

# Inhaltsverzeichnis

|          |  |    |
|----------|--|----|
| <b>1</b> | <b>Grundlagen der Robotertechnik</b>                                     | 1  |
| 1.1      | Robotik und Industrieroboter   | 2  |
| 1.2      | Serviceroboter   | 13 |
| 1.3      | Cobots – eine neue Gerätegeneration und neue Ökosysteme                  | 15 |
| 1.4      | Exoskelette – Unterstützung ganz nah am Menschen!                        | 19 |
|          | Literaturhinweise und Quellen  | 21 |
| <b>2</b> | <b>Entwicklungsgeschichte der Robotik und Mensch-Roboter-Kooperation</b> | 23 |
|          | Literaturhinweise und Quellen  | 35 |
| <b>3</b> | <b>Märkte, Entwicklungen und Chancenpotentiale</b>                       | 37 |
|          | Literaturhinweise und Quellen  | 44 |
| <b>4</b> | <b>Mensch-Roboter-Kooperation (MRK)</b>                                  | 47 |
| 4.1      | Zielsetzungen und Triebkräfte  | 50 |
| 4.2      | Robotereinsatz und MRK in der Intralogistik                              | 52 |
| 4.3      | Einführungsstand der MRK   | 53 |
|          | Literaturhinweise und Quellen  | 57 |
| <b>5</b> | <b>Mensch-Roboter-Kooperation (MRK) im Unternehmen einführen</b>         | 59 |
| 5.1      | MRK in 6 Phasen erfolgreich einführen                                    | 60 |
| 5.2      | Entwicklung und Schwerpunkte einer MRK-Einführungsstrategie              | 75 |
| 5.3      | Handreichungen und Informationsmöglichkeiten                             | 77 |
| 5.4      | Kompetenzaufbau und Führungsaufgaben                                     | 81 |
| 5.5      | Ängste in Verbindung mit der Mensch-Roboter-Kooperation                  | 84 |
|          | Literaturhinweise und Quellen  | 86 |
| <b>6</b> | <b>Aufgaben-, Arbeitsplatz- und Prozessbewertung</b>                     | 89 |
| 6.1      | Bewertung der Prozessanforderungen                                       | 91 |
| 6.2      | Bewertung der Umgebungsanforderungen                                     | 93 |

---

|           |  |            |
|-----------|--|------------|
| 6.3       | Bewertung der Werkstückanforderungen .....   | 95         |
| 6.4       | Bewertung der Arbeitsplatz- und Einrichtungsanforderungen .....                              | 96         |
|           | Literaturhinweise und Quellen .....  | 98         |
| <b>7</b>  | <b>Roboterauswahl .....</b>  | <b>99</b>  |
|           | Literaturhinweise und Quellen .....  | 112        |
| <b>8</b>  | <b>Rechtsrahmen der MRK .....</b>  | <b>113</b> |
|           | Literaturhinweise und Quellen .....  | 119        |
| <b>9</b>  | <b>Zentrale Normen der MRK als Basis für das Sicherheitskonzept .....</b>                    | <b>121</b> |
| 9.1       | Grundlagen der Normung .....   | 122        |
| 9.2       | Anwendung der Roboternormen .....  | 124        |
|           | Literaturhinweise und Quellen .....  | 130        |
| <b>10</b> | <b>Risikoanalyse, Integrations- und Sicherheitskonzept .....</b>                             | <b>133</b> |
| 10.1      | Risikoanalyse .....  | 134        |
| 10.2      | Ableitung des Integrations- und Sicherheitskonzepts .....                                    | 138        |
| 10.3      | Umsetzungsmöglichkeiten für Sicherheitskonzepte .....  | 143        |
| 10.4      | Sicherheit der Endeffektoren .....   | 147        |
| 10.5      | IT/OT Sicherheit .....   | 149        |
|           | Literaturhinweise und Quellen .....  | 151        |
| <b>11</b> | <b>CE-Konformitätsbewertung und Validierung .....</b>  | <b>153</b> |
|           | Literaturhinweise und Quellen .....  | 163        |
| <b>12</b> | <b>Umsetzungsbeispiele und Lessons Learned .....</b>   | <b>165</b> |
| 12.1      | Einige konkrete MRK-Applikationen .....  | 168        |
| 12.2      | Lernerfahrungen und Fallstricke bei MRK-Einführungen .....                                   | 176        |
| 12.3      | MRK kritisch beleuchtet .....  | 178        |
|           | Literaturhinweise und Quellen .....  | 183        |
| <b>13</b> | <b>Gesellschaftliche Folgen – Werden Roboter jemals<br/>ihren Schrecken verlieren? .....</b> | <b>185</b> |
|           | Literaturhinweise und Quellen .....  | 188        |
| <b>14</b> | <b>Ethische Leitlinien für Robotereinsatz und<br/>Mensch-Roboter-Interaktion .....</b>       | <b>191</b> |
|           | Literaturhinweise und Quellen .....  | 197        |
| <b>15</b> | <b>Zukunftsfragen und Künstliche Intelligenz in Robotik und MRK .....</b>                    | <b>199</b> |
| 15.1      | Anforderungen an die Ausbildung .....  | 200        |
| 15.2      | Aktuelle Forschungsfelder .....  | 201        |
| 15.3      | Auswirkungen der Digitalisierung .....   | 203        |
| 15.4      | Intuitive Bedienformen und Gestaltung<br>der Mensch-Roboter-Interaktion .....                | 205        |

