

Peter Konold  
Herbert Reger

# **Praxis der Montagetechnik**

**Produktdesign, Planung, Systemgestaltung**

2., überarbeitete und erweiterte Auflage

Unter Mitarbeit von Stefan Hesse

Vieweg Praxiswissen



# Inhaltsverzeichnis

<b>Vorwort</b> .....	V
<b>Teil A</b>	
<b>1 Einführung</b> .....	3
<b>2 Produktgestaltung und montagefreundliches Design</b> .....	5
2.1 Bedeutung automatisierungsfreundlicher Gestaltung .....	5
2.2 Strukturieren von Produkten .....	7
2.3 Wege zum montagefreundlichen Design .....	12
2.4 Probleme mit Toleranzen .....	18
2.5 Gestaltungsbeispiele .....	21
2.5.1 Gestaltungsbereich Einzelteil .....	21
2.5.2 Gestaltungsbereich Baugruppe .....	26
2.5.3 Gestaltungsbereich Produkt .....	28
2.6 Demontagefreundlich Konstruieren .....	30
<b>3 Vorgehensweise bei der Planung</b> .....	32
3.1 Aufgabenstellung (Planungsstufe 1) .....	33
3.1.1 Ziele festlegen (Planungsschritt 1) .....	33
3.1.2 Projektverantwortlichen benennen (Planungsschritt 2) .....	34
3.1.3 Terminrahmen vorgeben (Planungsschritt 3) .....	34
3.1.4 Planungsdaten beschaffen (Planungsschritt 4) .....	35
3.1.5 Situationsanalyse durchführen (Planungsschritt 5) .....	36
3.1.6 Aufgabe abgrenzen (Planungsschritt 6) .....	38
3.1.7 Verfügbare Hallenfläche vorgeben (Planungsschritt 7) .....	39
3.1.8 Zeitlichen Ablauf des Projektes festlegen (Planungsschritt 8) .....	39
3.2 Grobplanung (Planungsstufe 2) .....	39
3.2.1 Montagesystem-Ausbringung berechnen (Planungsschritt 1) .....	39
3.2.2 Arbeitsabläufe festlegen, Montagestruktur entwickeln (Planungsschritt 2) .....	39
3.2.3 Montageabschnitte bilden (Planungsschritt 3) .....	40
3.2.4 Montagesystem-Alternativen entwickeln (Planungsschritt 4) .....	42
3.2.5 Notwendige Hallenfläche ermitteln (Planungsschritt 5) .....	58
3.2.6 Personalbedarf planen (Planungsschritt 6) .....	59
3.2.7 Lösungsalternativen bewerten und auswählen (Planungsschritt 7) .....	61

3.2.8	Projektkalkulation und Wirtschaftlichkeitsberechnung durchführen (Planungsschritt 8) .....	62
3.3	Feinplanung (Planungsstufe 3) .....	64
3.3.1	Gesamtsystem und Teilsysteme im Detail ausarbeiten (Planungsschritt 1) .....	64
3.3.2	Terminplan erstellen (Planungsschritt 2) .....	73
3.3.3	Ausschreibung durchführen (Planungsschritt 3) .....	74
3.3.4	Kritische Prozesse absichern (Planungsschritt 4) .....	74
3.3.5	Personaleinsatz planen (Planungsschritt 5) .....	75
3.3.6	Wirtschaftlichkeitsnachweis überprüfen (Planungsschritt 6) .....	75
<b>4</b>	<b>Grundformen Montage- und Transfersysteme</b> .....	76
4.1	Manuelle Systeme ohne automatisierten Werkstück-Umlauf .....	76
4.1.1	Karree .....	76
4.1.2	U-Form .....	77
4.1.3	Linie .....	78
4.1.4	Sonderformen (Variante 1) .....	79
4.1.5	Sonderformen (Variante 2) .....	79
4.2	Manuelle und teilautomatisierte Systeme mit automatisiertem Werkstückträger-Umlauf .....	80
4.2.1	Karree .....	80
4.2.2	U-Form .....	81
4.2.2	Linie .....	83
4.2.4	Anordnung von Handarbeitsplätzen im Nebenschluss .....	84
4.2.5	Anordnung von Handarbeitsplätzen und automatischen Stationen im Nebenschluss .....	85
4.3	Kostenvergleiche von Montage-Grundsystemen .....	86
4.3.1	Karree .....	87
4.3.2	U-Form .....	88
4.3.3	Linie .....	89
4.3.4	Gesamtvergleich .....	91
<b>5</b>	<b>Beispiele von Montagesystemen</b> .....	92
5.1	Manuelle Montage .....	92
5.1.1	Einzelarbeitsplatz .....	92
5.1.2	Montagesysteme mit mehreren manuellen Arbeitsplätzen .....	94
5.2	Teilautomatisierte Montage .....	96
5.3	Automatisierte Montage .....	104
5.3.1	Roboter-Einsatz bei Klein- und Mittelserien-Erzeugnissen .....	105
5.3.2	Robotereinsatz bei Mittel- und Großserien-Erzeugnissen .....	106
5.3.3	Flexible, automatisierte Montagelinien .....	109

