

# Inhaltsverzeichnis

|  |    |
|--|----|
| <b>1 Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0 – Szenarien aus Forschungs- und Entwicklungsprojekten</b> .....   | 1  |
| Steffen Wischmann und Ernst Andreas Hartmann   |    |
| 1.1 Gestaltungskonzepte für die Zukunft der Arbeit gespiegelt in Forschungs- und Entwicklungsprojekten .....   | 1  |
| 1.2 Szenarien aus der Praxis .....   | 3  |
| 1.3 Aspekte und Perspektiven zukünftiger Arbeitssystemgestaltung .....   | 6  |
| <b>2 Prognostizierte Veränderungen der gestaltbaren Arbeitssystemdimensionen</b> .....   | 9  |
| Steffen Wischmann und Ernst Andreas Hartmann   |    |
| 2.1 Einleitung .....   | 9  |
| 2.2 Gestaltungsdimensionen .....   | 11 |
| 2.2.1 Bedarf .....   | 11 |
| 2.2.2 Hierarchische Vollständigkeit .....  | 11 |
| 2.2.3 Sequentielle Vollständigkeit von Tätigkeiten .....   | 20 |
| 2.2.4 Kontrolle und Autonomie .....  | 22 |
| 2.2.5 Querschnittliche und gegenstandsspezifische Aspekte: Interdisziplinarität und IT-Kenntnisse .....  | 26 |
| 2.3 Gesamtbetrachtung der folgenden Anwendungsbeispiele .....  | 26 |
| Literatur .....  | 29 |
| <b>3 Systeme zur Assistenz und Effizienzsteigerung in manuellen Produktionsprozessen der Industrie auf Basis von Projektion und Tiefendatenerkennung</b> .....     | 33 |
| Andreas Bächler, Liane Bächler, Sven Autenrieth, Hauke Behrendt, Markus Funk, Georg Krüll, Thomas Hörz, Thomas Heidenreich, Catrin Misselhorn und Albrecht Schmidt |    |
| 3.1 Motivation .....   | 33 |
| 3.2 Forschungsprojekt motionEAP .....  | 35 |
| 3.2.1 Ziele und Herausforderungen .....  | 36 |

|          |   |           |
|----------|---|-----------|
| 3.2.2    | Technische Umsetzung .....  | 37        |
| 3.2.3    | Pädagogisch-Psychologische Aspekte für die Nutzung<br>von Assistenzsystemen. ....                             | 39        |
| 3.2.4    | Ethische Implikationen von Assistenzsystemen am<br>Arbeitsplatz .....   | 40        |
| 3.3      | Auswirkungen von Assistenzsystemen für manuelle<br>Montagetätigkeiten auf betriebliche Funktionen .....       | 42        |
| 3.3.1    | Betroffene Tätigkeiten .....  | 42        |
| 3.3.2    | Bewertungskriterien. ....   | 44        |
| 3.3.3    | Auswirkungen auf betriebliche Funktionen. ....  | 44        |
| 3.3.4    | Zusammenfassende Betrachtung der Auswirkungen .....   | 45        |
| 3.4      | Danksagung .....  | 47        |
|          | Literatur. ....   | 47        |
| <b>4</b> | <b>Betriebliche Auswirkungen industrieller Servicerobotik am<br/>Beispiel der Kleinteilemontage .....</b>     | <b>51</b> |
|          | André Hengstebeck, Kirsten Weisner, Jochen Deuse, Jürgen Rossmann<br>und Bernd Kuhlenkötter                   |           |
| 4.1      | Einleitung. ....  | 51        |
| 4.2      | Industrielle Servicerobotik in der Kleinteilemontage .....  | 52        |
| 4.3      | Entwicklung eines hybriden Gestaltungskonzepts. ....  | 54        |
| 4.4      | Mögliche Auswirkungen des hybriden Systems auf betriebliche<br>Rollen am Beispiel der Kleinteilemontage ..... | 56        |
| 4.5      | Fazit .....   | 58        |
| 4.6      | Danksagung .....  | 59        |
|          | Literatur. ....   | 60        |
| <b>5</b> | <b>Erweiterte Horizonte – Ein technischer Blick in die Zukunft<br/>der Arbeit. ....</b>                       | <b>63</b> |
|          | Benedikt Mättig, Jana Jost und Thomas Kirks   |           |
| 5.1      | Projektbeschreibung. ....   | 63        |
| 5.2      | Anwendungsfall. ....  | 64        |
| 5.3      | Betroffene Tätigkeiten .....  | 66        |
| 5.4      | Auswirkungen auf die betrieblichen Funktionen. ....   | 69        |
| 5.5      | Zusammenfassende Betrachtung der Auswirkungen .....   | 71        |
| <b>6</b> | <b>Soziotechnische Assistenzsysteme für die Produktionsarbeit in<br/>der Textilbranche .....</b>              | <b>73</b> |
|          | Mario Löhner, Jacqueline Lemm, Daniel Kerpen, Marco Saggiomo und Yves-Simon<br>Gloy                           |           |
| 6.1      | Einleitung. ....  | 73        |
| 6.2      | Demografischer Wandel in der deutschen Textilindustrie .....  | 74        |

