

# Inhalt

<b>Vorwort zur 8. Auflage .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Logistik .....</b>	<b>3</b>
1.1 Begriffsabgrenzung, Geschichte .....	3
1.2 Logistik, heute .....	4
1.3 Funktionsbereiche der Logistik .....	5
1.4 Logistik und Instandhaltung .....	7
1.5 Logistikkosten .....	11
1.5.1 Gesamtkostendenken in der Logistik .....	11
1.5.2 Zielkonflikt .....	12
1.6 Supply Chain Management .....	13
1.6.1 Traditionelle Supply Chain .....	14
1.6.2 Integrierte Supply Chain .....	14
1.6.2.1 Partnerschaftliche, unternehmensübergreifende Kooperation .....	16
1.6.2.2 Re-Design der Kernprozesse .....	17
1.6.2.3 IT-System .....	17
1.6.3 Supply Chain vs. Supply Network .....	17
1.6.4 Logistik-Prozessentwicklung anhand von Referenzmodellen am Beispiel des SCOR-Modells .....	18
1.6.4.1 Aufbau des SCOR-Modells .....	18
1.6.4.2 Prozesstypen im SCOR-Modell .....	19
1.6.4.3 Prozessebenen .....	20
1.7 Der Beitrag der Logistik zur Erreichung der Unternehmensziele .....	23
<b>2 Instandhaltung .....</b>	<b>27</b>
2.1 Kosten und Nutzen der Instandhaltung .....	27
2.2 Instandhaltung im Wandel .....	29

2.3	Ziele der Instandhaltung .....	32
2.4	Begriffe der Instandhaltung .....	33
2.4.1	Inspektion .....	35
2.4.2	Wartung .....	38
2.4.3	Instandsetzung .....	39
2.4.4	Verbesserung .....	40
2.5	Ausfallrate .....	42
2.5.1	Badewannenkurve .....	42
2.5.2	Ausfallrate bei komplexen Anlagen .....	43
2.5.3	Ausfallursachen .....	45
2.6	Kostenminimierung durch Instandhaltung .....	48
2.6.1	Bestimmung der optimalen Instandhaltungsintensität .....	49
2.6.2	Berücksichtigung der Instandhaltungskosten beim Anlagenkauf .....	49
2.6.3	Ermittlung und Budgetierung des Instandhaltungsaufwands .....	50
2.6.4	Produktionsausfallkosten .....	53
2.6.5	Ermittlung der Eigeninstandhaltungskosten mit Hilfe der Prozesskostenrechnung .....	55
	2.6.5.1 Grundlagen der Prozesskostenrechnung .....	55
	2.6.5.2 Vorteile der Prozesskostenrechnung .....	57
2.6.6	Ermittlung und Darstellung der Instandhaltungsprozesse .....	58
2.6.6.1	Grundgedanken zur Prozessorientierung .....	58
2.6.6.2	Merkmale eines Prozesses .....	58
2.6.6.3	Darstellungsformen von Prozessen .....	59
2.6.6.4	Vorgangsweise bei der Prozessdefinition .....	60
2.6.6.5	Ermittlung der Prozesszeiten .....	61
2.6.6.6	Prozesskosten als Basis für Verbesserungen oder Outsourcingentscheidungen .....	62
<b>3</b>	<b>Instandhaltungsmanagement .....</b>	<b>63</b>
3.1	Organisation der Instandhaltung .....	63
3.1.1	Aufbauorganisation der Instandhaltung .....	64
3.1.1.1	Liniенorganisation .....	65
3.1.1.2	Stab-Liniенorganisation .....	66
3.1.1.3	Matrix-Organisation .....	66
3.1.1.4	Kombination der Organisationsformen .....	67
3.1.2	Prozessorientiertes Instandhaltungsmanagement .....	68
3.1.2.1	Prozessorientierung und Prozessmanagement .....	68
3.1.2.2	Prozessorientiertes Anlagen- und Instandhaltungsmanagement .....	71
3.1.3	Ablauforganisation .....	71

