

# Inhaltsverzeichnis

<b>Grußwort .....</b>	5
<b>(HENNING BANTHIEN)</b>	
<b>Vorwort des Herausgebers .....</b>	7
<b>(THOMAS SCHULZ)</b>	

## Digitale Revolution und digitaler Wandel

<b>I Plattform Industrie 4.0 .....</b>	23
<b>(HENNING BANTHIEN / DR. DANIEL SENFF)</b>	
1 Digitale Transformation «Made in Germany»: Plattform Industrie 4.0 unterstützt Unternehmen auf dem Weg zur vernetzten Produktion .....	24
2 Gemeinsam den Wandel gestalten: Die Produktion von morgen .....	25
2.1 Auftragsgesteuerte Produktion .....	25
2.2 Wandlungsfähige Fabrik .....	26
2.3 Selbstorganisierende, adaptive Logistik .....	28
2.4 Value Based Services .....	30
2.5 Transparenz und Wandlungsfähigkeit ausgelieferter Produkte .....	32
3 Anwenderunterstützung in der Produktion .....	34
3.1 Smarte Produktentwicklung für die smarte Produktion .....	36
3.2 Innovative Produktentwicklung .....	37
3.3 Kreislaufwirtschaft .....	40
4 Handlungsbedarfe und Arbeitsgruppen .....	42
5 Mitwirkung und Beteiligungsmöglichkeiten .....	45

<b>II Das Ökosystem des Industrial Internet .....</b>	47
<b>(DR. RICHARD SOLEY)</b>	

<b>III Die digital vernetzte Zukunft des Maschinen- und Anlagenbaus .....</b>	51
<b>(DR. CHRISTIAN MOSCH)</b>	
1 Technologische Evolution als Voraussetzung für Industrie 4.0 .....	52
2 Bedürfnisse kleiner und mittelständischer Unternehmen (KMU) im Maschinenbau .....	52

## Smart Factories / Vernetzte Adaptive Produktion

<b>I Interoperabilität für Industrie 4.0 mit OPC Unified Architecture .....</b>	57
<b>(STEFAN HOPPE)</b>	
1 Service-orientierte Architektur OPC UA .....	58

<b>2</b>	<b>Welche Daten und Dienste liefert ein Gerät oder eine Maschine? .....</b>	59
2.1	Transport, Security, Zugriffsrechte .....	60
2.2	Modellierung .....	60
2.3	Keine Differenzierung mit OPC UA? .....	60
2.4	Dienste .....	61
2.5	Betriebssystem und Realtime .....	61
2.6	Skalierbarkeit .....	62
2.7	Adaptierung .....	63
<b>3</b>	<b>Praktische Anwendungen von OPC UA .....</b>	63
3.1	Anwendung vertikal: Energie-Monitoring und Big Data .....	63
3.2	Anwendung horizontal: M2M in der Wasserwirtschaft .....	64
3.3	Anwendung vertikal: IoT-Plattform .....	65
<b>4</b>	<b>Roadmap und Ausblick auf Weiterentwicklungen .....</b>	66
4.1	Trend: Informationsmodelle .....	66
4.2	Trend: Service-orientierte Architektur (SoA) .....	66
4.3	Trend: OPC UA im Chip .....	67
4.4	Trend: OPC UA mit TSN .....	67
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	67
<b>II</b>	<b>Deterministische Machine-to-Machine Kommunikation im Industrie 4.0 Umfeld .....</b>	69
<b>(HEINRICH MUNZ / GEORG STÖGER)</b>		
<b>1</b>	<b>Die Bedeutung einer durchgängigen Industrie-4.0-Architektur .....</b>	69
<b>2</b>	<b>Die Big-Bounce-Theorie – Zentralisierung vs. Dezentralisierung von Rechenleistung .....</b>	70
<b>3</b>	<b>Interoperabilität – Warum nur genau ein M2M-Kommunikationsstandard so wichtig ist .....</b>	71
3.1	Service-orientierte Architektur im Internet der Dinge .....	72
3.2	Semantische Servicebeschreibungen und Informationsmodelle .....	74
<b>4</b>	<b>Echtzeit – ein häufig missverstandener Begriff .....</b>	76
<b>5</b>	<b>Echtzeit-Anwendungen von OPC UA .....</b>	78
5.1	Die Publisher/Subscriber-Architektur von OPC UA .....	80
5.2	Deterministische Echtzeit durch Time Sensitive Networking (TSN) .....	81
5.3	Werden durch OPC UA TSN herkömmliche Feldbusse überflüssig? .....	85
<b>III</b>	<b>Lösungsbausteine für herstellerunabhängige, standardisierte Schnittstellen in der Produktion .....</b>	87
<b>(DR.-ING. OLAF SAUER)</b>		
<b>1</b>	<b>Einführung .....</b>	87
<b>2</b>	<b>Maschinen- und Anlagenbau: Rückgrat und Herausforderung in Einem ..</b>	88
2.1	Ausgangssituation in der Fabrik .....	89
2.2	Selbstbeschreibung von Maschinen und Anlagen .....	90
2.3	Selbstbeschreibung von Maschinenkomponenten .....	92

