

# Inhalt

|   |    |
|---|----|
| <b>Vorwort zur 8. Auflage</b> .....   | 1  |
| <b>1 Logistik</b> .....   | 3  |
| 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<br>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<br>am Beispiel des SCOR-Modells ..... | 18 |
| 1.6.4.1 Aufbau des SCOR-Modells .....   | 18 |
| 1.6.4.2 Prozessstypen 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> .....   | 27 |
| 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<br>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<br>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  | Linienorganisation .....   | 65        |
| 3.1.1.2  | Stab-Linienorganisation .....  | 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 Instandhaltungs-<br>management .....                  | 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<br>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-<br>spezifischen Anforderungsprofils .....   | 86        |
| 3.5.2.4  | Darstellung möglicher Leistungsklassen und Bestimmung<br>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:<br>Einordnung der Einzelleistungen je Anlage und<br>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        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 5.8      | Welche Strategie ist die Richtige? – Methode der risikoorientierten Strategieauswahl .....   | 144        |
| 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 (Schadensmöglichkeits- 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      | Ersatzteilm Bewirtschaftung zur Verfügbarkeitssicherung .....  | 163        |
| 6.3.1    | Ersatzteilorganisation als Querschnittsfunktion zwischen Logistik und Instandhaltung .....   | 163        |
| 6.3.2    | Aufgaben und Ziele der Ersatzteilm Bewirtschaftung .....   | 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 Ersatzteilm Bewirtschaftung 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 Verschwendung .....  | 184        |
| 7.2      | Wie wird meine Instandhaltung „lean“? .....   | 185        |
| 7.3      | Verschwendung in der Instandhaltung .....   | 186        |
| 7.3.1    | Interpretation der 7 Arten der Verschwendung im<br>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<br>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 –<br>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<br/>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</b> | <b>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</b> | <b>Abnahme und Qualifikation von Fertigungseinrichtungen ....</b> | <b>269</b> |
| 11.1      | Einleitung .....  | 269        |
| 11.2      | Geometrische Prüfverfahren .....                                  | 270        |
| 11.2.1    | Geradheit .....   | 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<br>Prozessfähigkeit .....                        | 280        |
| 11.6      | Zusammenfassung .....  | 281        |
| <b>12</b> | <b>Digitale Transformation in der Instandhaltung .....</b>   | <b>283</b> |
| 12.1      | Innovative Trends und Technologien im Bereich Instandhaltungs-<br>planung .....                        | 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:<br>Der Rubik's Würfel der Instandhaltung ..... | 305        |
| 12.2.2    | Wissensgenerierung aus Big Data: Sind Daten das Öl<br>der Zukunft? .....                               | 308        |
| 12.2.3    | Instandhaltung vor dem Hintergrund der Industrie 4.0:<br>Ist die Öl-Gewinnung ausreichend? .....       | 311        |
| 12.2.4    | Wissensbasierte Instandhaltung: Anforderungen an die<br>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<br>industriellen Praxis .....                | 325        |
| 12.2.7.1  | Problemstellung und Methodisches Vorgehen .....  | 325        |
| 12.2.7.2  | Anforderungsspezifikation und Definition des<br>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<br>Instandhaltungsplanung . . . . .                              | 331        |
| 12.2.7.7  | Tools und Werkzeuge zur Anwendung von maschinellen<br>Lernalgorithmen im Bereich Instandhaltung . . . . . | 332        |
| 12.2.8    | Zukünftige Herausforderungen der Wissensbasierten<br>Instandhaltung . . . . .                             | 333        |
| <b>13</b> | <b>Verzeichnisse . . . . .</b>  | <b>335</b> |
| 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        |