

Studie im Auftrag des  
Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)

# Studie

„Erschließen der Potenziale  
der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘  
im Mittelstand“

**agiplan**

**Fraunhofer**  
IML

**ZENIT**



Studie im Auftrag des  
Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi)

# Studie

## „Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand“

Juni 2015

agiplan GmbH: Dr. Jürgen Bischoff, Christoph Taphorn, Denise Wolter, Nomo Braun,  
Dr. Manfred Fellbaum, Alexander Goloverov, Stefan Ludwig

Fraunhofer IML: Dr. Tobias Hegmanns, Christian Prasse, Prof. Dr. Michael Henke,  
Prof. Dr. Michael ten Hompel, Frederik Döbbeler, Emanuel Fuss,  
Christopher Kirsch, Ben Mättig

ZENIT GmbH: Stefan Braun, Michael Guth, Mark Kaspers, Doris Scheffler

---

## Impressum

### Titel

„Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand“  
Kurzfassung der Studie, Erscheinungsdatum: Juni 2015

### Auftraggeber

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi)

### Herausgeber

Dr. Jürgen Bischoff  
agiplan GmbH  
Kölner Straße 80-82  
45481 Mülheim an der Ruhr  
Tel.: 0208/9925-0  
info@agiplan.de  
www.agiplan.de

### Ansprechpartner:

Christoph Taphorn  
Tel.: 0711/67400-284  
ctaphorn@agiplan.de

Denise Wolter  
Tel.: 0208/9925-246  
dwolter@agiplan.de

### Gestaltung / Layout / Abbildungen

agiplan GmbH (Frederik Betsch, Jens Herr)

Diese Publikation stellt eine allgemeine unverbindliche Information dar. Die Inhalte spiegeln die Auffassung der Autoren (agiplan GmbH, Fraunhofer IML und ZENIT GmbH) zum Zeitpunkt der Veröffentlichung wider. Obwohl die Informationen mit größtmöglicher Sorgfalt erstellt wurden, besteht kein Anspruch auf sachliche Richtigkeit, Vollständigkeit und/oder Aktualität, insbesondere kann diese Publikation nicht den besonderen Umständen des Einzelfalles Rechnung tragen. Eine Verwendung liegt daher in der eigenen Verantwortung des Lesers. Jegliche Haftung wird ausgeschlossen.

Alle Rechte vorbehalten. Vervielfältigung, Mikroverfilmung, die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronische Medien sind ohne Zustimmung der Herausgeber nicht gestattet.

Copyright agiplan GmbH 2015



# Inhaltsverzeichnis

|  |           |
|--|-----------|
| Inhaltsverzeichnis.....  | iii       |
| Abbildungsverzeichnis.....   | viii      |
| Tabellenverzeichnis .....  | ix        |
| Abkürzungsverzeichnis.....   | x         |
| <b>1 Einleitung .....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1 Arbeitshypothese .....   | 2         |
| 1.2 Vorgehensweise und Aufbau der Studie.....                      | 3         |
| <b>2 Grundlagen.....</b>   | <b>6</b>  |
| 2.1 „Was ist Industrie 4.0?“ – Vision, Nutzen und Verständnis..... | 6         |
| 2.1.1 Vision und Nutzenversprechen .....                           | 6         |
| 2.1.2 Definition von Industrie 4.0.....                            | 8         |
| 2.2 Betrachtungsrahmen der Studie.....                             | 13        |
| 2.2.1 Mittelstandsdefinition.....                                  | 13        |
| 2.2.2 Kern- und Unterstützungsprozesse.....                        | 15        |
| <b>3 Ermittlung des Technologieangebots .....</b>                  | <b>16</b> |
| 3.1 Vorgehensweise.....  | 16        |
| 3.2 Analyseergebnisse Technologiescreening.....                    | 17        |
| 3.2.1 Bestimmung der relevanten Technologiefelder .....            | 17        |
| 3.2.2 Reifegrad der identifizierten Technologien .....             | 22        |
| 3.2.3 Eingruppierung nach wirtschaftlichen Potenzialen.....        | 25        |
| <b>4 Bestandsanalyse Forschungs- und Fördermaßnahmen .....</b>     | <b>27</b> |

---

|       |  |    |
|-------|--|----|
| 4.1   | Ergebnisse und Rahmenbedingungen.....                              | 27 |
| 4.1.1 | Auswahlkriterien.....  | 27 |
| 4.1.2 | Informationsquellen.....   | 27 |
| 4.1.3 | Projektrecherche .....   | 28 |
| 4.2   | Ergebnisse der Forschungs- und Förderuntersuchung.....             | 30 |
| 4.2.1 | Thematische Schwerpunkte der Forschungsförderung.....              | 30 |
| 4.2.2 | Forschungsintensität nach Einsatzbereichen in Unternehmen .....    | 32 |
| 4.3   | Auswertung der Industrie 4.0 Förderprogramme .....                 | 34 |
| 4.4   | Ableitung von Funktionsbereichen .....                             | 36 |
| 5     | Schlussfolgerungen Technologie- und Aktivitätenanalyse.....        | 38 |
| 6     | Ziele und Herausforderungen mittelständischer Unternehmen.....     | 41 |
| 6.1   | Vorgehensweise.....  | 41 |
| 6.2   | Struktur mittelständischer Unternehmen.....                        | 42 |
| 6.3   | Künftige Herausforderungen .....                                   | 46 |
| 6.4   | Ziele und Herausforderungen je Unternehmensbereich.....            | 48 |
| 6.4.1 | Aggregation der Kern- und Unterstützungsprozesse .....             | 48 |
| 6.4.2 | Forschung und Entwicklung.....                                     | 49 |
| 6.4.3 | Intralogistik.....   | 51 |
| 6.4.4 | Produktion .....   | 53 |
| 6.4.5 | Instandhaltung und Qualitätsmanagement.....                        | 55 |
| 6.4.6 | Supply Chain Management.....                                       | 57 |
| 6.4.7 | Sales & After-Sales .....  | 59 |
| 6.4.8 | Personal.....  | 61 |
| 6.5   | Zusammenfassung der Erkenntnisse Ziele und Herausforderungen ..... | 63 |
| 7     | Industrie 4.0 im Mittelstand.....                                  | 64 |
| 7.1   | Vorgehensweise.....  | 65 |
| 7.2   | Umsetzungsstand.....   | 69 |

|       |  |     |
|-------|--|-----|
| 7.3   | Chancen.....   | 71  |
| 7.4   | Datenerfassung und -verarbeitung.....                            | 75  |
| 7.4.1 | Chancen und Risiken.....   | 76  |
| 7.4.2 | Defizitanalyse.....  | 80  |
| 7.4.3 | Essay – IT-Sicherheit in der Industrie 4.0.....                  | 83  |
| 7.4.4 | Handlungsfelder Datenerfassung und -auswertung .....             | 87  |
| 7.4.5 | Fazit: Grundlagen schaffen, vorhandene Systeme nutzen .....      | 88  |
| 7.5   | Assistenzsysteme.....  | 90  |
| 7.5.1 | Chancen und Risiken.....   | 91  |
| 7.5.2 | Defizitanalyse.....  | 94  |
| 7.5.3 | Essay – Soziotechnische Systeme und die Rolle des Menschen ..... | 97  |
| 7.5.4 | Handlungsfelder Assistenzsysteme .....                           | 99  |
| 7.5.5 | Fazit: einfacher, mobiler, mehr .....                            | 100 |
| 7.6   | Vernetzung und Integration .....                                 | 102 |
| 7.6.1 | Chancen und Risiken.....   | 104 |
| 7.6.2 | Defizitanalyse.....  | 107 |
| 7.6.3 | Essay – Normung und Standards der Industrie 4.0 .....            | 110 |
| 7.6.4 | Handlungsfelder Vernetzung und Integration .....                 | 113 |
| 7.6.5 | Fazit: Vertrauen schaffen, Zusammenarbeit stärken.....           | 114 |
| 7.7   | Dezentralisierung und Serviceorientierung .....                  | 116 |
| 7.7.1 | Chancen und Risiken.....   | 118 |
| 7.7.2 | Defizitanalyse.....  | 121 |
| 7.7.3 | Essay – Industrie 4.0 Geschäftsmodelle .....                     | 125 |
| 7.7.4 | Handlungsfelder Dezentralisierung und Serviceorientierung.....   | 129 |
| 7.7.5 | Fazit: Umdenken und neue Geschäftsfelder erschließen .....       | 130 |
| 7.8   | Selbstorganisation/Autonomie .....                               | 131 |
| 7.8.1 | Chancen und Risiken.....   | 132 |
| 7.8.2 | Defizitanalyse.....  | 135 |
| 7.8.3 | Essay – Rechtsfragen von Industrie 4.0 .....                     | 138 |
| 7.8.4 | Handlungsfelder Autonomie .....                                  | 140 |
| 7.8.5 | Fazit: Zukunftsthema – anwendungsnahe Entwicklung stärken.....   | 141 |

|        |  |     |
|--------|--|-----|
| 8      | Auf dem Weg zur Industrie 4.0 .....                                  | 142 |
| 9      | Handlungsempfehlungen .....  | 146 |
| 9.1    | Vorgehensweise .....   | 146 |
| 9.2    | Exkurs – Förderung im internationalen Umfeld .....                   | 148 |
| 9.3    | Länderauswahl Industrie 4.0.....                                     | 148 |
| 9.4    | Übergeordnete Handlungsempfehlungen.....                             | 155 |
| 9.5    | Spezifische Handlungsempfehlungen .....                              | 164 |
| 9.5.1  | Handlungsfeld A „Umsetzung unterstützen“ .....                       | 164 |
| 9.5.2  | Handlungsfeld B „Forschung fördern“ .....                            | 172 |
| 9.5.3  | Ergänzende Empfehlungen für Förder- und Finanzierungsprogramme ..... | 174 |
| 9.6    | Elemente einer kohärenten Förderpolitik für den Mittelstand.....     | 177 |
| 9.6.1  | Zielgruppen.....   | 177 |
| 9.6.2  | Themen .....   | 181 |
| 9.6.3  | Umsetzungsaspekte .....  | 184 |
| 9.7    | Kompetenzzentren.....  | 187 |
| 9.8    | Zentrale Ergebnisse .....  | 194 |
| 10     | Quellenverzeichnis.....  | 199 |
| 11     | Annex .....  | 205 |
| 11.1   | Teilnehmerliste Evaluierungsworkshop I .....                         | 205 |
| 11.2   | Nationale Studien und Thesepapiere zu Industrie 4.0 .....            | 207 |
| 11.3   | Steckbriefe - Förderprogramme zu Industrie 4.0 .....                 | 209 |
| 11.3.1 | Industrielle Gemeinschaftsforschung AiF.....                         | 209 |
| 11.3.2 | AUTONOMIK.....   | 213 |
| 11.3.3 | AUTONOMIK für Industrie 4.0.....                                     | 216 |
| 11.3.4 | Forschung für die Produktion von morgen .....                        | 220 |
| 11.3.5 | IKT 2020 .....   | 225 |

|         |  |     |
|---------|--|-----|
| 11.3.6  | KMU-Innovativ .....  | 229 |
| 11.3.7  | microTec Südwest.....  | 234 |
| 11.3.8  | Mittelstand digital.....   | 239 |
| 11.3.9  | NRW-EFRE Programm 2014-2020 .....                                | 242 |
| 11.3.10 | Spitzencluster-Wettbewerb it's OWL .....                         | 246 |
| 11.3.11 | ZIM - Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand .....            | 250 |
| 11.4    | Die fünf Stufen technologischer Entwicklung und Einführung ..... | 254 |
| 11.4.1  | Stufe I „Forschung fördern“ .....                                | 254 |
| 11.4.2  | Stufe II „Entwicklung fördern“ .....                             | 255 |
| 11.4.3  | Stufe III „Einführung unterstützen/fördern“ .....                | 255 |
| 11.4.4  | Stufe IV „Nutzung als Basistechnologie etablieren“ .....         | 255 |
| 11.4.5  | Stufe V „Weiterentwicklung der Basistechnologie fördern“ .....   | 255 |
| 11.5    | Ausführliche Defizitanalyse .....                                | 256 |
| 11.5.1  | Datenerfassung und -verarbeitung .....                           | 256 |
| 11.5.2  | Assistenzsysteme .....   | 267 |
| 11.5.3  | Vernetzung und Integration .....                                 | 280 |
| 11.5.4  | Dezentralisierung und Serviceorientierung .....                  | 291 |
| 11.5.5  | Selbstorganisation und Autonomie.....                            | 301 |
| 11.6    | Technologiesteckbriefe .....                                     | 307 |
| 11.6.1  | Kommunikation .....  | 307 |
| 11.6.2  | Sensorik.....  | 309 |
| 11.6.3  | Eingebettete-Systeme.....  | 311 |
| 11.6.4  | Aktorik.....   | 313 |
| 11.6.5  | Mensch-Maschine-Schnittstelle .....                              | 314 |
| 11.6.6  | Softwaresystemtechnik .....                                      | 315 |
| 11.7    | Liste der interviewten Experten.....                             | 317 |
| 11.8    | Liste der Teilnehmer des Evaluierungsworkshops II.....           | 318 |
| 11.9    | Ländersteckbriefe Industrie 4.0 Förderung .....                  | 320 |
| 11.10   | Projektliste.....  | 326 |
| 11.10   | Ansichten der Webseite und des Quick Checks .....                | 381 |

---

# Abbildungsverzeichnis

|  |     |
|--|-----|
| Abbildung 1: Aufbau der Studie .....   | 5   |
| Abbildung 2: Cyber-Physisches-System und Internet der Dinge .....                        | 10  |
| Abbildung 3: Vertikale und horizontale Integration .....                                 | 12  |
| Abbildung 4: Betrachtungsrahmen .....  | 14  |
| Abbildung 5: Übersicht der Technologiefelder und der zugehörigen Technologien.....       | 18  |
| Abbildung 6: Einordnung der Technologien nach <i>Technology Readiness Level</i> .....    | 24  |
| Abbildung 7: Einordnung der Technologien nach wirtschaftlichen Potenzialen.....          | 25  |
| Abbildung 8: Forschungsvolumen und Anzahl der Projekte je Forschungsfeld.....            | 31  |
| Abbildung 9: Fördervolumen pro Technologiefeld .....                                     | 31  |
| Abbildung 10: Anzahl der Forschungsprojekte nach Einsatzbereichen .....                  | 33  |
| Abbildung 11: Forschungsvolumen in Euro nach Einsatzbereichen .....                      | 33  |
| Abbildung 12: Auswertung der Industrie 4.0 Förderprogramme (Übersicht).....              | 35  |
| Abbildung 13: Ableitung der Industrie 4.0 Funktionsbereiche.....                         | 37  |
| Abbildung 14: Aufbau des Kapitels 7 Industrie 4.0 im Mittelstand .....                   | 64  |
| Abbildung 15: Handlungsfelder A „Umsetzung unterstützen“ und B „Forschung fördern“ ..... | 67  |
| Abbildung 16: Ableitung von Handlungsfeldern und Maßnahmen je Funktionsbereich.....      | 68  |
| Abbildung 17: Auf dem Weg zur Industrie 4.0 – Einordnung der Funktionsbereiche.....      | 142 |
| Abbildung 18: Finanzierungsinstrumente.....  | 167 |
| Abbildung 19: Informations- und Beratungsprogramme .....                                 | 169 |
| Abbildung 20: Forschungs- und Innovationsprogramme .....                                 | 172 |
| Abbildung 21: Struktur der Beratungsleistung der Kompetenzzentren .....                  | 187 |
| Abbildung 22: Die fünf Stufen der technologischen Entwicklung und Einführung.....        | 254 |

# Tabellenverzeichnis

|   |     |
|---|-----|
| Tabelle 1: Aggregation der Kern und Unterstützungsprozesse .....                  | 48  |
| Tabelle 2: Chancen und Risiken von Datenerfassung und -verarbeitung.....          | 79  |
| Tabelle 3: Chancen und Risiken von Assistenzsystemen .....                        | 93  |
| Tabelle 4: Chancen und Risiken von Vernetzung und Integration .....               | 106 |
| Tabelle 5: Chancen und Risiken von Dezentralisierung und Serviceorientierung..... | 120 |
| Tabelle 6: Chancen und Risiken von Selbstorganisation / Autonomie .....           | 134 |
| Tabelle 7: Länderspezifische Schwerpunkte der Industrie 4.0 Förderung .....       | 150 |
| Tabelle 8: Übergeordnete Handlungsbereiche und Empfehlungen.....                  | 163 |
| Tabelle 9: Maßnahmen zur Unterstützung der Umsetzung.....                         | 165 |

---

# Abkürzungsverzeichnis

|              |   |
|--------------|---|
| AAL          | Ambient Assisted Living   |
| AIF          | Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen                         |
| AIAG         | Ad-hoc Industrial Advisory Group  |
| AMP          | Advanced Manufacturing Partnership  |
| AR           | Augmented Reality   |
| API          | Application programming interface   |
| APP          | Application software  |
| Auto-ID      | Automatische Identifikation und Datenerfassung                                    |
| AutomationML | Automation Markup Language  |
| AUTONOMIK    | Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand                      |
| AWaPro       | Automation für wandlungsfähige Produktionstechnik                                 |
| AWS          | Austria Wirtschaftsservice Gesellschaft   |
| B2C          | Business to Consumer  |
| BAAR         | Business Angels Agentur Ruhr  |
| BAFA         | Bundesamt für Wirtschaft und Ausfuhrkontrolle                                     |
| BAND         | Business Angels Netzwerk Deutschland  |
| BDE          | Betriebsdatenerfassung  |
| BITKOM       | Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation<br>und neue Medien e.V.   |
| BMAS         | Bundesministerium für Arbeit und Soziales   |
| BMBF         | Bundesministerium für Bildung und Forschung                                       |
| BMWFW        | Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft                      |
| BMWi         | Bundesministerium für Wirtschaft und Energie                                      |
| BMVIT        | Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie                         |
| BSI          | Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik                               |
| BUS          | Binary Unity System   |
| BVK e. V.    | Bundesverband Deutscher Kapitalbeteiligungsgesellschaften<br>eingetragener Verein |
| BW           | Baden-Württemberg   |
| CAX          | Computer Aided x  |
| CAD          | Computer Aided Design   |
| CBT          | Computer-based-training   |
| CHE          | Centrum für Hochschulentwicklung  |
| CIP          | Competitiveness and Innovation Framework Programme                                |
| CIS          | Community Innovation Survey   |
| CNG          | Compressed Natural Gas  |
| CPS          | Cyber-Physische-Systeme   |
| CPPS         | Cyber-Physical Production Systems   |

|                |   |
|----------------|---|
| CRM            | Customer-Relationship-Management  |
| CTO            | Chief Technical Officer   |
| DC             | Distribution Centre   |
| DIN            | Deutsches Institut für Normung  |
| DKE            | Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik<br>Informationstechnik            |
| DL             | Dienstleistungen  |
| DLR            | Deutsches Zentrum für Luft- und Raumfahrt                                       |
| ECM            | EffizienzCluster Management   |
| EDV            | Elektronische Datenverarbeitung   |
| EE             | Energieeffizienz  |
| EEN            | Enterprise Europe Netzwerk  |
| EFFRA          | European Factories of the Future Research                                       |
| EFRE           | Europäischer Fonds für Regionalentwicklung                                      |
| EIT            | Europäisches Innovations- und Technologieinstitut                               |
| EmWaTro        | Energiemanagement am Beispiel Waschtrockner                                     |
| ERP            | Enterprise-Ressource-Planning   |
| ERP-Startfonds | European Recovery Program-Startfonds  |
| ESSEC          | École Supérieur des Sciences Économiques et Commerciales                        |
| EU             | Europäische Union   |
| EU KOM         | Europäische Kommission  |
| EUR            | Euro  |
| EWR            | Europäischer Wirtschaftsraum  |
| F&E            | Forschung und Entwicklung   |
| FDBR           | Fachverband Dampfkessel-, Behälter-, Rohrleitungsbau                            |
| FFG            | Forschungsförderungsgesellschaft  |
| FH             | Fachhochschule  |
| FIR            | Forschungsinstitut für Rationalisierung   |
| FIR            | Ferninfrarot  |
| FKIE           | Fraunhofer-Institut für Kommunikation Informationsverarbeitung<br>und Ergonomie |
| FlexiMon       | Flexibles Montagekonzept  |
| FMEA           | Fehlermöglichkeits- und Einflussanalyse   |
| FoF            | Factories of the Future   |
| FRP            | Forschungsrahmenprogramm  |
| FTF            | Fahrerlose Transportfahrzeuge   |
| FTS            | Fahrerlose Transportsysteme   |
| FuEul          | Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsbeihilfen                             |
| GbR            | Gesellschaft bürgerlichen Rechts  |
| GE Capital     | General Electric Capital  |
| GfK            | Gesellschaft für Konsumforschung  |

---

|            |  |
|------------|--|
| GmbH       | Gesellschaft mit beschränkter Haftung  |
| GS1        | Global Standards One   |
| GSM        | Global System for Mobile Communication   |
| GU         | Großunternehmen  |
| HR         | Human Resources  |
| I4.0       | Industrie 4.0  |
| IASI       | Intelligente Antriebs- und Steuerungstechnik für die energieeffiziente Intralogistik |
| IBF        | Institut für Betriebswirtschaften und Fabrikssysteme                                 |
| IBS        | International Business School  |
| IAO        | Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation                                      |
| IBF        | Institut für Betriebswissenschaften und Fabrikssysteme                               |
| ICS        | Industrial Control System  |
| ICT        | Information and Communication Technology   |
| IFF        | Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung                                      |
| IfM        | Institut für Mittelstandsforschung   |
| IGF        | Industrielle Gemeinschaftsordnung  |
| IH         | Instandhaltung   |
| IHK        | Industrie- und Handelskammer   |
| IKT        | Informations- und Kommunikationstechnologien   |
| IML        | Institut für Materialfluss und Logistik  |
| InnoVIIT   | Innovative Automatisierungsgeräte durch Industrial IT                                |
| InoTek     | Intelligenter und optimierter Teig-Knetprozess                                       |
| INS        | Innovationsförderung mittels Normung und Standardisierung                            |
| InVorMa    | Intelligente Arbeitsvorbereitung aus Basis virtueller Werkzeugmaschinen              |
| IoT        | Internet of things   |
| IOSB       | Institut für Optronik, Systemtechnik und Bildauswertung                              |
| ISI        | Institut für System- und Innovationsforschung  |
| ISO        | International Organisation for Standardization                                       |
| IuK        | Informations- und Kommunikationswirtschaft   |
| IPA        | Institut für Produktionstechnik und Automatisierung                                  |
| IP-Adresse | Internet-Protokoll-Adresse   |
| IPv6       | Internet Protocol Version 6  |
| IT         | Informationstechnik  |
| it's OWL   | Intelligente Technische Systeme OstWestfalenLippe                                    |
| JTI        | Joint Technology Initiatives   |
| KfW        | Kreditanstalt für Wiederaufbau   |
| KIC        | Knowledge and Innovation Communities   |
| KMU        | Kleine und mittlere Unternehmen  |
| KoMoS      | Konzeption modellbasierter Benutzerschnittstellen für Selbstbedienungssysteme        |
| LAN        | Local Area Network   |
| LEA        | Landeskreditbank Eigenkapital Agentur  |

|          |   |
|----------|---|
| LE       | Low Energy  |
| LVS      | Lagerverwaltungssystem  |
| M2M      | Machine to Machine  |
| MDE      | Maschinendatenerfassung   |
| MES      | Manufacturing Execution System  |
| Mgmt.    | Management  |
| MINT     | Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik                    |
| MR       | Mixed-Reality   |
| MRP      | Material Requirements Planning  |
| MS       | Microsoft   |
| NASA     | National Aeronautics and Space Administration                         |
| NFC      | Nearfield Communication   |
| NRW      | Nordrhein-Westfalen   |
| OCR      | Optical Character Recognition   |
| OEE      | Overall Equipment Effectiveness                                       |
| OEM      | Original Equipment Manufacturer                                       |
| OÖ       | Oberösterreich  |
| OPAK     | Offene Engineering Plattform für autonome Automatisierungskomponenten |
| OPC-UA   | Object Linking and Embedding for Process Control Unified Architecture |
| PAC      | Pierre Audoin Consultants   |
| PDF      | Portable Document Format  |
| PDM      | Produktdatenmanagement  |
| PLC      | Product-Life-Cycle  |
| PLM      | Product Lifecycle Management  |
| PPP      | Public Private Partnership  |
| PPS      | Produktionsplanungs- und Steuerungssystem                             |
| QM       | Qualitätsmanagement   |
| QS       | Qualitätsstandards  |
| ReelaF   | Reichweitenerweiterung elektrisch angetriebener Fahrzeuge             |
| RES      | Robuste & effiziente Sensorik   |
| ReSerW   | Ressourceneffiziente selbstoptimierte Wäscherei                       |
| RIF      | Rechnerintegrierte Fertigung  |
| RF       | Radio Frequency   |
| RFID     | Radio Frequency Identification  |
| SaaS     | Software as a Service   |
| SE       | Systems Engineering   |
| SelfXPro | Selbstkorrigierende Fertigungsprozesse                                |
| SMD      | Surface-mounted device  |
| SOA      | serviceorientierte Architektur  |
| SSI      | Smart Systems Integration   |
| TA       | Technikfolgenabschätzung  |

---

|       |  |
|-------|--|
| TAT   | Transferzentrum für angepasste Technologien  |
| TEKES | Tekniikan edistämiskeskus (Finnish Funding Agency for Technology and Innovation)           |
| TGA   | Technische Gebäudeausrüstung   |
| TNS   | Transfer von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen<br>durch Normung und Standardisierung |
| TQM   | Total-Quality-Management   |
| TRL   | Technology Readiness Level   |
| TU    | Technische Universität   |
| USA   | United States of America   |
| UBT   | Unternehmer-Berater-Team   |
| UMTS  | Universal Mobile Telecommunications System   |
| VDE   | Verband der Elektrotechnik und Elektronik  |
| VDI   | Verein Deutscher Ingenieure  |
| VDMA  | Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau  |
| VR    | virtuelle Realität   |
| VO EU | Verordnung der Europäischen Union  |
| VT    | Virtuelle Technologie  |
| W3C   | World Wide Web Consortium  |
| WBT   | Web-Based-Training   |
| WIK   | Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikations-<br>dienste               |
| WLAN  | Wireless Local Area Network  |
| WVIS  | Wirtschaftsverband für Industrieservice  |
| XaaS  | Everything as a Service  |
| ZENIT | Zentrum für Innovation und Technik   |
| ZIM   | Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand  |



# 1 Einleitung

Cyber-Physische-Systeme (CPS), Internet der Dinge, Chance für Unternehmen, neuer Hype, „Alles schon da gewesen!“ – mit diesen oder ähnlichen Schlagworten, Einschätzungen und Meinungen sehen sich Unternehmen konfrontiert, die sich dem erstmals auf der Hannover-Messe 2011 formulierten, schwer fassbaren Begriff Industrie 4.0 versuchen zu nähern.

Die Vision von Industrie 4.0 beschreibt eine neue Art der wirtschaftlichen Produktion durch eine stärkere innerbetriebliche sowie überbetriebliche Vernetzung. Diese potenzielle vierte industrielle Revolution stellt die Unternehmen in Deutschland, in Europa und weltweit vor große Herausforderungen, denn Industrie 4.0 betrifft alle Dimensionen:

- Technik (u. a. hochgradig vernetzte Systeme von Sensorik/Aktorik bis zu Maschinen/Anlagen und Nutzern)
- Organisation (u. a. Selbststeuerung, autonome Systeme)
- Menschen (u. a. Qualifikation)
- Geschäftsmodelle (u. a. individualisierte Produktion)

Die Diskussion um Industrie 4.0 hat durch die CeBIT 2015 erneut an Dynamik gewonnen. Der gemeinsame Neustart der bislang verbändegetriebenen Plattform Industrie 4.0 durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) sowie das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) belegt die hohe politische Relevanz der Thematik. So soll die Plattform, nunmehr bestehend aus Vertreter/-innen der Industrie, Wissenschaft, Gewerkschaften und Politik, eine übergreifende Zusammenarbeit zwischen allen relevanten wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Akteuren fördern und eine vierte industrielle Revolution in Deutschland maßgeblich vorantreiben.

