

## **Teil I Industrie 4.0 vom Konzept zur Umsetzung**

|                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Industrie 4.0 – Idee, Technologien, Perspektive</b> .....                                                                                         | 3  |
| Thomas Breyer-Mayländer                                                                                                                              |    |
| 1 Industrie 4.0 – von der Technologiepolitik in die Realität der Industrie .....                                                                     | 4  |
| 2 Technologische Merkmale beispielhafter Industrie 4.0-Szenarien im<br>Produktionssektor .....                                                       | 8  |
| 3 Konsequenzen im Markt und im internationalen Wettbewerb .....                                                                                      | 13 |
| 4 Zusammenfassung .....                                                                                                                              | 20 |
| Literatur .....                                                                                                                                      | 20 |
| <b>Digitale Transformation im Mittelstand</b> .....                                                                                                  | 25 |
| Thomas Breyer-Mayländer                                                                                                                              |    |
| 1 Von Mittelständlern und Hidden Champions .....                                                                                                     | 26 |
| 2 Exemplarische Situation von Hidden Champions am Südlichen Oberrhein .....                                                                          | 29 |
| 3 Digitale Transformation als unternehmerische Aufgabe .....                                                                                         | 31 |
| 4 Make or Buy als strategische Grundfrage der Transformationsstrategie .....                                                                         | 37 |
| 5 Umsetzung der digitalen Transformation im Mittelstand .....                                                                                        | 40 |
| 6 Zusammenfassung .....                                                                                                                              | 47 |
| Literatur .....                                                                                                                                      | 47 |
| <b>Herausforderungen in Konzeption und Umsetzung der digitalen Transformation</b> 51                                                                 |    |
| Thomas Breyer-Mayländer                                                                                                                              |    |
| 1 Digitale Transformation in Bezug auf Geschäftsmodelle .....                                                                                        | 52 |
| 2 Digitale Transformation als Aufgabe zwischen Kultur und Change .....                                                                               | 56 |
| 3 Digitale Transformation, Industrie 4.0 und die Anforderungen im Bereich des<br>Kompetenzmanagements .....                                          | 58 |
| 4 Die Rolle regionaler Hochschulen zur Unterstützung der Bildung im digitalen<br>Transformationsgeschehen am Beispiel der Hochschule Offenburg ..... | 61 |
| 5 Weiterbildung im Bereich digitaler Kompetenzen als Beitrag der HAWn in der<br>Region zum Lebenslangen Lernen (LLL) .....                           | 65 |
| 6 Zusammenfassung .....                                                                                                                              | 67 |
| Literatur .....                                                                                                                                      | 67 |

VII

## Teil II Umsetzungen von Industrie 4.0 bei Hidden Champions

|                                                                                                                                                                                                    |     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----|
| <b>Systematische Vorgehensweise für die digitale Transformation</b> . . . . .                                                                                                                      | 73  |
| Tobias Schmid                                                                                                                                                                                      |     |
| 1 Digitale Transformation . . . . .                                                                                                                                                                | 74  |
| 2 Umfeldanalyse Service im Maschinenbau . . . . .                                                                                                                                                  | 75  |
| 2.1 Benchmark Servicedienstleistung . . . . .                                                                                                                                                      | 76  |
| 2.2 Rechtliche Einschränkungen . . . . .                                                                                                                                                           | 80  |
| 2.3 Bewertung Umfeldanalyse . . . . .                                                                                                                                                              | 80  |
| 2.4 Vorgehensmodell Digitale Transformation . . . . .                                                                                                                                              | 82  |
| 3 Digital Base Modell . . . . .                                                                                                                                                                    | 84  |
| 3.1 Analyse- und Innovationsdimension . . . . .                                                                                                                                                    | 86  |
| 3.2 Definitions- und Integrationsdimension . . . . .                                                                                                                                               | 88  |
| 4 Bewertung Digital Base Model . . . . .                                                                                                                                                           | 91  |
| 5 Zusammenfassung . . . . .                                                                                                                                                                        | 92  |
| Literatur . . . . .                                                                                                                                                                                | 92  |
| <b>Automatische Generierung von adaptiven Referenzmodellen zur<br/>Simulation von Produktionssystemen</b> . . . . .                                                                                | 95  |
| Sarah Glatz                                                                                                                                                                                        |     |
| 1 Digitalisierung in der Fabrik . . . . .                                                                                                                                                          | 96  |
| 2 Adaptive ereignisorientierte Modellgenerierung . . . . .                                                                                                                                         | 99  |
| 2.1 Simulation und Modellierung . . . . .                                                                                                                                                          | 99  |
| 2.2 Ansatz der Modellgenerierung . . . . .                                                                                                                                                         | 103 |
| 3 Ausgewählte detailliertere Beschreibung der Phasen und Bausteine einer<br>Modellierung . . . . .                                                                                                 | 113 |
| 4 Zusammenfassung . . . . .                                                                                                                                                                        | 116 |
| Literatur . . . . .                                                                                                                                                                                | 117 |
| <b>Grundlagen und Potenziale der Additiven Fertigung sowie Möglichkeiten und<br/>Grenzen von additiv gefertigten Bauteilen in einem Hocheffizienzfahrzeug in<br/>Ultraleichtbauweise</b> . . . . . | 121 |
| Phillip Becker                                                                                                                                                                                     |     |
| 1 Einleitung . . . . .                                                                                                                                                                             | 122 |
| 2 Grundlagen der Additiven Fertigung . . . . .                                                                                                                                                     | 123 |
| 2.1 Selektives Laser Sintering (SLS) . . . . .                                                                                                                                                     | 123 |
| 2.2 Selektives Laser Melting (SLM)/Direct Metal Printing (DMP) . . . . .                                                                                                                           | 125 |
| 2.3 Elektronenstrahlschmelzen (EBM) . . . . .                                                                                                                                                      | 126 |
| 2.4 Multi Jet Fusion (MJF) . . . . .                                                                                                                                                               | 127 |
| 2.5 Fused Deposition Modeling (FDM) . . . . .                                                                                                                                                      | 128 |
| 2.6 Stereolithografie (STL, SLA) . . . . .                                                                                                                                                         | 129 |
| 2.7 Multi Jet Modeling (MJM/MJP) . . . . .                                                                                                                                                         | 130 |
| 2.8 3D-Druck mit Pulver (3DP) . . . . .                                                                                                                                                            | 131 |

