

# Inhalt

<b>Vorwort</b> .....	<b>V</b>
<b>Die Autoren</b> .....	<b>XI</b>
<b>1 Automatisierung 4.0 – Anforderungen und Perspektiven</b> .....	<b>1</b>
1.1 Wahrnehmung von Industrie 4.0 .....	1
1.2 Trends und Anforderungen im Maschinen- und Anlagenbau .....	6
1.2.1 Endprodukte bestimmen die Richtung .....	7
1.2.2 Der Engineering-Prozess verändert sich .....	8
1.3 Neue Anforderungen an Produktionsanlagen .....	10
1.3.1 Effizienz entscheidet über Erfolg .....	10
1.3.2 Service schafft Vertrauen .....	16
1.3.3 Qualität ist bedingungslos .....	17
1.3.4 Wandelbarkeit macht fit für die Zukunft .....	19
1.3.5 Sicherheit muss sein .....	20
1.3.6 Neue Technologien in Erfolge umsetzen .....	27
1.3.7 Digitale Produktion .....	31
1.4 Schlussfolgerungen .....	35
<b>2 Entwurf modularer Maschinen und Anlagen</b> .....	<b>39</b>
2.1 Definition und Eigenschaften von Modulen .....	40
2.1.1 Modularität .....	41
2.1.2 Funktionalität .....	44
2.1.3 Zustand und Zustandsänderungen .....	45
2.1.4 Kompatibilität .....	48
2.2 Modularität im Kontext zu Industrie 4.0 .....	50

2.2.1	Objekte und Entitäten .....	51
2.2.2	Methoden und Funktionen .....	55
2.2.3	Botschaften und Dienste .....	56
2.2.4	Die I4.0-Komponente .....	58
2.2.4.1	Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0)	59
2.2.4.2	Technische Assets .....	60
2.2.4.3	Assets in der Informationswelt .....	64
2.2.4.4	Die Verwaltungsschale .....	66
2.2.4.5	Interaktion von I4.0-Komponenten .....	71
2.3	Methoden der Modularisierung .....	74
2.3.1	Etablierte Entwurfsmethoden .....	76
2.3.2	Zielanalyse der Anforderungen .....	77
2.3.2.1	Produktsicht .....	79
2.3.2.2	Investitionssicht .....	81
2.3.2.3	Produktionsumfeld .....	84
2.3.2.4	Herstellersicht .....	87
2.3.3	Konstruktive Detailanalyse .....	90
2.4	Modellierung .....	95
2.4.1	Entwurf einer funktionalen Struktur .....	95
2.4.1.1	Das Funktions- und Klassendiagramm .....	96
2.4.1.2	Das Zustandsdiagramm .....	100
2.4.1.3	Das Interaktionsdiagramm .....	102
2.4.2	Entwurf einer modularen Konstruktion .....	105
2.4.2.1	Das Moduldiagramm .....	105
2.4.2.2	Qualitatives Modulschema .....	112
2.4.3	Entwurf des Automatisierungssystems .....	116
2.4.3.1	Hardwarekonzept .....	116
2.4.3.2	Softwarekonzept .....	119
2.5	Zusammenführung und Fazit .....	122
<b>3</b>	<b>Digitale Projektierung von Maschinen .....</b>	<b>129</b>
3.1	Spezifikation als Ausgangspunkt einer Projektierung .....	130
3.2	Projektierung nach dem V-Modell .....	132
3.2.1	Abstraktes und reales Modell .....	132

3.2.2	Modell-Qualifikation, -Verifikation und -Validierung	133
3.2.3	Rechnerbasierter Entwurf	136
3.2.4	Modellierungsvarianten	137
3.3	V-Modell in der Anwendung	139
3.3.1	Grundstruktur und Eigenschaftssicherung	140
3.3.2	Dekomposition	141
3.3.3	Modularisierung und Objektorientierung	143
3.3.4	Grundstrukturen simulativer Erprobung	143
3.4	Übertragbarkeit des interdisziplinären Mechatronikansatzes	151
3.4.1	Simulative Erprobung großer Systeme	152
3.4.2	Lebenszyklusmodellierung	154
3.4.3	Grenzen simulationsgestützter Evaluierung	155
3.4.4	Ausblick	157
<b>4</b>	<b>Qualitätssicherung neu denken</b>	<b>161</b>
4.1	Begriffsübersicht	162
4.2	Was macht Qualität 4.0 aus?	164
4.3	Qualitätsmanagement und Modularisierung	167
4.3.1	Messen von Qualität	168
4.3.2	Analyse von Qualität	170
4.3.3	Im Detail: digitale Bildverarbeitung als Qualitätssicherungsverfahren	171
4.4	Qualität 4.0 in die Anwendung bringen	176
<b>5</b>	<b>Modulare Automatisierung in der Praxis</b>	<b>185</b>
5.1	Sukzessive Modularisierung	185
5.1.1	Szenarien einer sukzessiven Modularisierung	188
5.1.2	Dezentralisierte Hardware ist möglich	189
5.1.3	Dezentralisierte Hardware ist eingeschränkt möglich	192
5.1.4	Dezentralisierte Hardware ist nicht möglich	194
5.1.5	Heterogene Automatisierungstechnik	198
5.1.6	Zusammenfassung	199
5.2	Echtzeitfähigkeit dezentraler Systeme	199
5.2.1	Reaktionszeit - Definition und Anforderungen	200

5.2.2	Jitter – die große Unbekannte .....	208
5.2.3	Kurze Reaktionszeiten in dezentralen Strukturen .....	213
5.2.3.1	Erhöhung der Systemleistung .....	216
5.2.3.2	Interrupt-basierte Systeme .....	218
5.2.3.3	Intelligente Feldgeräte .....	219
5.2.3.4	Spezialentwicklungen .....	222
5.2.3.5	Intelligente I/O-Module .....	223
5.2.4	Zusammenfassung und Lösungsbeispiele .....	227
5.2.4.1	Dickenmessung sammelgehefteter Broschüren .....	227
5.2.4.2	Fehlbogenkontrolle .....	230
5.3	Maschinensicherheit .....	232
5.3.1	Anwendung der Maschinenrichtlinie in modularen Systemen ..	232
5.3.2	Sicherheitstechnik im Überblick .....	235
5.3.3	Sichere Steuerungstechnik .....	241
5.3.4	Sicherheitstechnik ergänzen oder integrieren? .....	246
5.3.5	Zusammenfassung .....	251
5.4	Kommunikation ist (fast) alles .....	251
5.4.1	Industrielle Kommunikation im Überblick .....	252
5.4.2	Ethernet-basierte Feldbusse – Eigenschaften und Arbeitsweise	257
5.4.3	OPC UA im Industrial Ethernet .....	264
5.4.4	Single Pair Ethernet .....	271
5.4.5	Sichere Kommunikation – Safety .....	272
5.4.6	Sichere Kommunikation bis in die Cloud – Security .....	275
5.4.7	Zusammenfassung .....	278
5.5	Adaptiv und intuitiv: HMI 4.0 .....	279
5.5.1	Bedeutung und grundsätzliche Aufgaben .....	280
5.5.2	Konstruktive Gestaltung .....	282
5.5.3	SCADA-System .....	283
5.5.3.1	Systemeinordnung .....	283
5.5.3.2	Engineering von SCADA-Applikationen .....	284
<b>6</b>	<b>Automatisierung 4.0 im Überblick .....</b>	<b>291</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>295</b>