|          |  |            |
|----------|--|------------|
| 6.3      | Herausforderungen aus dem demografischen Wandel .....  | 75         |
| 6.4      | Methodisches Vorgehen der Untersuchung .....   | 76         |
| 6.5      | Anwendungsfall Weberei für technische Textilien .....  | 77         |
| 6.6      | Arbeitsunterstützung durch Assistenzsysteme in der Weberei .....   | 78         |
| 6.7      | Auswirkungen auf die betrieblichen Funktionen .....  | 81         |
| 6.8      | Zusammenfassende Betrachtung .....   | 82         |
| 6.9      | Danksagung .....   | 84         |
|          | Literatur .....  | 84         |
| <b>7</b> | <b>Lernförderliche Arbeitssysteme für die Arbeitswelt von morgen .....</b>   | <b>87</b>  |
|          | Roman Senderek   |            |
| 7.1      | Wandel der Arbeitswelt .....   | 87         |
| 7.2      | ELIAS in der Praxis: Kurzvorstellung der Unternehmen .....   | 90         |
| 7.3      | Vorstellung der betrieblichen Teilprojekte .....   | 91         |
|          | 7.3.1 HELLA KGaA Hueck & Co.: Qualifizierungskonzept<br>für technologiebezogene Kompetenzen .....                        | 91         |
|          | 7.3.2 FEV GmbH: Modellbasierte Applikation von Steuergeräten .....   | 94         |
| 7.4      | Zu erwartende Auswirkungen der erarbeiteten bzw. durchgeführten<br>Maßnahmen .....                                       | 96         |
|          | 7.4.1 Betroffene Tätigkeiten und Auswirkungen auf die<br>betrieblichen Funktionen bei der HELLA KGaA<br>Hueck & Co. .... | 96         |
|          | 7.4.2 Betroffene Tätigkeiten und Auswirkungen auf die<br>betrieblichen Funktionen bei der FEV GmbH .....                 | 98         |
| 7.5      | Zusammenfassende Betrachtung der Auswirkungen .....  | 99         |
|          | 7.5.1 Auswirkungen bei der HELLA KGaA Hueck & Co. ....   | 100        |
|          | 7.5.2 Auswirkungen bei der FEV GmbH .....  | 102        |
| 7.6      | Fazit .....  | 102        |
|          | Literatur .....  | 104        |
| <b>8</b> | <b>Assistenz und Wissensvermittlung am Beispiel von Montage-<br/>und Instandhaltungstätigkeiten .....</b>                | <b>107</b> |
|          | Carsten Ullrich, Axel Hauser-Ditz, Niklas Kreggenfeld, Christopher Prinz<br>und Christoph Igel                           |            |
| 8.1      | Einleitung .....   | 107        |
| 8.2      | Zielsetzung und technische Lösung .....  | 108        |
| 8.3      | Betriebliche Anwendungsfälle .....   | 111        |
|          | 8.3.1 Hintergrund/Motivation .....   | 111        |
|          | 8.3.2 Beschreibung der assistierten Prozesse und der<br>Unterstützung .....  | 112        |
|          | 8.3.3 Veränderungen im Arbeitsprozess durch die Einführung<br>des Assistenzsystems .....                                 | 114        |