3.2	Die Organisation der Instandhaltung im Wandel .....	74
3.3	Zentrale/Dezentrale Instandhaltung .....	76
3.4	Outsourcing oder Re-Insourcing? .....	77
3.4.1	Outsourcing in der Instandhaltung .....	77
3.4.2	Gründe für das Outsourcing von Instandhaltungstätigkeiten .....	79
3.4.3	Voraussetzungen im eigenen Unternehmen .....	80
3.4.4	Mögliche Risiken durch das Outsourcing .....	81
3.4.5	Kriterien für die Auswahl von Dienstleistungsunternehmen .....	81
3.4.6	Durchführung eines Instandhaltungs-Outsourcingprojekts .....	83
3.5	Make-or-Buy? Ermittlung der Kerneigenleistungstiefe der Instandhaltung .....	83
3.5.1	Konzentration auf Kernkompetenzen .....	83
3.5.2	Verfahrensbeschreibung .....	85
3.5.2.1	Verfahrensziel .....	85
3.5.2.2	Erster Schritt: Erfassung der Rahmenbedingungen .....	86
3.5.2.3	Zweiter Schritt: Erfassung eines unternehmens- spezifischen Anforderungsprofils .....	86
3.5.2.4	Darstellung möglicher Leistungsklassen und Bestimmung der sicheren Fremdleistung .....	87
3.5.2.5	Dritter Schritt: Bestimmung des Leistungsindex .....	88
3.5.2.6	Vierter Schritt: Bestimmung des Anlagenindex .....	90
3.5.2.7	Fünfter Schritt: Bestimmung der Kerneigenleistungstiefe: Einordnung der Einzelleistungen je Anlage und Visualisierung im Portfolio .....	91
3.5.3	Zusammenfassung und Ausblick .....	93
3.6	Zusammenarbeit mit Dienstleistern – Instandhaltungsnetzwerke .....	94
<b>4</b>	<b>Kennzahlen und Controlling in der Instandhaltung .....</b>	<b>97</b>
4.1	Kennzahlen in der Instandhaltung .....	97
4.1.1	Nutzen und Gefahren der Kennzahlenanwendung .....	97
4.1.2	Von Kennzahlen zu Kennzahlensystemen .....	98
4.1.3	Kategorien von Kennzahlen in der Instandhaltung .....	99
4.2	Die Balanced Scorecard in der Instandhaltung .....	103
4.3	Instandhaltungs-Controlling .....	105
4.3.1	Instandhaltungs-Controlling-System .....	105
4.3.2	Fehlerquellen .....	106
4.3.3	Erstellung von Instandhaltungsbudgets .....	107
4.4	Benchmarking in der Instandhaltung .....	108
4.4.1	Was ist Benchmarking? .....	108

4.4.2	Benchmarking-Definitionen .....	109
4.4.3	Arten des Benchmarking .....	110
4.4.4	Allgemeine Vorgangsweise beim Benchmarking .....	112
4.4.5	Benchmarkingprojekt in der Instandhaltung .....	115
<b>5</b>	<b>Instandhaltungsstrategien .....</b>	<b>119</b>
5.1	Instandhaltung als „Verteidigungssystem gegen Schäden“ .....	119
5.2	Arten von Instandhaltungsstrategien .....	120
5.3	Ausfallbehebung .....	121
5.4	Zeitgesteuerte periodische Instandhaltung .....	122
5.4.1	Mittlere Zeit zwischen zwei Schäden (Mean Time Between Failures - MTBF) .....	123
5.4.2	Streuung der Nutzungsdauer .....	123
5.4.3	Schadensdokumentation .....	123
5.4.4	Unzureichende statistische Erfahrung .....	124
5.5	Zustandsorientierte Instandhaltung .....	124
5.5.1	Condition Monitoring (Zustandsüberwachung) .....	128
5.5.1.1	Zustandsüberwachung durch den Menschen .....	128
5.5.1.2	Condition Monitoring mit Sensoren .....	128
5.5.1.3	Online- und Offline-Überwachung .....	129
5.5.1.4	Einflussgrößen auf den Anlagenzustand .....	130
5.5.2	Einführung eines Condition Monitoring-Systems .....	131
5.5.3	Techniken für die Zustandsüberwachung .....	132
5.5.3.1	Dynamische Effekte .....	133
5.5.3.2	Temperatureffekte .....	133
5.5.3.3	Chemische Effekte .....	133
5.5.3.4	Physikalische Effekte .....	133
5.5.3.5	Elektrische Effekte .....	134
5.5.3.6	Partikeleffekte .....	134
5.5.4	Ferndiagnose von Werkzeugmaschinen .....	134
5.5.4.1	Ferndiagnose und Ferninstandhaltung .....	134
5.5.4.2	Videodiagnose in der Instandhaltung .....	135
5.6	Vorausschauende Instandhaltung .....	136
5.7	Instandhaltung 4.0 - „Smart Maintenance“ .....	138
5.7.1	Industrie 4.0 .....	138
5.7.2	Mit „Smart Maintenance“ zur antizipativen Qualitäts- und Instandhaltungsplanung .....	139
5.7.3	Unterstützung durch Data-Mining .....	143
5.7.4	Nutzen der „Smart Maintenance“ .....	143