<b>3</b>	<b>Werkzeuge und Standards .....</b>	94
3.1	AutomationML™ .....	95
3.2	OPC UA .....	95
3.3	Industrielle IoT-Adapter .....	95
<b>4</b>	<b>Anwendungsfelder für produzierende Unternehmen .....</b>	97
4.1	Neue Geschäftsmodelle für Maschinen-/Anlagenbauer und Komponentenlieferanten .....	97
4.2	Laufzeitdaten erfassen, speichern und auswerten .....	97
4.3	Neue Architekturen produktionsnaher IT-Systeme .....	99
<b>5</b>	<b>Modularer Lösungsansatz .....</b>	101
5.1	Ausgangspunkt der Arbeiten .....	101
5.2	Entwicklungspfad .....	103
<b>6</b>	<b>Zusammenfassung und Handlungsbedarf .....</b>	105

## Smart Products / Innovative Produktentwicklung

<b>I</b>	<b>Referenzarchitektur als Grundlage für neue Produkte zur Cloud-basierten Kommunikation .....</b>	109
	<b>(DR. PETER ADOLPHS)</b>	
1	Was zeichnet die Kommunikation bei Industrie 4.0 aus? .....	110
2	Warum brauchen wir eine Referenzarchitektur für Industrie 4.0? .....	111
3	SOA – die Grundlage der Kommunikation für Industrie 4.0 .....	113
4	Produktionshierarchie und deren Abbildung auf RAMI 4.0 .....	114
5	Durchgängiges Engineering über den Produktlebenszyklus .....	115
6	RAMI-4.0-Layer-Struktur .....	116
7	Die Industrie-4.0-Komponente .....	117
8	Struktur der Verwaltungsschale .....	120
9	Anwendung von RAMI am Beispiel .....	120
10	Das RAMI-4.0-Architekturmodell im internationalen Kontext .....	124
<b>II</b>	<b>Unterwegs lernen zu laufen: Smarte Produkte und Lösungen explorativ und agil entwickeln .....</b>	127
	<b>(MARTIN HANKEL)</b>	
1	Industrie 4.0: Revolution und Evolution zugleich .....	127
1.1	Das Neue im Alten erkennen .....	128
1.2	In die Zukunft vortasten .....	128
2	Schnell Erfahrungen sammeln .....	129
2.1	Anwender: Kleine Veränderungen können große Effekte erzielen .....	129
2.2	Regelkreis zwischen Entwicklern und Anwendern .....	130
2.3	Sieben Merkmale für Industrie-4.0-Lösungen .....	131