---

<b>6</b>	<b>Planungshilfsmittel</b> .....	111
6.1	Taktzeitermittlung .....	111
6.1.1	Fließarbeit .....	111
6.1.2	Taktzeitermittlung bei Roboterstationen .....	113
6.1.3	Zeitermittlung für Werkstückträgertransport .....	117
6.2	Vorranggraph .....	118
6.3	Arbeitsplatzgestaltung und Zeitermittlung .....	122
6.3.1	Arbeitsplatzgestaltung nach ergonomischen Gesichtspunkten .....	122
6.3.2	Ermittlung der Montagezeit (Vorgabezeit) .....	123
6.3.3	Nebenzeiten für Erzeugnisweitergabe an Handarbeitsplätzen .....	125
6.4	Gestaltung von Speichersystemen .....	126
6.4.1	Übersicht – Definition .....	126
6.4.2	Einsatz von Puffer in der Montage .....	126
6.4.3	Pufferarten und Anordnung in verketteten Systemen .....	127
6.4.4	Wirkung, Verhalten und Dimensionierung von Puffer .....	128
6.5	Materialflussgestaltung und Teilebereitstellung .....	132
6.5.1	Kriterien und Ziele .....	132
6.5.2	Einfluss auf die Auswahl eines Montagesystems .....	133
6.5.3	Transporthilfsmittel .....	133
6.5.4	Teilebereitstellung an Montagelinien .....	133
6.6	Beurteilung von Systemalternativen .....	136
6.6.1	Quantifizierbare und nicht quantifizierbare Kriterien .....	136
6.6.2	Verfügbarkeit von Montagesystemen .....	137
6.6.3	Wertschöpfende und nichtwertschöpfende Funktionen .....	141
6.6.4	Durchlaufzeit .....	142
6.7	Rechnerunterstützte Planung von Montagesystemen .....	143
<b>7</b>	<b>Beurteilung Investition und Wirtschaftlichkeit</b> .....	146
7.1	Kapitalfluss einer Investition .....	146
7.2	Wirtschaftlichkeitsrechnung .....	147
7.2.1	Berechnung der Montagekosten .....	147
7.2.2	Berechnung der Kapitalrückflussdauer .....	149
7.2.3	Berechnung der Rentabilität .....	150
7.3	Wirtschaftlicher Automatisierungsgrad .....	150

## Teil B

<b>1 Arbeitsplatz</b> .....	155
1.1 Manuelle Plätze ohne automatischen Werkstückträgerumlauf .....	156
1.1.1.1 Einzel-Arbeitsplatz .....	156
1.1.1.2 Einzel-Arbeitsplatz höhenverstellbar .....	157
1.1.2.1 Arbeitsplatz mit zirkularem Erzeugnisumlauf .....	158
1.1.2.2 Arbeitsplatz mit ovalem Erzeugnisumlauf .....	160
1.1.3.1 Arbeitsplatz mit Einzelteileumlauf .....	161
1.1.3.2 Arbeitsplatz mit Verschiebebehälter .....	162
1.1.4.1 Arbeitsplatz mit zirkularem Erzeugnis- und Einzelteileumlauf .....	163
1.1.5.1 Arbeitsplatz zur Verpackung .....	165
1.2 Manuelle Plätze mit automatischem Werkstückträgerumlauf .....	166
1.2.1.1 Arbeitsplatz an Linearstrecke .....	166
1.2.1.2 Arbeitsplatz an paralleler Ausschleusstrecke .....	167
1.2.1.3 Arbeitsplatz an rechtwinkliger Ausschleusstrecke .....	168
1.2.1.4 Arbeitsplatz an zirkularer Ausschleusstrecke .....	169
1.2.1.5 Arbeitsplatz an Eck-Ausschleusstrecke .....	170
<b>2 Transferkomponenten</b> .....	171
2.1 Transferkomponenten ohne Antrieb .....	172
2.1.1.1 Linie .....	172
2.1.1.2 Karree .....	173
2.1.1.3 Kombinierte Systemform .....	174
2.1.2.1 Rollenbahn (Schwerkraftrollenbahn) .....	175
2.1.2.2 Röllchenbahn .....	176
2.1.2.3 Drehscheibe .....	177
2.2.1.1 Linie .....	178
2.2 Transferkomponenten mit Antrieb .....	178
2.2.1.2 Karree .....	179
2.2.1.3 Kombinierte Systemform .....	181
2.2.2.1 Eingurtförderer .....	182
2.2.2.2 Eingurtband mit Stützrollen .....	183
2.2.2.3 Doppelgurtband .....	185
2.2.3.1 Rundriemenförderer .....	187
2.2.4.1 Rollenbahn starr angetrieben .....	188
2.2.4.2 Staurollenbahn .....	189
2.2.4.3 Stummelrollenbahn .....	191
2.2.5.1 Gliederband .....	192
2.2.5.2 Segmentkette .....	193