---

|           |   |            |
|-----------|---|------------|
| 15.5      | Einsatz von Methoden der Künstlichen Intelligenz . . . . .  | 206        |
| 15.6      | Wahrnehmen und autonome Handhabung . . . . .  | 208        |
| 15.7      | Open Source: ROS in Robotik und MRK . . . . .   | 211        |
| 15.8      | Einsatz mobiler Roboter in Service, Landwirtschaft und Logistik . . . . .   | 214        |
| 15.9      | Robotereinsatz und MRK in Medizin und Pflege . . . . .  | 216        |
|           | Literaturhinweise und Quellen . . . . .   | 223        |
| <b>16</b> | <b>Schlussfolgerungen und Ausblick . . . . .</b>  | <b>225</b> |
|           | <b>Anhang 1 – Checkliste zum Ablauf eines MRK-Projekts in 6 Phasen . . . . .</b>  | <b>231</b> |
|           | <b>Anhang 2 – Schnelltest MRK-Eignung einer Applikation für Pilotprojekt . . . . .</b>  | <b>235</b> |
|           | <b>Anhang 3 – Checkliste zur Aufgaben-, Arbeitsplatz- und Prozessbewertung . . . . .</b>  | <b>237</b> |
|           | <b>Anhang 4 – Schnelltest Vorauswahl eines Roboters . . . . .</b>   | <b>241</b> |
|           | <b>Anhang 5 – Checkliste zur Roboterauswahl . . . . .</b>   | <b>243</b> |
|           | <b>Anhang 6 – Checkliste zur Kosten-Nutzen-Betrachtung . . . . .</b>  | <b>247</b> |
|           | <b>Anhang 7 – EU-Richtlinien, die im Rahmen der CE-Konformitätsbewertung zum Tragen kommen bzw. anwendungsspezifisch zum Tragen kommen können . . . . .</b> | <b>249</b> |
|           | <b>Anhang 8 – Geltende Rechtsvorschriften für die CE-Kennzeichnung und Auflistung möglicher Konformitätsbewertungsmodule . . . . .</b>                      | <b>251</b> |
|           | <b>Anhang 9 – Notwendige Unterlagen für das vereinfachte Konformitätsbewertungsverfahren nach Anhang VIII der Maschinenrichtlinie . . . . .</b>             | <b>253</b> |
|           | <b>Anhang 10 – Möglichkeiten zur Risikobeurteilung einer Roboteranwendung . . . . .</b>   | <b>255</b> |
|           | <b>Anhang 11 – Biomechanische Grenzwerte für den kollaborativen Robotereinsatz . . . . .</b>  | <b>257</b> |
|           | <b>Weiterführende Literatur . . . . .</b>   | <b>259</b> |
|           | <b>Stichwortverzeichnis . . . . .</b>   | <b>261</b> |