtteilen	135
5.3. Handhabungsgeräte	139
5.3.1. Einlegegeräte	140
5.3.1.1. Antriebe	140
5.3.1.2. Kinematik	141
5.3.1.3. Steuerung	143
5.3.1.4. Greifer	143
5.3.1.5. Aufbau von Einlegegeräten	145
5.3.2. Industrieroboter	149
5.3.2.1. Kinematik, Arm und Greifer	149
5.3.2.2. Steuerung	151
5.3.2.3. Antrieb	152
5.3.2.4. Meßsystem	153
5.3.2.5. Sensoren	154
5.3.2.6. Bauarten von Industrierobotern	154
5.3.2.6.1. SCARA-Horizontal-Knickarmroboter	155
5.3.2.6.2. Roboter mit translatorischen X-, Y- und Z-Achsen	156