

Inhaltsverzeichnis

Grußwort	5
(HENNING BANTHIEN)	
Vorwort des Herausgebers	7
(THOMAS SCHULZ)	

Digitale Revolution und digitaler Wandel

I Plattform Industrie 4.0	23
(HENNING BANTHIEN / DR. DANIEL SENFF)	
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
II Das Ökosystem des Industrial Internet	47
(DR. RICHARD SOLEY)	
III Die digital vernetzte Zukunft des Maschinen- und Anlagenbaus	51
(DR. CHRISTIAN MOSCH)	
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

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

2	Welche Daten und Dienste liefert ein Gerät oder eine Maschine?	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
3	Praktische Anwendungen von OPC UA	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
4	Roadmap und Ausblick auf Weiterentwicklungen	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
5	Zusammenfassung	67
II	Deterministische Machine-to-Machine Kommunikation im Industrie 4.0 Umfeld	69
	(HEINRICH MUNZ / GEORG STÖGER)	
1	Die Bedeutung einer durchgängigen Industrie-4.0-Architektur	69
2	Die Big-Bounce-Theorie – Zentralisierung vs. Dezentralisierung von Rechenleistung	70
3	Interoperabilität – Warum nur genau ein M2M-Kommunikationsstandard so wichtig ist	71
3.1	Service-orientierte Architektur im Internet der Dinge	72
3.2	Semantische Servicebeschreibungen und Informationsmodelle	74
4	Echtzeit – ein häufig missverständener Begriff	76
5	Echtzeit-Anwendungen von OPC UA	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
III	Lösungsbausteine für herstellerunabhängige, standardisierte Schnittstellen in der Produktion	87
	(DR.-ING. OLAF SAUER)	
1	Einführung	87
2	Maschinen- und Anlagenbau: Rückgrat und Herausforderung in Einem ..	88
2.1	Ausgangssituation in der Fabrik	89
2.2	Selbstbeschreibung von Maschinen und Anlagen	90
2.3	Selbstbeschreibung von Maschinenkomponenten	92

3	Werkzeuge und Standards	94
3.1	AutomationML™	95
3.2	OPC UA	95
3.3	Industrielle IoT-Adapter	95
4	Anwendungsfelder für produzierende Unternehmen	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
5	Modularer Lösungsansatz	101
5.1	Ausgangspunkt der Arbeiten	101
5.2	Entwicklungspfad	103
6	Zusammenfassung und Handlungsbedarf	105

Smart Products / Innovative Produktentwicklung

I	Referenzarchitektur als Grundlage für neue Produkte zur Cloud-basierten Kommunikation	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
II	Unterwegs lernen zu laufen: Smarte Produkte und Lösungen explorativ und agil entwickeln	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
3	Entwicklung von smarten Produkten	135
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
4	Neue Prozesse für smarte Produkte – Agile Entwicklungsmethoden	143
4.1	Auf variable Ziele hin entwickeln	143
5	Beispiele für Industrie-4.0-fähige Produkte und Lösungen	144
5.1	IoT Gateway	144
5.2	Kommunikationsplattform Beispiel ActiveCockpit	144
5.3	Vom Condition Monitoring zur prädiktiven Wartung	146

Smart Services / Neue Geschäftsmodelle

I	Neue Ufer für traditionelles Geschäft: Geschäftsmodell- Architekturen für Industrie 4.0	151
	(DR. KARSTEN SCHWEICHHART)	
1	Treiber neuer Geschäftsmodelle – Warum es unabwendbar ist	151
2	Neue Geschäftsmodelle – datengetrieben, in Echtzeit, plattformbasiert	152
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
3	Enabler neuer Geschäftsmodelle – Digitale Business Transformation erforderlich	167
II	Erfolgreiche IoT-Geschäftsmodelle in der Industrie	171
	(JAN RODIG)	
1	Geschäftsmodelldefinition	171
2	Auswirkungen des IoT auf Geschäftsmodelle	172
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
3	Beispiele für erfolgreiche IoT-Geschäftsmodelle	182
3.1	IoT im Maschinen- und Anlagenbau	182
3.2	IoT in der Energiebranche	184
3.3	Weitere IoT-Geschäftsmodelle anderer Anbieter	185
4	Fazit und Ausblick	185

Digitale Anwendungen / Datenverarbeitung in der Industrie

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

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
2	Big Data in der industriellen Anwendung	193
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
3	Die Technologie-Basis von Big Data	197
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
4	Big Data und das Internet der Dinge	207
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
5	Zusammenfassung und Ausblick	212
II	Machine Analytics – Wie aus Daten Werte für Industrie 4.0 entstehen	215
	(DR. MARCO HUBER / HENRIK OPPERMANN)	
1	Die Bedeutung von Big Data Analytics für Industrie 4.0	215
2	Die Verarbeitungskette der Datenanalyse	217

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
3	Herangehensweise und Personen für erfolgreiche Datenanalysen	225
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
4	Beispielhafte Umsetzung	230
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
5	Ausblick und Zusammenfassung	236
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)		
1	Maschinelles Lernen in der virtuellen Smart Factory	241
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
2	Anwendungsgebiete für Industrial Analytics	254
2.1	Predictive Quality	254
2.2	Predictive Maintenance	255
2.3	Energy Analytics	256
3	Zusammenfassung	257

Rahmenbedingungen, Rechtsgrundlagen und Systemsicherheit

I	Know-how-Schutz im Umfeld von Industrie 4.0	261
	(SANDRA SOPHIA REDEKER)	
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
II	Datensicherheit bei Smart Services und Cloud-Sicherheit und Datenschutz im Cloud-Computing	281
	(SRDAN DZOMBETA, ANDREAS KALENDER, SEBASTIAN SCHMIDT)	
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
5	Best Practice	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
6	Zertifizierung	298
7	Auswahl und Kontrolle der Dienstleister	299
8	Zusammenfassung	302
III	Informationssicherheit in Industriesteueranlagen	303
	(WOLFGANG FRITSCHKE / DR. FELIX RUST)	
1	Aktuelle Herausforderungen und Bedrohungen	303
1.1	Das Vorgehen der Angreifer	304
1.2	Typen von Angreifern und Angriffen	308
1.3	Verwundbare Stellen	310
2	Maßnahmen zur Erhöhung der Informationssicherheit	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
3	Ansätze zur Weiterentwicklung der Informationssicherheit in Industrie 4.0	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
4	Zusammenfassung	332

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)	

Abkürzungen	349
--------------------------	-----

Lebensläufe	353
--------------------------	-----

Quellenverzeichnis	359
---------------------------------	-----

Stichwortverzeichnis	371
-----------------------------------	-----