

# Inhaltsverzeichnis

<b>1 Einleitung</b> . . . . .	1
1.1 Unsere Motivation zu diesem Buch . . . . .	1
1.1.1 Montage im Takt – eine Anerkennung! . . . . .	2
1.1.2 Praxis und Wissenschaft – die Zielgruppen . . . . .	4
1.1.3 Fragen, die uns im Buch leiten . . . . .	6
1.2 Globale Trends stellen Montagen vor neue Herausforderungen . . . . .	7
1.2.1 Steigende Kundenindividualisierung und -zentrierung . . . . .	7
1.2.2 Absicherung globaler Risiken . . . . .	10
1.2.3 Disruptive Innovationen – Technologiediversifizierung . . . . .	11
1.2.4 Ein Fazit für Montagen . . . . .	12
1.3 Treiber der variablen Taktung bei Fendt . . . . .	13
1.3.1 Landwirtschaft und der Markt für Agrartechnik . . . . .	13
1.3.2 Die Besonderheiten des Landtechnikmarktes Traktoren als Treiber des variablen Taktes . . . . .	14
1.3.3 AGCO und die Traktormarke Fendt – Pioniere für den variablen Takt . . . . .	15
1.4 Mixed-Model Assembly Design – Beherrschung von Varianz in Montagen . . . . .	18
1.4.1 Art und Aufbau des Buches . . . . .	22
1.4.2 Aufbau der Kapitel . . . . .	22
Literatur . . . . .	24
<b>2 Grundlagen Takt und Fluss – Ableitungen aus der Praxis</b> . . . . .	27
2.1 Nutzen einer getakteten Montage im kontinuierlichen Fluss . . . . .	27
2.1.1 Kontinuierlich fließende Prozesse bringen Probleme ans Licht . . . . .	29
2.1.2 Überproduktion – und damit Verschwendungen vermeiden . . . . .	30
2.1.3 Perfektion anstreben . . . . .	31
2.1.4 Banddruck . . . . .	32
2.1.5 Fazit – Montagen im kontinuierlichen Fluss . . . . .	33

---

2.2	Strukturformen der Montage . . . . .	33
2.3	Strukturformen einer Montagelinie . . . . .	36
2.3.1	Das Werkerdreieck . . . . .	38
2.3.2	Springer, Teamleiter, Hancho . . . . .	39
2.4	Varianten und Produkte – eine eigene Klassifizierung für die Praxis mit variabler Taktung . . . . .	40
2.4.1	Abgrenzung von Produkt, Modell, Auftrag und Ausstattung . . . . .	43
2.4.2	Lokale und Globale Varianz . . . . .	44
2.4.3	Möglichkeiten im Umgang mit Varianz . . . . .	45
2.5	Typen der Modell-Mix-Montage . . . . .	46
2.6	Abtaktung – die WATT-Methode . . . . .	48
2.6.1	Eingangsgrößen . . . . .	49
2.6.2	Arbeitsschritte /Arbeitsvorgänge . . . . .	50
2.6.3	Vorgangszeiten und Leistungsgrad . . . . .	50
2.6.4	Vorranggraph . . . . .	51
2.6.5	Ziele einer Abtaktung . . . . .	53
2.6.6	Wissenschaftliche Ansätze zur Abtaktung – SALBP und GALBP . . . . .	53
2.6.7	Abtaktung in der unternehmerischen Praxis . . . . .	53
2.6.8	Ablauf der WATT-Methode . . . . .	54
2.6.9	Begrenzung der Übertaktung . . . . .	56
2.6.10	Offene und geschlossene Stationsgrenzen . . . . .	57
2.6.11	Lokale und globale Taktzeitspreizung – wichtige Kennzahlen der Abtaktung . . . . .	58
2.7	Standardarbeit und Standardarbeitsblätter . . . . .	61
2.8	Auslastungsverluste . . . . .	62
2.8.1	Taktverluste . . . . .	63
2.8.2	Modell-Mix-Verluste . . . . .	64
2.9	Ein Zwischenfazit zur Prävention von Auslastungsverlusten im Mixed-Model Assembly Design . . . . .	67
	Literatur . . . . .	72
3	<b>Heijunka – schnell wie eine Schildkröte</b> . . . . .	75
3.1	Historische Entwicklung aus dem Toyota-Produktionssystem . . . . .	75
3.1.1	Ohne Notwendigkeit keine Verbesserung . . . . .	79
3.1.2	Die drei M – Muda, Muri, Mura . . . . .	80
3.2	Heijunka . . . . .	83
3.2.1	Nutzen einer nivellierten Produktion . . . . .	84
3.2.2	Heijunka im Sinne des TPS . . . . .	86
3.2.3	Heijunka durch Reihenfolgeplanung – der klassische Ansatz . . . . .	88

