

1 Einführung	1
1.1 Was Automatisierungstechnik heute und in Zukunft leistet.	1
1.2 Zum Selbstverständnis der Automatisierungstechnik	3
1.3 Die Automatisierungstechnik in diesem Buch.	6
Weiterführende Literatur.	9
2 Was ist Automatisierungstechnik?	11
2.1 Grundbegriffe der Automatisierungstechnik	12
2.1.1 Technisches System, technische Anlage und technischer Prozess	12
2.1.2 Automaten und Automatisierungssysteme.	15
2.2 Die Systemtheorie der Kybernetik in der Automatisierungstechnik	17
2.2.1 Der Regelkreis und seine Komponenten	18
2.2.2 Aktoren	19
2.2.3 Sensoren.	20
2.2.4 Steuerung oder Regelung?	22
2.3 Historie und Fortschritt in der Automatisierungstechnik.	23
2.4 Einfluss der Software, der Informationstechnik und der Daten auf die Automatisierungstechnik	26
2.4.1 Softwareintensive Automatisierungssysteme.	26
2.4.2 Softwareentwicklungsprozesse in der Automatisierungstechnik	27
2.4.3 Cyber-physische Automatisierungssysteme.	29
2.4.4 Der Digitale Zwilling.	31
2.5 Die Rolle des Menschen in der Automatisierungstechnik.	33
2.6 Autonome Systeme	36
2.7 Denkanstöße.	39
Weiterführende Literatur.	40

3	Wo wird Automatisierungstechnik eingesetzt und wie sehen Systemtopologien und IT-Architekturen aus?	43
3.1	Anwendung der Automatisierungstechnik in den Branchen	44
3.1.1	Automatisierungstechnik in den Branchen	44
3.1.2	Einteilung von automatisierten Systemen	46
3.1.3	Anforderungen an die Automatisierungssysteme	48
3.1.4	Weitere Anforderungen an Automatisierungssysteme	49
3.2	Systemtopologien und IT-Architekturen der Anlagenautomatisierung	51
3.2.1	Eigenschaften von Systemen der Anlagenautomatisierung	51
3.2.2	Die Automatisierungspyramide	52
3.2.3	Zuordnung von IT-Systemen zu den Ebenen	54
3.2.4	IT-Systembausteine der Anlagenautomatisierung	56
3.2.5	Die Virtualisierung der Hierarchien	57
3.2.6	Das Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0)	59
3.3	IT-Architekturen der Produktautomatisierung	61
3.3.1	IT-Architektur von Systemen der Produktautomatisierung	62
3.3.2	Beispiele für die Produktautomatisierung	64
3.4	IT-Architekturen von hochvernetzten Automatisierungssystemen	65
3.4.1	IT-Architekturen für hochvernetzte Automatisierungssysteme	66
3.4.2	Beispiel: Car-to-Car-Kommunikation	68
3.4.3	Beispiel: Wertschöpfungsnetzwerke auf Basis von hochvernetzten Automatisierungssystemen	69
3.5	Denkanstöße	72
	Weiterführende Literatur	73
4	Software für industrielle Automatisierungssysteme	75
4.1	Software für Automatisierungssysteme	76
4.1.1	Wie programmiert man Automatisierungssysteme heute?	76
4.1.2	Was ist das Besondere an Echtzeitsoftware?	78
4.2	Software für die Anlagenautomatisierung	79
4.2.1	Speicherprogrammierbare Steuerungen	80
4.2.2	Übergeordnete Koordination von Prozessen	82
4.3	Software für die Produktautomatisierung	84
4.3.1	Entwicklung von <i>Embedded Systems</i>	84
4.3.2	Programmiersprachen und Entwicklungsumgebungen	85
4.3.3	Betriebssysteme in der Automatisierung	88
4.3.4	Automatische Softwareentwicklungsprozesse in der Produktautomatisierung	89
4.4	Software für die hochvernetzte Automatisierung	92
4.5	Steuerungsparadigmen und Service-Architekturen	94
4.5.1	Grundlegende Steuerungsparadigmen der zyklischen und ereignisorientierten Steuerung	94