2.3.1	Verteilte Intelligenz .....	131
2.3.2	Schnelle Vernetzung und flexible Konfiguration .....	132
2.3.3	Offene Standards .....	132
2.3.4	Virtuelles Echtzeitabbild .....	132
2.3.5	Digitales Lebenszyklus-Management .....	132
2.3.6	Sichere Wertschöpfungsnetzwerke .....	133
2.3.7	Mensch als Akteur .....	133
2.4	Prozessmodell zur Umsetzung von Industrie 4.0 .....	133
<b>3</b>	<b>Entwicklung von smarten Produkten .....</b>	<b>135</b>
3.1	Smarte Produkte: Herstellerübergreifende Definitionen als Basis .....	135
3.2	RAMI 4.0 – Der Modellaufbau .....	136
3.3	Produktkriterien für Industrie-4.0-Produkte als Mindesteigenschaften .....	137
3.3.1	Identifikation .....	137
3.3.2	Industrie-4.0-Kommunikation .....	137
3.3.3	Industrie-4.0-Semantik .....	137
3.3.4	Virtuelle Beschreibung .....	138
3.3.5	Industrie-4.0-Dienste und -Zustände .....	138
3.3.6	Standardfunktionen .....	138
3.3.7	Security .....	138
3.4	Auswirkungen auf die Produktentwicklung .....	138
3.4.1	Services .....	138
3.4.2	Verteilte Intelligenz .....	139
3.4.3	Komponenten ohne eigene Intelligenz .....	139
3.4.4	Programmiersprachen aus der IT .....	139
3.4.5	Offenheit .....	139
3.4.6	Lebenszyklus .....	140
3.4.7	Kollaboration mit IT-Partnern .....	140
3.4.8	Daten .....	140
3.4.9	Neue Geschäftsmodelle .....	141
3.4.10	Zwischenfazit: Neuorientierung in der Produktentwicklung .....	141
<b>4</b>	<b>Neue Prozesse für smarte Produkte – Agile Entwicklungsmethoden .....</b>	<b>143</b>
4.1	Auf variable Ziele hin entwickeln .....	143
<b>5</b>	<b>Beispiele für Industrie-4.0-fähige Produkte und Lösungen .....</b>	<b>144</b>
5.1	IoT Gateway .....	144
5.2	Kommunikationsplattform Beispiel ActiveCockpit .....	144
5.3	Vom Condition Monitoring zur prädiktiven Wartung .....	146

## Smart Services / Neue Geschäftsmodelle

<b>I</b>	<b>Neue Ufer für traditionelles Geschäft: Geschäftsmodell-Architekturen für Industrie 4.0 .....</b>	<b>151</b>
<b>(DR. KARSTEN SCHWEICHHART)</b>		
<b>1</b>	<b>Treiber neuer Geschäftsmodelle – Warum es unabwendbar ist .....</b>	<b>151</b>
<b>2</b>	<b>Neue Geschäftsmodelle – datengetrieben, in Echtzeit, plattformbasiert ....</b>	<b>152</b>
2.1	Datengetriebene Geschäftsmodelle .....	154

2.1.1	Wo entstehen Daten? Eine strukturierte Lokalisierung .....	155
2.1.2	Den Wert von Daten erhöhen .....	156
2.1.3	Datenbasierte Geschäftsmodelle – Das Basisrezept .....	157
2.2	Echtzeitbasierte Geschäftsmodelle .....	159
2.3	Plattformbasierte Ökosystem-Geschäftsmodelle – «Vier gewinnt» .....	161
2.3.1	Vier Rollen bilden eine Plattform .....	162
2.3.2	Eine Situation mit vier Gewinner .....	163
2.3.3	Vier Startkriterien .....	163
2.3.4	Vier Anbieter-Rollen im Plattformgeschäft .....	165
2.4	Der Mensch, die Technologie, das Recht .....	166
<b>3</b>	<b>Enabler neuer Geschäftsmodelle – Digitale Business Transformation erforderlich .....</b>	<b>167</b>
<b>II</b>	<b>Erfolgreiche IoT-Geschäftsmodelle in der Industrie .....</b>	<b>171</b>
<b>(JAN RODIG)</b>		
<b>1</b>	<b>Geschäftsmodelldefinition .....</b>	<b>171</b>
<b>2</b>	<b>Auswirkungen des IoT auf Geschäftsmodelle .....</b>	<b>172</b>
2.1	Angebots- und Marktpositionierung: Bislang vor allem bestehende Kundengruppen im Fokus .....	172
2.1.1	Marktdurchdringung .....	173
2.1.2	Angebotsentwicklung .....	173
2.1.3	Marktentwicklung .....	173
2.1.4	Diversifikation .....	174
2.2	Wertschöpfungskette: Vom Produkt zum Service .....	174
2.2.1	Einfluss auf primäre Unternehmensaktivitäten .....	175
2.2.2	Einfluss auf sekundäre Unternehmensaktivitäten .....	177
2.3	Erlösmodell: Vom einmaligen zum nutzungs- und zeitabhängigen Erlös .....	178
2.3.1	Gegenstand der Monetarisierung .....	178
2.3.2	Erlösstrom .....	179
2.3.3	Erlösbeziehung .....	181
2.3.4	Dynamische und personalisierte Preismechanismen .....	182
<b>3</b>	<b>Beispiele für erfolgreiche IoT-Geschäftsmodelle .....</b>	<b>182</b>
3.1	IoT im Maschinen- und Anlagenbau .....	182
3.2	IoT in der Energiebranche .....	184
3.3	Weitere IoT-Geschäftsmodelle anderer Anbieter .....	185
<b>4</b>	<b>Fazit und Ausblick .....</b>	<b>185</b>