3.2.4	Heijunka mit dem VarioTakt – Nivellierung trotz Build-to-Order . . . . .	90
3.2.5	Ein Praxisbeispiel – zwei Linien, zwei Konzepte . . . . .	94
3.3	Losproduktion oder Heijunka oder doch Build-to-Order . . . . .	96
	Literatur . . . . .	98
<b>4</b>	<b>Der variable Takt . . . . .</b>	<b>101</b>
4.1	Die Notwendigkeit variabler Montage . . . . .	102
4.1.1	Die Notwendigkeit variabler Montage am Beispiel der Traktorenmontage Fendt . . . . .	103
4.2	Lösungsalternativen mit fixen Takt . . . . .	106
4.3	Abgrenzung zu variablen Auflageintervallen (variable rate launching) . . . . .	109
4.3.1	Entstehung der Bezeichnung „VarioTakt“ . . . . .	110
4.4	Der variable Takt . . . . .	111
4.4.1	Funktionsweise des variablen Taktes . . . . .	111
4.4.2	Balance bei variabler Taktung . . . . .	115
4.4.3	Festlegung der variablen Taktzeit . . . . .	116
4.4.4	Virtuelle Stationslängen – Auswirkungen auf die Länge der Stationen und der gesamten Montagelinie . . . . .	117
4.4.5	Einteilung des Produktpportfolios in Taktzeitgruppen . . . . .	120
4.5	Vorteile des variablen Taktes . . . . .	122
4.5.1	Steigerung Produktivität . . . . .	123
4.5.2	Keine Reihenfolgerestriktionen – 100 % Kundensequenz . . . . .	124
4.5.3	Reduzierung Umtaktungen – stabile Produktivität . . . . .	125
4.5.4	Reduzierung Umtaktungen – konstanter Output an Arbeitslast und Umsatz . . . . .	126
4.5.5	Gleichmäßige Belastung der Werker – Minimierung Springereinsatz – Steigerung Qualität . . . . .	129
4.5.6	Nutzung Werkerdreieck – Lean Management . . . . .	130
4.5.7	Reduzierung Investitionen – Verlängerung des Bandes, ohne das Band zu verlängern . . . . .	130
4.5.8	Reduzierung Investitionen – horizontale Teilung des Bandes, ohne das Band zu teilen . . . . .	131
4.5.9	Früher Test von Prototypen und Vorserien, gezielte Anlaufkurven . . . . .	132
4.5.10	Einzel-Umtaktung in der Modell-Mix-Linie . . . . .	133
4.6	Technologien zum kontinuierlichen Fließbetrieb für variable Taktung . . . . .	133
4.6.1	Plattenband – eine alternative Umsetzung variabler Taktung ohne Abstandsanpassung . . . . .	136
4.7	Verkettung von Montageabschnitten . . . . .	137

4.8	Erfahrungen bei der Einführung des variablen Taktes . . . . .	139
4.9	Warum dominiert der fixe Takt? – Beobachtungen und Hypothesen . . . . .	142
	Literatur . . . . .	144
<b>5</b>	<b>Taktzeitgruppen im variablen Takt . . . . .</b>	<b>147</b>
5.1	Erste Ansätze – Visualisierung von Taktzeitgruppen . . . . .	147
5.2	Qualitative Bildung von Taktzeitgruppen durch Orientierung an Produktgruppen . . . . .	150
5.3	Variable Taktzeitgruppen durch Belastungsgleichgewicht . . . . .	154
5.3.1	Das Belastungsgleichgewicht . . . . .	155
5.3.2	Nutzung variabler Taktung mit Belastungsgleichgewicht – ein Modell . . . . .	158
5.3.3	Der Variable-Taktzeitgruppen-Algorithmus (VTGA) . . . . .	160
5.3.4	Anwendung des VTGA an einem Fallbeispiel . . . . .	162
5.3.5	Grenzen und Fazit der Methode . . . . .	163
5.3.6	Fazit VTGA . . . . .	164
5.4	VTGTP – Variabler-Taktzeitgruppen-Transformationsprozess . . . . .	164
5.5	Case Study – Canyon Bicycles . . . . .	166
5.5.1	Canyon Bicycles GmbH . . . . .	166
5.5.2	Einteilung des Produktionsprogrammes in Taktzeitgruppen mittels VTGTP . . . . .	168
5.5.3	Potentiale Effizienzsteigerung bei Umstellung auf variable Taktung . . . . .	172
5.5.4	Gestaltung der Montagelinie – Abstände und Liniengeschwindigkeit . . . . .	174
5.5.5	Fazit und weitere Schritte zur Umsetzung der variablen Taktung bei Canyon Bicycles . . . . .	175
	Literatur . . . . .	176
<b>6</b>	<b>Design-for-Takt und die ideale Fließmontage . . . . .</b>	<b>177</b>
6.1	Design-for-Assembly . . . . .	177
6.2	Variantenmanagement . . . . .	179
6.3	Design-for-Takt . . . . .	179
6.3.1	Ziele des Design-for-Takt . . . . .	182
6.3.2	Grenzen des Design-for-Takt . . . . .	183
6.3.3	Prinzipien des Design-for-Takt . . . . .	184
6.3.3.1	Gezielte Flexibilisierung von Vorrangbeziehungen . . . . .	184
6.3.3.2	Umgang mit Varianz, additive und alternative Varianten . . . . .	186
6.3.3.3	Kleine Zeitbausteine anstreben, große Zeitbausteine entzerren . . . . .	189