4.5.2	Service-Architekturen	98
4.5.3	Agentenorientierte Architekturen.	100
4.6	Denkanstöße.	101
	Weiterführende Literatur.	103
5	IT zur Vernetzung und Kommunikation in der Automatisierungstechnik.	105
5.1	Einführung	106
5.1.1	Konnektivität und Interoperabilität	106
5.1.2	Anforderungen an die Vernetzung in der Automatisierungstechnik	107
5.1.3	Vernetzung von Systemen und Komponenten im Großen und im Kleinen.	109
5.2	Kabelgebundene Systeme für die lokale Vernetzung.	111
5.2.1	Feldkommunikation.	112
5.2.2	Kommunikation basierend auf Industrial Ethernet	114
5.3	Kabellose Kommunikationstechnologie	116
5.4	Kommunikation mit Objekten	118
5.5	Das Internet der Dinge (IoT) – Vernetzung im Großen	120
5.5.1	Die <i>Industrial Internet Reference Architecture</i>	120
5.5.2	IoT-Protokolle zur Verbindung von Komponenten	122
5.5.3	Sichtweisen auf die Architekturen und Protokolle.	125
5.6	Denkanstöße.	127
	Weiterführende Literatur.	129
6	Fallstudie: Kognitive Sensoren für mobile autonome Systeme.	131
6.1	Warum kognitive Sensoren?.	132
6.1.1	Worum geht es bei kognitiven Sensorsystemen?.	132
6.1.2	Die Struktur eines kognitiven Sensors	133
6.2	Auswahl der Sensorverfahren	134
6.2.1	Ultraschall	134
6.2.2	Radar	134
6.2.3	LiDAR	135
6.2.4	Kameras zur Bildverarbeitung	136
6.2.5	Welche Sensorverfahren sollten berücksichtigt werden?.	136
6.3	Welche elektrotechnische Hardware zur schnellen Informationsverarbeitung bietet sich an?.	138
6.3.1	Zentrale Verarbeitungseinheit (CPU).	139
6.3.2	Grafikverarbeitungseinheit (GPU).	139
6.3.3	Feldprogrammierbare Logik-Arrays (FPGA)	140
6.3.4	Anwendungsspezifische integrierte Schaltung (ASIC)	140
6.3.5	Vergleich der Hardware zur Informationsverarbeitung	141
6.3.6	Technische Anforderungen an autonome Transportsysteme	142

6.4	Entwicklung einer Vorgehensweise	143
6.4.1	Entwicklungsoptionen und Auswahl von Technologien	143
6.4.2	Entwicklung eines Mehrgenerationenplans	145
6.4.3	Konzept und Roadmap für die Kommunikation mit dem Management	147
6.5	Denkanstöße	149
	Weiterführende Literatur	150
7	Fallstudie: IT-Integration in der Anlagenautomatisierung	151
7.1	Herausforderungen an die IT-Architektur in der Anlagenautomatisierung	152
7.2	Beispiel: Horizontale Integration von Steuerungen auf Basis einer serviceorientierten Architektur	154
7.2.1	Einsatz einer serviceorientierten Architektur (SOA)	155
7.2.2	Einschätzung zur SOA	157
7.3	<i>Open Platform Communications Unified Architecture</i> (OPC UA)	158
7.3.1	Konzept von OPC UA	158
7.3.2	Was leistet OPC UA?	159
7.4	Weitere Interoperabilitäts- und Integrationsansätze	160
7.4.1	<i>Field Device Integration</i> (FDI)	161
7.4.2	<i>Module Type Package</i> (MTP)	162
7.4.3	Die <i>NAMUR Open Architecture</i> (NOA) zur vertikalen Integration	162
7.4.4	Welche Ansätze zur Interoperabilität gibt es noch?	164
7.5	Denkanstöße	165
	Weiterführende Literatur	166
8	Fallstudie: Automotive-IT heute und in Zukunft	169
8.1	Technologische Entwicklungen	171
8.1.1	Trend: Vernetzung von softwaredefinierten Fahrzeugen	171
8.1.2	Trend: <i>Data Loop</i> zur kontinuierlichen Entwicklung autonomer Systeme	173
8.1.3	Trend: Neue Technologie-Plattform für das autonome Fahren	174
8.2	Ausgangslage: Die Entwicklungs- und Integrationsplattform AUTOSAR	175
8.3	Auf dem Weg zur Lösungsfindung	176
8.3.1	Expertenbefragungen zur IT für die Mobilität der Zukunft	177
8.3.2	Beispiel einer Konkretisierung	179
8.4	Strategische Perspektiven und Interessenslagen	180
8.4.1	Strategische Perspektive: Neues für den Kunden	181
8.4.2	Strategische Perspektive: Möglichkeiten für das Geschäft	181

