

# 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>	
<b>1 Digitale Transformation «Made in Germany»: Plattform Industrie 4.0 unterstützt Unternehmen auf dem Weg zur vernetzten Produktion</b> .....	24
<b>2 Gemeinsam den Wandel gestalten: Die Produktion von morgen</b> .....	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
<b>3 Anwenderunterstützung in der Produktion</b> .....	34
3.1 Smarte Produktentwicklung für die smarte Produktion .....	36
3.2 Innovative Produktentwicklung .....	37
3.3 Kreislaufwirtschaft .....	40
<b>4 Handlungsbedarfe und Arbeitsgruppen</b> .....	42
<b>5 Mitwirkung und Beteiligungsmöglichkeiten</b> .....	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>	
<b>1 Technologische Evolution als Voraussetzung für Industrie 4.0</b> .....	52
<b>2 Bedürfnisse kleiner und mittelständischer Unternehmen (KMU) im Maschinenbau</b> .....	52

## Smart Factories / Vernetzte Adaptive Produktion

<b>I Interoperabilität für Industrie 4.0 mit OPC Unified Architecture</b> .....	57
<b>(STEFAN HOPPE)</b>	
<b>1 Service-orientierte Architektur OPC UA</b> .....	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
	(HEINRICH MUNZ / GEORG STÖGER)	
<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 missverständlicher 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
	(DR.-ING. OLAF SAUER)	
<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
	(DR. PETER ADOLPHS)	
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
	(MARTIN HANKEL)	
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>
	(JAN RODIG)	
<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>
	(KLAUS HÜBSCHLE)	

<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>
	(DR. MARCO HUBER / HENRIK OPPERMAN)	
<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 Testfahrtdaten .....	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 .....** **(BARIS AYAZ)** 239

<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
(SANDRA SOPHIA REDEKER)	
<b>1 Einführung</b>	261
<b>2 Rechtliche Rahmenbedingungen</b>	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
<b>3 Maßnahmen zum Schutz von geheimem Know-how im Rahmen digitaler Fertigungsprozesse</b>	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
<b>4 Zusammenfassung</b>	280
<b>II Datensicherheit bei Smart Services und Cloud-Sicherheit und Datenschutz im Cloud-Computing</b>	281
(SRDAN DZOMBETA, ANDREAS KALENDER, SEBASTIAN SCHMIDT)	
<b>1 Einleitung</b>	281
<b>2 Architektur</b>	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
<b>3 Rechtlicher Rahmen</b>	285
3.1 Allgemeines	285
3.2 Datenschutz	286
3.3 Informationssicherheit	287
<b>4 Datensicherheit</b>	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> .....	295
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> .....	298
<b>7</b>	<b>Auswahl und Kontrolle der Dienstleister</b> .....	299
<b>8</b>	<b>Zusammenfassung</b> .....	302
<b>III</b>	<b>Informationssicherheit in Industriesteueranlagen</b> .....	303
	(WOLFGANG FRITSCHKE / DR. FELIX RUST)	
<b>1</b>	<b>Aktuelle Herausforderungen und Bedrohungen</b> .....	303
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> .....	311
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> .....	329
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> .....	332

## **Resümee**

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

## **Sponsored Content**

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

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

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

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

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