Vor dem Hintergrund der ökonomischen Herausforderungen in Deutschland und Europa stellt sich die Frage der Bedeutung von Industrie 4.0 für den Mittelstand: Bietet Industrie 4.0 Chancen für mittelständische Unternehmen? Und, wenn ja, welche? Sind mittelständische Unternehmen auf die Anforderungen der vierten industriellen Revolution vorbereitet oder riskieren sie, den Anschluss an die Technologien und damit ihre Wettbewerbsfähigkeit auf internationalem Parkett zu verlieren? All das sind essenzielle Fragen, die einer Klärung bedürfen.

---

Vor diesem Hintergrund hat das BMWi das Konsortium bestehend aus der agiplan GmbH, dem Fraunhofer Institut für Materialfluss und Logistik (Fraunhofer IML) und dem Zentrum für Innovation und Technik in Nordrhein-Westfalen (ZENIT) beauftragt, die Potenziale der Industrie 4.0 für den deutschen Mittelstand zu identifizieren, den derzeitigen Umsetzungsstand aufzuzeigen und ein Aktionsportfolio abzuleiten, mit dem Wirtschaft, Wissenschaft und Politik zu einer möglichst breiten Umsetzung von Industrie 4.0 im Mittelstand beitragen können. Dabei werden unter Mittelstand alle mittelständischen Unternehmen bis zu 2.500 Beschäftigten zusammengefasst.

## **1.1 Arbeitshypothese**

Mögliche Einsatzbereiche und Potenziale von Industrie 4.0 sind vielschichtig und der aktuelle Stand der Wissenschaft und Technik ist schwer zu überblicken, da das Label Industrie 4.0 – einem gewissen Hype geschuldet – auch für Prozesse, Produkte und Dienste verwendet wird, die nicht in diesen Kontext passen. Deshalb ist es insbesondere für den Mittelstand, schon aus zeitlichen Gründen, kaum möglich, der aktuellen Entwicklung zu folgen und diese zu bewerten. Gleiches gilt für die Umsetzung der Technologien. Gute Praxis existiert bislang nur vereinzelt und ohne beispielhafte Referenzlösungen, die ein Bild über die mögliche zukünftige Anwendung der Industrie 4.0 vermitteln könnten.

Mittelständische Unternehmen haben somit große Schwierigkeiten bei einer Einführung im eigenen Betrieb. Hinzu kommt, dass dem Mittelstand für die notwendigen Anpassungsprozesse an Industrie 4.0 vergleichsweise geringe eigene Mittel zur Verfügung stehen.

Gelingt es dem Mittelstand allerdings, die bestehenden Hürden zu überwinden, dann wird er sich zu einem Erfolgsfaktor in der vierten industriellen Revolution entwickeln. Mittelständische Unternehmen sind aufgrund ihrer Größe und der damit einhergehenden Flexibilität prinzipiell dazu prädestiniert, die Ideen von Industrie 4.0 umzusetzen. Es ergeben sich insbesondere Möglichkeiten, neue Produkte, Märkte und Geschäftsmodelle zu entwickeln (z. B. im Maschinenbau). Dies kann der Mittelstand im Prinzip sehr viel besser als weniger flexible Großunternehmen oder Konzerne. Dennoch sind es bislang die großen Unternehmen, die eine Vorreiterrolle in Bezug auf die Einführung und Nutzung von Industrie 4.0 einnehmen und die Entwicklung vorantreiben.

Vor dem Hintergrund dieser Überlegungen sowie der Aufgabenstellung des BMWi wird folgende These zur Ausgangssituation abgeleitet:

*Kleine und mittlere Unternehmen dürften besonders von den Herausforderungen der Industrie 4.0 und der Umstellung der Produktion auf einen vernetzten Betrieb betroffen sein. Wenn es dem Mittelstand nicht gelingt, an den Forschungs- und Entwicklungsergebnissen zur Industrie 4.0 zu partizipieren und die Einführung zu vollziehen, besteht die Gefahr, dass der Mittelstand den wirtschaftlichen Anschluss verlieren.*

## **1.2 Vorgehensweise und Aufbau der Studie**

Die Studie „Erschließen der Potenziale der Anwendung von ‚Industrie 4.0‘ im Mittelstand“ hatte zum einen das Ziel, die aufgestellte These zu überprüfen und gegebenenfalls zu präzisieren; zum anderen sollte die Studie Handlungsempfehlungen an Wirtschaft, Wissenschaft und Politik formulieren, die es mittelständischen Unternehmen ermöglichen, von Industrie 4.0 Anwendungen und Technologien zu profitieren und sich den daraus resultierenden Herausforderungen zu stellen.

Vor diesem Hintergrund hat die vorliegende Studie untersucht, ob und inwiefern bestehende Angebote der Forschung und Förderung ein geeignetes Instrumentarium darstellen, den Mittelstand bei der Einführung und Umsetzung der Industrie 4.0 zu unterstützen.

Um dies zu leisten, wurden mehrere Arbeitsschritte umgesetzt:

- Ermittlung des aktuellen Stands der Technik in Bezug auf Industrie 4.0
- Analyse von Forschungs- und Innovationsprogrammen und von Forschungsprojekten im Bereich Industrie 4.0
- Identifikation aktueller und zukünftiger Anforderungen von mittelständischen Unternehmen an Industrie 4.0
- Bewertung von Chancen und Risiken von Industrie 4.0 Anwendungen im Mittelstand
- Identifikation von Hemmnissen und Defiziten in Hinblick auf den Einsatz von Industrie 4.0 in mittelständischen Unternehmen unter Berücksichtigung der Bedarfe
- Ableitung von Handlungsfeldern zur Einführung von Industrie 4.0 im Mittelstand
- Abgleich der bestehenden Förderprogramme mit den Handlungsfeldern
- Ableitung von Handlungsempfehlungen

---

Die zentralen Ergebnisse dieser in den einzelnen Arbeitsschritten vorgenommenen Analysen werden in den folgenden Kapiteln dargestellt. Zuvor wird jedoch in Kapitel 2 mit der Arbeitsdefinition für Industrie 4.0 und der Darstellung des Untersuchungsrahmens dieser Studie die Grundlage für die nachfolgenden Ausführungen gelegt.

Der aktuelle Stand der Technik (Technologieangebot), der im Rahmen eines Technologiescreenings erhoben wurde, wird in Kapitel 3 beschrieben. Die Ergebnisse der Untersuchung der Forschungs- und Förderaktivitäten folgen in Kapitel 4. Den Abschluss der Betrachtung der Forschungsaktivitäten bildet die Herleitung von fünf Industrie 4.0 Funktionsbereichen. In Kapitel 5 werden die Schlussfolgerungen aus der Technologie- und Aktivitätenanalyse beschrieben.

Mit Kapitel 6 ändert sich der Betrachtungswinkel der Studie. Nicht mehr das Technologieangebot, sondern die Bedarfe der Unternehmen (Marktnachfrage) stehen im Fokus. Kapitel 6 geht dabei zunächst auf grundsätzliche Ziele und Herausforderungen des Mittelstandes ein.

Das zentrale Kapitel 7 zeigt für die fünf definierten Industrie 4.0 Funktionsbereiche Chancen und Risiken für den Mittelstand, den erreichten Umsetzungsstand und noch bestehende Defizite auf. Ebenfalls differenziert nach den Industrie 4.0 Funktionsbereichen werden Handlungsfelder erarbeitet, die für eine Beseitigung der identifizierten Defizite geeignet scheinen. In Kapitel 8 wird der Weg zu Industrie 4.0 beschrieben sowie die zentralen Schlussfolgerungen aus der Betrachtung der aktuellen Rolle und Situation des Mittelstandes im Kontext Industrie 4.0 dargestellt.

Kapitel 9 spiegelt die beschriebenen Handlungsstrategien in der bestehenden Förderlandschaft in Deutschland sowie ergänzend an einem ausgewählten internationalen Umfeld. Daraus werden Handlungsempfehlungen abgeleitet, die darauf abzielen, für die identifizierten Handlungsfelder einen Umsetzungsrahmen zu bieten und damit die Nutzung der Möglichkeiten und Chancen von Industrie 4.0 im Mittelstand zu fördern. Damit ergibt sich der in Abbildung 1 dargestellte Aufbau der Studie.

Abbildung 1: Aufbau der Studie



Quelle: eigene Darstellung



---

## 2 Grundlagen

Industrie 4.0 ist ein vielfach angeführtes Schlagwort für die Weiterentwicklung industrieller Produktions- und Wertschöpfungssysteme. Die Interpretation und das Verständnis von Industrie 4.0 sind im wissenschaftlichen, gesellschaftlichen wie politischen Diskurs nicht eindeutig. Im Folgenden werden wichtige Begriffe und Festlegungen zum Verständnis von Industrie 4.0 im Rahmen dieser Studie dargelegt.

### 2.1 „Was ist Industrie 4.0?“ – Vision, Nutzen und Verständnis

Industrie 4.0 ist ein prägendes Element der Hightech-Strategie der Bundesregierung, die sich zum Ziel gesetzt hat, Deutschlands Zukunft als Industriestandort zu sichern, indem die Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie gegenüber dem Ausland gestärkt wird<sup>1</sup>. Die Namensgebung für dieses Element der Hightech-Strategie spielt auf die vorausgegangenen industriellen Revolutionen an, die wesentliche Meilensteine der industriellen Entwicklung widerspiegeln.

Die Industrie 4.0 als vierte industrielle Revolution stellt also den nächsten Meilenstein der industriellen Entwicklung dar. Sie vollzieht sich in einer Unternehmensumwelt, die durch zunehmende Komplexität und Dynamik geprägt ist. Schwankende Nachfrage, individualisierte Erzeugnisse und damit eine Vielzahl an Teilevarianten sowie starker Kostendruck sind nur drei Beispiele der aktuellen Anforderungen an Unternehmen<sup>2</sup>. Die Industrie 4.0 wird in diesem Kontext als erforderliche Antwort der Wirtschaft angesehen, die es den Unternehmen ermöglicht flexibel, schnell und teils mit ganz neuen Angeboten auf sich ändernde Kundenwünsche zu reagieren und sich entsprechend anzupassen<sup>3</sup>.

#### 2.1.1 Vision und Nutzenversprechen

Die Vision der Industrie 4.0 verfolgt das Ziel, die Informations- und Datenverarbeitungsprozesse in Unternehmen mit den physischen Abläufen ihrer Geschäftstätigkeit in neuer Weise

---

<sup>1</sup> Sendler 2013, S. 1

<sup>2</sup> Bauernhansl et al. 2014a, S. 85

<sup>3</sup> Dombrowski & Wagner 2014, S. 351

und zu neuen Angeboten und Diensten zu verknüpfen. Bisher liegen solche Verknüpfungen nur in Ansätzen vor.<sup>4</sup> Darüber hinaus steht die Industrie 4.0 für einen Paradigmenwechsel industrieller Fertigung. Starre Produktionsstrukturen mit bisher hierarchisch-starr gesteuerten Produktionsaggregaten sollen durch flexible Strukturen mit aktiven, autonomen sowie selbststeuernden bzw. -organisierenden Produktionseinheiten abgelöst werden.<sup>5</sup>

Die Verknüpfung der Datenebene (der digitalen Welt) mit den physischen Abläufen (der realen Welt) sorgt für den dafür notwendigen Austausch relevanter und echtzeitbasierter Informationen zwischen allen beteiligten Einheiten der Produktion, der Lieferkette und mit den erforderlichen unterstützenden Leistungsträgern und Diensteanbietern. Damit sind nicht nur die maschinellen Ressourcen von Unternehmen gemeint, sondern auch die Beschäftigten und Werkstücke selbst. Wertschöpfende Prozesse werden zukünftig in Echtzeit durch die Produktionsressourcen gesteuert und optimiert.<sup>6</sup> Die Produkte selbst werden also intelligent. Sie verfügen über Informationen bezüglich ihres eigenen Herstellungsprozesses, die sie bei Bedarf mit den Menschen und den intelligenten Maschinen teilen.<sup>7</sup>

Die dezentralen Entscheidungsstrukturen der Industrie 4.0 reduzieren überdies die Planvorlaufzeiten bezüglich der Produktherstellung<sup>8</sup>. Kundenaufträge können kurzfristig eingelastet oder verschoben werden. Im Zweifel kann der Kunde sogar nach Auftragseinlastung und während der Produktion noch Veränderungen an seinem Auftrag vornehmen, da durch die digitale Verfolgung des Wertschöpfungsprozesses in Echtzeit der Auftragsstatus und -fortschritt jederzeit bekannt sind<sup>9</sup>. Die Produktionskonzepte der Industrie 4.0 zeichnen sich zudem durch verschwendungsarme und ressourcenschonende Wertschöpfung aus, da durch die Kunden- und Bedarfsorientierung nur die Ware hergestellt wird, die auch tatsächlich bestellt wurde<sup>10</sup>.

Unmittelbar mit diesen Veränderungen in der Produktion sind die Konsequenzen für die Logistik und das *Supply Chain Management* verbunden. Die Logistik und das *Supply Chain Management* organisieren und koordinieren die physischen und informatorischen Austausch-

---

<sup>4</sup> Hirsch-Kreinsen & Weyer 2014, S. 5

<sup>5</sup> Bauernhansl et al. 2014a, S. 97; Spath et al. S. 91f; Auffermann et al. S. 8

<sup>6</sup> Bundesministerium für Bildung und Forschung 2012, S. 6

<sup>7</sup> IKT.NRW 2013, S.7; Gneuss 2014, S. 3

<sup>8</sup> Bartels 2014, S. 15

<sup>9</sup> Bartels 2014, S. 15

<sup>10</sup> Gneuss 2014, S. 3; Auffermann et al. S. 8

---

prozesse in inner- und überbetrieblichen Prozessen. Der Trend zu dezentraler bzw. verteilter Wertschöpfung wird verstärkt durch die gesellschaftlichen Trends und Veränderungen im Konsumverhalten; beispielsweise führt die ständige Verfügbarkeit von Warendiensten im Onlinehandel dazu, dass inner- wie überbetriebliche logistische Prozesse der Ver- und Entsorgung mit einem erhöhten Auftrags- und Transportaufkommen belegt werden. Dieser Anstieg entsteht durch die kurzfristigen Entscheidungen, die mit der Industrie 4.0 auf Nachfrager- und Herstellerseite erst möglich werden, und lässt nur wenig Zeit zur Reaktion. Zeit- und Termindruck werden zentrale Herausforderungen für die Logistik im Rahmen der Industrie 4.0.

Die Beschäftigten sind durch mobile Endgeräte und *Social Media* Netzwerke in das digitale System des Unternehmens eingebunden und können die Produktion auch aus der Distanz steuern. Relevante Informationen sind jederzeit und überall abrufbar<sup>11</sup>. Die Industriearbeit der Zukunft wird somit ortsunabhängig. Daraus ergibt sich die Möglichkeit Privat- und Berufsleben besser miteinander zu vereinbaren.<sup>12</sup> Die Produktionssteuerung wird auf die individuellen Belange des Menschen, beispielsweise seinen Arbeits- und Leistungsrhythmus, abgestimmt.<sup>13</sup>

Für die Unternehmen liegt der Nutzen von Industrie 4.0 in einer gesteigerten Wettbewerbsfähigkeit. Die Erfüllung individueller und spontaner Kundenwünsche wird durch das flexible sowie effiziente und dadurch kostengünstige Leistungspotenzial des Produktionssystems ermöglicht. Insgesamt vollzieht sich ein Wandel in der Geschäftstätigkeit von Unternehmen zu mehr Serviceorientierung und in arbeitsteilig ausgeführter, kooperativer Wertschöpfung mehrerer Leistungsträger.

### **2.1.2 Definition von Industrie 4.0**

Technisch gesehen entsteht die Industrie 4.0 aus sogenannten Cyber-Physischen-Systemen (CPS) auf der Basis von eingebetteten Systemen (*embedded systems*) in einer Kommunikationsinfrastruktur des Internets der Dinge und Dienste.

---

<sup>11</sup> Bundesministerium für Bildung und Forschung 2012, S. 7

<sup>12</sup> Horn 2014, S. 18; Spath et al. 2013, S. 4

<sup>13</sup> Bundesministerium für Bildung und Forschung 2012, S. 7; Kagermann et al. 2012, S. 11

*CPS sind physische Objekte, die mit einem eingebetteten System sowie Sensoren und Aktoren ausgestattet sind. Dies verleiht ihnen Intelligenz und die Fähigkeiten zur Selbststeuerung, zur Vernetzung mit anderen CPS und zur Interaktion mit ihrer Umgebung.*

CPS<sup>14</sup> sind die technische Lösung zur Verknüpfung der physikalischen und der virtuellen Welt. Als eingebettete Systeme erfassen sie mittels Sensoren unmittelbar physikalische Daten und interagieren auf dieser Grundlage aktiv oder reaktiv mit der physikalischen und der virtuellen Welt. Technisch gesehen sind eingebettete Systeme die Kombination aus Kleinstcomputern und Software, die in andere Objekte (Produkte, Materialien, Maschinen etc.) integriert sind<sup>15</sup>.

*Eingebettete Systeme sind in physische Objekte integrierte und mit Rechenleistung sowie einer IP-Adresse ausgestattete Kleinstcomputer. Sie geben dem übergeordneten CPS damit eine Identität und befähigen sie Informationen zu speichern, sich selbst zu steuern, sich mit anderen CPS zu vernetzen und sich somit mit diesen zu koordinieren.*

Als Bestandteil von Produktionsprozessen unterstützen eingebettete Systeme diesen aktiv, indem sie beispielsweise Aufträge annehmen oder weiterleiten.<sup>16</sup> Sie sind über das Internet mit den eingebetteten Systemen anderer CPS verbunden und stimmen sich mit diesen ab<sup>17</sup>. Über die digitalen Netze nutzen sie weltweit verfügbare Daten und Dienste und verfügen über eine Reihe multi-modaler Mensch-Maschine-Schnittstellen und sind damit integraler Bestandteil der Industrie 4.0. Die Vernetzung dieser CPS über offene und globale Informationsnetze<sup>18</sup> gewährleistet die Echtzeitfähigkeit der neuen industriellen Entwicklungsstufe<sup>19</sup>.

---

<sup>14</sup> Forschungsunion, Kagermann, Wahlster, Helbig (Hg.) 2012

<sup>15</sup> Simon 2013, S. 38

<sup>16</sup> Geisberger, Broy 2012, S. 24; Wolff und Schulze 2013, S. 4f; Gneuss 2014, S. 3; ACATECH, Simon 2013, S. 39; Hirsch-Kreinsen, Weyer 2014, S. 6

<sup>17</sup> Simon 2013, S. 38; Bundesministerium für Bildung und Forschung 2012, S. 6 & S.10

<sup>18</sup> VDI/VDE 2013, S. 2

<sup>19</sup> Spath et al. 2013, S. 80

Das Internet der Dinge stellt die Infrastruktur bereit, durch die die Vernetzung und Kommunikation der CPS stattfindet (siehe Abbildung 2).

*Das Internet der Dinge (und Dienste) bildet die Infrastruktur für die Vernetzung Cyber-Physischer-Systeme und ermöglicht Menschen sowie CPS den steuernden, kontrollierenden, koordinierenden sowie ortsunabhängigen Zugriff auf die eingebundenen CPS.*

Das Internet der Dinge fußt auf den folgenden Grundsätzen:

1. Speicherung individueller Information am Objekt
2. Vernetzung der Objekte
3. individuelle Entscheidungsfindung auf Basis lokal ausgewerteter Information
4. individuelle Services auf Abruf zur echtzeitnahen, ereignisorientierten Steuerung von Prozessen

**Abbildung 2: Cyber-Physisches-System und Internet der Dinge**



Quelle: eigene Darstellung

Grundlage für den beschriebenen Austausch von Informationen im Internet der Dinge ist eine Kommunikationsinfrastruktur, die zumeist durch ein Funknetz oder das Internet bereitgestellt wird<sup>20</sup>.

Über die beschriebenen technischen Lösungen werden in der Industrie 4.0 technische Prozesse mitsamt ihrer Ressourcen und (kaufmännische) Geschäftsprozesse in Unternehmen vertikal über verschiedene Unternehmensebenen hinweg sowie die Informations-, Kommunikations-, Steuerungs- und Managementsysteme miteinander verknüpft.

*Die Verknüpfung physischer, technischer Prozesse mitsamt ihrer Ressourcen mit Geschäftsprozessen über verschiedene Unternehmensebenen hinweg sowie der Informations-, Kommunikations-, Steuerungs- und Managementsysteme wird als vertikale Integration bezeichnet<sup>21</sup>. Durch diese vertikale Integration verschmelzen die reale und die virtuelle Welt miteinander<sup>22</sup>.*

Zum anderen werden die Prozesse und Ressourcen entlang der Wertschöpfungskette miteinander vernetzt. Diese Vernetzung beschränkt sich nicht nur auf einzelne Maschinen innerhalb einer Unternehmung, sondern überwindet auch Unternehmensgrenzen. Die (maschinelle) Kommunikation findet horizontal zwischen Auftraggebern und Herstellern und weiterhin innerhalb der gesamten *Supply Chain* auf allen Unternehmensebenen und -funktionen statt.

*Die Vernetzung von Prozessen und Ressourcen entlang der inner- wie überbetrieblichen Wertschöpfungskette wird als horizontale Integration bezeichnet.<sup>23</sup>*

Die horizontale und vertikale Integration sowie ihr Zusammenspiel sind in Abbildung 3 dargestellt.

---

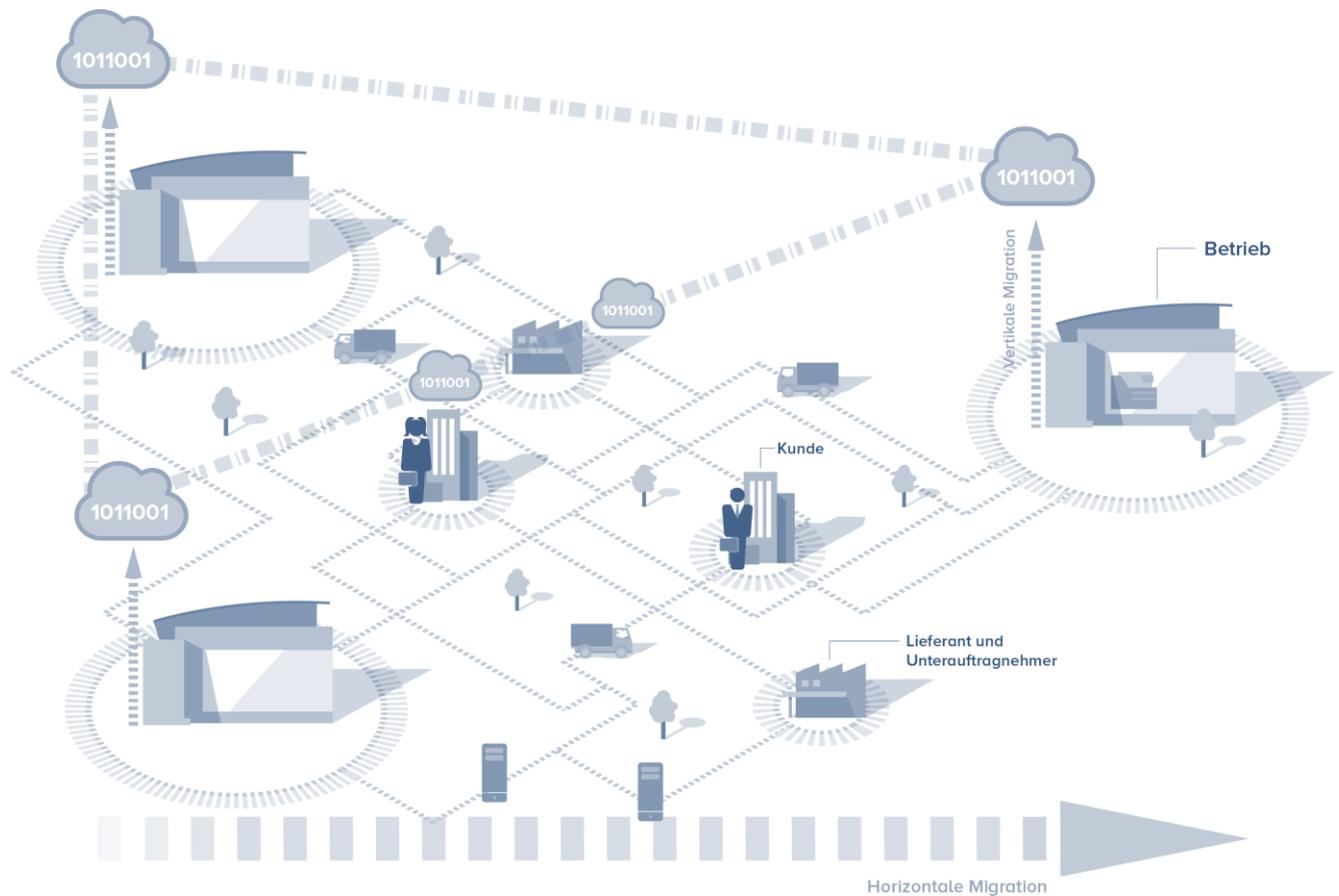
<sup>20</sup> Schumacher 2014, S. 10

<sup>21</sup> Simon 2013, S. 38; Kagermann et al. 2012, S. 10 & S. 16

<sup>22</sup> Bauernhansl et al. 2014a, S. 97

<sup>23</sup> Schumacher 2014, S. 10; Schönauer 2014b, S. 6; Kagermann et al. 2012, S. 10

Abbildung 3: Vertikale und horizontale Integration



Quelle: eigene Darstellung

Zusammenfassend ergibt sich daraus das folgende Verständnis der Industrie 4.0:

*Industrie 4.0 ist ein Metabegriff für die Weiterentwicklung der Produktions- und Wertschöpfungssysteme durch die Verknüpfung der realen und der digitalen Welt. Diese Verknüpfung entsteht durch sich selbststeuernde CPS, die mit eingebetteten Systemen ausgestattet sind. Industrie 4.0 beschreibt die vertikale (innerhalb eines Unternehmens) und die horizontale Verknüpfung dieser CPS (sowohl über mehrere Unternehmensbereiche als auch über mehrere Unternehmen entlang der Supply Chain hinweg) zur effizienten, dezentral organisierten und flexiblen Produktion von Erzeugnissen oder Durchführung von Dienstleistungen.*

## 2.2 Betrachtungsrahmen der Studie

### 2.2.1 Mittelstandsdefinition

In dieser Studie wird der deutsche Mittelstand betrachtet. Dabei beschränkt sich die Studie auf produzierende Unternehmen der Stückgutfertigung. Es werden drei Unternehmensgruppen untersucht: der industrielle Mittelstand, mittlere und in begrenzten Umfang auch kleine Unternehmen. Zusammengefasst werden die Unternehmensgruppen im Folgenden unter dem Begriff Mittelstand.

Zu den kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) zählen entsprechend der Definition der Europäischen Union Firmen bis 250 Beschäftigte.<sup>24</sup> In Deutschland gibt es zwischen den KMU und den großen Konzernen eine bedeutende Anzahl an mittelständisch geprägten Unternehmen. Aus diesem Grund wurde die EU-Definition für die Betrachtungen um die Kategorie „Industrieller Mittelstand“ erweitert. Der industrielle Mittelstand besteht aus Unternehmen mit 250-2.500 Beschäftigten. Unternehmen in diesem Bereich haben keine Konzern-, sondern mittelständisch geprägte Strukturen, sind inhabergeführt und ihre Produktion findet vorwiegend in Deutschland statt.

Der industrielle Mittelstand umfasst viele – oftmals unbekannte - Weltmarktführer (sogenannte *Hidden Champions*) und ist damit von besonderer Bedeutung für Deutschlands Wettbewerbsfähigkeit. Diese *Hidden Champions* der deutschen Industrie nehmen nicht selten eine Vorreiterrolle bei der Einführung von neuen Technologien ein. Die Studie versucht aufzuzeigen, in welchen Bereichen der industrielle Mittelstand in Bezug auf Industrie 4.0 eine Pionierfunktion übernimmt oder übernehmen sollte.