|     |                                                   |     |
|-----|---------------------------------------------------|-----|
| 3   | Konstruktionsrichtlinien .....                    | 132 |
| 3.1 | STL-Auflösung .....                               | 132 |
| 3.2 | Bauteilorientierung .....                         | 133 |
| 3.3 | Verzug im Bauteil vermeiden .....                 | 134 |
| 3.4 | Restmaterial aus Bauteilen entfernen .....        | 134 |
| 4   | Optimierungsmöglichkeiten mithilfe 3D-Druck ..... | 135 |
| 5   | Verbreitung in deutschen Unternehmen .....        | 137 |
| 6   | Anforderungen .....                               | 138 |
| 7   | Anwendungsbeispiel .....                          | 139 |
| 8   | Zusammenfassung .....                             | 142 |
|     | Literatur .....                                   | 143 |

## **Digitalisierung in der Medizintechnik – Sensorik und Datennutzung für medizinische Anwendungen .....**

145

Severin Moosmann

|     |                                          |     |
|-----|------------------------------------------|-----|
| 1   | Einleitung .....                         | 146 |
| 2   | Mobile Messung von Vitalfunktionen ..... | 149 |
| 2.1 | Sensorik und Messverfahren .....         | 150 |
| 2.2 | Datennutzung und Erkenntnisse .....      | 154 |
| 2.3 | Fazit .....                              | 156 |
| 3   | Implantierbare Sensoren .....            | 156 |
| 3.1 | Technologie und Einsatzgebiete .....     | 158 |
| 3.2 | Herausforderungen .....                  | 159 |
| 4   | Ausblick .....                           | 161 |
| 5   | Zusammenfassung .....                    | 161 |
|     | Literatur .....                          | 162 |

## **Einsatz von Verfahren des maschinellen Lernens zur Qualitätsprüfung von Wälzlagern .....**

165

Stefan Königer

|     |                                                               |     |
|-----|---------------------------------------------------------------|-----|
| 1   | Einleitung .....                                              | 166 |
| 1.1 | Einordnung des Beitrags .....                                 | 166 |
| 1.2 | Problemstellung und Vorgehen .....                            | 167 |
| 2   | Wälzlager .....                                               | 168 |
| 3   | Messtechnik .....                                             | 169 |
| 3.1 | Einteilung der Verfahren .....                                | 169 |
| 3.2 | Gängige Mess- und Prüfverfahren in der Wälzlagermontage ..... | 169 |
| 4   | Maschinelles Lernen .....                                     | 172 |
| 4.1 | Einteilung des maschinellen Lernens .....                     | 172 |
| 4.2 | Verfahren des maschinellen Lernens .....                      | 173 |
| 5   | Anwendbarkeit der Verfahren des maschinellen Lernens .....    | 179 |
|     | Literatur .....                                               | 181 |