

Inhalt

Vorwort	15
Einleitung	19

1 Industrie 4.0 in der Fertigung – Begriffsdefinition und Bedeutung 27

1.1 Was versteht man unter Digitalisierung?	27
1.1.1 Der Begriff »Industrie 4.0«	28
1.1.2 Der Begriff »Internet der Dinge«	31
1.2 Industrie 4.0 in der Fertigung	32
1.3 Industrie 4.0 und Lean Management	35
1.3.1 Grundlagen des Lean Managements	35
1.3.2 Weiterentwicklung von Lean Management im Umfeld von Industrie 4.0	42
1.4 Industrie 4.0 und Instandhaltungsmanagement	46
1.4.1 Vorbeugende Instandhaltung	47
1.4.2 Instandhaltung 4.0	47
1.5 Standardisierung im Umfeld von Industrie 4.0	49
1.6 Chancen und Risiken von Industrie 4.0	50
1.6.1 Arbeit 4.0 in der Smart Factory	51
1.6.2 IT-Sicherheit	54
1.7 Fazit	56

2 Herausforderungen durch Industrie 4.0 57

2.1 Digitale Transformation	58
2.2 Unternehmensorganisation	65
2.3 Qualifizierung der Mitarbeiter	71
2.4 Datenqualität	74
2.5 Fazit	81

3 Standardisierung und einheitliche Datenformate 83

3.1 Notwendigkeit zur Standardisierung	83
3.1.1 Maschine-Maschine-Kommunikation	87
3.1.2 E-Commerce-Integration	88
3.1.3 Horizontale Integration über Unternehmensgrenzen hinweg	89
3.2 Wichtige Aspekte der Standardisierung	90
3.3 Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI 4.0) und die Industrie-4.0-Komponente	91
3.4 Industrie-4.0-Standards in SAP-Lösungen	95
3.4.1 OPC Foundation	96
3.4.2 Industrial Internet Consortium	97
3.5 Fazit	97

4 Industrie 4.0 und SAP 99

4.1 Relevanz von Industrie 4.0 aus SAP-Sicht	99
4.2 Mögliche Vorgehensweisen zur Umsetzung von Industrie 4.0	102
4.3 Der pragmatische Ansatz zur Umsetzung von Industrie 4.0	103
4.3.1 Herausforderung 1: Kundenerwartungen	103
4.3.2 Herausforderung 2: gesetzliche Anforderungen bzw. Compliance-Regeln	112
4.3.3 Herausforderung 3: globaler Wettbewerb	114
4.3.4 Herausforderung 4: technologische Innovationen	122
4.4 Der transformative Ansatz zur Umsetzung von Industrie 4.0	123
4.4.1 Product-as-a-Service	123
4.4.2 Produkte bei Bedarf in 3D drucken	124
4.4.3 Autonome, sich selbst organisierende Fertigung	125
4.4.4 Intelligente Fabrikgestaltung – wandlungsfähige Produktion	127
4.4.5 Digitaler Zwilling	129

4.4.6	Daten vermarkten	130
4.4.7	Crowd Manufacturing	131
4.5	Fazit	131

5 Anwendungsszenarien von Industrie 4.0 mit SAP 135

5.1	Industrie 4.0 mit SAP in der diskreten Industrie	135
5.1.1	SAP Enterprise Resource Planning (ERP), Hybris	137
5.1.2	SAP Manufacturing Execution	138
5.1.3	SAP Manufacturing Integration and Intelligence (SAP MII)	140
5.1.4	SAP Manufacturing Execution	140
5.1.5	SAP Plant Connectivity	143
5.1.6	Hybride Prozesse	146
5.2	Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung: Open Integrated Factory – Generation 2016	148
5.2.1	Starten des Produktionsprozesses und Bedrucken der Oberschale (Kreis B)	152
5.2.2	Chip-Montage (Kreis A)	154
5.2.3	Endmontage (Kreis M)	155
5.2.4	Endkontrolle (Qualitätsprüfung)	156
5.2.5	Nacharbeitsstation: Manuelle Nacharbeit (mit SAP-Touch-POD)	158
5.2.6	Endmontagestation	159
5.2.7	Zusammenfassung	160
5.3	Intelligente Assistenz für Shop-Floor-Mitarbeiter	163
5.3.1	Mobile Geräte	164
5.3.2	Wearable Technology	166
5.3.3	Mensch-Maschine-Interaktion: Cobotics	171
5.4	Fazit	171