2.2.5.3	Staurollenkette .....	195
2.2.5.4	Tragkette .....	196
2.2.5.5	Kettenumlaufsystem für magnetische Werkstückträger-Mitnahme .	197
2.2.6.1	Überschieber, Ein- und Ausschleuser, Ausstoßer .....	198
2.2.6.2	Querstrecke mit Hubquereinheit .....	199
2.2.6.3	Drehscheibe .....	200
2.2.6.4	Kurve 90° A/Gliederkette B/Kurvenkette C/Gurtband .....	202
2.2.6.5	Kurve 180° A/Gliederkette B/Kegelrollen C/Gurtband .....	204
2.2.6.6	Rollendrehtisch .....	206
2.2.6.7	Allseitenrollenumlenkung .....	207
2.2.6.8	Auf- und Abwärtslift .....	208
2.2.7.1	Schnellwechsel-Sytem für Werkstückträger .....	210
2.2.8.1	Werkstückträger-Vereinzelers, -Stopper .....	212
2.2.8.2	Werkstückträger-Bereichsüberwachung .....	213
2.2.8.3	Hub- und Positioniereinrichtungen .....	214
2.2.8.4	Hub- und Dreheinheit .....	216
2.3	Werkstückträger und Zubehör .....	217
2.3.1.1	Werkstückträger für Band-, Rollen-, Riemen- und Kettensysteme .	217
2.3.1.2	Mehrfach-Werkstückträger .....	220
2.3.1.3	Autonome, selbstfahrende Werkstückträger .....	222
2.3.2.1	Optische Codierung .....	223
2.3.2.2	Mechanische Codierung .....	225
2.3.2.3	Elektronische Codierung .....	226
<b>3</b>	<b>Speicher .....</b>	<b>229</b>
3.1	Gliederung und Begriffe .....	229
3.1.1.1	Linienpeicher Durchlauf- bzw. Hauptschlussprinzip .....	230
3.1.1.2	Linienpeicher Rücklauf- bzw. Nebenschlussprinzip .....	231
3.1.2.1	Umlaufspeicher horizontal .....	232
3.1.2.2	Umlaufspeicher vertikal – Elevatorspeicher .....	233
3.1.3.1	Direktzugriffspeicher .....	234
3.1.3.2	Flächenspeicher .....	235
3.1.3.3	Pufferturm .....	236
3.1.3.4	Flexibler Vertikalspeicher .....	237
3.1.3.5	Stapeleinheit .....	238
<b>4</b>	<b>Sicherheitsmaßnahmen .....</b>	<b>239</b>
4.1.1	Abstandshaltende Schutzeinrichtung: Schaltmatte .....	242
4.1.2	Schutzeinrichtungen mit Annäherungsreaktion .....	243

---

<b>5 Produktionszellen und Montageautomaten</b> .....	245
5.1 Montagezellen .....	248
5.1.1 Produktionszelle, leer .....	248
5.1.2 Handhabungs- und Montagezelle .....	250
5.1.3 Schraubzelle .....	251
5.1.4 Lötmodul .....	252
5.1.5 Be- und Entladezelle .....	254
5.1.6 Laserbearbeitungsmodul .....	256
5.2 Transferautomaten .....	257
5.2.1 Rundtransferautomat .....	257
5.2.2 Längstransferautomat .....	259
5.3 Zubringetechnik .....	261
5.3.1 Zubringetechnik für Kleinteile – Vibrationsförderer .....	261
5.3.2 Zubringetechnik für langgeformte Werkstücke – Schrägförderer .....	262
5.3.3 Zubringetechnik für komplexe Teile mit optischer Erkennung .....	263
5.3.4 Bereitstellung Kleinteile – Band-, Kamerasystem und Roboter .....	264
5.3.5 Bereitstellung Kleinteile – Palettensortier-System für Roboter .....	265
5.3 Teilehandhabung .....	266
5.4.1 Einlegegerät mit pneumatischem oder elektromechanischem Antrieb .....	266
5.4.2 Einlegegerät mit elektrischen Servoantrieb .....	268
5.4.3 Horizontaler Knickarm Roboter (SCARA-Roboter) .....	269
5.4.4 Vertikaler Knickarm Roboter (Gelenkarm-Roboter) .....	270
<b>6 Herstellerverzeichnis</b> .....	271
<b>7 Preisbestimmungstabelle</b> .....	281
<b>Literatur</b> .....	282
<b>Sachwortverzeichnis</b> .....	286