---

6.3.3.4	Die ideale Fließmontage – gleichmäßige Verteilung der Arbeitslast entlang der Kubatur der Montageobjekte.....	193
6.3.3.5	Zusammenfassung Prinzipien Design-for-Takt.....	198
Literatur.....		199
<b>7</b>	<b>Beherrschung von Varianz in Montagen – das Fendt-Montagesystem und die Matrix-Montage .....</b>	201
7.1	Fendt-Montagesystem – eine Kombination der Elemente des AD for MMA.....	202
7.1.1	Fließmontage im VarioTakt .....	203
7.1.2	Vormontagen .....	203
7.1.3	Sondermonteure .....	204
7.1.4	Matrixelemente .....	205
7.1.5	Globale und lokale Varianz mit Elementen des AD for MMA beherrschen.....	206
7.1.6	Auswirkungen des VarioTakt im Fendt-Montagesystem .....	207
7.1.7	Fazit Fendt-Montagesystem.....	209
7.2	Matrix-Montage – oder: Vom Lösen der Geisel Taktzeit.....	210
7.2.1	Die Zeit ist reif – Befähiger der Matrix-Montage .....	210
7.2.2	Ziele einer Matrix-Montage .....	212
7.2.3	Charakteristika einer Matrix-Montage.....	213
7.2.4	Und wer ist der Sieger – eine Montagelinie im VarioTakt oder die Matrix-Montage? .....	216
7.2.4.1	Flexibilität .....	216
7.2.4.2	Investitionen .....	219
7.2.4.3	Operative Kosten .....	220
7.2.4.4	Komplexität und Steuerbarkeit .....	222
7.2.4.5	Fähigkeit zur kontinuierlichen Verbesserung .....	223
7.2.5	Ausblick Matrix-Montage .....	224
Literatur.....		224
<b>8</b>	<b>Erweiterte Konzepte im Automobilbau zur Beherrschung von Varianz in Montagen .....</b>	227
8.1	Die modulare Montage von Audi.....	227
8.1.1	Ziele und Herausforderungen der modularen Montage bei Audi.....	228
8.1.2	Neun Prinzipien des modularen Montagekonzeptes im Vergleich zum VarioTakt.....	229
8.1.3	Fazit – Modulare Montage .....	232
8.2	Hybride Montagestrukturen von BMW .....	233
8.2.1	Ziele und Funktionsweise der hybriden Montage bei BMW .....	234

8.2.2	Kernelemente und Grundprinzipien der hybriden Montage .....	236
8.2.3	Die Kombination des VarioTaktes mit hybrider Montage.....	237
8.2.3.1	Flexibilität.....	238
8.2.3.2	Investitionen .....	239
8.2.3.3	Operative Kosten.....	240
8.2.3.4	Komplexität und Steuerbarkeit .....	241
8.2.3.5	Fähigkeit zur kontinuierlichen Verbesserung .....	241
8.2.4	Fazit und Ausblick hybride Montage.....	241
8.3	Taktmodul-Montage von Porsche für die Taycan-Produktion.....	242
8.3.1	Die Funktionsweise der Taktmodul-Montage .....	243
8.3.2	Reduktion Taktverluste .....	245
8.3.3	Reduktion Model-Mix-Verluste.....	246
8.3.4	Taktmodul-Montage in Kombination mit variabler Taktung .....	246
8.4	ARC-Montage von Honda.....	247
8.4.1	Bewertung der ARC-Montage .....	248
8.4.2	ARC-Montage in Kombination mit variabler Taktung .....	249
8.5	Belastungsorientierte Reihenfolgeplanung (Mixed-Model-Sequencing) in der Daimler Factory 56 .....	250
8.6	Automatisiertes Abtakten und Reihenfolgeplanung mit variabler Taktung und dem VarioTakt – ein Experiment.....	251
8.6.1	Rahmenbedingungen in der automatisierten Abtaktung .....	253
8.6.2	Haupt- und Nebenbedingungen der Simulation.....	254
8.6.3	Ergebnisse .....	256
8.6.4	Variable Taktung in der belastungsorientierten Reihenfolgeplanung .....	261
	Literatur.....	263
<b>9</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick.....</b>	<b>265</b>
9.1	Variabler Takt ist einfach, erfolgreich und notwendig.....	265
9.2	Mixed-Model Assembly Design .....	267
9.3	Feedback aus Wirtschaft und Wissenschaft.....	268
9.4	Erweiterung des Toyota-Produktionssystems um variable Taktung.....	269

9.5	Legen Sie los! . . . . .	271
9.6	Der variable Takt im Zeitalter von Digitalisierung und Elektrifizierung von Fahrzeugen . . . . .	272
9.7	Ein Ausblick – Wohin geht die Reise für Montagen? . . . . .	274
	Literatur . . . . .	275