

# 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
6	<b>Automatisierung 4.0 im Überblick .....</b>	<b>291</b>
	<b>Stichwortverzeichnis .....</b>	<b>295</b>