<b>5.8</b>	<b>Welche Strategie ist die Richtige? - Methode der risikoorientierten Strategieauswahl .....</b>	<b>144</b>
5.8.1	Rahmenbedingungen .....	144
5.8.2	5-Schritte-Analyse der Anlagen .....	145
5.8.3	Schritt 1: Vergleich der Anforderungen an die Anlage mit den möglichen Leistungen .....	147
5.8.4	Schritt 2: Klassifizierung kritischer Anlagen durch Bewertung der Ausfallwirkungen (Wertstromfokus) .....	148
5.8.5	Schritt 3: Erfassung der Schadensmöglichkeiten an den kritischen Anlagen .....	150
5.8.6	Schritt 4: Risikobewertung der kritischen Anlagen – Quantifizierung der Ausfallwirkungen durch Berechnung des Risikos mittels der SMEA .....	151
5.8.6.1	Definition des Begriffs Risiko .....	152
5.8.6.2	Abschätzung der Eintrittswahrscheinlichkeit .....	152
5.8.6.3	Systematisches Durchführen einer Risikoanalyse .....	153
5.8.6.4	SMEA (Schadensmöglichkeiten- und Einflussanalyse) zur risikobasierten Strategieauswahl .....	156
5.8.7	Schritt 5: Systematische Verringerung des Risikos durch richtige Strategieauswahl .....	157
5.8.8	Ausblick .....	158
<b>6</b>	<b>Instandhaltungslogistik .....</b>	<b>159</b>
6.1	Verknüpfung der Logistik- und Instandhaltungsprozesse .....	159
6.2	Aufgaben und Ziele der Instandhaltungslogistik .....	161
6.3	Ersatzteilbewirtschaftung zur Verfügbarkeitssicherung .....	163
6.3.1	Ersatzteilorganisation als Querschnittsfunktion zwischen Logistik und Instandhaltung .....	163
6.3.2	Aufgaben und Ziele der Ersatzteilbewirtschaftung .....	164
6.3.3	Ersatzteil-Management .....	165
6.3.4	Definition des Ersatzteils .....	166
6.3.5	Ersatzteilauswahl .....	166
6.3.6	Vorgangsweise für eine effiziente Ersatzteilbewirtschaftung beim Abnehmer .....	168
6.3.7	Unternehmensmodelle der Ersatzteillogistik .....	169
6.3.8	Arten der Ersatzteilbevorratung .....	169
6.4	Dimensionierung der Ersatzteillager .....	172
6.4.1	Ersatzteilbedarfsermittlung .....	172
6.4.2	Instrumente zur Bestandsführung .....	172
6.4.2.1	ABC-Analyse .....	173

6.4.2.2	XYZ-Analyse .....	174
6.4.2.3	Kombination von XYZ-Analyse und ABC-Analyse .....	175
6.4.3	Komponenten des Lagerbestandes .....	175
6.4.4	Lagerkennzahlen und -begriffe .....	177
6.4.5	Lagerdurchlaufdiagramm .....	177
6.4.6	Gesamtkosten der Lagerhaltung .....	178
6.4.6.1	Beschaffungskosten .....	179
6.4.6.2	Lagerkosten .....	179
6.4.6.3	Fehlmengenkosten .....	180
6.4.7	Stochastisches Modell – Lagerhaltungsstrategien .....	180
6.4.7.1	Strategien mit Bestellbestand .....	181
6.4.7.2	Strategien mit Bestellzyklus .....	181
<b>7</b>	<b>Lean Maintenance .....</b>	<b>183</b>
7.1	„Lean Production“ als Zustand .....	183
7.1.1	Grundlagen .....	183
7.1.2	Vermeidung von Verschwendungen .....	184
7.2	Wie wird meine Instandhaltung „lean“? .....	185
7.3	Verschwendungen in der Instandhaltung .....	186
7.3.1	Interpretation der 7 Arten der Verschwendungen im Instandhaltungsbereich .....	187
7.3.1.1	Überproduktion und Blindleistung .....	187
7.3.1.2	Wartezeiten .....	187
7.3.1.3	Unnötiger Transport .....	187
7.3.1.4	Nicht sachgerechter Technologieeinsatz oder nicht sachgerechter Arbeitsprozess .....	187
7.3.1.5	Bestände .....	188
7.3.1.6	Unnötige Bewegung .....	188
7.3.1.7	Mängel .....	188
7.3.2	„Lean Thinking“ im Instandhaltungsbereich .....	188
7.4	Standardisierung von Instandhaltungsprozessen .....	189
7.4.1	Instandhaltung in 8 Schritten .....	189
7.4.1.1	Auslöser .....	191
7.4.1.2	AV-Planung .....	191
7.4.1.3	AV-Durchführung .....	191
7.4.1.4	Manuelle Durchführung .....	191
7.4.1.5	Wiederinbetriebnahme .....	192
7.4.1.6	Funktionscheck .....	192
7.4.1.7	Freigabe .....	192
7.4.1.8	Abschluss .....	192
7.4.2	Vorteile der Standardisierung .....	194