## **Digitale Anwendungen / Datenverarbeitung in der Industrie**

<b>I</b>	<b>Big Data – Vom Hype zum realen Nutzen in der industriellen Anwendung .....</b>	<b>189</b>
<b>(KLAUS HÜBSCHLE)</b>		
<b>1</b>	<b>Megatrend Big Data .....</b>	<b>189</b>

1.1	Ab wann reden wir von Big Data? .....	189
1.2	Wie wird Big Data heute eingesetzt? .....	190
1.3	Kosten / Nutzen und Smart Data .....	190
1.4	Erfolgreiche Killerapplikationen .....	191
1.5	Wer hat's erfunden? .....	192
1.6	Big Data und Cloud-Computing .....	192
1.7	Big Data ist Teamsport .....	193
<b>2</b>	<b>Big Data in der industriellen Anwendung .....</b>	<b>193</b>
2.1	Identifikation der wesentlichen Einflussfaktoren hilft Prozesse zu optimieren .....	193
2.2	Aufzeichnung des Nutzungsverhaltens verbessert Produkte .....	194
2.3	Datensammeln macht viele servicebasierte Geschäftsmodelle erst möglich und erfolgreich .....	194
2.4	Lieferketten werden optimiert und stabilisiert .....	195
2.5	Smarte Apps ersetzen den Experten vor Ort .....	195
2.6	Vorausschauende Wartung durch Predictive Analytics .....	196
2.7	Assistenzsysteme erleichtern Produktion und Wartung .....	196
2.8	Big Data erkennt Security-Risiken .....	196
<b>3</b>	<b>Die Technologie-Basis von Big Data .....</b>	<b>197</b>
3.1	Einteilung in Technologiekategorien .....	197
3.2	Cluster-Computing auf Commodity-Hardware macht Big Data erschwinglich .....	198
3.3	Das MapReduce-Verfahren – einfach, aber wirkungsvoll .....	198
3.4	Die Apache-Hadoop-Architektur .....	199
3.5	NoSQL-Datenbanken als Alternative zu RDBMS .....	203
3.6	In-Memory-Datenbanken .....	204
3.7	Streaming und Complex-Event-Processing analysieren Datenströme in Echtzeit .....	204
3.8	Machine Learning erlaubt Zukunftsprognosen .....	204
3.9	Programmiersprachen für Data Scientists .....	205
3.10	Interaktive Werkzeuge für Data Scientists und Power-User .....	206
3.11	Data Lakes machen das klassische Data-Warehouse Big-Data-fähig .....	206
<b>4</b>	<b>Big Data und das Internet der Dinge .....</b>	<b>207</b>
4.1	Das Internet der Dinge und Industrial-Internet-Systeme .....	207
4.2	IoT-Referenzarchitekturen .....	208
4.3	Fog Computing bringt die Intelligenz vor Ort .....	209
4.4	Die SPS als IoT-Controller .....	210
4.5	IoT-Plattformen als Cloud-basierte Lösungsbaukästen .....	210
<b>5</b>	<b>Zusammenfassung und Ausblick .....</b>	<b>212</b>
<b>II</b>	<b>Machine Analytics – Wie aus Daten Werte für Industrie 4.0 entstehen .....</b>	<b>215</b>
<b>(Dr. MARCO HUBER / HENRIK OPPERMANN)</b>		
<b>1</b>	<b>Die Bedeutung von Big Data Analytics für Industrie 4.0 .....</b>	<b>215</b>
<b>2</b>	<b>Die Verarbeitungskette der Datenanalyse .....</b>	<b>217</b>