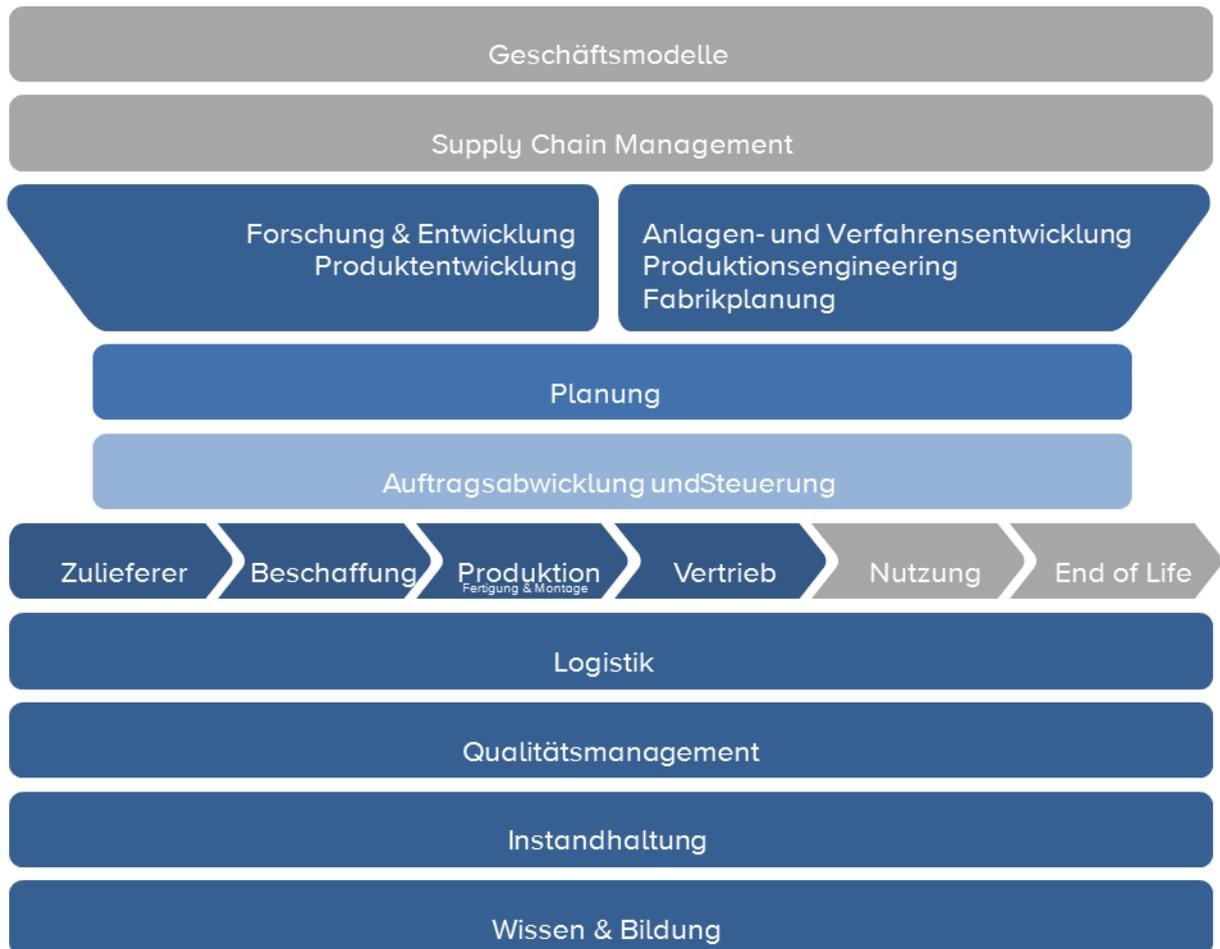
Kleine Unternehmen, d.h. Unternehmen mit weniger als 50 Mitarbeitern, werden in der Studie nur am Rande betrachtet. Wie im vorherigen Kapitel dargestellt wurde, soll Industrie 4.0 durch den Einsatz neuer Kommunikations- und Informationstechnologien (IKT) Komplexität reduzieren und hierarchisch starre Produktionsstrukturen durch flexible dezentrale Systeme ersetzen. Da kleine Unternehmen sich meist durch eine geringe Komplexität sowie eine hohe Flexibilität auszeichnen, scheint Industrie 4.0 momentan für kleine Unternehmen, auch aufgrund des technologischen Investitionsaufwands, nur geringe wirtschaftliche Potenziale zu bieten. Auf Industrie 4.0 Anwendungen, die bereits heute für kleine Unternehmen interessant sein könnten, wird jedoch im Rahmen der Studie hingewiesen.

---

<sup>24</sup> Kommission der europäischen Gemeinschaften 2003

Sowohl kleine als auch mittlere Unternehmen und der industrielle Mittelstand sind in Wertschöpfungsnetzwerke eingebunden und müssen sich ggf. an die Vorgaben von großen Unternehmen anpassen. Insofern versucht die Studie Hinweise darauf zu geben, was auf kleine und mittlere Unternehmen sowie den industriellen Mittelstand zukommen könnte.

**Abbildung 4: Betrachtungsrahmen**



Quelle: eigene Darstellung

### 2.2.2 Kern- und Unterstützungsprozesse

Die Industrie 4.0 hat, wie oben erläutert, die vertikale wie horizontale inner- und überbetriebliche Vernetzung von Ressourcen und Unternehmensprozessen zum Ziel. Die Verwendung der Prozesskette industrieller Wertschöpfung als Betrachtungsrahmen ist deshalb unerlässlich, weil die Integration der Beteiligten (Produzenten, Lieferanten, Dienstleister, Kunden etc.) in angepasste, wandlungsfähige Wertschöpfungsketten und Geschäftsprozesse eine der Kernzielsetzungen der Industrie 4.0 ist.

Aus diesem Grund wird der Betrachtungsrahmen der Studie für die Untersuchung der Einführung von Industrie 4.0 im Mittelstand weiter gefasst als die Prozesse des Produktionsbereichs. Alle weiteren Tätigkeitsbereiche, die als vorgelagerte, begleitende oder unterstützende Unternehmensfunktionen die eigentliche industrielle Wertschöpfung der Produktion erst ermöglichen, sind deshalb in die Betrachtung einbezogen (siehe Abbildung 4).

Alle diese Unterstützungsprozesse wurden als mögliche Einsatzbereiche der Industrie 4.0 verstanden. Dies betrifft beispielsweise die Aktivitäten für das *Supply Chain Management*, die integrierte Produktentwicklung, die Fabrikplanung, Planung- und Steuerung der Auftragsabwicklung, inner- und überbetriebliche Logistik, Instandhaltung sowie viele, die industrielle Wertschöpfungsprozesse des Unternehmens begleitende Dienstleistungen, z. B. im *After-Sales* oder bei der Entsorgung und Retourenabwicklung.

---

## 3 Ermittlung des Technologieangebots

Der Begriff Technologie bezeichnet sowohl die technischen Mittel als auch das Wissen und die Fähigkeiten um deren Anwendung zur Lösung technischer Problemstellungen. In diesem Kapitel werden die für die Anwendung von Industrie 4.0 wichtigen Technologien identifiziert und analysiert.

### 3.1 Vorgehensweise

Zur Bestimmung des Technologieangebots wurden zentrale nationale Studien und Thesepapiere zum Thema Industrie 4.0 ausgewertet. Die relevanten Technologien für Industrie 4.0 wurden daraus extrahiert. Im Anschluss folgte eine Zusammenfassung bzw. Clusterung der einzelnen Technologien zu Technologiefeldern. Technologiefelder repräsentieren als Oberbegriff die Technologien, die sich funktional, systemisch oder normativ gruppieren lassen. Zudem wurde eine Bewertung des Reifegrades der Technologien durchgeführt. Des Weiteren wurde eine Klassifizierung der Technologien in Basis-, Schlüssel- und Schrittmachertechnologien vorgenommen, um neben ihrem technischen Entwicklungsstand auch ihre Bedeutung für den Markt und ihr Wettbewerbspotenzial zu beurteilen.

In einem Evaluierungsworkshop mit Experten aus Wissenschaft, Wirtschaft und Politik wurden die Ergebnisse des Technologiescreenings diskutiert und geschärft.<sup>25</sup>

---

<sup>25</sup> Die Teilnehmerliste des Workshops befindet sich in Anhang 11.1.

## 3.2 Analyseergebnisse Technologiescreening

### 3.2.1 Bestimmung der relevanten Technologiefelder

Zur Bestimmung der relevanten Technologien wurden die im Anhang 0 gelisteten nationalen Studien und Positionspapiere zu Industrie 4.0 ausgewertet. Es wurden jeweils die genannten Technologie-Schlagworte extrahiert. Auf Basis dieser Schlagwortsammlung wurden eine Verdichtung zu den wichtigsten Nennungen und eine Clusterung zu relevanten Technologiefeldern durchgeführt. Ein Technologiefeld ist eine Gruppierung von Technologien, welche zur Realisierung eines Internet der Dinge oder Cyber-Physischen Systems als technische Grundlagen der Industrie 4.0 notwendig sind. Als Gruppierungskriterium dienten sowohl die Funktion (Kommunikation und Mensch-Maschine-Schnittstelle), die Art der Technologie im Sinne eines systematischen Überbegriffs (Sensorik, Aktorik, Softwaresystemtechnik und *Embedded Systems*) sowie die Querschnittsfunktion Standard und Normung. Die Realisierung von Lösungen der Industrie 4.0 erfordert meist die Zusammenführung von Anwendungen mehrerer Technologiefelder – Beispiel "Vernetzte Sensorik": Um Sensoren miteinander vernetzen zu können, muss neben einer bestimmten Sensor-Technologie auch eine Technologie aus dem Technologiefeld "Kommunikation" genutzt werden. So könnten die Sensoren beispielsweise mittels echtzeitfähigen Bus-Systemen oder über Unternehmensgrenzen hinweg mittels des Internetprotokolls IPv6 vernetzt werden.

Insgesamt wurden sechs Technologiefelder der Industrie 4.0 sowie das Querschnitts-Technologiefeld „Standards und Normierung“ identifiziert (Abbildung 5).



Abbildung 5: Übersicht der Technologiefelder und der zugehörigen Technologien



Quelle: eigene Darstellung

- Technologiefeld KOMMUNIKATION: Kommunikationstechnologien sind die Basis zur Vernetzung von CPS in einer Infrastruktur des Internets der Dinge. Drahtloser wie drahtgebundener Datenaustausch zwischen den einzelnen Teilnehmern ist dafür die Basis. Im Bereich der drahtlosen Kommunikation stehen die Basistechnologien der Funkvernetzung, z. B. WLAN, *Radio Frequency (RF)*, *Nearfield Communication (NFC)*, natürlich zur Verfügung. In Zukunft bestehen die Anforderungen in der notwendigen hohen Verfügbarkeit, Datentransferleistung und IT-Sicherheit dieser Netze. Auch im Bereich intelligenter und effizienter Kommunikationsprotokolle und -algorithmen besteht noch Bedarf, um Kommunikationsengpässe oder Störungen zu vermeiden, zum

Beispiel bei der Funk-Kommunikation von 20.000, 50.000 oder mehr selbstorganisierten Behältern mit der autonomen Lagertechnik in einem intelligenten Behälterlager oder in der *Machine-to-Machine* Kommunikation.

- Technologiefeld SENSORIK: Das Technologiefeld „Sensorik“ beinhaltet einzelne Technologien zur Informationsgewinnung als Bestandteil von CPS. Im Bereich der Sensorik haben sich in den letzten Jahren unterschiedliche Technologien etabliert und gelten als Marktstandard. Sensorik wird in jedem CPS genutzt, um Informationen über den Zustand der Maschine, der Umgebung sowie über die Prozessausführung und das Werkstück selbst zu erlangen. Vor allem für die Technologiefelder Softwaresystemtechnik und Aktorik stellt die Sensorik relevante Daten zur Ermittlung des aktuellen oder zukünftigen Verhaltens zur Verfügung.
- Technologiefeld EINGEBETTETE SYSTEME: Das Technologiefeld "Eingebettete Systeme" führt die Entwicklung von Hardware mit Sensorik und integrierter intelligenter Datenverarbeitungs- und Steuerungslogik zusammen und ist in diesem Sinne als eigenständige Technologie zu werten.
- Technologiefeld AKTORIK: Im Technologiefeld „Aktorik“ befinden sich Technologien, welche CPS befähigen, auf ihre physische Umwelt einzuwirken, indem sie sich bewegen, auf Änderungen mechanisch einstellen oder Dinge eigenständig handhaben. Um auf die Umgebung, den veränderten Prozess oder die Mitarbeiterinteraktion reagieren zu können, müssen CPS mit Aktorik ausgestattet sein. Dieses Technologiefeld betrifft vorwiegend Antriebselemente, die elektronischen Signale in mechanische Bewegung oder andere physikalische Größen (z. B. Druck oder Temperatur) umsetzen. In Zukunft werden diese Antriebselemente mit mehr Intelligenz ausgestattet, um komplexere und reaktionsfähigere Regelungen zu realisieren. Technologien des Technologiefelds "Aktorik" werden in Industrie 4.0 Lösungen meist in Kombination mit Technologien der Felder Sensorik, Softwaresystemtechnik, Eingebettete Systeme oder Kommunikation eingesetzt.

- 
- Technologiefeld MENSCH-MASCHINE-SCHNITTSTELLE: Auch, oder vor allem, der Mensch spielt in der Industrie 4.0 für die Aufgaben der Überwachung, Steuerung und Störungsbehebung aufgrund seiner hohen Flexibilität und Wandlungsfähigkeit eine gewichtige Rolle. Durch die zunehmende Komplexität der technischen Gewerke und der Prozesse, muss der Mensch in seiner Arbeit durch neue Technologien unterstützt werden. Das Technologiefeld "Mensch-Maschine-Schnittstelle" gruppiert Technologien, die dieses Ziel verfolgen. Elemente aus den Feldern Sensorik, Kommunikation und Eingebettete Systeme sind häufig Basiselemente der hier angesprochenen Technologien.
  
  - Technologiefeld SOFTWARESYSTEMTECHNIK: Softwaresystemtechnik ist ein Technologiefeld, welches verschiedene Technologien gruppiert, die eine Datenverarbeitung ermöglichen, um Automatisierung oder Autonomie zu erzeugen. Dabei sind es auf der einen Seite Technologien, mit denen sich dezentrale Steuerung von CPS realisieren lassen, welches eines der Hauptziele der Industrie 4.0 ist, und zum anderen sind es Technologien, die eine Verarbeitung von großen Datenmengen oder eine Modularisierung von Software in der *Cloud* ermöglichen. Gerade im letzteren Technologiesektor werden in Zukunft eine Vielzahl neuer Geschäftsmodelle und Systemlösungen erwartet. Dieses Technologiefeld hat Schnittmengen mit allen anderen Technologiefeldern, da sowohl eine zunehmende Intelligenz der einzelnen Komponenten eines CPS als auch die Vernetzung von CPS und deren Komponenten in verschiedenen Formen aus Software bestehen oder dieselbige beeinflussen bzw. steuern.
  
  - Querschnittstechnologiefeld STANDARDS und NORMUNG: Standards und Normen betreffen vor allem die Kommunikation und durchgängige Datenerfassung über Unternehmensgrenzen hinweg. Hierunter fallen die Identifikation, Ereignis- und Zustandserfassung mit AutoID- und Sensortechnologien für Waren und Objekte entlang der Lieferkette oder mit Steuerungssystemen und dem Menschen sowie die Kommunikation von Maschinen und anderen Betriebs- und Arbeitsmitteln untereinander und die strukturierte Beschreibung von Produktdaten und Produktkatalogen mittels geeigneter semantischer Kategorien. All dies ist Basis für die in Zukunft prägende Serviceorientierung auf allen Ebenen, in denen die oben genannten Objekte oder Daten zu Geschäftsobjekten von Dienstleistungsprozessen in offenen service-orientierten IT-

Systemen werden. Betroffen von Standardisierung und Normierungsbestrebungen ist gleichwohl auch Hardware, wie beispielsweise international standardisierte intelligente Logistikobjekte mit durchgängig verwendbaren Ident-Technologien (Bsp. Pool-Behälter).

---

### 3.2.2 Reifegrad der identifizierten Technologien

Da Industrie 4.0 Anwendungen in der Regel aus unterschiedlichsten Technologien bestehen, ist die Betrachtung der technischen Reifegrade der Einzeltechnologien entscheidend, um eine Aussage zur Umsetzbarkeit der Lösungen vornehmen zu können. Letztendlich müssen die Einzeltechnologien einen annähernd gleich hohen Reifegrad aufweisen, um die Gesamtanwendung zu realisieren.

Die Basis für die Reifegradbewertung der identifizierten Technologien ist das von der NASA<sup>26</sup> entwickelte und heute in der EU-Forschung<sup>27</sup> etablierte System zur Einstufung des technologischen Reifegrades über ein zehnstufiges *Technology Readiness Level* Modell. In den unterschiedlichen Ebenen wird dabei von der Beobachtung von Trends und der Identifikation zukunftsweisender Technologien (TRL 0) bis hin zum qualifizierten System mit dem Nachweis des erfolgreichen Einsatzes (TRL 9) unterschieden.

Wichtigstes Kriterium ist dabei die zeitliche Nähe zum Markt bzw. zur Markteinführung. Dieses Modell bewertet dabei nicht das Marktpotenzial, sondern nur die zeitliche Dimension bis zur Marktreife. Die im Rahmen dieser Studie vorgenommene Zuordnung von Technologien zu den TRL Klassen beruht auf Experteneinschätzungen, welche durch Vertreter aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik validiert wurden. Die Einstufung der einzelnen Technologie in die *Readiness Level* ist nicht immer trennscharf möglich. Dies ist einerseits durch teilweise vorhandene Bandbreite in den Technologien selbst bedingt (Beispiel Fernwartung - hierbei kann es sich um einfache Technologien handeln, die z. B. das Quittieren von Fehlercodes oder das Übertragen von Softwareupdates ermöglichen. Gleichzeitig zählen auch Service Roboter zu dieser Technologie, die komplexe Wartungsaufgaben übernehmen). Andererseits ist die Unschärfe durch den durchaus unterschiedlichen Stand der Grundlagen-, Evaluierungs- und Implementierungsprojekte begründet (Beispiel: IT-Sicherheit - hier sind Technologien bekannt und bewährt, die effektive Anwendung auf sehr ressourcenbeschränkte Systeme aber noch in der Entwicklung). Insgesamt wurden deshalb in der Einordnung der Reifegrade jeweils drei *Technology Readiness Level* zusammengefasst. Hier können die Phasen Grundlagenentwicklung, Entwicklungs- und Evaluierungsphase und Implementierung (einschließlich Techno-

---

<sup>26</sup> Markins 1995

<sup>27</sup> Horizon 2020- Workprogramme 2014 - 2015

logietransfer) unterschieden werden. Abbildung 6 zeigt die Einordnung der Einzeltechnologien in die drei Readiness Level Phasen.

Die Analyse der Reifegrade der Technologien zeigt, dass sich ein nicht unwesentlicher Teil der für Industrie 4.0 notwendigen Technologien noch in der Grundlagenphase (TRL 1-3) befindet, das heißt, hier sind noch erhebliche Forschungs- und Entwicklungsbedarfe vorhanden. Beispielsweise im Technologiefeld Kommunikation zählen die echtzeitfähigen Bus-Technologien zum Stand der Technik, bei der drahtlosen echtzeitfähigen Kommunikation dagegen sind noch signifikante Forschungsaktivitäten notwendig, um diese Technologie zur Marktreife zu entwickeln. In den Technologiefeldern Aktorik und Sensorik, eigentlich technische Standardelemente im Maschinen- und Anlagenbau, gibt es im relevanten Bereich für die Industrie 4.0 im Prinzip keine implementierungsfähigen Technologien. Auch hier besteht noch Entwicklungsbedarf, um Industrie 4.0 in der betrieblichen Praxis einzusetzen.

Technologien, die sich unterhalb von TRL 4 befinden, sind für mittelständische Unternehmen, die als Technologieentwickler diese Technologien nutzen bzw. entwickeln möchten, um damit Produktinnovationen zu erzielen, problematisch. In diesen Fällen sind die durch F&E zu erzielenden Fortschritte und die Zeitspanne bis zur Marktreife der Technologie noch groß. Mittelständische Unternehmen können diese Phase mit eigenen Mitteln in der Regel nicht überbrücken. Die Rolle als Technologieentwickler ist für den Mittelstand attraktiv, wenn zeitnahe Marktchancen mit der F&E Aktivität verbunden sind und Investitionsrisiken minimiert. Dies ist bei den Technologien ab TRL 7 der Fall.

Abbildung 6: Einordnung der Technologien nach *Technology Readiness Level*

|                               | Technologien mit TRL 1-3<br>(Grundlagen)  | Technologien mit TRL 4-6<br>(Evaluierung)  | Technologien mit TRL 7-9<br>(Implementierung)   |
|-------------------------------|---|--|---|
| Kommunikation                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Echtzeitfähige drahtlose Kommunikation</li> <li>Selbstorganisierende Kommunikationsnetze</li> </ul>                          |  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Echtzeitfähige Bus-Technologie</li> <li>Drahtgebundene Hochleistungs-Kommunikation</li> <li>Mobile Kommunikationsnetze</li> <li>IT-Sicherheit</li> </ul>     |
| Sensorik                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>Miniaturisierte Sensorik</li> <li>Intelligente Sensorik</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sensorfusion</li> <li>Vernetzte Sensorik</li> <li>Neuartige Sicherheitssensorik</li> </ul>  |   |
| Eingebettete Systeme          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Miniaturisierte eingebettete Systeme</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Energy Harvesting</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Intelligente eingebettete Systeme</li> <li>Identifikationsmittel</li> </ul>  |
| Aktorik                       |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Intelligente Aktoren</li> <li>Vernetzte Aktoren</li> <li>Sichere Aktorik</li> </ul>   |   |
| Mensch-Maschine Schnittstelle | <ul style="list-style-type: none"> <li>Verhaltensmodelle des Menschen</li> <li>Kontextbasierte Informationspräsentation</li> <li>Semantik-Visualisierung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sprachsteuerung</li> <li>Gestensteuerung</li> <li>Wahrnehmungsgesteuerte Schnittstellen</li> <li>Fernwartung</li> <li>Augmented Reality</li> <li>Virtual Reality</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Intuitive Bedienelemente</li> </ul>  |
| Softwaresystem-technik        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Simulationsumgebungen für Industrie 4.0</li> <li>Multikriterielle Situationsbewertung</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Multi-Agenten-Systeme</li> <li>Maschinelles Lernen und Mustererkennung</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Big-Data Speicher und – Analyseverfahren</li> <li>Cloud-Computing</li> <li>Cloud-Dienste</li> <li>Ontologien</li> <li>Mobile Kommunikationskanäle</li> </ul> |

Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 6 bietet dem Mittelstand eine Übersicht, welche Technologien sich auf welchem TRL-Niveau befinden.

Anders stellt sich die Situation für die Anwender von Industrie 4.0 dar. Hier geht es vorrangig um Prozessinnovationen im eigenen Betrieb oder um Geschäftsprozess- oder Dienstleistungsinnovationen auf der Basis von Industrie 4.0 Technologien. Hier wird der Großteil des Mittelstandes auf den Zukauf der Technologie und des Know-hows angewiesen sein, was marktreife Lösungen erfordert. Bezüglich Prozessinnovationen steht deshalb die Frage im Vordergrund, welche Anwendungen von Industrie 4.0 Technologien für den Mittelstand relevant sind. Hierzu liefert das Kapitel 7 die Antwort.

### 3.2.3 Eingruppierung nach wirtschaftlichen Potenzialen

Die Eingruppierung in Basis-, Schlüssel- und Schrittmachertechnologien (vgl. Abbildung 7) soll in Ergänzung zur Bestimmung der technologische Reife (TLR), Aussagen über die wirtschaftlichen Potenziale von Neu- und Weiterentwicklungen einzelner Technologien ermöglichen.

Abbildung 7: Einordnung der Technologien nach wirtschaftlichen Potenzialen

|                               | Basistechnologien   | Schlüsseltechnologien   | Schrittmachertechnologien  |
|-------------------------------|---|---|--|
| Kommunikation                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Echtzeitfähige Bus-Technologie</li> <li>Mobile Kommunikationskanäle</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Drahtgebundene Hochleistungs-Kommunikation</li> <li>IT-Sicherheit</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Echtzeitfähige drahtlose Kommunikation</li> <li>Selbstorganisierende Kommunikationsnetze</li> </ul>   |
| Sensorik                      |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Miniaturisierte Sensorik</li> <li>Intelligente Sensorik</li> <li>Sensorfusion</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vernetzte bzw. vernetzbare Sensorik</li> <li>Neuartige Sicherheitssensorik</li> </ul>   |
| Eingebettete Systeme          | <ul style="list-style-type: none"> <li>Identifikationsmittel</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Intelligente eingebettete Systeme</li> <li>Miniaturisierte eingebettete Systeme</li> <li>Energy-Harvesting</li> </ul>  |  |
| Aktorik                       |   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Intelligente Aktoren</li> <li>Sichere Aktorik</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Vernetzte Aktoren</li> </ul>  |
| Mensch-Maschine Schnittstelle | <ul style="list-style-type: none"> <li>Intuitive Bedienelemente</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>Sprachsteuerung</li> <li>Gestensteuerung</li> <li>Fernwartung</li> <li>Augmented-Reality</li> <li>Virtual Reality</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>Wahrnehmungsgesteuerte Schnittstellen</li> <li>Verhaltensmodelle des Menschen</li> <li>Kontextbasierte Informationspräsentation</li> <li>Semantik-Visualisierung</li> </ul> |
| Softwaresystem-technik        | <ul style="list-style-type: none"> <li>Web Services bzw. Cloud-Dienste</li> <li>Ontologien</li> </ul>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Multi-Agenten-Systeme</li> <li>Maschinelles Lernen und Mustererkennung</li> <li>Big-Data Speicher- und Analyseverfahren</li> <li>Cloud-Computing (inkl. Speicher und Zugriffsverfahren)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>Simulationsumgebung</li> <li>Multikriterielle Situationsbewertung</li> </ul>  |

Quelle: eigene Darstellung

Technologien mit einem großen (Wettbewerbs-)Potenzial bezüglich der Marktwirkung und/oder der Realisierung neuer Geschäftsmodelle sind bei den Schrittmacher- und Schlüsseltechnologien zu finden. Schrittmachertechnologien befinden sich noch in der Entstehungsphase, aktuelle wissenschaftliche Erkenntnisse werden in neue Problemlösungen umgesetzt. Sie besitzen für die Unternehmen, die diese Technologie beherrschen, hohes wirtschaftliches Potenzial und können somit einen wesentlichen Einfluss auf die positive Entwicklung des Unternehmens nehmen.

Schlüsseltechnologien sind solche Technologien, die sich auf dem Markt durchgesetzt haben. Sie stellen einen festen Bestandteil des Technologiespektrums einer Branche dar, der allerdings nicht allen Wettbewerbern zugänglich ist. Ihre Beherrschung beeinflusst demnach

---

signifikant die Wettbewerbschancen eines Unternehmens. Basistechnologien hingegen sind Technologien, deren Marktpotenzial bereits stark ausgeschöpft ist und die kein besonders exklusives Anwenderwissen (mehr) voraussetzen. Somit ist die Einflussnahme von Basistechnologien auf neue Technologien und den Wettbewerb, insbesondere als Alleinstellungsmerkmal von Unternehmen, gering. Gleichwohl ist die Beherrschung der Basistechnologien ein Quasi-Standard des Marktes. Unternehmen, welche die Basistechnologien ihrer Branche nicht mehr beherrschen, fallen wettbewerbsmäßig zurück. Insofern besteht auch bezüglich der Basistechnologien der Industrie 4.0 die Notwendigkeit zur Einführung in mittelständischen Unternehmen.

Der Erfolg der Industrie 4.0 zur Stärkung des Industriestandorts Deutschland hängt davon ab, ob es den deutschen Unternehmen gelingt, durch Beherrschung der Schlüsseltechnologien einen Wettbewerbsvorteil im globalen Wettbewerb zu schaffen. Gleichzeitig sollten Schrittmachertechnologien in die Gruppe der Schlüsseltechnologien überführt werden, damit sowohl die technologischen Hindernisse geringer werden als auch neue Geschäftsmodelle und industrielle Prozesse realisiert werden können. Anwendungen der Industrie 4.0 kombinieren meist mehrere Schlüssel- und Schrittmachertechnologien sowie auch Basistechnologien. Bei der Entwicklung neuer Anwendungen der Industrie 4.0 (vgl. Roadmap Kap. 8) sollten die Technologien deshalb differenziert nach ihrer technischen Reife und ihrem Wettbewerbspotenzial berücksichtigt werden.