6 Beispiele für Industrie 4.0 173

6.1	Kaeser: Konfigurierbare Arbeitsanweisungen bei einem Variantenfertiger	173
------------	---	------------

6.2	BRP-Rotax: Pilotlinie zur Produktion von Losgröße 1	177
6.2.1	Bedarf und Planung (SAP APO-PP/DS & MMP/SEQ)	178
6.2.2	Logistik (SAP ECC)	178
6.2.3	Manufacturing Execution	179
6.3	Elster GmbH	180
6.3.1	Standardisierung von Prozessen und Schnittstellen	181
6.3.2	Digitaler Zwilling und virtuelle Inbetriebnahme	183
6.3.3	Das Produkt bestimmt seinen eigenen Fertigungs- ablauf: Manuelle Fertigung	184
6.3.4	Das Produkt bestimmt seinen eigenen Fertigungs- ablauf: Automatische Fertigungslinien	185
6.3.5	Effiziente Instandhaltung	186
6.3.6	Hybrid-Cloud für die standortübergreifende MES-Nutzung	188
6.3.7	Zusammenfassung	189
6.4	ebm-papst	189
6.4.1	Leitgedanken des Unternehmens zum Thema	190
6.4.2	Paradigmenwechsel bei ebm-papst	193
6.4.3	Technische Umsetzung im Detail	195
6.4.4	Integrationsschicht	196
6.4.5	Standardisierte Maschinenschnittstelle	198
6.4.6	Ausgewählte Usecases im Detail	200
6.4.7	Industrie-4.0-Lösung als Template	202
6.4.8	Zusammenfassung	203
6.5	Fazit	204

7 Internet of Things und Predictive Maintenance 205

7.1	Der Weg vom Sensor zur Aktion	206
7.2	Data Science und der SAP-Data-Science-Prozess für das Internet of Things	208
7.3	Die Anforderungen an Data Science in den Bereichen Internet of Things und Predictive Maintenance	212
7.3.1	Predictive Engines	212
7.3.2	Datenvisualisierung	217
7.3.3	Analyse von Geospatial Data	219

7.3.4	Seriendatenverarbeitung	220
7.3.5	Unstrukturierte Datenanalyse	220
7.3.6	Simulation und Optimierung	222
7.3.7	Die Anwendung von Deep Learning auf Sensordaten	222
7.3.8	Edge Computing	223
7.4	Data Science in SAP Predictive Maintenance and Service	224
7.4.1	Die Architektur von SAP Predictive Maintenance and Service	224
7.4.2	Data Science in SAP Predictive Maintenance and Service – Beispiele	226
7.4.3	Anomalie-Erkennung bei multivariaten Sensordaten durch die Nutzung der Hauptkomponentenanalyse	227
7.4.4	Anomalie-Erkennung von Sensordaten durch die Nutzung einer distanzbasierten Ausfallanalyse	229
7.4.5	Lebensdauer-Analyse mit der Weibull-Verteilung	232
7.4.6	Analyse der Restnutzungsdauer mit dem Kaplan-Meier-Schätzer	233
7.5	Fazit	235

8 SAP Manufacturing Execution 237

8.1	SAP Manufacturing Execution im Überblick	237
8.2	Architektur der SAP Manufacturing Execution Suite	239
8.3	Prozesse in SAP Manufacturing Execution	242
8.3.1	Zuteilen und Freigeben von Produktionsaufträgen	243
8.3.2	Überwachen des Warenbestands	244
8.3.3	Unterstützung von Kanban	244
8.3.4	Maschinenauslastung und Overall Equipment Effectiveness	245
8.3.5	Werkzeugverwaltung	245
8.3.6	Visueller Test- und Reparaturplatz	246
8.3.7	Stichprobenentnahme	247
8.3.8	2D-Barcode	247
8.3.9	Arbeitszeiterfassung	248
8.3.10	Message Board und Warnmeldungen	248
8.3.11	Integrierte Rückverfolgbarkeit	249
8.3.12	Management von Abweichungen (Non-Conformances)	251