7.5	Optimierung der Instandhaltungsprozesse durch Wertstromdesign . . . . .	194
7.5.1	Auswahl des Wertstroms . . . . .	195
7.5.2	Zeichnung des Ist-Zustandes . . . . .	196
7.5.3	Vorgehensweise bei der Zeichnung des Soll-Zustandes . . . . .	202
7.5.4	Umsetzungsprojekte . . . . .	203
7.6	Vorteile des Wertstromdesigns für Instandhaltungsprozesse . . . . .	203
<b>8</b>	<b>Total Productive Management (TPM) . . . . .</b>	<b>205</b>
8.1	Von Total Productive Maintenance zu Total Productive Management . . . . .	205
8.1.1	Definition und Kennzeichen . . . . .	205
8.1.2	Geschichte von TPM . . . . .	206
8.1.3	Der TPM-Award . . . . .	207
8.2	Erhöhung der Gesamtanlageneffizienz (OEE-Analyse) . . . . .	208
8.2.1	Die 6 großen Verluste . . . . .	208
8.2.2	Erkennen von Verlusten – Grafische Aufbereitung der OEE . . . . .	210
8.2.3	Wie beeinflusst man die OEE positiv? . . . . .	213
8.3	Säulen und Leitlinien von TPM . . . . .	216
8.3.1	Säule 1: Beseitigung von Schwerpunktproblemen – Anlagenmanagement . . . . .	217
8.3.2	Säule 2: Autonome Instandhaltung . . . . .	218
8.3.3	Säule 3: Geplantes Instandhaltungsprogramm . . . . .	220
8.3.4	Säule 4: Instandhaltungsprävention . . . . .	221
8.3.5	Säule 5: Schulung und Training . . . . .	221
8.4	Einführung und Organisation von TPM . . . . .	222
8.4.1	Die 4 Phasen der TPM-Einführung . . . . .	222
8.4.2	TPM auf der Managementseite . . . . .	224
8.4.3	TPM auf der Maschinenarbeiterseite – die 6 Schritte zu TPM . . . . .	227
8.4.4	TPM auf der Anlagenseite . . . . .	232
8.5	Auswirkungen von TPM . . . . .	234
<b>9</b>	<b>Weitere Methoden zur Erhöhung von Produktivität und Anlagenverfügbarkeit . . . . .</b>	<b>235</b>
9.1	Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit durch Rüstzeit-Minimierung . . . . .	235
9.1.1	Grundsätzliche Vorgangsweise beim Rüsten . . . . .	235
9.1.2	Was ist SMED? . . . . .	236
9.1.3	Einführung von SMED . . . . .	237
9.2	Konstruktion und Instandhaltung . . . . .	241
9.2.1	Die Bedeutung der Konstruktion für die Instandhaltung . . . . .	241
9.2.2	Instandhaltungsarme Konstruktion . . . . .	241

9.2.3 Instandhaltungsgerechte Konstruktion .....	242
9.2.4 Berücksichtigung der Lebenszykluskosten .....	243
9.2.5 Simultaneous Engineering .....	246
<b>10 Qualitäts- und Prozessmanagement .....</b>	<b>247</b>
10.1 Qualitätsmanagement und Instandhaltung .....	247
10.2 Die prozessorientierte Sichtweise .....	249
10.3 Der Begriff „Qualität“ .....	250
10.4 Qualitätsmanagement .....	252
10.4.1 Der prozessorientierte Ansatz .....	252
10.4.2 Das Prozessmodell der ISO 9001:2015 .....	253
10.5 Bedeutung der IATF 16949:2016 für die Instandhaltung .....	254
10.6 Prozessmanagement .....	256
10.6.1 Prozessmanagement-System .....	256
10.6.2 Prozess-Lifecycle – Lebensweg eines Prozesses .....	257
10.6.2.1 Prozessaufnahme in die Prozesslandschaft .....	257
10.6.2.2 Prozessdefinition .....	258
10.6.2.3 Prozessausführung/-regelung .....	258
10.6.2.4 Prozessmonitoring .....	258
10.6.2.5 Prozesse außer Betrieb nehmen .....	259
10.7 Total Quality Management – TQM .....	259
10.8 Excellence .....	262
10.8.1 Begriffsbestimmungen .....	262
10.8.2 Das EFQM-Modell für Excellence .....	263
10.8.3 RADAR-Logik .....	264
10.9 Der Unternehmerische Regelkreis .....	265
10.10 Resümee .....	267
<b>11 Abnahme und Qualifikation von Fertigungseinrichtungen .....</b>	<b>269</b>
11.1 Einleitung .....	269
11.2 Geometrische Prüfverfahren .....	270
11.2.1 Geraadheit .....	271
11.2.2 Ebenheit .....	271
11.2.3 Parallelität und Rechtwinkligkeit von Führungen und Achsen ..	272
11.2.4 Rundlauf .....	272
11.2.5 Spezialprüfungen .....	272
11.3 Prüfverfahren mit Musterwerkstücken .....	273