2.1	Datenerfassung .....	217
2.2	Datenvorverarbeitung .....	218
2.2.1	Datenbereinigung .....	219
2.2.2	Datentransformation .....	219
2.2.3	Datenreduktion .....	220
2.2.4	Datenintegration .....	220
2.3	Datenanalyse .....	220
2.3.1	Übersicht Machine Learning und Data Mining .....	220
2.3.2	Explorative Datenanalyse .....	223
2.3.3	Korrelation vs. Kausalität .....	223
2.3.4	Stromdaten-Analyse (Complex Event Processing) .....	224
2.4	Ergebnisdarstellung und -bewertung .....	224
<b>3</b>	<b>Herangehensweise und Personen für erfolgreiche Datenanalysen</b> .....	<b>225</b>
3.1	Der USU-Smart-Data-Prozess .....	225
3.2	Die Rolle des Menschen in der Datenanalyse .....	227
3.2.1	Der Data Scientist .....	228
3.2.2	Data Architect, Data Engineer und Data Analyst .....	229
3.2.3	Weitere wichtige Rollen .....	229
<b>4</b>	<b>Beispielhafte Umsetzung</b> .....	<b>230</b>
4.1	Architekturbeispiel für skalierbare Datenanalyse .....	230
4.2	Anwendungsbeispiele .....	232
4.2.1	Machine Analytics als Basis für Smart Services .....	232
4.2.2	Datenkorrektur von Testfahrtdata .....	234
<b>5</b>	<b>Ausblick und Zusammenfassung</b> .....	<b>236</b>
5.1	Deep Learning: Überholen uns die Maschinen? .....	236
5.2	Zusammenfassung .....	237

### **III Industrial Analytics – Daten einfach und verständlich vermitteln und Perspektiven ableiten .....** 239 (BARIS AYAZ)

<b>1</b>	<b>Maschinelles Lernen in der virtuellen Smart Factory</b> .....	<b>241</b>
1.1	Was ist maschinelles Lernen? .....	241
1.2	Die virtuelle Smart Factory .....	241
1.3	Klassifikation – Effizienzsteigerung in der Qualitätssicherung .....	243
1.4	Ergebnisse richtig evaluieren und interpretieren .....	246
1.5	Regression – Optimale Produktionsplanung und -steuerung .....	249
1.6	Clustering – Ähnlichkeiten in Produktionsdaten aufdecken .....	253
<b>2</b>	<b>Anwendungsgebiete für Industrial Analytics</b> .....	<b>254</b>
2.1	Predictive Quality .....	254
2.2	Predictive Maintenance .....	255
2.3	Energy Analytics .....	256
<b>3</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	<b>257</b>

# Rahmenbedingungen, Rechtsgrundlagen und Systemsicherheit

<b>I Know-how-Schutz im Umfeld von Industrie 4.0</b> .....	261
<b>(SANDRA SOPHIA REDEKER)</b>	
1 Einführung .....	261
2 Rechtliche Rahmenbedingungen .....	262
2.1 Welches Know-how ist geschützt? .....	262
2.2 Geheimnisschutz oder Registrierung gewerblicher Schutzrechte? .....	262
2.3 Änderungen aufgrund der Richtlinie zum Schutz von Geschäftsgeheimnissen .....	263
2.3.1 Der Begriff des Geschäftsgeheimnisses nach der neuen Richtlinie .....	264
2.3.2 Know-how-Verletzungen und Ausnahmen .....	265
2.3.3 Rechtsfolgen und prozessuale Geheimhaltung .....	266
3 Maßnahmen zum Schutz von geheimem Know-how im Rahmen digitaler Fertigungsprozesse .....	267
3.1 Risikoanalyse .....	267
3.2 Vertragliche Regelungen .....	268
3.2.1 Kooperationsvereinbarungen .....	270
3.2.2 Arbeitsverträge .....	271
3.2.3 Allgemeine Geschäftsbedingungen .....	272
3.3 Maßnahmen auf dem Gebiet der IT-Sicherheit .....	273
3.3.1 Gefahren für das Know-how .....	273
3.3.2 Nationales Referenzprojekt für IT-Sicherheit in der Industrie 4.0 ..	276
3.4 Organisatorische Maßnahmen .....	277
3.4.1 Personelle Maßnahmen .....	277
3.4.2 Technisch-organisatorische Maßnahmen .....	278
4 Zusammenfassung .....	280
<b>II Datensicherheit bei Smart Services und Cloud-Sicherheit und Datenschutz im Cloud-Computing</b> .....	281
<b>(SRDAN DZOMBETA, ANDREAS KALENDER, SEBASTIAN SCHMIDT)</b>	
1 Einleitung .....	281
2 Architektur .....	282
2.1 Cloud-Service-Modelle .....	282
2.2 Cloud-Deployment-Modell .....	283
2.3 Smart-Service-Architekturen .....	283
2.4 Service-orientierte Architekturen .....	284
3 Rechtlicher Rahmen .....	285
3.1 Allgemeines .....	285
3.2 Datenschutz .....	286
3.3 Informationssicherheit .....	287
4 Datensicherheit .....	289
4.1 Allgemeines .....	289