Die Einordnung der Technologien in die Klassen befähigt den Mittelstand ohne intensiven Aufwand eine Analyse des eigenen Produktportfolios und die Einleitung unternehmensinterner, strategischer Maßnahmen durchzuführen. Hier ist insbesondere die richtige Kombination aus technologischer Reife und wirtschaftlichem Potenzial zu beachten, denn nicht jede Technologie, die sich auf dem Weg zur technischen Marktreife befindet, verspricht die monetären Erfolgchancen, die einen schnellen Rückfluss von Entwicklungsaufwänden sicherstellt.

## 4 Bestandsanalyse Forschungs- und Fördermaßnahmen

Im Mittelpunkt dieses Kapitels steht der inhaltliche Beitrag zur Entwicklung und Verbreitung von Industrie 4.0 durch Forschungsprojekte. Die im Rahmen der Recherche erfassten Projekte im Kontext von Industrie 4.0 wurden in zweierlei Hinsicht ausgewertet. Zum einen erfolgte eine thematische Analyse der im Anhang 11.10 gelisteten Projekte mit dem Ziel, die Schwerpunkte der aktuellen Forschungsförderung festzustellen. Zum anderen wurden Rahmenbedingungen und Teilnahmevoraussetzungen der existierenden Förderprogramme und -instrumente vor dem Hintergrund ihrer Eignung für den Mittelstand untersucht.

Des Weiteren wurden aus den Forschungsfeldern verschiedene Industrie 4.0 Funktionsbereiche hergeleitet, die für die anschließende Betrachtung der Marktnachfrage seitens mittelständischer Unternehmen relevant sind (siehe Kapitel 7).

### 4.1 Ergebnisse und Rahmenbedingungen

#### 4.1.1 Auswahlkriterien

Betrachtungsgegenstand waren insbesondere Forschungsförderprogramme, deren Förderziele explizit Anwendungen in der industriellen Produktion adressieren und hierfür speziell Industrie 4.0-bezogene Lösungsansätze fordern. Das Suchfeld wurde dabei auf Forschungsprojekte eingeschränkt, die über Bundes- oder Ländermittel bezuschusst werden und deren Projektende entweder nicht länger als ein Jahr zurückliegt oder die sich aktuell in Bearbeitung befinden. Gegebenenfalls bereits bewilligte Projekte noch nicht geschlossener Ausschreibungen wurden dann nicht betrachtet, wenn zum Zeitpunkt der Erarbeitung dieser Studie die Projektbeschreibung noch nicht veröffentlicht wurde.

#### 4.1.2 Informationsquellen

Informationen zu den Forschungsprogrammen und ihren geförderten Projekten finden sich in unterschiedlichen Quellen. Hauptinformationsquelle stellte im Rahmen dieser Studie die sogenannte Förderdatenbank dar, die auf der Internetseite des BMWi zugänglich ist. Dort werden Förderprogramme des Bundes, der Länder und der EU mit kurzen Programmsteckbriefen veröffentlicht. Zusätzliche Informationen über die Inhalte der Forschungsprojekte befinden sich in unterschiedlicher Aufbereitung und Qualität auf den Internetseiten der Projektträger,

---

der Fördermittelgeber sowie der Fördermittelnehmer. Häufig sind eigens für ein Forschungsprogramm, aber auch für einzelne Projekte, Internetseiten veröffentlicht, auf die im Rahmen der Studie zur Informationsbeschaffung zurückgegriffen wurde. Für ausgewählte Förderprogramme, speziell für das Themenfeld Industrie 4.0, existieren zudem Zusammenfassungen in Broschüren. Die persönliche Kontaktaufnahme mit den Ansprechpartnern einzelner Programme oder Projekte stellte eine weitere Form der Informationsgewinnung dar.

#### **4.1.3      Projektrecherche**

Die Projekte folgender Programme wurden recherchiert:

- AUTONOMIK – autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand
- AUTONOMIK für Industrie 4.0
- Forschung für die Produktion von morgen
- IKT 2020
- microTec Südwest – *Smart Systems Integration (SSI)* – Robuste & effiziente Sensorik (RES) und
- der Spitzencluster Wettbewerb *it's OWL*

Die einzelnen Programme werden in Annex 11.3 als Steckbriefe vorgestellt. Für das Forschungsprogramm „Industrie 4.0 – Forschung auf dem betrieblichen Hallenboden“ liegen zum Zeitpunkt der Berichtserstellung noch keine Informationen über bewilligte Projekte vor. Das Programm wird deshalb nur auf Programmebene im Programmsteckbrief, jedoch nicht auf der Ebene einzelner Projekte berücksichtigt.

Folgende allgemeine Informationen zu den einzelnen Projekten wurden zur weiteren Auswertung erfasst:

- Titel des Forschungsprojektes
- Kurzbeschreibung des Forschungsprojektes
- Name des Fördermittelgebers
- Name des Projektträgers
- Datum des Projektstarts, Datum des Projektendes und Projektlaufzeit

- Fördervolumen
- Projektvolumen
- die entsprechende Klassenbezeichnung der Leistungsplansystematik des Bundes
- sowie eine Kurzbeschreibung des adressierten Themas

---

## 4.2 Ergebnisse der Forschungs- und Förderuntersuchung

Zur Bestimmung der Schwerpunkte der Forschung wurden die Kurzbeschreibungen der Projekte mit thematischen Schlagworten versehen und diese anschließend in einem zweistufigen Clusterverfahren zu den Forschungsfeldern konsolidiert. Diese Verdichtung zu Forschungsfeldern zeigt, zu welchen scherpunktmäßigen Themen im Rahmen der Forschungsförderung der Industrie 4.0. gearbeitet wird. Die Auswertung wurde sowohl in Hinsicht der Anzahl der Projekte als auch des Forschungsvolumens in Euro vorgenommen.

### 4.2.1 Thematische Schwerpunkte der Forschungsförderung

Die Auswertung zeigt, dass 35 von 100 Projekten sich mit Autonomen Systemen beschäftigen. Damit sind Autonome Systeme das stärkste Forschungsfeld der Industrie 4.0 in der aktuellen Forschungsförderung.

Es folgen Projektaktivitäten im Forschungsfeld Hardware-Entwicklung. Hier werden vorrangig Sensorikkomponenten, Komponenten für Cyber-Physische Produktionsanlagen und weitere Komponenten für Betriebs- und Arbeitsmittel, wie z. B. Antriebslösungen, entwickelt. Assistenz- und Visualisierungssysteme mit *Augmented Reality* bilden einen weiteren Schwerpunkt innerhalb der Top 3 der aktuellen Forschungsförderung, wenn die Anzahl der Projekte pro Forschungsfeld betrachtet werden (siehe Abbildung 8).

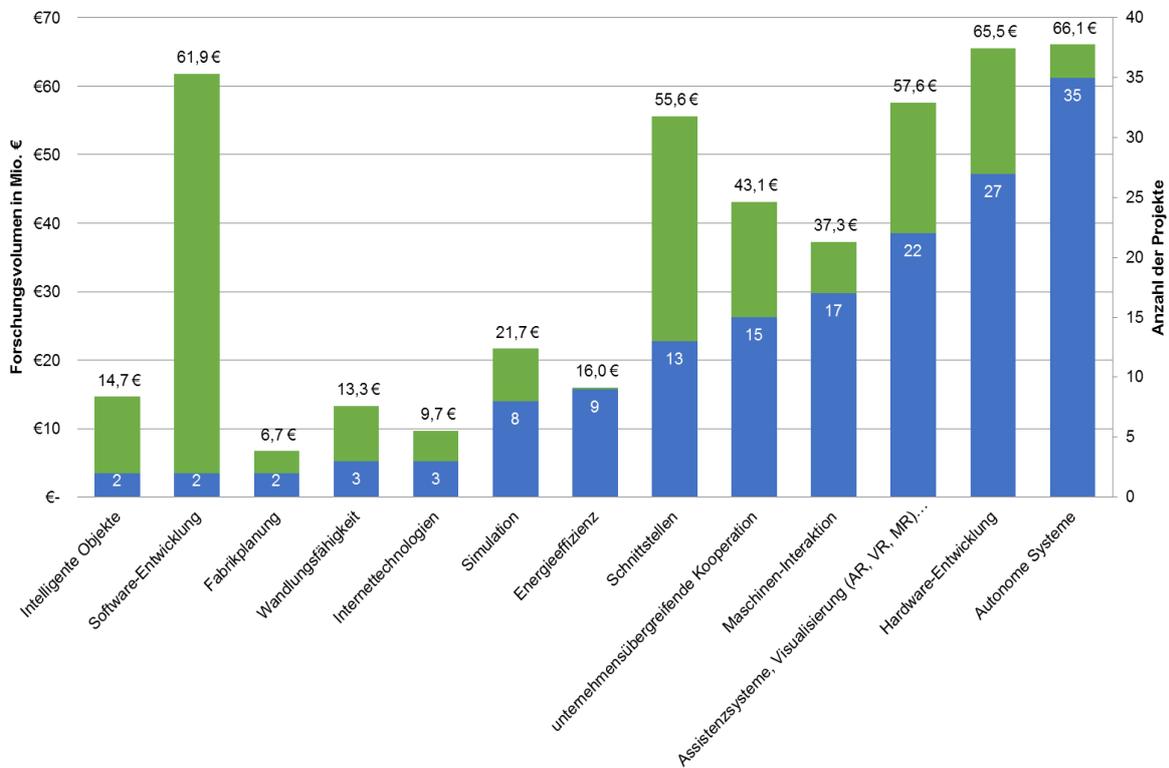
Die Auswertung der thematischen Schwerpunkte hinsichtlich der zugeteilten Fördermittel verändert das Bild grundsätzlich nicht. Es rücken jedoch vereinzelt Forschungsfelder nach vorne, wie die Entwicklung von Programmierwerkzeugen. Hier handelt es sich um die Förderung sehr weniger, aber dafür sehr großvolumiger Softwareentwicklungsprojekte (siehe Abbildung 8).

Weiterhin untersucht wurde die Berücksichtigung der in Kapitel 3.2.1 identifizierten Technologiefelder in den betrachteten Forschungsprojekten. Aus dem Analyseergebnis in Abbildung 9 ist ersichtlich, dass alle Technologiefelder in den Forschungsprojekten bearbeitet werden.

Herausgehoben erscheint das Technologiefeld „Softwaresystemtechnik“, dem nahezu die Hälfte der Fördermittel zugeschrieben wird. Dies unterstreicht die Relevanz von Software für Vorhaben der Industrie 4.0. Weiterhin erhalten die Technologiefelder „Eingebettete Systeme und Sensorik“ als technische Kernbestandteile der Industrie 4.0 sowie „Standards und Normierung“ die nächstgrößten Fördersummen. Insgesamt zeichnet sich – abgesehen von dem dominierenden Anteil der Softwaresystemtechnik – ein ausgeglichenes Bild ab, welches die

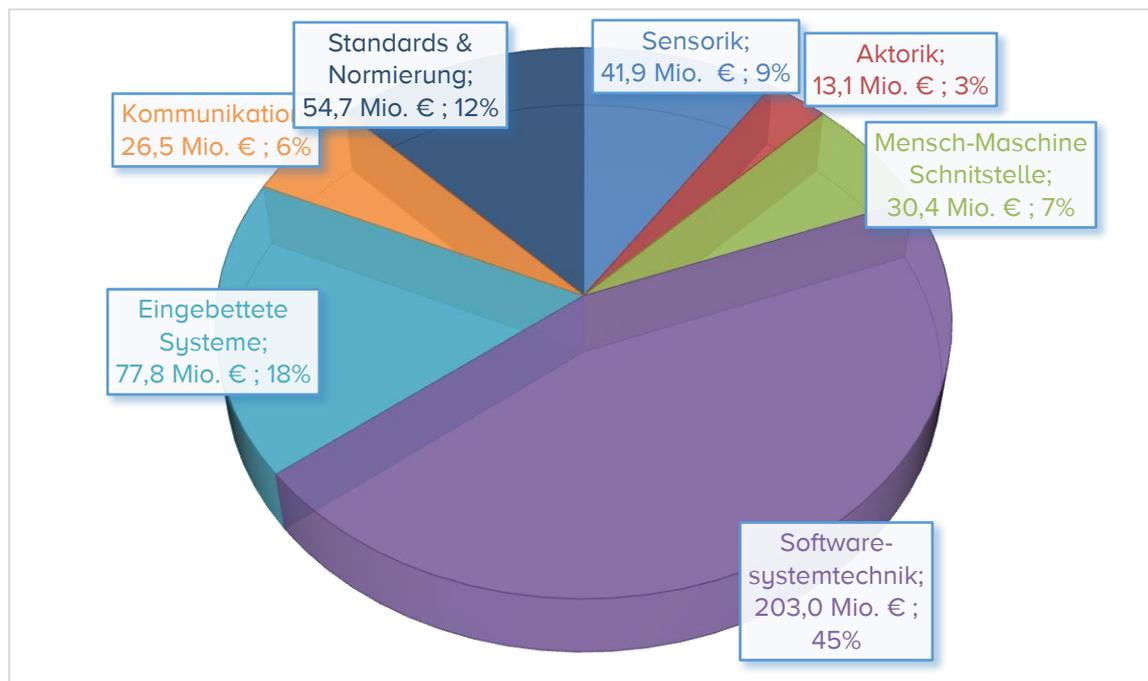
Rolle der Technologiefelder für die Industrie 4.0 in der aktuellen Phase der Entwicklung gut reflektiert.

**Abbildung 8: Forschungsvolumen und Anzahl der Projekte je Forschungsfeld**



Quelle: eigene Darstellung

**Abbildung 9: Fördervolumen pro Technologiefeld**



Quelle: eigene Darstellung

---

Um Missverständnissen bei der Interpretation der Grafiken vorzubeugen, sei nochmals darauf verwiesen, dass die Abbildung 8 das Ergebnis der thematischen Verschlagwortung der untersuchten Forschungsprojekte ist. Die identifizierten Forschungsfelder sind themenorientiert und geprägt durch die Arbeitsziele der Forschungsprojekte. Die Technologiefelder wurden aus der Verschlagwortung der extrahierten Technologiebegriffe aus relevanten Studien und Papieren zur Industrie 4.0 abgeleitet – sie basieren daher auf einer rein technischen Betrachtungsweise. Forschungs- und Technologiefelder sind daher nicht deckungsgleich.

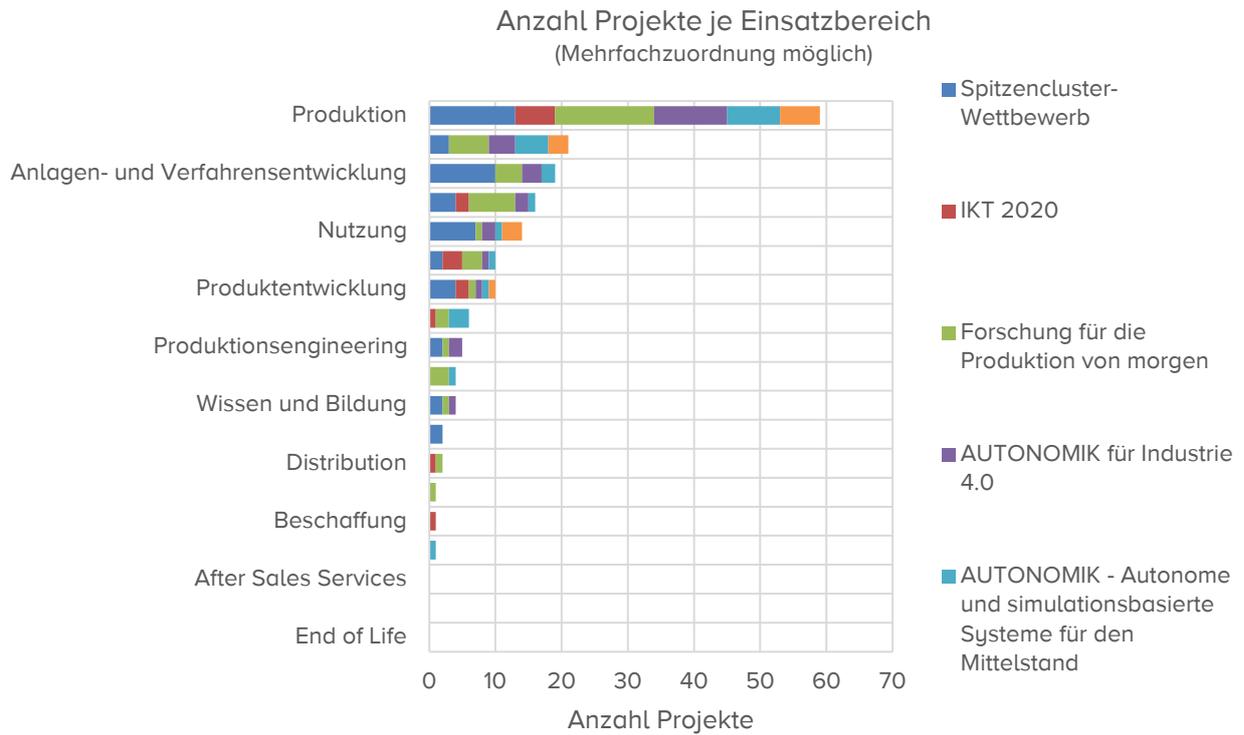
#### **4.2.2 Forschungsintensität nach Einsatzbereichen in Unternehmen**

Zur Feststellung der Einsatzbereiche im Unternehmen wurde der in Kapitel 2.2.2 vorgestellte Betrachtungsrahmen mit seinen Kern- und Unterstützungsaktivitäten herangezogen und die Forschungsprojekte diesen zugeordnet. Aus dieser Analyse kann festgestellt werden, in welchen Bereichen eines Unternehmens, also beispielsweise in der Produktion, der Logistik, der Instandhaltung oder der Produktentwicklung, das jeweilige Projektergebnis eingesetzt werden soll.

Die Zuordnung der Forschungsprojekte zu den Einsatzbereichen im Unternehmen zeigt, dass ein Großteil der Projektergebnisse im Bereich der Produktion zum Einsatz kommen soll (siehe Abbildung 10 und Abbildung 11). Rund zwei Drittel der Projekte und nahezu die Hälfte der Fördermittel fokussieren diesen Unternehmensbereich. Erst mit beträchtlichem Abstand folgen die innerbetriebliche und außerbetriebliche Logistik, die Entwicklung von Produktionsanlagen und -verfahren sowie die Verbesserung von Produktionsplanung und -steuerung. Projekte, die sich explizit mit der Zusammenarbeit mit Zulieferern oder der *End-of-Life*-Phase der Produkte im Sinne von Konzepten z. B. für *After-Sales* Dienstleistungen, Recycling oder Wiederverwendung beschäftigen, waren in den betrachteten Forschungsprogrammen nicht zu finden. Die Phase der Produktnutzung, z. B. mit Lösungen zur Übermittlung von Betriebsdaten, wird teilweise adressiert, jedoch nur in geringem Maße. Projekte, welche die Beschaffung oder die Distribution adressieren, haben ebenfalls einen geringen Anteil.

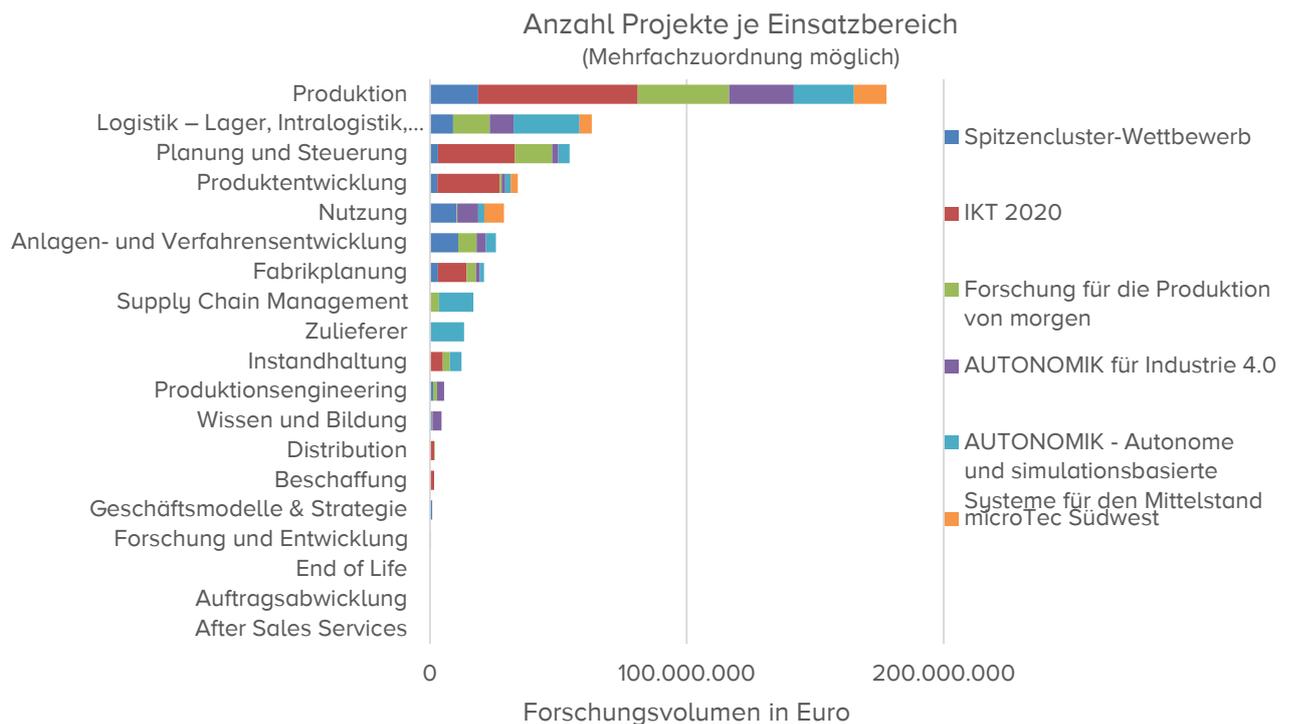
Es lässt sich festhalten, dass die Projekte der aktuellen Forschungsförderung ihre Anwendung zunächst im direkten Produktionsumfeld finden werden. Dies ist naheliegend, da die Idee der Produktion als *Smart Factory* gedankliche Keimzelle der Industrie 4.0 ist. Konsequenterweise wird sich die Industrie ausgehend von diesem Nukleus im Produktionsbereich entwickeln.

Abbildung 10: Anzahl der Forschungsprojekte nach Einsatzbereichen



Quelle: eigene Darstellung

Abbildung 11: Forschungsvolumen in Euro nach Einsatzbereichen



Quelle: eigene Darstellung

---

### 4.3 Auswertung der Industrie 4.0 Förderprogramme

Die untersuchten Industrie 4.0 Förderprogramme adressieren kleine und mittelständische Unternehmen teils schwerpunktmäßig, teils ist die Teilnahme erwünscht, aber nicht Voraussetzung. Häufig ist der Zugang zu den Programmen für Großunternehmen oder Forschungseinrichtungen leichter als für kleine und mittlere Unternehmen (KMU), da – auch wenn der formelle Aufwand für KMU unter Umständen reduziert ist – die Antragstellung Ressourcen erfordert und häufig administratives Detailwissen voraussetzt.<sup>28</sup> Die Bildung von Konsortien kann helfen, den Aufwand für KMU zu reduzieren. Allerdings ist die Initiierung solcher Konsortien für KMU wiederum schwierig zu organisieren und durchzuführen. Insbesondere das Clusterformat eignet sich gut, um KMU Zugang zu Forschungsprogrammen des Bundes zu verschaffen. Allerdings sind die Unternehmenscluster regional und thematisch limitiert, so dass nur ein Teil der KMU erreicht wird.

Die Forschungsprogramme des BMWi und BMBF adressieren Industrie 4.0-Themen direkt und weisen so eine durchgehend hohe Relevanz auf. Die Förder- und Forschungsprogramme mit einer Mittelstandsausrichtung sind, bis auf Bestandteile des NRW EFRE Leitmarktprogramms, themenoffen.

Über die Förder- und Forschungsprogramme wird die komplette Innovationskette von der Grundlagenforschung bis hin zum prototypischen Einsatz der Ergebnisse in der Industrie abgedeckt. Insgesamt ist eine Verschiebung der Ergebnisschwerpunkte in Richtung Innovationsförderung in den Forschungsprojekten zu beobachten. Dies deckt sich zum einen mit der Entwicklung in der europäischen Programmausrichtung und unterstützt die notwendige Konsolidierung der Forschungsergebnisse in der Weiterentwicklung zu industriellen Produkten und Dienstleistungen. Hierzu ist ein funktionierender Technologietransfer notwendig, der, wie die Analyse der existierenden Programme gezeigt hat, kaum ausgeprägt ist. Zwei richtungsweisende Praktiken zur Förderung von Technologietransfer wurden diesbezüglich im Rahmen der Recherche erfasst:

1. Durch das Management des SpitzenClusters *it's OWL* wurde ein im Clusterantrag verankertes Transferkonzept entwickelt, das 120 Transferprojekte vorsieht und so einen umfassenden Technologietransfer, insbesondere in KMU, ermöglicht.

---

<sup>28</sup> Die Auswertung der Forschungs- und Förderprogramme bezieht sich auf kleine und mittlere Unternehmen (KMU) im Sinne der EU-Definition.

2. Per Definition erfolgt ein Technologietransfer im Programm „Mittelstand digital“. Programmziel ist neue und etablierte Informationstechnologien im Mittelstand einzuführen und die Unternehmen bei der Implementierung zu unterstützen.

Die Weiterbildung und Ausbildung zu Industrie 4.0 Themen und Kompetenzen wird im Rahmen der untersuchten Programme nur unzureichend adressiert. Bis auf die Leistungen im Rahmen von „Mittelstand digital“ kann kein anderes Programm die Beratung von Unternehmen in signifikanten Umfang anbieten.

**Abbildung 12: Auswertung der Industrie 4.0 Förderprogramme (Übersicht)**

|                                | Programm   | Zielgruppe KMU | Formeller Aufwand | Relevanz Industrie 4.0 | Innovationskette   |                        |                  | Komplementäre Funktionen |                          |          |
|--------------------------------|--|----------------|-------------------|------------------------|--------------------|------------------------|------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
|                                |  |                |                   |                        | Grundlagen TRL 0-3 | Demonstratoren TRL 4-5 | Prototyp TRL 6-7 | Technologie-transfer     | Weiterbildung/Ausbildung | Beratung |
| Untersuchung auf Projektebene  | BMBF „Forschung für die Produktion von morgen“   | 1              | 4                 | 3                      | 4                  | 2                      | 0                | 1                        | 1                        | 0        |
|                                | BMBF „IKT 2020 – Forschung für Innovationen“   | 1              | 3                 | 3                      | 4                  | 4                      | 0                | 1                        | 1                        | 0        |
|                                | BMBF Spitzencluster Ws OWL   | 2              | 3                 | 4                      | 4                  | 3                      | 0                | 3                        | 1                        | 0        |
|                                | BMBF Spitzencluster Microtec Südwest – Smart Systems Integration (SSI) und Robuste und effiziente sensorik (RES) | 2              | 3                 | 3                      | 1                  | 4                      | 1                | 2                        | 2                        | 1        |
|                                | BMW i Förderschwerpunkt „AUTONOMIK – Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand“               | 1              | 4                 | 3                      | 1                  | 4                      | 1                | 2                        | 1                        | 0        |
|                                | BMW i „Autonomik für Industrie 4.0“  | 1              | 4                 | 4                      | 0                  | 3                      | 4                | 1                        | 1                        | 0        |
| Untersuchung auf Programmebene | Industrie 4.0 auf dem betrieblichen Hallenboden*   | 3              | 4                 | 4                      | 1                  | 3                      | 4                | 2                        | 2                        | 0        |
|                                | Selekt I4.0*   | 2              | 4                 | 4                      | 1                  | 3                      | 4                | 1                        | 1                        | 0        |
|                                | Smarte Service Welten*   | 1              | 4                 | 3                      | 0                  | 2                      | 4                | 2                        | 1                        | 0        |
|                                | ZIM (alle drei Komponenten)  | 4              | 1                 | 2                      | 0                  | 3                      | 4                | 0                        | 0                        | 0        |
|                                | Mittelstand digital  | 4              | 1                 | 2                      | 0                  | 0                      | 3                | 4                        | 2                        | 4        |
|                                | KMU innovativ  | 4              | 1                 | 2                      | 0                  | 3                      | 4                | 0                        | 0                        | 0        |
|                                | Industrielle Gemeinschaftsforschung AiF  | 3              | 4                 | 1                      | 1                  | 4                      | 1                | 2                        | 1                        | 0        |
|                                | NRW EFRE   | 4              | 4                 | 3                      | 0                  | 3                      | 4                | 1                        | 1                        | 0        |

**Bewertung:** 0 - niedrige Übereinstimmung/Eignung ... 4 - hohe Übereinstimmung/Erfüllung des Kriteriums

Quelle: eigene Darstellung

---

#### 4.4 Ableitung von Funktionsbereichen

Die untersuchten Förderprojekte erarbeiten wichtige Grundlagen und Lösungen für die Industrie 4.0. Aus der Forschungsförderung lassen sich jedoch nicht in jedem Fall unmittelbar praktische Anwendungen der Industrie 4.0 ableiten, welche für den Abgleich mit den Bedürfnissen der Praxis und der Untersuchung von Industrie 4.0 im Mittelstand (Kapitel 7) benötigt werden. Aus diesem Grund wurden aus den Ergebnissen des Aktivitätenscreenings insgesamt fünf Funktionsbereiche für die Industrie 4.0 abgeleitet.

