

Inhalt

Vorwort	V
Die Autoren	XI
1 Automatisierung 4.0 – Anforderungen und Perspektiven	1
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
2 Entwurf modularer Maschinen und Anlagen	39
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
3	Digitale Projektierung von Maschinen	129
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
4	Qualitätssicherung neu denken	161
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
5	Modulare Automatisierung in der Praxis	185
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	Automatisierung 4.0 im Überblick	291
	Stichwortverzeichnis	295