8.4.3	Strategische Perspektive: Innensicht der Automotive-Unternehmen	182
8.4.4	Strategische Perspektive: Wettbewerber suchen Chancen	183
8.5	Denkanstöße	184
	Weiterführende Literatur	184
9	Wie entsteht Wertschöpfung durch Automatisierungstechnik?	187
9.1	Werte erzeugen	188
9.2	Beispiele für Nutzen und Mehrwerte durch Automatisierungstechnik in der Industrie	189
9.2.1	Mehrwert aufgrund der Erhöhung der betrieblichen Leistungsfähigkeit	189
9.2.2	Mehrwert durch eine direkte Verbindung zu den Automatisierungssystemen im Betrieb	190
9.2.3	Mehrwert aufgrund von Datenökonomie	192
9.2.4	Fazit zu den Mehrwerten und Potenzialen für eine Wertschöpfung	193
9.3	Eine Methodik zur wertorientierten Systemgestaltung	194
9.3.1	Methodik der Wertanalyse	194
9.3.2	Ein Beispiel zur Anwendung der Methode	196
9.3.3	Geht es auch agiler?	199
9.4	Vom technischen Produkt zum erfolgreichen Geschäftsmodell	200
9.5	Denkanstöße	203
	Weiterführende Literatur	205
10	Aspekte zur Einführung in die Praxis.	207
10.1	Ein Blick zurück	208
10.2	Einsatzentscheidungen und Auswahl von Automatisierungstechnik	209
10.2.1	Unterscheidung der Systemwelten Informationstechnik (IT) und Operational Technology (OT)	210
10.2.2	Beweggründe für den Einsatz von OT und IT in der Praxis	211
10.3	Wirtschaftliche Abwägungen	213
10.4	Technische Grenzen des Einsatzes von Automatisierungstechnik	215
10.4.1	Grenzen der Realisierbarkeit aufgrund von Komplexität	215
10.4.2	Grenzen aufgrund von nicht deterministischem Verhalten	217
10.5	Nicht technische Herausforderungen beim Einsatz neuer Technologien	219
10.5.1	Was behindert technologische Innovation?	219
10.5.2	Wie kann Innovation in die Praxis transferiert werden?	220
10.5.3	Wie lassen sich Interessensvertreter für die Technologieeinführung gewinnen?	221
10.6	Denkanstöße	223
	Weiterführende Literatur	224

11 Auf dem Weg in die Zukunft	225
11.1 Reifegradmodelle zur Einordnung von Entwicklungen.....	226
11.1.1 Die digitale Reife von Produktfähigkeiten.....	226
11.1.2 Die digitale Reife von Prozessen in der Anlagenautomatisierung	229
11.1.3 Die Reifegrade der Mensch-Maschine-Interaktion auf dem Weg zur Autonomie	230
11.2 Welche technologischen Trends bestehen und welche Entwicklungen sind absehbar?.....	231
11.2.1 Trend: Allgegenwärtige Verbindung zu den Systemen im Feld.	232
11.2.2 Trends der Modularität, der Konnektivität, des Digitalen Zwillings und der Autonomie bzw. KI	233
11.3 Was kommt als Nächstes?	235
Weiterführende Literatur.	237
Stichwortverzeichnis	239