*Funktionsbereiche fassen über die Einsatzbereiche im Unternehmen hinweg die Industrie 4.0 Anwendungen zusammen. Die Gruppierung nach Grundfunktionen und Nutzungsaspekten ordnet somit die im jeweiligen Einsatzbereich unterschiedlich ausgeprägten Lösungen.*

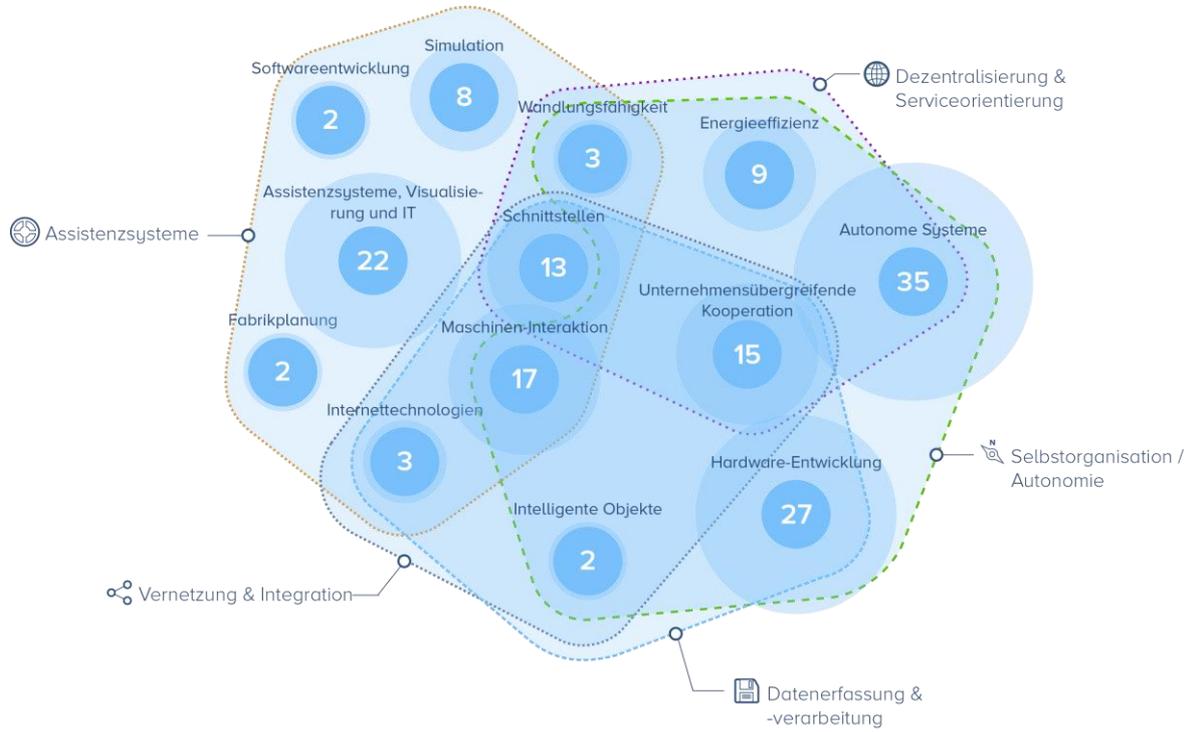
Sachlogisch leiten sich die Funktionsbereiche aus den Schwerpunkten der aktuellen Forschungsförderung ab.

Dies sind – gemessen an der Anzahl zugeordneter Projekte – die Forschungsfelder:

- autonome Systeme
- Maschinen-Interaktion
- Hardware-Entwicklung
- Assistenzsysteme und
- unternehmensübergreifende Kooperation

Diese Schwerpunkte wurden um passende Bestandteile weiterer identifizierter Forschungsfelder ergänzt und so zu anwendungsorientierten Funktionsbereichen (siehe Abbildung 13) zusammengefasst. Ziel war es, damit aus den forschungsgeleiteten Schwerpunkten der Förderprojekte anwendungsrelevante Bereiche zu extrahieren, die über die Einsatzbereiche im Unternehmen (z. B. Produktion, Logistik, Instandhaltung) hinweg Gültigkeit haben. Die fünf Funktionsbereiche der Industrie 4.0 orientieren sich am Nutzen und der Unterstützung für den späteren Anwender der Industrie 4.0 Lösungen. Die definierten Funktionsbereiche fokussieren deshalb jeweils unterschiedliche Nutzungsaspekte der Industrie 4.0 Lösungen in der Praxis.

Abbildung 13: Ableitung der Industrie 4.0 Funktionsbereiche



Quelle: eigene Darstellung

Eine detaillierte Erläuterung zu den Funktionsbereichen erfolgt in Kapitel 7.



---

## 5 Schlussfolgerungen Technologie- und Aktivitätenanalyse

Die durchgeführte Analyse hat gezeigt, dass die Entwicklung von Industrie 4.0 durch die nationale Forschungsförderung auf breiter Front vorangetrieben wird. Das Gesamtvolumen der untersuchten Projekte beläuft sich auf über 450 Mio. Euro in einem Betrachtungszeitraum von rund 5-7 Jahren. Die als relevant für die Industrie 4.0 eingestuften Technologien finden sich in den Forschungsfeldern wieder.

Technologisch gesehen kann nicht von einer einseitigen Förderung gesprochen werden. Jedoch haben sich in der Analyse thematisch und bezüglich der Einsatzbereiche der Ergebnisse gewisse Schwerpunkte herauskristallisiert.

So ergibt sich der Einsatz der Forschungsergebnisse aktuell vorrangig im direkten Umfeld der Produktion, während weitere Einsatz- und Nutzenpotenziale entlang des gesamten Wertschöpfungsprozesses inner- wie überbetrieblich in geringerem Maße adressiert werden. Dies ist in der aktuellen Phase noch nicht als kritisches Ungleichgewicht einzuschätzen. Die Einführung der Industrie 4.0 entwickelt sich in nachvollziehbarer Weise rund um ihren Nukleus in der *Smart Factory*. Perspektivisch ist natürlich darauf hinzuwirken, dass auch die angrenzenden Wertschöpfungsprozesse in und außerhalb sowie unterstützende Aktivitäten im Unternehmen wie Logistik, Instandhaltung, Produktentwicklung und *Production Engineering* erreicht werden. Zur Ausschöpfung sämtlicher Nutzenpotenziale der Industrie 4.0 und zur flächendeckenden Verbreitung sollte die gesamte Wertschöpfungskette betrachtet werden.

Der breite Nutzen der Industrie 4.0 über die gesamte Wertschöpfungskette wird in vielen Forschungsaktivitäten heute noch nicht durchgängig adressiert. In den aktuellen Förderprojekten werden Aufgabenstellungen zu neuen Wertschöpfungsmustern, neuen Geschäftsmodellen und -prozessen noch zu selten bearbeitet. Die Förderausschreibungen selbst greifen diese Fragestellungen nur am Rande auf. Die Förderziele zukünftiger Ausschreibungen sollten den Nutzen für die gesamte Wertschöpfungskette deshalb verstärkt aufgreifen. Logistik und ein ganzheitliches *Supply Chain Management* eignen sich hierzu als verbindendes und interdisziplinäres Element.

Technologisch erfolgt die Entwicklung von Industrie 4.0 in der notwendigen Breite aller relevanten Technologiefelder. KMU und mittelständische Unternehmen können als hochspezialisierte Technologieentwickler, Integrationsdienstleister oder als Nutzer nur in Forschungspro-

grammen partizipieren, wenn zeitnahe Marktchancen damit verbunden sind und Investitionsrisiken minimiert werden. Insbesondere Industrie 4.0 Technologien und Lösungen mit TRL >6 erfüllen diese Anforderung. Die vorhandenen themenoffenen Förderprogramme bieten die passenden Möglichkeiten dazu.

Die Analyse der untersuchten Verbundforschungsprojekte zeigt allerdings auch, dass der Aufwand für die fachliche Konzeption und Organisation dieser Projekte hoch ist und von KMU gemieden wird. KMU bzw. teils auch mittelständische Unternehmen im Allgemeinen benötigen deshalb neben der reinen Förderberatung fachliche Unterstützung bei der Konzeption, Anbahnung und teilweise bei der Durchführung von Förderprojekten.

Durch die Ergebnisse der bisher erfolgten Forschungsförderung entsteht eine beträchtliche Anzahl einzelner Lösungen bzw. ist entstanden. Ihre Konsolidierung ist eine wichtige Aufgabe für zukünftige Forschungsförderung. Die entwickelten Konzepte, Methoden und Lösungsansätze müssen in die Praxis überführt werden, um so positive Erfahrungen mit den Technologien zu ermöglichen. Nur dies kann zu einer großen Verbreitung bei mittelständischen Unternehmen führen. Der erfolgreiche Transfer der vielen vorliegenden Forschungsergebnisse und der in naher Zukunft vorliegenden Demonstratoren und Prototypen in die Praxis ist ein kritischer Erfolgsfaktor für die Industrie 4.0 Einführung. Dies gilt insbesondere für Ergebnisse, die der horizontalen Integration der Industrie 4.0 durch neue Geschäftsmodelle, überbetriebliche Kooperation, Kommunikation, z. B. in Logistik und *Supply Chain Management*, und der dafür notwendigen Infrastrukturen zuträglich sind.

Die beschriebenen Technologien der Industrie 4.0 sind bei der Anwendungsentwicklung (vgl. dazu Kapitel 3) differenziert je nach Reifegrad und Marktpotenzial zu behandeln. Anwendungen der Industrie 4.0 bestehen aus dem Zusammenwirken vieler, unterschiedlicher Technologien. Alle Technologien müssen deshalb zu einem umsetzungsfähigen Reifegrad entwickelt werden.

Auffällig ist weiterhin der hohe Anteil an F&E Aufwendungen für Entwicklungen im Bereich der Software- und Softwaresystemtechnikentwicklung. Schließlich ist Software zwingend notwendig, um Lösungen der Industrie 4.0 zu realisieren. Insofern ist es naheliegend, dass in fast jedem der untersuchten Förderprojekte Aufwände für Softwareentwicklung enthalten sind. Allerdings werden heute noch viele F&E Mittel der Wirtschaft wie der Forschungsförderung für die lösungsspezifische Implementierung von Software aufgebracht.

Dies sollte sich in Zukunft ändern und stattdessen sollten interoperable, offene, nachhaltige nutzbare und sichere Software-Plattformen für Lösungsentwicklung gefördert werden und die

---

Wiederverwendbarkeit der Lösungen verbessert werden. Dieser Befund wurde in den Validierungworkshops mit Vertretern aus Wirtschaft, Wissenschaft und Politik diskutiert und bestätigt. Die Entwicklung und Umsetzung einer nationalen IT-Strategie für die Industrie 4.0 könnte einen wichtigen Beitrag zu der Etablierung solcher Software-Plattformen leisten. Zudem könnten im Rahmen der nationalen IT-Strategie die Herausforderungen und Querschnittsthemen wie IT-Sicherheit, Standardisierung und Normung, die in Kapitel 7 beschrieben werden, adressiert werden.



## 6 Ziele und Herausforderungen mittelständischer Unternehmen

Mittelständische Unternehmen stehen heute komplexen Herausforderungen gegenüber, zu deren Bewältigung Industrie 4.0 – richtig umgesetzt und angewendet - einen wertvollen Beitrag leisten kann. Industrie 4.0 sollte also in geplanter und sinnvoller Weise zur Erreichung der spezifischen Ziele mittelständischer Unternehmen eingesetzt werden, um so eine Steigerung ihrer Wettbewerbsfähigkeit zu erreichen. In diesem Kapitel wird zunächst auf die typische Struktur von mittelständischen Unternehmen im Gegensatz zu Großunternehmen eingegangen. Anschließend werden die Herausforderungen dargestellt, denen der Mittelstand sich künftig stellen muss. Die folgende Betrachtung der Ziele und Herausforderungen je Unternehmensbereich bildet die Grundlage für die spätere Bewertung der Potenziale der einzelnen Industrie 4.0 Anwendungen.

### 6.1 Vorgehensweise

Die Unterkapitel 6.2 und 6.3 sind auf Basis einer Literaturrecherche erstellt worden. Aufbauend auf dieser Basis wurden Projektdaten abgeschlossener und laufender Projekte der letzten beiden Jahre aus der Mittelstandsberatung der agiplan GmbH analysiert und daraus aus heutiger Sicht zentrale Ziele und Herausforderungen je Unternehmensbereich abgeleitet. Bei der Auswahl wurde auf eine gute Verteilung der Unternehmen nach Branchen, Anzahl der Beschäftigten, Fertigungstyp und Zeitpunkt der Variantenentstehung geachtet.

---

## 6.2 Struktur mittelständischer Unternehmen

Der Mittelstand besitzt andere Voraussetzung und ist durch andere Charakteristika gekennzeichnet als Großunternehmen. Im Folgenden werden die spezifischen Strukturen des Mittelstandes dargestellt und sich daraus ableitende Herausforderungen aufgezeigt. Dabei werden vereinfachte und pauschale Aussagen formuliert, die in dieser Ausprägung nicht für jedes einzelne mittelständische Unternehmen gelten. Die individuelle Ausprägung der Struktur jedes einzelnen Unternehmens hängt schließlich von vielen Faktoren wie z .B. Branche, Größe, Unternehmensführung ab.

### Führung

Im Mittelstand überwiegt der Anteil eigentümergeführter Unternehmen. Der eher technisch ausgebildeten Geschäftsführung mangelt es jedoch häufig an Führungs- und Methodenkenntnissen. Oft haben nur einzelne Führungspersonen einen kompletten Überblick über das Unternehmen und treffen alle Entscheidungen. Bei diesen Personen, meist den Unternehmern/-innen selbst, häufen sich zahlreiche Funktionen. Zwar haben mittelständische Unternehmen aufgrund von Wachstum oftmals Betriebsgrößen erreicht, die theoretisch eine wesentlich personenunabhängigere Struktur benötigen würden, besitzen diese aber in der Praxis aufgrund der starken Rolle der Unternehmerperson und seiner „Erfolgsstory“ noch nicht. Dieser Tatbestand kann oft zumindest partiell dadurch ausgeglichen werden, dass die Führungskräfte in der Regel eine gute persönliche Bindung zu ihren Beschäftigten haben. Die Informations-, Weisungs- und Kontrollwege sind kurz und direkt. Diese Strukturen führen zu einem geringen Verwaltungsaufwand und einem guten Sozialklima.<sup>29</sup>

Trotzdem muss beachtet werden, dass viele Unternehmer stark im operativen Geschäft zuhause sind und deshalb Defizite bei einer gezielten, methodisch unterstützten strategischen Planung haben.<sup>30</sup>

### Zeit

Aufgrund begrenzter Ressourcen und dem dadurch geringeren Flexibilitätsvolumen unterliegt der Mittelstand stärker den Marktschwankungen. Mittelständische Unternehmen können

---

<sup>29</sup> Dombrowski 2009, S. 7–9

<sup>30</sup> LOCOM 2011, S. 1

im Fall von Auftragsspitzen diese weniger leicht ausgleichen als Großunternehmen und sind auch von Absatzeinbrüchen stärker betroffen. Der Mangel an Zeit und Personal erschwert die Möglichkeit, auf Marktveränderungen schnell reagieren zu können.

### Kosten

Der Mittelstand agiert oft in Marktnischen und mit kleinen Stückzahlen. Dadurch kann er im Vergleich zu Großunternehmen nicht so stark von Kostenersparnissen durch Skaleneffekte (*Economies of Scale*) profitieren<sup>31</sup>. Kostenreduzierung sowie steigender Wettbewerbsdruck werden als die beiden größten Herausforderungen genannt, denen sich mittelständische Unternehmen derzeit stellen müssen<sup>32</sup>.

### Finanzierung

Die Finanzierung von Investitionen stellt mittelständische Unternehmen häufig vor Herausforderungen. Die finanzielle Ausstattung der mittelständischen Unternehmen weist eine große Bandbreite auf, die von einer sehr hohen bis zu einer sehr geringen Eigenkapitalquote reicht. Zwar stehen am Kapitalmarkt umfangreiche Finanzierungsinstrumente sowohl von öffentlicher als auch privater Seite zur Verfügung. Jedoch ist der Zugang zu diesen Mitteln für viele mittelständische Unternehmen nicht ohne Hürden. Ähnlich wie bei der Beantragung von Fördermitteln für F&E-Projekte müssen auch hier umfangreiche Unterlagen über das Investitionsvorhaben, die finanzielle Situation des Unternehmens sowie Sicherheiten bereitgestellt werden. Ein Aufwand, den viele mittelständische Unternehmen nicht ohne weiteres leisten können. Neue Anschaffungen werden deshalb häufig aus eigenen Mitteln finanziert (sogenannte Innenfinanzierung), die zur Überwindung z. B. von Krisenzeiten dann nicht mehr zur Verfügung stehen. Fehlentscheidungen bei Investitionen können häufig kaum oder nur schwer abgefangen werden.<sup>33</sup>

---

<sup>31</sup> Decker, Schiefer, Bulander 2006, S. 195

<sup>32</sup> Voigt, Staiger, Finke, Orth 2006

<sup>33</sup> Dombrowski 2009, S. 7–9

---

## Qualität

Für viele mittelständische Unternehmen stellt eine hohe Produktqualität eine wichtige Differenzierungsmöglichkeit zur Sicherung ihrer Wettbewerbsfähigkeit dar. Erreicht wird diese vor allem durch qualifiziertes Personal, das die Qualitätsphilosophie des Unternehmens umsetzt. Systematische und strukturierte Maßnahmen zur Qualitätssicherung finden sich hingegen in mittelständischen Unternehmen eher selten.

## Wandlungsfähigkeit

In Hinblick auf Wandlungsfähigkeit und Flexibilität hat der Mittelstand durch die im Vergleich zu großen Konzernen flachen Hierarchien Vorteile, da sie schnelle Entscheidungen und eine hohe Flexibilität ermöglichen. Mittelständische Unternehmen arbeiten eng mit ihren Kunden zusammen und bieten individuelle, kundennahe Lösungen an. Dies gilt für Industrie- und Handelsunternehmen ebenso wie für Logistikdienstleister und ist für viele ein zentraler Punkt zur Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit.<sup>34</sup>

## Ressourcen und Innovationen

Die Anpassung an veränderte Rahmenbedingungen erfordert vom Mittelstand einen sehr hohen Ressourceneinsatz. Ressourcen sind für die operative Leistungserbringung essenziell, da sie an Schaltstellen eingesetzt werden und nur in limitierter Anzahl im Unternehmen verfügbar sind. Im Umkehrschluss bedeutet dies, dass in mittelständischen Unternehmen Ressourcen, die zur Vorbereitung und Durchführung von Veränderungsprozessen nötig sind, in der Regel fehlen. Fehlende Kapazitäten und Qualifikationen bedeuten für mittelständische Unternehmen häufig Engpässe bei Veränderungs- und Umstrukturierungsprozessen.

Die Organisation als Familienbetrieb mit flachen Hierarchien ermöglicht dem Mittelstand wirtschaftlich langfristiges Denken und Handeln. Dies bezieht sich auch auf die Realisierung von Innovationen. Teilweise werden Neuerungen, die zuvor von Großfirmen abgelehnt wurden, anschließend erfolgreich in mittelständischen Unternehmen umgesetzt.<sup>35</sup>

---

<sup>34</sup> LOCOM 2011, S. 1

<sup>35</sup> Decker, Schiefer, Bulander 2006, S. 195

## Nachhaltigkeit

Mittelständische Unternehmen sind häufig von einer mittel- bis langfristigen unternehmerischen Perspektive jenseits der Quartalsberichte geprägt. Hier wirkt sich der hohe Anteil der Familienunternehmen aus, deren unternehmerisches Wirken durch die Schaffung von Unternehmenswerten insbesondere für die nachfolgenden Generationen bestimmt wird.

Andererseits handeln viele mittelständische Unternehmen auf der operativen Ebene vorwiegend kurzfristig, reagieren spontan und weniger nachhaltig. Nachhaltigkeitsthemen wie Recycling und Wiederverwendbarkeit von Materialien haben für mittelständische Unternehmen oft noch eine geringe Bedeutung<sup>36</sup>.

---

<sup>36</sup> Voigt, Staiger, Finke, Orth 2006

---

### **6.3 Künftige Herausforderungen**

Die Veränderung der Rahmenbedingungen in der Produktion kann mittelständische Unternehmen aufgrund ihrer geringen Größe besonders betreffen bzw. ihre bisherigen Geschäftsmodelle in Frage stellen. Andererseits können Veränderungen der Umwelt auch große Vorteile für den Mittelstand mit sich bringen. Nachfolgend werden die wichtigsten Veränderungen (Megatrends in der Produktion) auf ihre Auswirkungen auf den Mittelstand hin untersucht. Daraus leiten sich die zentralen Herausforderungen für mittelständische Unternehmen in Bezug auf ihre zukünftige Wettbewerbsfähigkeit ab.<sup>37</sup>

#### **Globalisierung der Wettbewerbs- sowie Nachfragestrukturen**

Die Veränderung der Kundenanforderungen sowie die verstärkte Internationalisierung werden von den mittelständischen Unternehmen als mittlere bis hohe Herausforderung gesehen<sup>38</sup>. Gleiches gilt für die Erhöhung von Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten und die Erhöhung des Innovationsdrucks.

#### **Häufige Prozess und Produktinnovationen**

Auf die sich mit zunehmender Geschwindigkeit verändernden Marktbedürfnisse entsprechend schnell zu reagieren, ist eine weitere Herausforderung. Das stellt sich unter Betrachtung der globalisierten Markt und Wettbewerbsstruktur noch kritischer dar. Um dieser Dynamik folgen zu können, muss der Mittelstand in Forschung und Entwicklung investieren und in der Lage sein, mit häufigen Prozess- und Produktinnovationen auf die Marktbedürfnisse zu reagieren.

#### **Steigende Variantenvielfalt**

Durch die steigende Variantenvielfalt der Produkte bei gleichzeitigem Rückgang der Auftragsgrößen (Stichwort Losgröße 1) wird die Komplexität der Fertigungsabläufe weiter steigen.

---

<sup>37</sup> Dombrowski 2009, S. 5

<sup>38</sup> Voigt, Staiger, Finke, Orth 2006

### **Nachfrageschwankungen**

Durch die Volatilität der Märkte ist eine schnelle Reaktion der mittelständischen Unternehmen auf Nachfrageschwankungen gefordert. Dafür müssen alle Unternehmensbereiche von Vertrieb, über F&E, Produktion und Einkauf bis zur Logistik ständig miteinander kommunizieren, um die Ressourcen effizient und flexibel planen und einsetzen zu können sowie die Prozesse ständig zu optimieren.

### **Entwicklungen der Informations- und Kommunikationstechnologien**

Auch im klassischen Maschinen- und Anlagenbau wird die Integration der Informations- und Kommunikationstechnologien immer wichtiger. Heutzutage ist eine neue Anlage ohne Datenanschlüsse kaum vorstellbar. Mit der steigenden Integration jedes Unternehmensbereiches in die übergreifenden Prozesse stellt sich die Herausforderung an alle Beteiligten, schneller, umfassender und gleichzeitig gezielt miteinander zu kommunizieren und Daten und Informationen effizienter auszutauschen.

## 6.4 Ziele und Herausforderungen je Unternehmensbereich

Im Folgenden werden die Ziele und Herausforderungen der mittelständischen Unternehmen je Unternehmensbereich analysiert.

### 6.4.1 Aggregation der Kern- und Unterstützungsprozesse

Zur Erhöhung der Übersichtlichkeit und zur besseren Strukturierung bzw. Visualisierung der Ergebnisse wurden die aus dem Betrachtungsrahmen der Studie bekannten „Kern- und Unterstützungsprozesse industrieller Wertschöpfung“ zu sieben Unternehmensbereichen aggregiert (siehe Kapitel 2.2.2). Die Zuordnung der Prozesse zu den jeweiligen Unternehmensbereichen ist in der folgenden Tabelle dargestellt.

**Tabelle 1: Aggregation der Kern und Unterstützungsprozesse**

| Unternehmensbereich                             | Kern- und Unterstützungsprozess    |
|---|------------------------------------|
| <b>Forschung und Entwicklung</b>                | Forschung und Entwicklung          |
|   | Produktentwicklung                 |
|   | Anlagen- und Verfahrensentwicklung |
|   | Produktionsengineering             |
|   | Fabrikplanung                      |
| <b>innerbetriebliche Logistik/Intralogistik</b> | Logistik                           |
| <b>Produktion</b>                               | Produktion                         |
|   | Auftragsabwicklung                 |
|   | Planung und Steuerung              |
| <b>Instandhaltung, Qualitätsmanagement</b>      | Instandhaltung                     |
|   | Qualitätsmanagement                |
| <b>Supply Chain Management</b>                  | <i>Supply Chain Management</i>     |
|   | Beschaffung                        |
|   | Zulieferer                         |
| <b>Vertrieb/After-Sales</b>                     | Geschäftsmodelle und Strategie     |
|   | <i>After-Sales Services</i>        |
|   | Nutzung                            |
|   | Vertrieb                           |
|   | <i>End-of-Life</i>                 |
| <b>Personal</b>                                 | Wissen und Bildung                 |

## 6.4.2 Forschung und Entwicklung

### Allgemeine Beschreibung

Mittelständische Unternehmen besitzen meist keine feste Forschungs- und Entwicklungsabteilung, sondern reagieren kurzfristig und ausschließlich bedarfsorientiert auf Kundenwünsche. Dabei fokussiert sich die Entwicklung auf Produkte und Verfahren, die sich schnell wirtschaftlich nutzen lassen.<sup>39</sup> Grundlagenforschung erfolgt nur selten und unterproportional zur wirtschaftlichen Bedeutung des Mittelstands.<sup>40</sup>

Aus dieser Tatsache sollte jedoch nicht gefolgert werden, dass, dass der Mittelstand nicht innovativ sei. Die IfM-Studie verweist hierzu auf eine Statistik des sogenannten *Community Innovation Survey* (CIS), mit der der Innovationserfolg von Unternehmen gemessen werden kann. Die Auswertung für ausgewählte Wirtschaftsbereiche (forschungsintensive Industrien und wissensintensive Dienstleistungen) zeigt, dass kleine Unternehmen mit 10-49 Beschäftigten einen Anteil von 52 % und mittlere Unternehmen mit bis zu 249 Beschäftigten einen Anteil von 64 % an Innovationen haben. Zahlen, die im Vergleich zu einem Durchschnittswert von 56 % zeigen, dass sich mittelständische Unternehmen trotz relativ geringer F&E Ausgaben als innovativ erweisen.<sup>41</sup>

### Bereichsziele

Die Ziele dieses Unternehmensbereichs sind nach ihrer Priorität sortiert:

| Höchste Priorität  | Mittlere Priorität   | Niedrigere Priorität   |
|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>☆☆ kundennahe Produktentwicklung / marktgerechte Produkte</li> <li>☆☆ kurze Entwicklungszeiten / schnelle Innovationen</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>☆☆ günstige Produktkosten/ wirtschaftliche Produkte</li> <li>☆☆ hohe Produktqualität</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>★ produktionsgerechte Produkte</li> <li>★ nachhaltige Produkte</li> </ul> |

<sup>39</sup> Dombrowski 2009, S. 7–9

<sup>40</sup> Dies zeigt auch eine Studie des Instituts für Mittelstandsforschung (IfM) in Bonn zur Innovationstätigkeit im Mittelstands: KMU und Großunternehmen bis 500 Beschäftigte tragen etwa 15 % der gesamten Forschungsaufwendungen in Deutschland, generieren jedoch 55 % Nettowertschöpfung.