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 8.4       | Projektansatz: Beteiligungsorientierte Entwicklung und Implementierung von Assistenzlösungen . . . . .                               | 117        |
| 8.4.1     | Beteiligung der Benutzer an der Systemgestaltung . . . . .   | 118        |
| 8.4.2     | Absicherung des betrieblichen Rahmens durch Einbindung der Arbeitnehmervvertretung . . . . .   | 119        |
| 8.4.3     | Betrieblicher Regulierungsbedarf im Rahmen der Systemimplementierung . . . . .   | 120        |
| 8.5       | Zusammenfassung . . . . .  | 121        |
| 8.6       | Förderkennzeichnung . . . . .  | 122        |
|           | Literatur . . . . .  | 122        |
| <b>9</b>  | <b>Der Mensch in Interaktion mit autonomen Planungs- und Steuerungssystemen für Cyber-Physische Produktionssysteme . . . . .</b>     | <b>123</b> |
|           | Susanne Wolf, Christiane Dollinger, Andreas Hees und Gunther Reinhart  |            |
| 9.1       | Analyse der Umgebung für autonome Produktionsplanungs- und -steuerungssysteme am Beispiel des Forschungsprojekts InnoCyFer . . . . . | 125        |
| 9.1.1     | Auswirkungen des Einsatzes autonomer PPS-Systeme auf die Arbeit von Produktionsmitarbeitern . . . . .                                | 125        |
| 9.1.2     | Handlungsempfehlungen für den Einsatz autonomer PPS-Systeme . . . . .  | 128        |
| 9.2       | Lösungsansätze für eine erfolgreiche Interaktion des Menschen mit autonomen Systemen . . . . .                                       | 129        |
| 9.3       | Zusammenfassung und Fazit . . . . .  | 131        |
|           | Literatur . . . . .  | 132        |
| <b>10</b> | <b>ReApp – Wiederverwendbare Roboterapplikationen für flexible Roboteranlagen . . . . .</b>  | <b>133</b> |
|           | Ulrich Reiser, Uwe Müller, Mike Ludwig, Mathias Lüttke und Yingbing Hue  |            |
| 10.1      | ReApp in a Nutshell . . . . .  | 133        |
| 10.1.1    | Das ReApp-Projektkonsortium . . . . .  | 135        |
| 10.1.2    | Der ReApp-Lösungsansatz . . . . .  | 135        |
| 10.1.3    | Auswirkungen auf betriebliche Funktionen . . . . .   | 136        |
| 10.2      | Anwendungsfall: Bestücken in der Elektroindustrie – „Automatisches Verlöten von LED-Stripes“ . . . . .                               | 138        |
| 10.2.1    | Unternehmen . . . . .  | 138        |
| 10.2.2    | Beschreibung des Anwendungsfalls . . . . .   | 138        |
| 10.2.3    | ReApp-Lösungsansatz: mobile, roboterbasierte Lötstation . . . . .  | 139        |
| 10.3      | Auswirkungen auf die betrieblichen Abläufe und die Personalstruktur . . . . .  | 141        |
| 10.3.1    | Auswirkungen für den Endanwender . . . . .   | 141        |
| 10.3.2    | Auswirkungen für den Systemintegrator . . . . .  | 144        |

|   |            |
|---|------------|
| 10.4 Zusammenfassung und Fazit .....  | 145        |
| 10.5 Danksagung .....   | 145        |
| Literatur. ....   | 146        |
| <b>11 Modellierungsansatz für ein arbeitsplatznahes<br/>Beschreibungsmodell der „Arbeitswelt Industrie 4.0“ .....</b>                 | <b>147</b> |
| Wilhelm Bauer, Sebastian Schlund und Tobias Strölin   |            |
| 11.1 Ausgangssituation .....  | 147        |
| 11.2 Notwendigkeit für ein arbeitsplatznahes Beschreibungsmodell<br>der „Arbeitswelt Industrie 4.0“ .....                             | 149        |
| 11.3 Modellansatz .....   | 151        |
| 11.4 Weiterentwicklung und Ausblick .....   | 155        |
| 11.5 Danksagung .....   | 156        |
| Literatur. ....   | 157        |
| <b>12 Die Zukunft der Arbeit im demografischen Wandel .....</b>   | <b>159</b> |
| Wenke Apt und Marc Bovenschulte   |            |
| 12.1 Einleitung .....   | 159        |
| 12.2 Alterung und Schrumpfung der Erwerbsbevölkerung .....  | 160        |
| 12.3 Kognitive Leistungsfähigkeit im Alter .....  | 162        |
| 12.4 Technische Assistenzsysteme für ältere Belegschaften .....   | 164        |
| 12.5 Beispiele für Assistenz- und Tutorsysteme in der Arbeitswelt .....   | 166        |
| 12.6 Inklusion von Menschen mit Behinderungen .....   | 168        |
| 12.7 Inklusion von Menschen mit Migrationshintergrund .....   | 169        |
| 12.8 Ausblick: Der Wettlauf zwischen demografischem und<br>digitalem Wandel .....   | 171        |
| Literatur. ....   | 171        |
| <b>13 „Social Manufacturing and Logistics“ – Arbeit in der<br/>digitalisierten Produktion .....</b>                                   | <b>175</b> |
| Hartmut Hirsch-Kreinsen, Michael ten Hompel, Peter Ittermann, Johannes<br>Dregger, Jonathan Niehaus, Thomas Kirks und Benedikt Mättig |            |
| 13.1 Einleitung .....   | 175        |
| 13.2 Stand der Forschung: Entwicklungstrends und Widersprüche .....   | 176        |
| 13.3 Konzeptionelle Perspektive: Industrie 4.0 als sozio-technisches System ...   | 180        |
| 13.4 Schnittstellen zwischen Technologie, Mensch und Organisation in<br>Industrie 4.0 .....   | 183        |
| 13.4.1 Schnittstelle zwischen Technologie und Mensch .....  | 183        |
| 13.4.2 Schnittstelle zwischen Technologie und Organisation .....  | 185        |
| 13.4.3 Schnittstelle zwischen Mensch und Organisation .....   | 187        |
| 13.5 Ausblick: Leitbild der digitalisierten Arbeit in der Industrie 4.0 .....   | 188        |
| Literatur. ....   | 190        |