11.4 Fähigkeitsuntersuchungen .....	274
11.4.1 Was bedeuten Maschinenfähigkeit und Prozessfähigkeit? .....	274
11.4.1.1 Maschinenfähigkeit .....	275
11.4.1.2 Prozessfähigkeit .....	275
11.4.1.3 Fähigkeitsindizes .....	276
11.4.1.4 Vorgangsweise für Fähigkeitsuntersuchungen .....	277
11.4.2 Gültigkeit und Einflussgrößen der Fähigkeitsuntersuchungen ..	279
11.4.2.1 Gültigkeit der Untersuchungen .....	279
11.4.2.2 Randbedingungen .....	279
11.4.2.3 Messmittelfähigkeit .....	279
11.4.2.4 Einheitliche Richtlinien .....	280
11.5 Maßnahmen zur Erhöhung der Maschinenfähigkeit und der Prozessfähigkeit .....	280
11.6 Zusammenfassung .....	281
<b>12 Digitale Transformation in der Instandhaltung .....</b>	<b>283</b>
12.1 Innovative Trends und Technologien im Bereich Instandhaltungsplanung .....	283
12.1.1 Überblick zu aktuellen Trends in der Instandhaltung .....	283
12.1.2 Internet of Things (IoT) .....	286
12.1.3 Mixed & Virtual Augmented Reality .....	289
12.1.4 Digital Twin in der Instandhaltung .....	294
12.1.5 Datengetriebene Instandhaltungsplanung .....	297
12.1.6 Digitale Geschäftsmodelle und Innovative Servicekonzepte .....	302
12.2 Knowledge-based Maintenance .....	305
12.2.1 Charakteristik der Problemlösung in der Instandhaltung: Der Rubik's Würfel der Instandhaltung .....	305
12.2.2 Wissensgenerierung aus Big Data: Sind Daten das Öl der Zukunft? .....	308
12.2.3 Instandhaltung vor dem Hintergrund der Industrie 4.0: Ist die Öl-Gewinnung ausreichend? .....	311
12.2.4 Wissensbasierte Instandhaltung: Anforderungen an die Instandhaltung der Zukunft .....	313
12.2.5 Präskriptives Instandhaltungs-Model (PRIMA) .....	318
12.2.6 Text Mining in der wissensbasierten Instandhaltung .....	321
12.2.7 Anwendungsbeispiel für Knowledge-based Maintenance in der industriellen Praxis .....	325
12.2.7.1 Problemstellung und Methodisches Vorgehen .....	325
12.2.7.2 Anforderungsspezifikation und Definition des Prognoseproblems .....	326

12.2.7.3	Bereitstellung und Harmonisierung der Daten .....	327
12.2.7.4	Explorative Daten- und Korrelationsanalyse .....	328
12.2.7.5	Modellierung und Evaluierung des Prognosemodells ...	329
12.2.7.6	Überführen der Prognoseergebnisse in die Instandhaltungsplanung .....	331
12.2.7.7	Tools und Werkzeuge zur Anwendung von maschinellen Lernalgorithmen im Bereich Instandhaltung .....	332
12.2.8	Zukünftige Herausforderungen der Wissensbasierten Instandhaltung .....	333
<b>13</b>	<b>Verzeichnisse</b> .....	335
13.1	Glossar .....	335
13.2	Abbildungsverzeichnis .....	336
13.3	Tabellen .....	342
13.4	Checklisten .....	342
13.5	Leitfäden .....	343
13.6	Literaturverzeichnis .....	344
13.7	Stichwortverzeichnis .....	351
13.8	Autor .....	354