<sup>41</sup> Maaß, Führmann 2012

---

## Haupt Herausforderungen

Zu den Haupt Herausforderungen von mittelständischen Unternehmen im Bereich F&E zählen mangelnde Fachkenntnisse in Hinblick auf Methoden und Technologien, was die Entwicklung innovativer Produkte mit Alleinstellungsmerkmal umso schwieriger macht. Die Umstellung auf die Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus (PLC) wird als weitere wichtige Herausforderung für den Bereich F&E identifiziert, ebenso wie die steigende Produktkomplexität und ein fehlendes Forschungsbudget.

## Erkenntnisse:

- ⇒ Der Mittelstand zeichnet sich durch die enge Zusammenarbeit mit den Kunden aus. Dies gilt insbesondere für die Produktentwicklung in der kundennah und kurzfristig Produkte entwickelt werden können.
- ⇒ Qualität und innovative Produkte, die ein Alleinstellungsmerkmal besitzen oder eine Marktlücke füllen, sind weiterhin wichtige Merkmale, mit denen mittelständische Unternehmen ihre Wettbewerbsfähigkeit sichern.
- ⇒ Der Mittelstand betreibt kaum Grundlagenforschung und hat ein eher geringes Forschungsbudget.
- ⇒ Mittelständische Unternehmen haben Nachholbedarf in Bezug auf Forschungsmethoden und Technologien. Dieser verstärkt sich noch durch die steigende Produktkomplexität.
- ⇒ Die Entwicklung nachhaltiger Produkte und die Abstimmung mit der Produktion spielen für den Mittelstand bislang eher eine untergeordnete Rolle.

### 6.4.3 Intralogistik

#### Allgemeine Beschreibung

Ein systematisch umgesetztes Konzept für die Intralogistik (innerbetriebliche Logistik) und eine eigene Abteilung hierfür finden sich nur in wenigen mittelständischen Unternehmen.<sup>42</sup> Häufig werden die Logistikarbeiten von Beschäftigten in der Produktion durchgeführt, die selbstständig die Materialzufuhr und Weiterleitung organisieren und durchführen. In der Konsequenz führen dies und ein mangelndes Logistikverständnis zu erhöhten Kosten sowie hohen Beständen und Durchlaufzeiten, welche wiederum die Termintreue als wichtiges Ziel in der Logistik negativ beeinflussen.

#### Bereichsziele

Die Ziele dieses Unternehmensbereiches sind nach ihrer Priorität sortiert:

| Höchste Priorität                       | Mittlere Priorität  | Niedrigere Priorität     |
|---|---------------------|--------------------------|
| ★★ kurze Lieferzeiten                   | ★★ geringe Bestände | ★ hohe Flexibilität      |
| ★★ hoher Servicegrad (hohe Liefertreue) | ★★ hohe Auslastung  | ★ geringe Betriebskosten |

#### Haupt Herausforderungen

Die wichtigste Hauptherausforderung im Bereich Intralogistik bildet die steigende Komplexität bei hohem Steuerungsaufwand. Als zweite Hauptherausforderung wurde der Umgang mit häufigen Fehlteilen und mangelhafter Bestandssicherheit identifiziert. Fehlende Transparenz in der Intralogistik ist eine weitere wichtige Herausforderung.

Herausforderungen wie widersprüchliche Zielsetzungen zwischen hohem Lieferservicegrad und geringen Beständen, unklare Verantwortlichkeiten und nicht definierte Prozesse können meist durch die Flexibilität der Beschäftigten ausgeglichen werden. Die größten Herausforderungen liegen darin, den Aufwand für die Logistik und die Bestände gering zu halten.<sup>43</sup>

<sup>42</sup> Dombrowski 2009, S. 7–9

<sup>43</sup> Münzberg u.a. 2009, S. 392

---

**Erkenntnisse:**

- ⇒ Die Nähe zum Kunden spielt für den Mittelstand eine große Rolle, Ziele wie eine kurze Lieferzeit und ein hoher Servicegrad belegen, wie eng die Mittelständler mit ihren Kunden verbunden sind und wie wichtig ihnen die Kundenzufriedenheit ist
- ⇒ Um ihre Wettbewerbsfähigkeit zu sichern, verfolgt der Mittelstand die Ziele „Minimierung der Bestände“ und „Maximierung der Auslastung“.
- ⇒ Viele mittelständische Unternehmen zeichnen sich bereits heute durch eine hohe Flexibilität aus. Dank flacher Hierarchien sind schnelle Entscheidungen bei wenig Bürokratie möglich. Entsprechend ist Flexibilität ein untergeordnetes Ziel für mittelständische Unternehmen.

## 6.4.4 Produktion

### Allgemeine Beschreibung

Die Produktion ist bei den meisten mittelständischen Unternehmen von umfangreichen manuellen Arbeitsabläufen und einer geringen Arbeitsteilung geprägt. Die Beschäftigten werden vielfältig eingesetzt und benötigen umfangreiche Kenntnisse, was dazu führt, dass kaum ungelernete Kräfte eingesetzt werden. Da viele Maschinen universell einsetzbar sind, benötigen sie für den Betrieb eine entsprechende Fachkompetenz.<sup>44</sup>

### Bereichsziele

Die Ziele dieses Unternehmensbereiches sind nach ihrer Priorität sortiert:

| Höchste Priorität  | Mittlere Priorität  | Niedrigere Priorität  |
|--|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>☆☆ Einhaltung/Erhöhung der Produktqualität (Reduzieren von Nacharbeit und Ausschuss)</li> <li>☆☆ Reduzierung von Beständen und Durchlaufzeiten</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>☆☆ hohe Auslastung / optimaler Beschäftigten-einsatz</li> <li>☆☆ Erhöhung der Liefertreue</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>☆☆ Mengen-/Variantenflexibilität</li> <li>☆☆ umweltfreundliche/nachhaltige Produktion</li> </ul> |

### Haupt Herausforderungen

Zu den Haupt Herausforderungen zählen die steigenden Qualitätsanforderungen bei hohem Kostendruck. Darüber hinaus wird die Beherrschung der Komplexität bei gleichzeitiger Notwendigkeit zur Produktionsoptimierung als eine weitere Haupt Herausforderung ausgewiesen. Diese Komplexität wird sowohl durch die erhöhte Produktvielfalt (bis Losgröße 1), als auch durch zunehmende Auslastungsschwankungen durch schnellere Reaktion auf Marktschwankungen verursacht.

<sup>44</sup> Dombrowski 2009, S. 7–9

---

**Erkenntnisse:**

- ⇒ Die Komplexitäten von Produkten, Maschinen und auch des Marktes steigen und stellen die Produktion vor große Herausforderungen.
- ⇒ Die Produktion ist einem hohen Kostendruck ausgesetzt, was sich an dem Wunsch nach einer Reduzierung der Bestände und einer hohen Auslastung ableiten lässt. Besonders ausgeprägt ist dieser Kostendruck in der Zulieferindustrie.
- ⇒ Auslastungsschwankungen bedingt durch Saisonalität oder zunehmend volatile Märkte gehören zu den Top-Herausforderungen des Mittelstandes.
- ⇒ Flexibilität ist ein wichtiges bisheriges und auch künftiges Erfolgsmerkmal von mittelständischen Unternehmen.

## 6.4.5 Instandhaltung und Qualitätsmanagement

### Allgemeine Beschreibung

Die Bereiche Instandhaltung (IH) und Qualitätsmanagement (QM) gehören zu den fertigungsnahen Unterstützungsprozessen und sind als solche ebenfalls von Industrie 4.0 betroffen.

Die IH stellt sicher, dass die im Betrieb eingesetzten Maschinen und Anlagen funktionsfähig sind. Dazu führt sie Wartungen, Inspektionen und Instandsetzungsmaßnahmen durch. Aber auch die Optimierung der Anlagen hinsichtlich ihrer Qualität und Effizienz obliegt der IH.

Das QM überwacht neben der Produktqualität ebenfalls die Qualität der Prozesse. In einem kontinuierlichen Zyklus prüft und sichert es nicht nur die Qualität, sondern spielt die gewonnenen Daten zur Qualitätsverbesserung zurück.

### Bereichsziele IH

Die Ziele dieses Unternehmensbereiches sind nach ihrer Priorität sortiert:

| Höchste Priorität   | Mittlere Priorität   | Niedrigere Priorität   |
|---|--|--|
| ☆☆ hohe Betriebssicherheit/ Reduzierung von Ausfällen und Störungen | ☆☆ kurze Stillstandzeiten (und optimale Abstimmung mit der Produktion) | ☆ minimaler Ressourceneinsatz (minimale IH-Kosten, Materialverbrauch etc.) |

### Bereichsziele QM

Die Ziele dieses Unternehmensbereiches sind nach ihrer Priorität sortiert:

| Höchste Priorität                         | Mittlere Priorität   | Niedrigere Priorität   |
|---|--|--|
| ☆☆ hohe Kundenzufriedenheit/Kundenbindung | ☆☆ Verbesserung der Produktqualität/bessere Produkteigenschaften | ☆ Verbesserung der Prozesse/höhere Produktivität (u. a. durch Standardisieren und Dokumentieren) |

---

## Haupt Herausforderungen

Zu den Haupt Herausforderungen zählen hoher Kostendruck in IH und QM bei gleichzeitig steigender Anlagenkomplexität. Damit diese Komplexität bewältigt werden kann, wird für die Bereiche IH und QM mehr Fachwissen erforderlich.

Außerdem gehört das systematische QM zu den wichtigen Herausforderungen.

### Erkenntnisse:

- ⇒ Die Sicherstellung des Anlagenbetriebs ist das Hauptziel in der IH. Dabei wird sie weitestgehend als Kostenfaktor gesehen und steht als nicht wertschöpfender Prozess unter einem hohen Kostendruck.
- ⇒ Beim QM steht der Kunde mit seinen Wünschen und seiner Zufriedenheit im Vordergrund.
- ⇒ Als eine Möglichkeit, die Prozesse zu verbessern oder die Anlagenlebensdauer zu erhöhen, werden QM und IH eher selten betrachtet.
- ⇒ Der Mittelstand verfügt nur selten über ein systematisches QM mit einer umfangreichen Erfassung von Qualitätsdaten und festen Qualitätsregelkreisen. (Eine Ausnahme bildet die Zulieferindustrie, deren Kunden geregelte Qualitätsprozesse fordern.)
- ⇒ Die Betriebssicherheit und Verfügbarkeit der Anlagen zu erhöhen, stellt für den Mittelstand keine große Herausforderung dar. Dies wird durch vorhandene Lösungen bereits zufriedenstellend erreicht<sup>45</sup>.

---

<sup>45</sup> Güntner 2014

## 6.4.6 Supply Chain Management

### Allgemeine Beschreibung

Die Aufgabe des *Supply Chain Management* ist es, optimal mit Lieferanten, Partnern und Kunden im Netzwerk zusammenzuarbeiten und logistische Abläufe sowie den Informationsfluss effizient zu gestalten.

Viele mittelständische Unternehmen sind in die Zulieferketten von großen Unternehmen eingebunden und werden von diesen mit Anpassungsanforderungen konfrontiert. Kommen sie diesen nicht nach, so können sie Aufträge oder sogar ihre Marktposition verlieren.<sup>46</sup>

Das Produktangebot des Mittelstandes ist meist räumlich oder sachlich auf ein kleines Marktsegment beschränkt. Die Wettbewerbsposition variiert stark zwischen den mittelständischen Unternehmen.<sup>47</sup>

### Bereichsziele

Die Ziele dieses Unternehmensbereiches sind nach ihrer Priorität sortiert:

| Höchste Priorität  | Mittlere Priorität                              | Niedrigere Priorität   |
|--|---|--|
| ★★ schnelle Abstimmung   | ★★ geringe Transportkosten                      | ★ Klima und Umweltschutz   |
| ★★ optimale unternehmensübergreifende Organisation und Integration von Zulieferern | ★★ Abhängigkeit von einem Lieferanten vermeiden | ★ bessere Zusammenarbeit mit Zulieferern und Partnern bei komplexen Aufgaben |

### Haupt Herausforderungen

Eine der Haupt Herausforderungen in der *Supply Chain* ist die Anpassung an sich wandelnde Anforderungen durch den Kunden.

Eine weitere wichtige Herausforderung ist die geringe Marktmacht bzw. die schwache Position am Beschaffungsmarkt im Vergleich zu Großunternehmen. Mittelständische Unternehmen können ihre Anforderungen in der Regel bei großen Lieferanten nicht durchsetzen.<sup>48</sup>

<sup>46</sup> Dombrowski 2009, S. 1

<sup>47</sup> Dombrowski 2009, S. 7-9

---

Weitere Herausforderungen sind mangelnde Transparenz und Kommunikation sowie fehlende aktuelle Informationen entlang der gesamten Lieferkette. Fehlende Vorsehbarkeit oder starke Abweichungen der Bestellungen von den prognostizierten Bedarfen werden ebenfalls als Herausforderungen im Bereich *Supply Chain* definiert.

**Erkenntnisse:**

- ⇒ Mittelständische Unternehmen sind in Lieferketten von Großunternehmen eingebunden.
- ⇒ *Supply Chain Management* spielt für die meisten mittelständischen Unternehmen dennoch eine untergeordnete Rolle.
- ⇒ Die Integration von kleinen und mittleren Zulieferern in die Lieferkette und der dafür nötige Aufbau von Produkt-/Technologie- und Logistik-Know-how und der in diesem Zusammenhang nötige Aufbau von Produkt-/Technologie- und Logistik-Know-how gelingen nur selten.

---

<sup>48</sup> Dombrowski 2009, S. 1

## 6.4.7 Sales & After-Sales

### Allgemeine Beschreibung

*Sales* oder Vertrieb ist für Auftragseingang und die Kundenkommunikation verantwortlich. Die Bedeutung des Vertriebs für den Mittelstand zeigt sich u.a. daran, dass die Geschäftsführung oft die Rolle übernimmt oder zumindest unterstützt.

Neben dem Bereich *Sales* gewinnt auch der *After-Sales* Bereich in den letzten Jahren ständig an Bedeutung. Mit ihm lassen sich Kunden an das Unternehmen binden, die Zufriedenheit steigern und die Umsätze oft langfristig erhöhen. *After-Sales* umfasst den Ersatzteilebereich genauso wie zusätzliche Produkte und Dienstleistungen, die während der Nutzung benötigt werden. Trotz vieler Vorteile scheint es dem Mittelstand jedoch schwer zu fallen, in das *After-Sales* Geschäft einzusteigen.

Die neuen Möglichkeiten und Chancen, die der Bereich bietet, wurden von den meisten mittelständischen Unternehmen noch nicht erkannt und die gezielte Entwicklung von Produkten und Dienstleistungen für diesen Bereich erfolgt nur sehr selten. Neben einer Erweiterung des Serviceportfolios müssen die Vertriebs- und Absatzstrategien hin zu einer stärkeren Einbindung der Kunden angepasst werden – ein Schritt, den sich viele Mittelständler mit ihrem begrenzten Produktspektrum und Nischenprodukten für Großunternehmen nicht zutrauen bzw. der nicht systematisch angegangen wird.

Betriebswirtschaftlich und organisatorisch bringt der Wechsel vom Anbieter von Produkten hin zum Anbieter von Dienstleistungen ebenfalls große Veränderungen mit sich. Sei es im Bereich der Abrechnungen oder beim Aushandeln der Verträge.

### Bereichsziele

Die Ziele dieses Unternehmensbereiches sind nach ihrer Priorität sortiert:

| Höchste Priorität   | Mittlere Priorität                        | Niedrigere Priorität                                      |
|---|---|---|
| ☆☆ hohe Verfügbarkeit und schnelle Lieferung von Ersatzteilen | ☆☆ Kundenwünsche und Markttrends erkennen | ★ Gewinnsteigerung durch zusätzliche Wertschöpfung        |
| ☆☆ hohe Kundenzufriedenheit                                   | ☆☆ hohe Kundenbindung                     | ★ Verwendung von Nutzungsdaten für die Produktoptimierung |

---

## Haupt Herausforderungen

Der Kostendruck ist eine der Haupt Herausforderungen im Bereich *Sales* und *After-Sales*. Dazu kommen die enge Liefertermine und strenge Qualitätsanforderungen der Kunden. Die Ersatzteilverfügbarkeit muss außerdem oft über viele Jahre sichergestellt werden. Bei der ständig steigenden Vielfalt der Produkte wird dies proportional aufwändiger. Auch die Internationalisierung stellt den *After-Sales-Service* vor große Herausforderungen. Viele Produkte werden international vertrieben. Einen internationalen Service anzubieten, ist jedoch mit hohem Aufwand verbunden und benötigt Ressourcen, die dem Mittelstand in der Regel fehlen.

Eine weitere Herausforderung ist die fehlende bzw. mangelhafte Abstimmung zwischen *Sales*, *After-Sales* und Produktion.

## Erkenntnisse:

- ⇒ Ein Umdenken hin zum Anbieten von Services anstelle von Produkten hat bislang bei den meisten mittelständischen Unternehmen noch nicht stattgefunden. Die zusätzlichen Möglichkeiten zur Wertschöpfung wurden häufig noch nicht erkannt (dies kann zum Teil auf das eingeschränkte Produktspektrum und Nischenprodukte zurückgeführt werden).
- ⇒ Der Bereich *After-Sales* spielt allgemein eine untergeordnete Rolle für den Mittelstand.
- ⇒ Sofern vorhanden beschränkt sich der Bereich *After-Sales* auf das Ersatzteilgeschäft.

## 6.4.8 Personal

### Allgemeine Beschreibung

In Hinblick auf die Anzahl der Beschäftigten sind mittelständische Unternehmen deutlich kleiner aufgestellt als Großunternehmen. Die Beschäftigten des Mittelstandes verfügen jedoch oft über breites Fachwissen, welches sie sehr flexibel macht. Ungelernte bzw. angelehrte Arbeitskräfte finden sich aufgrund der vielseitigen Anforderungen seltener in mittelständischen Unternehmen. Gleichzeitig ist der Anteil von Akademikern an der Mitarbeiterschaft im Mittelstand meist gering.<sup>49</sup>

Der Faktor Wissen erreicht einen hohen Stellenwert unter den aktuellen Herausforderungen des Mittelstandes<sup>50</sup>. Dieses Thema ist für mittelständische Unternehmen zum kritischen Erfolgsfaktor geworden.

Viele der aktuellen Herausforderungen des deutschen Mittelstandes kommen aus dem Bereich Personal. Vor allem die Gewinnung, Bindung und Qualifizierung von Beschäftigten und Führungskräften stellt viele mittelständische Unternehmen vor große Schwierigkeiten. Der Mittelstand steht hier im internationalen Konkurrenzkampf um junge Talente, kann aber nicht die Aufstiegschancen und Weiterbildungsmöglichkeiten eines Großunternehmens bieten.<sup>51</sup>

Fachkräftemangel ist zunehmend für Unternehmen jeder Größe ein zentrales Problem. 43 % der Unternehmen haben Schwierigkeiten bei der Bindung qualifizierter Beschäftigter. Ähnlich viele (rund 42 % der Unternehmen) haben Probleme bei der Entwicklung von Führungskräften.<sup>52</sup>

---

<sup>49</sup> Dombrowski 2009, S. 7–9

<sup>50</sup> Voigt, Staiger, Finke, Orth 2006

<sup>51</sup> Malshe, Eekhoff 2012, S. 12

<sup>52</sup> Malshe, Eekhoff 2012, S. 12

## Bereichsziele

Die Ziele dieses Unternehmensbereiches sind nach ihrer Priorität sortiert:

| Höchste Priorität  | Mittlere Priorität   | Niedrigere Priorität      |
|--|--|---------------------------|
| ☆☆ Fachkräfte gewinnen und sichern                         | ☆☆ optimaler Einsatz der Beschäftigten; Flexibilisierung der Arbeitszeiten | ☆ gute Arbeitsbedingungen |
| ☆☆ Nutzen der Potenziale und des Wissens der Beschäftigten | ☆☆ Sicherung von Arbeitsplätzen  | ☆ hohe Arbeitssicherheit  |

## Haupt Herausforderungen

Die größte Herausforderung des Mittelstands ist der Fachkräftemangel bei zunehmender Komplexität von Produkten, Technologien und Prozessen.

Darüber hinaus wird der schwankende Personalbedarf bei steigender Interdisziplinarität als Herausforderung identifiziert.

Weitere Herausforderungen sind das Abteilungsdenken (bei mangelhafter unternehmensübergreifender Kommunikation bleibt das Fachwissen in der Abteilung) und mangelndes Prozessverständnis bei steigender Komplexität.

## Erkenntnisse:

- ⇒ Für die Beschäftigten des Mittelstandes bedeuten neue Technologien und deren intensivere Integration in allen Geschäftsbereichen einen Wandel ihrer Aufgaben und ihrer Arbeitswelt. In vielen Prozessen wird die Automatisierung vorangetrieben. In anderen Aufgaben werden die Beschäftigten in Zukunft durch mobile Technik und intelligente Assistenzsysteme unterstützt.
- ⇒ Es ist nicht nur mit dem bekannten Mangel an Nachwuchs-Ingenieuren und -Informatikern zu rechnen. Wichtig ist auch, dass die bereits vorhandenen, teilweise langjährigen Beschäftigten Weitergebildet und qualifiziert werden, um mit den Entwicklungen Schritt halten zu können.

## 6.5 Zusammenfassung der Erkenntnisse Ziele und Herausforderungen

Zusammenfassend werden im Folgenden die wichtigsten Ziele und Herausforderungen des Mittelstandes stichwortartig dargestellt:

### Ziele:

- starke Kundenorientierung und enge Zusammenarbeit mit den Kunden
- ausgeprägter Qualitätsanspruch, aber nur mangelnde Umsetzung von QM-Maßnahmen
- von langfristigen Perspektiven geprägtes Handeln (Nachhaltigkeit oder Umweltschutz als Unternehmenswert verankern)

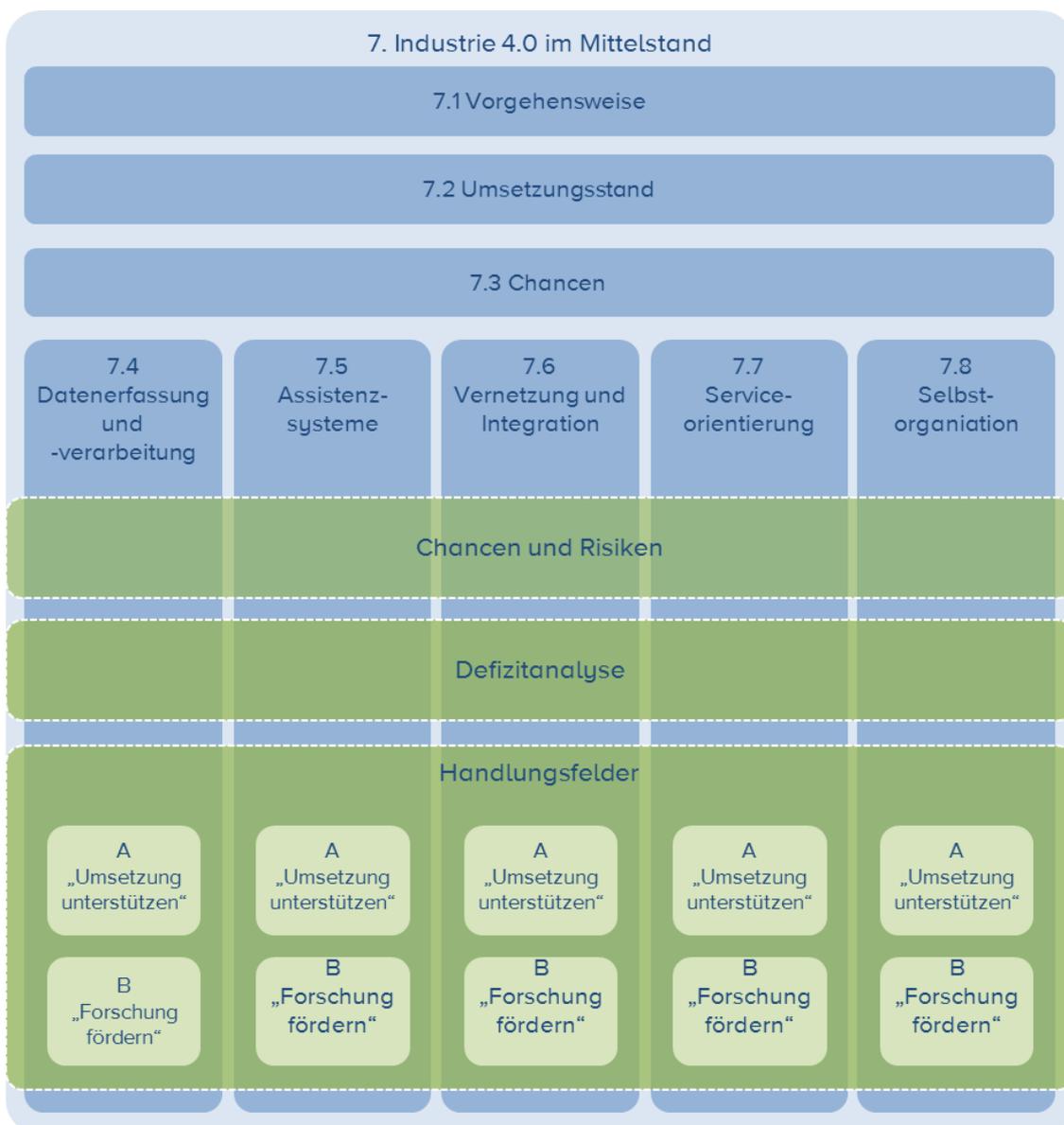
### Herausforderungen:

- begrenzte finanzielle Mittel und hoher Kostendruck (vor allem in der Zulieferindustrie)
- Marktschwankungen und Fachkräftemangel
- schwache Verhandlungsposition gegenüber Großunternehmen
- Defizite bei einer gezielten, methodisch unterstützten strategischen Planung
- Abstimmung und Transparenz im Netzwerk und auch innerhalb der Abteilungen des Unternehmens oft mangelhaft
- kein ausgebauter *After-Sales Service*/Dienstleistungen
- geringe finanzielle und personelle Mittel machen Großprojekte schwierig realisierbar
- Konkurrenzkampf mit internationalen Firmen und großen Unternehmen um junge Talente

# 7 Industrie 4.0 im Mittelstand

In diesem Kapitel werden die vorherigen Erkenntnisse zusammengeführt, verdichtet und analysiert, um daraus Handlungsfelder für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft abzuleiten. Dazu werden zunächst der allgemeine Umsetzungsstand von Industrie 4.0 in mittelständischen Unternehmen sowie die allgemeinen Chancen, die Industrie 4.0 für den Mittelstand bietet, beleuchtet.