|   |     |
|---|-----|
| <b>14 Lernförderliche Arbeitsorganisation in der Industrie 4.0.</b>   | 195 |
| T. Mühlbradt, P. Kuhlang und T. Finsterbusch  |     |
| 14.1 Herausforderung „Lernen“ in der Industrie 4.0.   | 195 |
| 14.2 Lernförderlichkeit   | 196 |
| 14.3 Arbeitsorganisation  | 197 |
| 14.4 Potenziale der Arbeitsorganisation in Bezug auf Lernförderlichkeit.  | 198 |
| 14.5 Gestaltungsansätze lernförderlicher Arbeitsorganisation für Industrie 4.0  | 199 |
| 14.6 Lernförderlichkeit als Strategie   | 201 |
| Literatur.  | 203 |
| <b>15 Decision Support Pipelines – Durchgängige Datenverarbeitungsinfrastrukturen für die Entscheidungen von morgen</b> | 207 |
| Anne Meyer, Stefan Zander, Rico Knapper und Thomas Setzer   |     |
| 15.1 Einleitung.  | 207 |
| 15.2 Durchgängige Datenverarbeitungskette.  | 209 |
| 15.2.1 Eigenschaften und Anforderungen.   | 209 |
| 15.2.2 Decision Support Pipeline – Manifestation einer durchgängigen Datenverarbeitungskette                            | 211 |
| 15.3 Anwendungsszenarien  | 216 |
| 15.3.1 Supergrid Logistics  | 216 |
| 15.3.2 Entscheidungsunterstützung bei der Produktionsplanung  | 217 |
| 15.3.3 Predictive Maintenance   | 218 |
| 15.4 Zusammenfassung  | 218 |
| Literatur.  | 219 |
| <b>16 Gerechtigkeit in flexiblen Arbeits- und Managementprozessen</b>   | 221 |
| Gregor Engels, Günter W. Maier, Sonja K. Ötting, Eckhard Steffen und Alexander Teetz                                    |     |
| 16.1 Einleitung.  | 221 |
| 16.2 Gerechtigkeitsaspekte in Entscheidungsprozessen von automatisierten Produktionsabläufen.                           | 223 |
| 16.3 Prozessunterstützung   | 225 |
| 16.4 Szenario: Mensch-Roboter-Team  | 226 |
| 16.5 Zusammenfassung und Ausblick   | 229 |
| Literatur.  | 230 |
| <b>17 Technologie, Organisation, Qualifikation</b>  | 233 |
| Ernst Hartmann und Steffen Wischmann  |     |
| 17.1 Einleitung.  | 233 |
| 17.2 Was können wir über zukünftige Technologie, Organisation und Qualifikationen wissen?                               | 234 |
| 17.2.1 Überblick – ein methodischer Vorschlag   | 234 |

|  |     |
|--|-----|
| 17.2.2 Technologie-Roadmaps identifizieren und nutzen.....       | 235 |
| 17.2.3 Generische Anforderungen an Qualifikationen .....         | 238 |
| 17.2.4 Qualitative Qualifikationsbedarfe: Erste Hypothesen ..... | 240 |
| 17.2.5 Organisationsszenarien .....                              | 240 |
| 17.2.6 Technologie/Branchen-Matrizen .....                       | 242 |
| 17.3 Fazit .....   | 243 |
| Literatur .....  | 245 |