4.2	Normen, Standards, Frameworks .....	290
4.2.1	ISO 27 001 .....	291
4.2.2	BSI-IT-Grundschutz .....	292
4.2.3	Trusted Cloud Label .....	293
4.2.4	EuroCloud StarAudit .....	293
4.2.5	NIST SP800-146 .....	294
4.3	Gefährdungsszenarien .....	294
<b>5</b>	<b>Best Practice .....</b>	<b>295</b>
5.1	Datensicherheitsteam .....	295
5.2	Sicherheit durch Harmonisierung .....	296
5.3	Sicherheit durch Klarheit .....	296
5.4	Resilienz by Design .....	296
5.5	Domänenwissen .....	297
<b>6</b>	<b>Zertifizierung .....</b>	<b>298</b>
<b>7</b>	<b>Auswahl und Kontrolle der Dienstleister .....</b>	<b>299</b>
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>302</b>
<b>III</b>	<b>Informationssicherheit in Industriesteueranlagen .....</b>	<b>303</b>
<b>(WOLFGANG FRITSCHE / DR. FELIX RUST)</b>		
<b>1</b>	<b>Aktuelle Herausforderungen und Bedrohungen .....</b>	<b>303</b>
1.1	Das Vorgehen der Angreifer .....	304
1.2	Typen von Angreifern und Angriffen .....	308
1.3	Verwundbare Stellen .....	310
<b>2</b>	<b>Maßnahmen zur Erhöhung der Informationssicherheit .....</b>	<b>311</b>
2.1	Risikobewertung .....	312
2.2	Schutzbedarfsfeststellung .....	313
2.3	Bedrohungsanalyse .....	314
2.4	Schwachstellenanalyse .....	315
2.5	Kommunikationssicherheit .....	317
2.6	Systemhärtung .....	326
2.7	Organisatorische Sicherheitsmaßnahmen .....	327
2.8	Kontinuierliches Management der Informationssicherheit .....	328
<b>3</b>	<b>Ansätze zur Weiterentwicklung der Informationssicherheit in Industrie 4.0 .....</b>	<b>329</b>
3.1	Neue Herausforderungen an die Informationssicherheit durch Industrie 4.0 .....	329
3.2	Architekturansatz .....	330
3.3	Sichere Identitäten .....	331
3.4	Sichere unternehmensübergreifende Kommunikation für Industrie 4.0 .....	332
<b>4</b>	<b>Zusammenfassung .....</b>	<b>332</b>

## Resümee

Entwicklung und Ausblick von Industrie 4.0 .....	337
(WOLFGANG DORST)	
Schlusswort des Herausgebers .....	339
(THOMAS SCHULZ)	

## Sponsored Content

Der steinige Weg zur passenden IoT-Plattform .....	341
(tresmo)	
Industrie 4.0 muss in der Produktion immer ein geschäftsrelevantes Ziel haben! .....	345
(ABB)	

<b>Abkürzungen</b> .....	349
--------------------------	-----

<b>Lebensläufe</b> .....	353
--------------------------	-----

<b>Quellenverzeichnis</b> .....	359
---------------------------------	-----

<b>Stichwortverzeichnis</b> .....	371
-----------------------------------	-----