Abbildung 14: Aufbau des Kapitels 7 Industrie 4.0 im Mittelstand



Quelle: eigene Darstellung

Anschließend werden die in Kapitel 4.4 identifizierten anwendungsbasierten Funktionsbereiche nacheinander untersucht. Die Beschreibung beginnt mit einer Darstellung der individuellen Chancen und Risiken je Industrie 4.0 Funktionsbereich. Danach werden die Ergebnisse der Defizitanalyse zusammenfassend dargestellt (eine ausführliche Herleitung der Ergebnisse für die einzelnen Industrie 4.0 Funktionsbereiche findet sich im Annex 11.5). Die Defizitanalyse wird ergänzt und vertieft in Hinblick auf Risiken und Querschnittsthemen von Industrie 4.0 durch Fachmeinungen von Experten, welche in Form von Essays in die Kapitel integriert wurden. Die Betrachtung der Industrie 4.0 Funktionsbereiche schließt mit der Identifikation von zentralen Handlungsfeldern und Maßnahmen für jeden einzelnen Funktionsbereich ab.

## 7.1 Vorgehensweise

Zur Ermittlung der Marktnachfrage des Mittelstandes, d.h. des Umsetzungsstandes sowie der Chancen und Risiken von Industrie 4.0, wurde eine umfangreiche Literaturrecherche durchgeführt und Studien zum Thema Industrie 4.0 und zum Einsatz von Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT) in mittelständischen Unternehmen ausgewertet. Zunächst wurden die allgemeinen Chancen und Risiken von Industrie 4.0 für den Mittelstand ermittelt, anschließend wurde die Analyse in den fünf Funktionsbereichen vertieft (siehe Kapitel 4.4). Für die fünf Funktionsbereiche wurden zentrale Anwendungselemente, Chancen und Risiken sowie Initialwerte zum Umsetzungsstand von Industrie 4.0 herausgearbeitet.

Der allgemeine Umsetzungsstand im Mittelstand sowie in den fünf Funktionsbereichen wurde ferner mittels einer Auswertung der agiplan-Projektdateien und durch sechs Experteninterviews ergänzt und validiert.<sup>53</sup> Den Abschluss der Ermittlung der Marktnachfrage bildete der Evaluierungsworkshop mit 38 Vertretern aus Mittelstand und Wissenschaft. Dort wurden die Chancen und Risiken von Industrie 4.0 je Funktionsbereich diskutiert und validiert.<sup>54</sup>

Im nächsten Schritt wurde die Marktnachfrage mit dem Technologieangebot, basierend auf dem Technologiestand (siehe Kapitel 3) und den Forschungsaktivitäten (siehe Kapitel 4), abgeglichen. Dies erfolgte im Rahmen der Defizitanalyse. Hier wurden Umsetzungs-, Technologie- und Forschungsstand sowie mögliche Potenziale betrachtet und Defizite in der For-

---

<sup>53</sup> Die Liste der interviewten Experten befindet sich im Anhang 11.6.

<sup>54</sup> Die Teilnehmerliste befindet sich im Anhang 11.1.

---

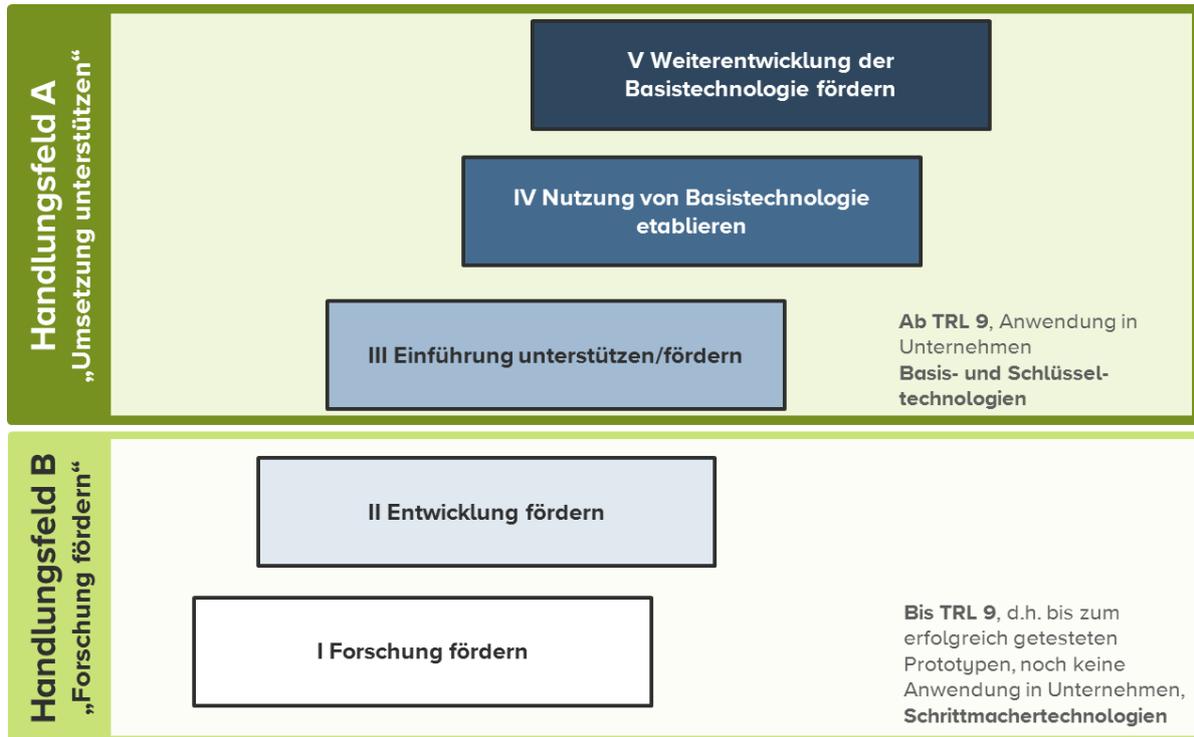
schung oder in der Umsetzung herausgearbeitet. Die Fokussierung auf die Defizite erklärt sich aus dem Ziel der Studie, Handlungsfelder und –maßnahmen für Politik, Wissenschaft und Wirtschaft zur Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 im Mittelstand zu identifizieren.

Ein Defizit in der Umsetzung besteht, wenn eine Industrie 4.0 Anwendung ein Potenzial zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von mittelständischen Unternehmen hat, die benötigte Technologie fertig entwickelt und am Markt vorhanden ist, die Anwendung aber im Mittelstand noch einen geringen Umsetzungsstand aufweist. Diese Defizite wurden je Industrie 4.0 Funktionsbereich ermittelt und jeweils im Handlungsfeld A „Umsetzung unterstützen“ zusammengefasst und mit Maßnahmen hinterlegt.

Ein Forschungsdefizit beschreibt den Zustand, dass ein Bedarf seitens des Mittelstandes für eine Industrie 4.0 Anwendung besteht, aber hierfür noch keine marktreife technologische Lösung existiert. Diese Defizite wurden je Industrie 4.0 Funktionsbereich ermittelt und jeweils im Handlungsfeld B „Forschung fördern“ zusammengefasst und mit Maßnahmen hinterlegt.

Die beiden Handlungsfelder A „Umsetzung unterstützen“ und B „Forschung fördern“ bestehen aus den in der Abbildung 15 dargestellten Stufen technologischer Entwicklung und Einführung von Industrie 4.0 Technologien und Anwendungen. Die detaillierte Beschreibung der fünf Stufen befindet sich in Annex 11.4.

Abbildung 15: Handlungsfelder A „Umsetzung unterstützen“ und B „Forschung fördern“



Quelle: eigene Darstellung

### Handlungsfeld A „Umsetzung unterstützen“

Eine Industrie 4.0 Anwendung für deren Umsetzung im Mittelstand Technologien benötigt werden, die bereits fertig entwickelt und marktreif sind (TRL9), wird dem Handlungsfeld A „Umsetzung unterstützen“ zugeordnet – auch dann, wenn noch Anpassungsbedarf an die speziellen Anforderungen der mittelständischen Unternehmen besteht. Die diesem Handlungsfeld zugeordneten Industrie 4.0 Technologien und Anwendungen sind also grundsätzlich vorhanden, werden jedoch vom Mittelstand noch nicht oder nur unzureichend genutzt. In der Regel handelt es sich hierbei um Basis- oder Schlüsseltechnologien.

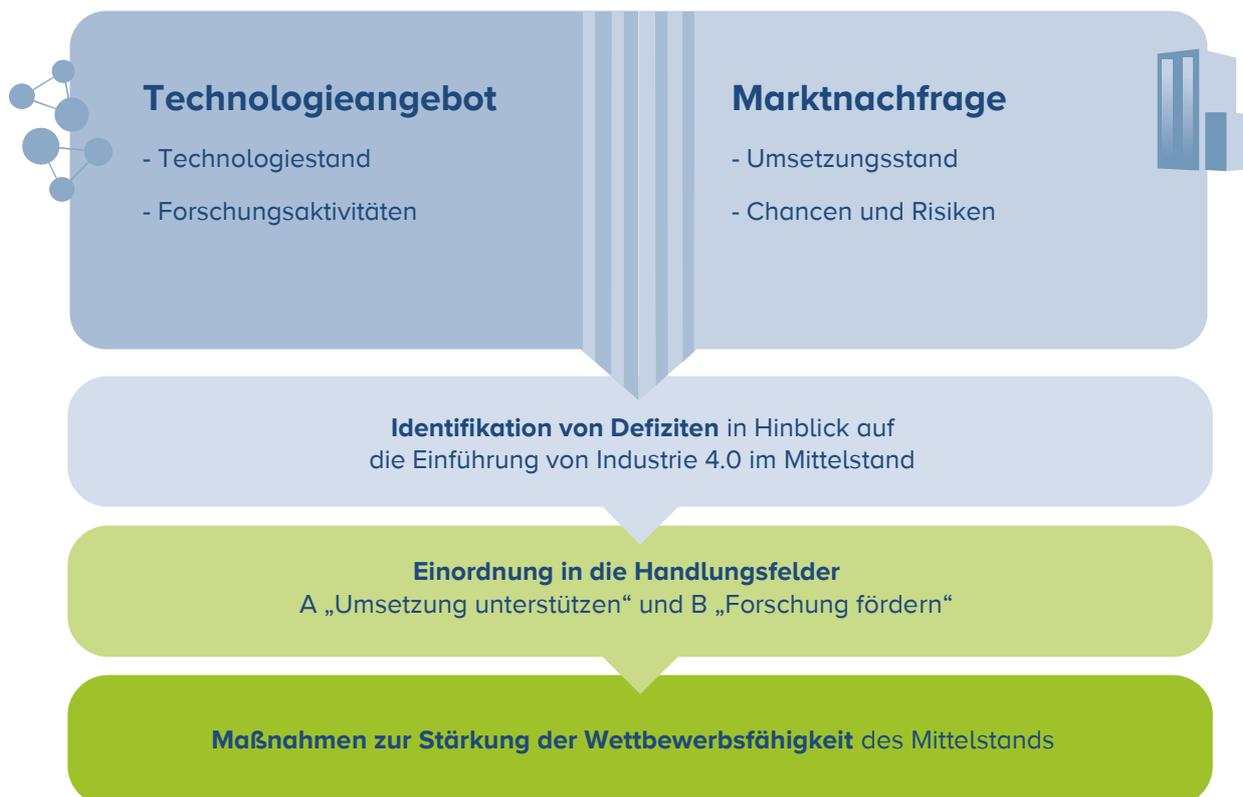
Maßnahmen, die dazu dienen, diese Technologien im Mittelstand einzuführen oder ihre Verbreitung zu intensivieren, können kurz- bis mittelfristig umgesetzt werden (in 1 - 5 Jahren). Der Einsatz dieser Technologien und Anwendungen kann in diesem Zeitraum auch bereits einen Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit der Unternehmen leisten, da die Wirkung ebenfalls kurz- bis mittelfristig zu erwarten ist.

## Handlungsfeld B „Forschung fördern“

In Handlungsfeld B weisen die Industrie 4.0 Technologien und Anwendungen noch einen geringen Reifegrad (TRL < 9) auf, sind noch nicht anwendungsreif und bedürfen der weiteren, inhaltlichen und/oder technologischen Entwicklung. Maßnahmen, um die Forschung und Entwicklung voranzubringen, sollten ebenfalls schnellstmöglich gestartet werden. Die Wirkungen auf Unternehmensebene werden sich jedoch erst langfristig (> 5 Jahre) einstellen. Potenziell können diese Zukunftstechnologien bzw. Schrittmachertechnologien jedoch einen hohen Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstandes leisten.

In Abbildung 16 ist die beschriebene Vorgehensweise zur Ableitung der Handlungsfelder und Maßnahmen je Funktionsbereich schematisch dargestellt.

**Abbildung 16: Ableitung von Handlungsfeldern und Maßnahmen je Funktionsbereich**



Quelle: eigene Darstellung

## 7.2 Umsetzungsstand

Industrie 4.0 besteht aus einer Vielzahl von Technologien und Methoden. Einige dieser Bausteine sind bereits heute in vielen Unternehmen zu finden, andere sind noch in der Entwicklung. Da Industrie 4.0 ein Metabegriff ist, kann nur von einer Umsetzung von Industrie 4.0 gesprochen werden, wenn mehrere Bausteine in Kombination in Unternehmensprozesse implementiert werden und zum Beispiel ein Cyber-Physisches-System bilden. Vor diesem Hintergrund erweist sich die Messung des Umsetzungsstands von Industrie 4.0 in Unternehmen als anspruchsvoll. Dieser Umstand schlägt sich auch in der bestehenden Literatur nieder: Entweder wird der Umsetzungsstand anhand der Implementierung einzelner Technologien gemessen oder es wird von dem Maximalziel einer vollständigen Durchdringung von Industrie 4.0 Technologien und Methoden ausgegangen. Es existiert somit keine einheitliche Bewertungsskala, die den Umsetzungsgrad von Industrie 4.0 in Unternehmen beschreibt. Die analysierten Literatur- und Studienergebnisse nähern sich dem Thema aus unterschiedlichen Perspektiven und betrachten zum Teil verschiedene Unternehmensbereiche oder Technologiegruppen.

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass das Thema Industrie 4.0 mittlerweile auch im Mittelstand angekommen ist. Immerhin 70 % der mittelständischen Unternehmen haben sich bereits mit dem Thema beschäftigt und 67 % haben ihr *Manufacturing Execution System* (MES) in kaufmännische Systeme eingebunden. Die aktuelle Verbreitung IT gestützter BDE/MDE-Systeme liegt bei 68 %.<sup>55</sup> Eine konkrete Umsetzungsstrategie fehlt hingegen den meisten Unternehmen. Lediglich 29 % aller Unternehmen haben bereits eine explizite Strategie zur Einführung von Industrie 4.0.<sup>56</sup> Für einen Großteil des Mittelstandes (70 %) hat der Einsatz digitaler Technologien im Herstellungsprozess noch keine oder nur eine geringe Relevanz.<sup>57</sup>

Des Weiteren ist die Finanzierung des Digitalisierungsprozesses ein strategisches Thema: „Das finanziell für digitale Technologien zur Verfügung gestellte Budget ist überschaubar gering und wird auch in den kommenden 3 Jahren nur wenig ansteigen.“<sup>58</sup>

Bei genauerer Betrachtung der unternehmensinternen Prozesse lässt sich feststellen, dass etwa 20 % der mittelständischen Unternehmen *Cloud*-basierte Speicher-, Backup- und Ser-

---

<sup>55</sup> Pierre Audoin Consultants (PAC) GmbH, Freudenberg IT SE & Co. KG 2014, S. 10

<sup>56</sup> Bauer u.a. 2014, S. 10

<sup>57</sup> GfK Enigma GmbH 2014, S. 7

<sup>58</sup> GfK Enigma GmbH 2014, S. 41

---

verdienste sowie digitale Tools in den Bereichen *Customer-Relationship-Management* (CRM), *Human Resources* (HR) oder *Product-Lifecycle-Management* (PLM) nutzen. In den meisten Fällen handelt es sich dabei um private *Cloud*-Modelle. Im produzierenden Gewerbe verfügen 7 % der Unternehmen über Indoor-Ortung, 10 % über Assistenzsysteme, 22 % über IP-fähige Maschinen, 28 % über durchgängige Datenstandards, 41 % über den Zugang zu Breitbandinternet und 45 % über eine zuverlässige WLAN-Verfügbarkeit in ihrer Fabrik.<sup>59</sup>

Vor allem Bedenken bezüglich Datensicherheit (vgl. Kapitel 7.4.3) und Datenverlust sowie rechtliche Bedenken verhindern die Einführung entsprechender Technologien von Industrie 4.0. So lehnen zum Beispiel 40 % der mittelständischen Unternehmen *Cloudcomputing* grundsätzlich ab.<sup>60</sup>

Ein weiterer wichtiger Grund für die Zurückhaltung des Mittelstandes ist das unklare Kosten/Nutzen-Verhältnis. Zwar werden viele Daten im Unternehmen generiert, jedoch werden diese kaum ausgewertet und genutzt.<sup>61</sup> Trotz dieser Hemmnisse gehen die mittelständischen Unternehmen von einer deutlichen Steigerung der Digitalisierung in den nächsten fünf Jahren aus. Es wird prognostiziert, dass in der horizontalen Wertschöpfungskette in fünf Jahren 86 % (heute 24 %) aller Unternehmen einen hohen Digitalisierungsgrad aufweisen, in der vertikalen Wertschöpfungskette 80 % (heute 20 %).<sup>62</sup> Der Digitalisierungsschub wird dabei unabhängig von Branche und Unternehmensgröße erwartet.<sup>63</sup>

---

<sup>59</sup> Bauer u.a. 2014, S. 13

<sup>60</sup> Pierre Audoin Consultants (PAC) GmbH, Freudenberg IT SE & Co. KG 2014, S. 13f

<sup>61</sup> Güntner 2014, S. 8

<sup>62</sup> Geissbauer u.a. 2014, S. 19

<sup>63</sup> Geissbauer u.a. 2014, S. 20

### 7.3 Chancen

Industrie 4.0 Technologien bieten große Chancen für den Mittelstand, seine Wettbewerbsfähigkeit zu steigern. Insbesondere in folgenden Sektoren sehen mittelständische Unternehmen wirtschaftliche Potenziale:

#### Reduzierung der Produktionskosten

Durch die Anwendung von Industrie 4.0 Technologien versprechen sich mittelständische Unternehmen eine Reduzierung der Produktionskosten und somit die Möglichkeit, dem durch die Globalisierung und Transparenz der Anbietermärkte entstehenden starken Kostendruck, entgegenzuwirken.

Dabei erwartet der Mittelstand, in nahezu allen kostenrelevanten Bereichen der Herstellung von Gütern entsprechende Einsparungen zu erzielen.

- **Materialkosten** – Industrie 4.0 Technologien können den Materialeinsatz effizienter gestalten. Beispielsweise können Ausschussquoten durch eine bessere Auswertung der Prozessdaten und die bessere Absicherung technologisch anspruchsvoller Bearbeitungsverfahren gesenkt werden. Auch ist davon auszugehen, dass die bessere Verfügbarkeit geometrischer und technologischer Materialdaten die Materialeffizienz in der fertigungstechnischen Bearbeitung verbessern wird.
- **Fertigungskosten** – Industrie 4.0 Technologien können die Effizienz der Fertigung deutlich erhöhen. Einer der kostenrelevanten Ansatzpunkte ist die Verbesserung der Anlagennutzung durch die digitale Einbindung der Produktionsanlagen. Die permanente Verfügbarkeit und Überwachung des Anlagenzustands ist hierbei Basis für deutliche Nutzungszeitgewinne und geht einher mit einer Verbesserung der Gesamtanlageneffizienz. Weitere kostenrelevante Ansatzpunkte sind die bessere Organisation des Produktionsprozesses durch die Optimierung der Planungsabläufe und vor allem die gezieltere Steuerung der Produktion. Eine schnellere und optimierte Reaktion auf die zahlreichen Einfluss- und Störgrößen im Produktionsprozess wirkt hierbei als Hebel für die Senkung der Fertigungskosten.

- 
- **Logistikkosten** – Industrie 4.0 Technologien können dazu beitragen, bisher manuell ausgeführte Prozesse in der Logistik zu automatisieren und dabei gleichzeitig die Flexibilität zu erhalten.
  - **Bestandskosten** – Industrie 4.0 Technologien können zu deutlichen Kosteneinsparungen beitragen. Einerseits - im Sinne einer Digitalisierung der *Supply Chain* - durch eine verbesserte Datenverfügbarkeit entlang der Wertschöpfungsprozesse über die Unternehmensgrenzen hinweg. Andererseits kann die Vernetzung der Bestandsdaten mit der Produktionsplanung und -steuerung innerhalb des Unternehmens dazu führen, auf einem wesentlich geringeren Bestandsniveau zu agieren.
  - **Komplexitätskosten oder Managementkosten der Produktion** – Heutzutage noch aufwändige Prozesse der Informationsbeschaffung für das Produktionsmanagement können durch die künftige Digitalisierung der Produktionsobjekte deutlich verschlankt werden. Ein weiteres Optimierungsfeld ist die fundierte Klärung von Entscheidungssituationen durch systemgestützte Entscheidungsmechanismen oder gar durch dezentralisierte Entscheidungsregelkreise.
  - **Instandhaltungskosten** – Industrie 4.0 Technologien sollen dazu beitragen, die Wartungs-, Service- und Instandsetzungsarbeiten an den Produktionsanlagen effizienter durchzuführen. Hierzu zählen ein verbessertes Ersatzteilwesen ebenso wie die Möglichkeiten eines zustandsorientierten Instandhaltungsmanagements.

### Erschließung von Umsatzpotenzialen

Der Mittelstand sieht die Chancen von Industrie 4.0 jedoch nicht nur in der Reduzierung von Kosten, sondern ebenso in der Unterstützung seiner Wettbewerbsfähigkeit:

- **Schnellere Belieferung der Märkte** – Industrie 4.0 Technologien können von Unternehmen genutzt werden um, ihre Lieferzeiten deutlich zu reduzieren und dadurch signifikante Wettbewerbsvorteile zu erschließen.

- **Flexibilisierung der Produktion** – Industrie 4.0 Technologien können den Unternehmen eine stärker an die Marktbedürfnisse angepasste Produktion ermöglichen und die strukturelle Flexibilität erhöhen.
  
- **Transparenz der Kundenschnittstelle** – Industrie 4.0 Technologien können dazu beitragen, die deutlich gesteigerte Informationsverfügbarkeit während des Produktionsprozesses gezielt an die Kunden weiterzugeben und diesen dadurch einen Mehrwert zu liefern. Beispiele hierfür können proaktive Lieferavis, Verspätungsmeldungen oder das Übermitteln technologischer Produktdaten aus dem tatsächlichen Produktionsprozess sein.
  
- **Individualisierung von Produktion und Produkten** – In dem von den Märkten teils geforderten Trend zu einer stärkeren Individualisierung der Produktion bzw. der Produkte können Industrie 4.0 Technologien den Unternehmen ermöglichen, die damit verbundenen Herausforderungen zu bewältigen. Einerseits kann die Ansteuerung der Produktionsprozesse mit kundenauftragsspezifischen Daten zur Individualisierung der einzelnen Herstellungsschritte und damit der Produkte genutzt werden. Andererseits kann die wesentlich stärkere „Vereinzelung“ der Produktion durch die neuen Industrie 4.0 Ansätze des Produktionsmanagements bewältigt werden.
  
- **Verbesserung der Qualität** – Analog zur oben genannten Reduzierung der Qualitätskosten können Industrie 4.0 Technologien dazu beitragen, die Qualitätsmerkmale des Produktes zu verbessern und damit zusätzliche Umsatzpotenziale zu erschließen.
  
- **Erweiterung des Produkt- und Serviceangebotes** – Industrie 4.0 Technologien können für die Unternehmen die Chance eröffnen, ihren Kunden neue Dienstleistungen bzw. Services anzubieten.

- 
- **Veränderte Marktbearbeitung** – Durch die Anwendung von Industrie 4.0 Technologien erhoffen sich Unternehmen, zusätzliche Marktchancen zu erschließen: Verfügbare Kundendaten können besser analysiert, neue Vertriebswege erschlossen oder auch der Zugang zu bisher nicht erreichbaren Märkten generiert werden.

Industrie 4.0 wird die größten Potenziale dadurch generieren, dass Informationen in Echtzeit jederzeit und überall in beliebiger Menge und mit deutlich besserer Qualität als heute verfügbar sind. Wichtig für die Erschließung dieser Potenziale ist, dass die Daten erfasst, ausgewertet und korrekt interpretiert werden und daraus anschließend die richtigen Handlungen abgeleitet werden. Datenauswertung und bessere Informationsaufbereitung führen so zu fundierten Entscheidungsgrundlagen.<sup>64</sup>

---

<sup>64</sup> Bauernhansl, ten Hompel, Vogel-Heuser 2014, S. 79

## 7.4 Datenerfassung und -verarbeitung

Der Funktionsbereich Datenerfassung und -verarbeitung beschäftigt sich mit der Erhebung und Auswertung von Daten zu Prozessen, Qualität, Produkten, Beschäftigten und deren Umfeld. Wissen, Informationen und Daten bilden die Grundlage für Industrie 4.0 und sind entsprechend von hoher Relevanz für ihr Gelingen.

Durch die stetige Leistungssteigerung von Sensoren bei gleichzeitigem Preisverfall lassen sich zukünftig eine Vielzahl von Informationen in allen Bereichen der Produktion und Logistik erfassen. RFID und Barcodesysteme ermöglichen eine einfache Identifizierung, z. B. von Produkten an den Maschinen und Anlagen. So können Daten über den gesamten Lebenszyklus eines Produkts erfasst und verarbeitet werden: von der Entwicklung über die Produktion bis hinein in die Nutzungsphase. Doch das reine Erfassen von Daten bringt noch keine Vorteile. Vielmehr müssen die Daten auch ausgewertet und verarbeitet werden.

### Steckbrief Datenerfassung und -verarbeitung

#### Leitfrage:

Welche Daten werden erfasst/generiert und wofür werden sie verarbeitet?

#### Schlagworte:

- Sensortechnik/RFID/Barcode
- Datenanalyse/*Big-Data* Analyse
- Dokumentation und Datenverwaltung
- Simulation (Produkt, Produktion, Anlagen etc.)
- Datensicherheit

### Datenerfassung und -verarbeitung bilden die Grundlage für Industrie 4.0.

#### Elemente:

- **Kundendaten** (CRM, Kundenwünsche, Marktstudien, Feedback, Auftragshistorie)
- **Produktdaten** (Auftragsdaten, Spezifikationen, Stückzahlen, Lieferzahlen, Produktidentifikation, Produkthistorie, Preise, Liefertermin)
- **Produktionsdaten** (Fertigmeldungen, Prozessquittierung, Störungen, Stückzahlen)
- **Lager- und Bestandsdaten** (Transport und Lagerbuchungen, Objektlokalisierung)
- **Kapazitätsdaten** (Maschinenauslastung, Mitarbeiterereinsatz, Kapazitäten, OEE, Stillstandszeiten)
- **Nutzungsdaten** (Betriebsdaten, Nutzungsverhalten, Wartungs- und Verbrauchsmaterialbedarfe, Zustands- und Verschleißinformationen für Maschinen, Transporteinrichtungen und TGA)
- **Qualitätsdaten** (Liefertreue, Produktqualität, Ausfälle, Probleme, Rückläufer, Reklamationen)
- **Umgebungsdaten** (Position, Temperatur, Feuchtigkeit)
- **Wissen** (Dokumentation von Problemen, Mitarbeiterkommunikation)
- **Supply Chain Daten** (Auslastung, Termine, Verzögerungen)
- **(Big-)Data Analysen** (u.a. Sensordatenfusion) (z. B. zur Marktanalyse, Produktionsoptimierung etc.)

---

Geschieht dies kontinuierlich und automatisiert und werden hierdurch sofortige Reaktionen ausgelöst – ohne menschliches Eingreifen bzw. unterstützend zum menschlichen Handeln – so ergeben sich Regelkreise, die im Funktionsbereich Autonomie bzw. Assistenzsysteme behandelt werden.

Im Funktionsbereich Datenerfassung und -verarbeitung werden entsprechend die diskontinuierlichen Datenauswertungen betrachtet, angefangen von OEE-Auswertungen bis hin zu *Big-Data* Analysen, die in ihrer Konsequenz stets auf eine Prozess- bzw. Qualitätsverbesserung abzielen. Im Unterschied zur Autonomie werden hier noch keine dezentralen Entscheidungen von Produkten und Maschinen getroffen, sondern die entsprechenden Maßnahmen werden von den Beschäftigten entschieden und eingeleitet. Aber allein schon aus dem Messen und Auswerten von Daten lassen sich bereits ohne Autonomie große Potenziale erschließen, die heute noch bei weitem nicht ausgeschöpft sind.