8.3.13	Management von Änderungsanforderungen (Engineering Change Management)	251
8.3.14	Zeitempfindliche Materialien	252
8.3.15	Qualitätsmanagement in Echtzeit	252
8.3.16	Rücksendungen und Reparaturen	253
8.3.17	Produktionsstättenübergreifende Datenübertragung	253
8.3.18	Arbeitsverfolgung	253
8.3.19	Skill-Zertifizierung	255
8.3.20	Abnahme	255
8.3.21	Konfigurationsmanagement	256
8.3.22	Parametrische Datenerfassung und statistische Prozesskontrolle	256
8.3.23	Maschinenstatus und Instandhaltung	258
8.3.24	Rezeptverwaltung	259
8.3.25	Elektronische Arbeitsanweisungen	259
8.4	SAP Manufacturing Execution und Industrie 4.0	260
8.4.1	Teilschritte (Substeps)	260
8.4.2	Konfigurierbares Produkt	260
8.5	Neue Funktionen in SAP Manufacturing Execution	261
8.6	SAP Manufacturing Execution Software Development Kit	263
8.7	Reporting in SAP Manufacturing Execution	264
8.7.1	SAP-Manufacturing-Execution-WIP-Reports	264
8.7.2	SAP Manufacturing Execution Global HANA Reporting Foundation	264
8.7.3	SAP Manufacturing Execution with SAP MII Self-Service Composition Environment	265
8.7.4	SAP Manufacturing Execution BusinessObjects Reporting	265
8.8	Fazit	266

9 SAP Manufacturing Integration and Intelligence 267

9.1	SAP MII im Überblick	267
9.2	Datenservices	269
9.3	Business Logic Services	270

9.4	Visualisierung (Self-Service Composition Environment)	272
9.5	Fertigungsdatenobjekte	275
9.6	Kennzahlen und Warnmeldungen	276
9.7	Quality Engine	277
9.8	Werksinformationskatalog	279
9.9	Overall Equipment Effectiveness	279
9.10	Energieverbrauchsanalyse (Energy Monitoring and Analysis)	281
9.11	Fazit	282

10 SAP Plant Connectivity 283

10.1	SAP Plant Connectivity im Überblick	284
10.2	Datenmodell	286
10.3	Quellsystem und Zielsystem	289
	10.3.1 Benachrichtigungen	290
	10.3.2 Querys	292
	10.3.3 Synchrone Serviceaufrufe	292
	10.3.4 Quellsystem	293
	10.3.5 Zielsystem	295
10.4	Agent	304
	10.4.1 Agenteninstanz	305
	10.4.2 Klassen von Benachrichtigungen	307
10.5	Fazit	310

11 Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 entwickeln 311

11.1	Grundlagen der Geschäftsmodell-Theorie	312
11.2	Methoden zur Geschäftsmodell-Entwicklung	316
	11.2.1 Business Model Canvas	317
	11.2.2 St. Gallen Business Model Navigator	322
	11.2.3 Vergleich der Ansätze	325

11.3 Merkmale von Geschäftsmodellen in Industrie 4.0	326
11.3.1 Nutzenversprechen	327
11.3.2 Wertschöpfungsdimension	327
11.3.3 Kundendimension	328
11.3.4 Partnerdimension	328
11.3.5 Ertrags- und Finanzierungsdimension	329
11.3.6 Rahmenfaktoren	330
11.4 Unternehmenstransformation	331
11.5 Fazit	334

12 Ausblick 337

Anhang 339

A Abkürzungen	339
B Literaturverzeichnis	343
C Die Autoren	357
Index	361