#### **7.4.1 Chancen und Risiken**

##### **Chancen durch Datenerfassung und -verarbeitung**

In der Produktion wie auch in der Logistik lässt sich durch die systematische und automatisierte Erfassung, Auswertung und Verarbeitung von Maschinen-, Anlagen- und Produktdaten (z. B. durch den Einsatz von Sensorik) ein virtuelles Echtzeitbild der Unternehmensabläufe erzeugen. Dies ermöglicht eine echtzeitnahe Planung und Steuerung der Produktion. Besonders die für die Kapazitäts- und Ressourcenplanung dringend notwendigen Prozessdaten werden ohne zusätzlichen manuellen Aufwand vollständig generiert. Gerade in diesem Bereich besteht beim Mittelstand dringender Handlungsbedarf. Durch fehlende, ungenaue oder veraltete Datensätze scheitern Optimierungsansätze häufig bereits an den mangelnden Grundlagen.

Die mit der automatisierten Datenerfassung und -verarbeitung verbundene hohe Verfügbarkeit von Informationen führt zu einem verbesserten Verständnis der Abläufe und versetzt die Entscheidungsträger in die Lage, Funktionszusammenhänge zu erkennen und die richtigen Handlungsentscheidungen zu treffen. Im Zusammenspiel mit einer konsequenten Rückwärtsterminierung der Produktionsaufträge führt eine gesteigerte Datenqualität und -quantität zu einer Zunahme der Prognosegenauigkeit. In der Folge können Liefertermine besser vorhergesagt und kommuniziert werden, was unmittelbar mit einer Steigerung der Kundenzufriedenheit einhergeht. Zudem werden Fehler und Abweichungen innerhalb der

Fertigungsprozesse nicht nur aufgedeckt, sondern durch eine prozessübergreifende Erueirung von Qualitätsparametern kann in vielen Fällen sogar die Ursache eines auftretenden Problems identifiziert werden. Es ist damit möglich, die Prozesse einer ständigen Qualitätskontrolle zu unterziehen und die Fehler in einem frühen Stadium der Fertigung zu eliminieren. Die hohen finanziellen Aufwendungen für Nacharbeiten können drastisch minimiert werden. Das Unternehmen gewährleistet durch die systematische Überwachung der Prozessparameter, dass der Kunde auch ohne die Installation einer finalen Endkontrolle ein qualitativ hochwertiges Produkt erhält.

Neben der Erhöhung der Datenqualität verringern sich außerdem die mit der manuellen Datenerhebung und Dokumentation verbundenen unproduktiven Arbeitsanteile. Die aus den Datenanalysen abgeleiteten Handlungsempfehlungen führen des Weiteren zu einer verbesserten Synchronisation der Produktions- und Logistikanlagen. Hier liegt entsprechend hohes Potenzial für die Verkürzung von Produktions-, Rüst- und Liegezeiten. Direkte monetäre Auswirkungen hat insbesondere die steigende Zuverlässigkeit von Bestandsdaten, da zukünftig auf diejenigen Sicherheitsbestände verzichtet werden kann, die das Resultat von – aus Unsicherheiten durchgeführten – Fehlbuchungen waren.

Basis einer erfolgreichen Automatisierung des Informationsflusses ist ein einheitliches Dateiformat mit vordefinierten Parametern (Inhalte und Einheiten). Dadurch wird sichergestellt, dass der Datenstamm stets einheitlich und konsistent ist. Individuelle Unterschiede, die beispielsweise durch die Heterogenität der Nutzervorstellungen hervorgerufen werden, sind nicht mehr existent. Auch die Anzahl nicht benötigter oder gar doppelter Datenerzeugungsprozesse nimmt stetig ab. Redundante Daten werden nur noch dort erzeugt, wo sie aus qualitätstechnischen Gesichtspunkten dringend erforderlich sind.

Die automatisierte Generierung von Nutzungs- und Verbrauchsdaten unterstützt die Unternehmen zusätzlich bei der Instandhaltung der Maschinen und Anlagen. Kritische Parameter werden den Bedienern schon während der Bearbeitung zeitnah angezeigt und lösen bei Bedarf geeignete Wartungs- und Instandhaltungsmaßnahmen aus.

### Risiken durch Datenerfassung und -verarbeitung

Das bedeutendste Risiko im Bereich der systematischen und automatisierten Datenerfassung und -verarbeitung ist die Gewährleistung des Datenschutzes. Es muss klargestellt werden, wem die erzeugten Daten rechtlich gehören, wer sie unter welchen Umständen verwenden

---

darf und wie dem Missbrauch durch Dritte entgegengewirkt werden kann. Verbleiben die Daten nicht ausschließlich lokal in einem Unternehmen, sondern werden diese von verschiedenen Standorten und innerhalb der *Supply Chain* genutzt, so muss dem Thema Datensicherheit vermehrte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Durch den offenen Datentransfer via Intranet und Internet steigt das Risiko, Opfer von internen und externen Manipulationsversuchen zu werden. Innerbetrieblich lässt sich der Umgang mit sensiblen Unternehmensdaten durch entsprechende Regelungen innerhalb der Geschäftsordnung oder durch separate Betriebsvereinbarungen sicherstellen. Bei Verstößen gegen den Datenschutz sind personelle Sanktionsmaßnahmen vorzusehen. Um den überbetrieblichen Datenschutz zu gewährleisten, sind eine Verschlüsselung der Informationen sowie eine Zusammenarbeit mit einem IT-Dienstleister sinnvoll. Grundsätzlich stellt der Automatisierungsprozess hohe Anforderungen an die IT-Infrastruktur des Unternehmens. Insbesondere in ländlichen Regionen ist die Übertragungsgeschwindigkeit vielerorts noch nicht ausreichend. Ein enger Kontakt zu den örtlichen Gemeinden und Kommunen ist entscheidend für die Verbesserung der Ist-Situation. IT-Anforderungen müssen klar formuliert werden, um die Politik zu Handlungen zu bewegen. Nur dann können vorhandene Förderprogramme genutzt oder neue Unterstützungsquellen generiert werden.

Ein weiteres Risiko besteht im Umgang mit steigenden Datenvolumen. Zu Beginn der Einführung von automatisierten Datenerfassungsprozessen muss klar definiert werden, welche Daten wirklich benötigt werden und auf welche Informationen verzichtet werden kann. Alle Beteiligten müssen daher im Vorfeld ihre Anforderungen definieren, kommunizieren und mit den Schnittstellenbereichen innerhalb und außerhalb des Unternehmens abgleichen. Dadurch wird verhindert, dass eine Flut nicht benötigter Daten entsteht. Geschieht dieser Konsolidierungsprozess nicht oder zu spät, muss zusätzlich eine Datenfilterung erfolgen, welche die Potenziale der aufgezeigten Chancen stark verringert. Dies ist insbesondere vor dem Hintergrund zu sehen, dass entsprechende Fachkräfte zur Datenauswertung aufgrund ihrer speziellen Qualifikationen auf dem Arbeitsmarkt schwer zu finden sind.

Durch die fehlende manuelle Aktivität bei der Beschaffung und Verarbeitung der Daten besteht die Gefahr des schleichenden Know-how Verlustes. Die erzeugten Informationen müssen regelmäßig auf ihre Konsistenz hin überprüft und kritisch hinterfragt werden. Verändern sich die zu überwachenden Prozesse oder kommen weitere Systemfunktionen hinzu bzw. fallen weg, ist parallel auch die Datenanalyse anzupassen. Die mit einer steigenden Digitalisierung verbundene Komplexitätszunahme und die damit einhergehende Abhängigkeit der IT führen letztendlich zu einer erhöhten Störanfälligkeit des Gesamtsystems. Die Zusammenar-

beit mit entsprechenden Dienstleistern oder die Investition in die Ausbildung von Fachkräften ist für einen nachhaltigen Erfolg unabdingbar.

**Tabelle 2: Chancen und Risiken von Datenerfassung und -verarbeitung**

| Chancen   | Risiken  |
|---|--|
| + Aufdecken von Zusammenhängen                                    | - Gewährleistung des Datenschutzes schwierig                 |
| + Verbesserung der Analyse/Überwachung von Prozessen und Terminen | - ständig steigendes Datenvolumen                            |
| + Vereinfachung der Fehler- und Ursachenanalyse                   | - Fachkräfte für die Datenauswertung sind schwer zu bekommen |
| + Erhöhung der Prozess- und Produktqualität                       | - Gefahr des Know-how Verlustes                              |
| + verbesserte Prognosemöglichkeiten                               | - erhöhte Störanfälligkeit der Systeme                       |
| + Verringerung von Produktions-, Rüst- und Liegezeiten            | - Anpassung der IT Infrastruktur notwendig                   |
| + Verringerung des Aufwandes für Dokumentation und Datenerhebung  | - Informationsflut, die nicht bearbeitet werden kann         |
| + Erhöhung der Datenqualität                                      | - Übertragungsgeschwindigkeit oftmals unzureichend           |
| + Optimierung der Instandhaltung                                  | - hohe Abhängigkeit von der IT                               |
| + Stärkung der Kundenorientierung                                 |  |

---

## 7.4.2 Defizitanalyse

Rund um ein Unternehmen fallen die unterschiedlichsten Daten an. Viele Daten werden bereits erfasst, meist weil die Maschinen und Anlagen diese Funktionalität ohnehin bieten oder weil Kunden oder Lieferanten dies vom Unternehmen verlangen. Die Wichtigkeit von Daten für den eigenen Betrieb haben jedoch bisher nur die wenigsten mittelständischen Unternehmen erkannt und so bleiben viele Daten ungenutzt: Sie werden nicht verarbeitet, ausgewertet, miteinander in Verbindung gebracht oder anderweitig produktiv verwertet.

### *Umsetzungsstand*

Insgesamt werden bereits viele Daten im Mittelstand gesammelt. Insbesondere in der Logistik werden umfangreiche Daten zu Beständen, Terminen und Transporten erhoben. Auch in der Auftragsbearbeitung, der Produktion und im Qualitätsmanagement werden zahlreiche Daten erfasst und in ERP-Systemen verwaltet. Der Einsatz von ERP-Systemen im Mittelstand ist mittlerweile Standard geworden. Die Erfassung erfolgt meist jedoch nicht auf Produkt-, sondern auf Auftragsebene. Eine Speicherung aller Daten auf Produktebene und für den gesamten Produktlebenszyklus erfolgt dementsprechend nicht.

Wissen zum Prozess (wie beispielsweise Störungen) wird nur zu einem geringen Teil dokumentiert, und wenn, erfolgt dies selten elektronisch gestützt.

Bei der Datenerfassung wird außerdem häufig nicht systematisch vorgegangen. Eine klare Strategie, welche Daten aufgenommen werden sollten, um zu relevanten Erkenntnissen zu gelangen, fehlt in der Regel.

Des Weiteren ist die Datenqualität häufig sehr gering und die Daten damit nicht belastbar. Eine klare Organisation und Disziplin bei der Datenpflege fehlt. Insbesondere Stammdaten werden häufig vernachlässigt, was für die Umsetzung von Industrie 4.0 problematisch ist.



**Dr.-Ing. David Jentsch**

Fachgruppenleiter Fabrikplanung und Digitale Fabrik, IBF - TU Chemnitz

„Die bereits vorhandenen Daten werden zu selten genutzt. Selbst einfache Regressionen zur Zukunftsvorhersage und statistische Auswertungen (z. B. in Excel) bergen große, ungenutzte Potenziale!“

Das Thema Datenanalyse wird von den meisten mittelständischen Unternehmen stark vernachlässigt. Eine Auswertung der Daten erfolgt nur selten und wenn nur für einen ganz bestimmten Zweck. Eine Auswertung, um zu Erkenntnissen über die Produktion oder die Produktqualität zu gelangen und diese in der Folge zu verbessern, erfolgt praktisch nie. *Big-Data* Analysen sind im Mittelstand unbekannt, aber auch einfachere Auswertungsmöglichkeiten werden kaum genutzt.

### *Technologielevel*

Die Technologien zum Erfassen und Weiterverarbeiten von Auftragsdaten befinden sich auf einem hohen Level. Hard- und Softwaresysteme sowie die zur Datengenerierung notwendigen Sensoren sind auf dem Markt etabliert. Auch Datenspeicher sind in unterschiedlichster Form und zu erschwinglichen Preisen erhältlich. Adäquate Technologien zur Datenerfassung und -auswertung sind grundsätzlich vorhanden, marktreif und können im Mittelstand eingesetzt werden.

### *Potenzial*

Ohne Daten in einer ausreichenden Menge und Qualität wird es keine Industrie 4.0 geben. Aber auch heute schon lassen sich hohe wirtschaftliche Potenziale direkt oder indirekt in der Erhebung, Auswertung und Verarbeitung von Daten generieren.

Insbesondere Produktions- und Auftragsdaten sind hilfreich, um beispielsweise Prozessabläufe besser überwachen zu können, Transparenz in der Fertigung zu erreichen sowie die Planungen und Steuerung deutlich zu vereinfachen.

Auch die Erhebung von Daten über das Nutzungsverhalten ihrer Kunden bietet den mittelständischen Unternehmen die Chance, diese noch besser zu verstehen und sie noch enger an sich zu binden. Da viele Daten bereits vorhanden sind, könnten durch ihre Nutzung schnell große Erfolge erzielt werden.

### *Defizite*

Einige der derzeit eingesetzten Maschinen sind noch nicht in der Lage, Daten zu erfassen, und müssen entsprechend mit weiteren Sensoren und IT aufgerüstet werden. Dazu fehlt es jedoch an der Kenntnis, wo und welche Daten sinnvoll erhoben werden sollten.

---

Insbesondere die Datenqualität und -aktualität müssen deutlich verbessert werden, bevor die Potenziale von Industrie 4.0 voll ausgeschöpft werden können. Dies lässt sich zum einen durch Automatisierung bzw. Teilautomatisierung erreichen. Zum anderen sind jedoch auch Änderungen an der internen Organisation und eine Erhöhung der Sensibilität für die Wichtigkeit von Datenqualität unabdingbar. Um dies zu erreichen, benötigt der Mittelstand aktive Unterstützung, vor allem durch Beratung.

Weiterhin sind die aktuellen ERP-Systeme meist starr und wenig flexibel. Anpassungen an die Bedarfe des Mittelstandes sind mit hohem Aufwand bei der Programmierung verbunden. Flexiblere, kleine ERP-Ergänzungen und Programme sollten weiter gefördert werden. Komplexe Programme sollten bedienerfreundlich umgestaltet werden, um die Nutzung für den Mittelstand interessant zu machen.

Zusätzlich fehlen wichtige technische Voraussetzungen für eine flächendeckende Datenerhebung. Benötigt werden eine sichere Infrastruktur mit der Daten übermittelt werden können sowie Standards in der Datenübertragung und sichere Möglichkeiten zur Datenablage.



### 7.4.3 Essay – IT-Sicherheit in der Industrie 4.0

**Prof. Dr. Peter Martini**, Institutsleiter

Fraunhofer-Institut für Kommunikation, Informationsverarbeitung und Ergonomie (FKIE)

#### I. Sachstand und heutige Aktivitäten

Vernetzte Wertschöpfungsketten, kognitive Cyber-Physische-Systeme, individualisierte Massenfertigung und hohe Flexibilität – das sind Merkmale zukünftiger Produktions- und Dienstleistungsprozesse, die die heutige Arbeitswelt unter der Bezeichnung Industrie 4.0 bereits erfasst haben und zunehmend verändern werden. Ein wesentlicher Grundgedanke besteht darin, organisationsbedingte Brüche in Fertigungs- und Zulieferabläufen durch unternehmensübergreifende technische Vernetzung der Systeme zu überwinden, um gemeinsam effizienter, effektiver und flexibler zu werden. Das erfordert viele technische Innovationen wie die Einführung standardisierter, robuster Authentifizierungsverfahren oder die Entwicklung neuartiger Sensoren zur Eigenüberwachung von Systemen, aber auch eine neue Qualität in der Zusammenarbeit zwischen Partnern sowie zwischen Menschen und technischen Systemen.

Die Bereitschaft zur Vernetzung von Systemen beruht vor allem auf gemeinsamen Interessen und gegenseitigem Vertrauen. Ein wichtiger Baustein sind dabei verbindliche IT-Sicherheitsstandards und deren überprüfbare Einhaltung durch alle Beteiligten. Schwachstellen bei einzelnen Unternehmen können sich dramatisch auf alle Partner auswirken und sollten daher an kritischen Stellen nicht toleriert werden. Aspekte der Haftung und Versicherung kommen hinzu. Aus dem Blickwinkel der IT-Sicherheit legt der Industrie 4.0-Gedanke also eine deutliche Verschärfung der verbindlich einzuhaltenden Präventions- und Reaktionsmaßnahmen sowie die Schaffung einer hinreichenden gegenseitigen Transparenz nahe. Geeignete Instrumente sind beispielsweise verbindliche Qualitätsstandards (oder zumindest Empfehlungen), die Entwicklung effektiver Sicherheitslösungen, ein kooperatives Monitoring, die Einführung abgestufter Meldepflichten bei Vorfällen oder die Ausweitung von QS-Maßnahmen. Dabei ist zur Erschließung der großen Potenziale von Industrie 4.0 auf die Balance von tatsächlich erforderlichem Sicherheitsniveau, Wirtschaftlichkeit und angemessener Benutzbarkeit zu achten.

Eine weitere Herausforderung liegt in dem Verschmelzen von betrieblicher, technischer Sicherheit (*Safety*) und dem Schutz vor unbefugten Eingriffen (*Security*) unter den Bedingungen von Industrie 4.0. Kognitive, teilautonome Systeme haben per definitionem erheblich mehr Freiheitsgrade als stationäre Roboter und arbeiten enger mit dem Menschen zusammen. Es wird also deutlich anspruchsvoller und in einigen Bereichen extrem zeitkritisch, Anomalien zu erkennen, die auf externe Manipulationen (oder Fehlfunktionen) von Systemen mit möglichen Auswirkungen auf deren betriebliche Sicherheit hindeuten.

Es gibt eine Reihe von Initiativen, die sich mit den oben skizzierten Fragestellungen befassen. Exemplarisch sei hier auf das in 2013 veröffentlichte ICS-Security-Kompendium des Bundesamts für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), auf die Industrie 4.0 Normungs-Roadmap der Deutschen Kommission „Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik in DIN und VDE (DKE)“ oder auf Arbeitskreise wie die Plattform-Industrie 4.0, den Bonner Dialog für Cyber-Sicherheit oder den IuK-Tag NRW verwiesen.

## **II. Besondere Herausforderungen für den Mittelstand**

Die Bezeichnung kleine und mittlere Unternehmen (KMU) sagt zunächst nichts darüber aus, was ein Unternehmen eigentlich herstellt oder leistet. Vielmehr legt der Begriff eine bestimmte Größe und Organisationsform nahe, die sich von Konzernstrukturen unterscheidet. Dennoch umfasst der Begriff KMU eine gewaltige Spannbreite von Unternehmenstypen (vom Friseurladen bis zum global agierenden *hidden champion*), die häufig mehr Unterschiede als Gemeinsamkeiten aufweisen.

Obwohl verschiedene Elemente des Konzeptes Industrie 4.0 punktuell bei vielen mittelständischen Unternehmen Eingang finden werden, erscheint es sinnvoll, zunächst charakteristische Eigenschaften besonders betroffener Unternehmen zu identifizieren. Zu diesen Merkmalen zählen unter anderem die hohe Bedeutung maschineller Produktionsprozesse in der Wertschöpfung, eine starke Affinität zu technologischer Innovation und die strukturelle Einbindung in große Produktionsnetzwerke (z. B. im Sinne eines Zulieferers). Derartige mittelständische Unternehmen werden über kurz oder lang von der gesamten Wucht der Veränderung erfasst. Eine aktive Auseinandersetzung mit dem Thema Industrie 4.0 und den Implikationen für die IT-Sicherheit ist hier überlebenswichtig. Dafür gibt es drei wesentliche Gründe:

- Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit durch Erschließung der Effizienz- und Flexibilitätsvorteile dynamischer Industrie 4.0 Netzwerke und Verfahren
- Erfüllung der systemischen und sicherheitsbezogenen Anforderungen der *Lead-Konzerne* an ihre mittelständischen Zulieferer

- Schutz des aufgebauten Wissens zu neuartigen Systemen, Verfahren und Prozessen gegen Spionage oder Sabotage (*IP-Protection*)

Es gibt für technologieaffine, produktionsorientierte mittelständische Unternehmen also eine Notwendigkeit, sich an der Weiterentwicklung ihrer Strukturen in Richtung Industrie 4.0 zu beteiligen und diese auch entsprechend abzusichern. Dieser Schritt befähigt sie dazu, sich in Produktionsnetzwerke von Großunternehmen zu integrieren oder gegebenenfalls selbst zum Nukleus eines solchen Netzwerkes zu werden.

Das wird in jedem Fall Investitionen erfordern, auch in den Bereich IT-Sicherheit. Dabei ist zu vermuten, dass sich aufgrund der immer komplexer werdenden Anforderungen durch nahezu ubiquitäre Informations- und Kommunikationstechnologien der Trend deutlich verstärken wird, in großem Umfang Teilaufgaben zur Gewährleistung der vereinbarten technischen IT-Sicherheitsstandards durch professionelle Dienstleister übernehmen und überprüfen zu lassen. Betrieblich orientierte IT-Abteilungen mittelständischer Unternehmen wären aufgrund personeller und finanzieller Restriktionen damit schnell überfordert.

Kleine und mittlere Unternehmen sollten sich aktiv am Dialog über die Herausforderungen und Lösungen zum Thema Industrie 4.0 beteiligen, ohne eine Führungsrolle übernehmen zu müssen. Weiterhin ist es sehr wichtig, das Thema IT-Sicherheit auch unter den derzeit bestehenden Bedingungen ernst zu nehmen, eine kritische Bestandsaufnahme durchzuführen und nach Bedarf entsprechende Maßnahmen einzuleiten (z. B. Verbesserung der Schutzmechanismen, Einbeziehung externer Kompetenz, Schulungsangebote). In Vorbereitung auf die steigenden Anforderungen ist eine hohe Sensibilisierung und ständige Befähigung der gesamten Organisation unerlässlich.

### **III. Maßnahmen**

Wie bereits angedeutet, wird die Festlegung industrieller Standards oder Richtlinien bei der Migration zu Industrie 4.0 große Bedeutung haben. Erfahrungsgemäß sind das schwierige und langwierige Prozesse. Hier wäre eine straffe Koordination durch eine unparteiische, aber kompetente Instanz zielführend. Anreizsysteme zur Beförderung der Akzeptanz erarbeiteter Empfehlungen könnten im Zuge der Implementierung ebenfalls ein Baustein sein. Hilfreich sind auch dokumentierte branchentypische Referenzlösungen (oder Beispiele guter Praxis), die zur Orientierung dienen und einen systematischen Erkenntnistransfer unterstützen.

---

Das Mandat, die Aufstellung und Ausstattung öffentlicher Fachbehörden für den Bereich Cyber-Sicherheit müssen auch im Kontext Industrie 4.0 weiterentwickelt werden. Hier nimmt das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik eine zentrale Rolle ein.

Viele technologische, prozessuale und sicherheitsbezogene Fragestellungen sind nach wie vor unbeantwortet und bedürfen zunächst einer präzisen Beschreibung. Daher besteht weiterhin großer Forschungsbedarf zu diversen Teilaspekten, der finanziert und koordiniert werden muss. Dabei geht es nicht ausschließlich um Implementierung. Gerade der Bereich Resilienz komplexer Systeme, also die Entwicklung von Notlaufeigenschaften und eine schnelle Rückkehr zum Normalbetrieb, hat große Bedeutung für ein aktives Risikomanagement. Weitere Aspekte betreffen die *Usability* und Ergonomie von IT-Sicherheitslösungen, speziell ergonomische Untersuchungen zur Mensch-Roboter-Interaktion unter veränderten technologischen Bedingungen oder die Entwicklung neuartiger Sicherheitskonzepte mit stärkerer Integration von *Safety* und *Security*. Nicht zuletzt spielen auch kulturelle Aspekte eine wichtige Rolle, da der Aufbau von Produktionsnetzwerken und die Entwicklung kognitiver Cyber-Physischer-Systeme eine intensive Zusammenarbeit über Ländergrenzen hinweg mit sich bringen wird.

#### 7.4.4 Handlungsfelder Datenerfassung und -auswertung

In Bezug auf den Funktionsbereich Datenerfassung und -auswertung besteht ein **Einführungs- und Nutzungsdefizit**, sodass im Folgenden vor allem Maßnahmen im **Handlungsfeld A** vorgeschlagen werden.

##### Handlungsfeld A – Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 im Mittelstand

**Maßnahme 1:** In einem ersten Schritt sind Maßnahmen zur Aufklärung mittelständischer Unternehmen über Datenauswertungsmethodiken, IT-Tools zur Datenerhebung sowie deren Nutzen notwendig. Im Mittelstand, insbesondere in den kleinen und mittleren Unternehmen, ist die Qualität der Datenerhebung meist noch unzureichend. Hier sollte über Ansätze zur Steigerung der Datenqualität aufgeklärt werden.

In Bezug auf die Datenerfassung ist in bestimmten Bereichen zudem ein Umdenken erforderlich, da eine der zentralen Ideen der Industrie 4.0 ist, dass Qualitäts-, Entwicklungs- und Produktionsdaten künftig einem Produkt genau zugeordnet werden können. Datenspeicherung sollte somit produktbezogen erfolgen. Ein Produkt kennt damit seine Historie und seine Bearbeitungsschritte innerhalb der Produktion. Das Produkt verliert seine Intelligenz nicht, wenn es die Produktion verlässt, sondern behält sie für den gesamten Produktlebenszyklus.

**Maßnahme 2:** Daneben sollte der Mittelstand bei der Einführung von Datenmanagementsystemen unterstützt werden. Wichtig ist hierbei, das Datenmanagement über alle Unternehmensbereiche hinweg konsistent zu gestalten, also die Methodik und Durchgängigkeit in der Datenerfassung abteilungsübergreifend zu erhöhen. Hier könnten entsprechende Beratungsangebote für mittelständische Unternehmen hilfreich sein.

**Maßnahme 3:** Wesentlich ist jedoch nicht nur die Einführung von IT-Tools zur Datenverarbeitung und -auswertung, sondern auch deren effektive Anwendung und Nutzung durch den Mittelstand. Deswegen ist eine Beratung zur richtigen Nutzung der vorhandenen Unternehmensdaten sowie eine Analyse, welche Daten gegebenenfalls noch zusätzlich erhoben werden sollten, wichtig. Eventuell sind zusätzlich Weiterbildungsmaßnahmen für die Beschäftigten nötig.

---

Da sie eine Voraussetzung für Industrie 4.0 darstellt, sollte die IT-basierte Datenerhebung vor allem in den folgenden Bereichen unterstützt werden:

- Kundendaten
- durchgängige Produktdaten
- Produktionsdaten
- Nutzungsdaten

Hierzu gehört ebenfalls der Ausbau der Systeme für die Inventur und die automatischen Erfassung von Produktions- und Lagerdaten, um die Datenqualität zu erhöhen. In Hinblick auf den Funktionsbereich Autonomie ist die Datenerfassung insbesondere in folgenden Bereichen zu unterstützen:

- Nutzungsdaten
- Qualitätsdaten
- Störungsdaten
- Bestandsregelungsdaten

## Handlungsfeld B – Forschung und Entwicklung

Im Bereich Forschung und Entwicklung ist das Thema *Big-Data* zentral. Die mittelständischen Unternehmen stehen jedoch in der Datenerfassung und -auswertung noch am Anfang, das heißt, zunächst müssen die Datengrundlagen geschaffen werden.

**Maßnahme 1:** Expertenwerkzeuge zur Datenanalyse sollten einfacher gestaltet werden, um sie für mittelständische Unternehmen nutzbar zu machen.

### 7.4.5 Fazit: Grundlagen schaffen, vorhandene Systeme nutzen

Im Mittelstand müssen für eine effiziente und sinnvolle Datenerfassung und –verarbeitung zunächst die Grundlagen geschaffen werden. Zwar sind Technik und Programme zur Datenerfassung und -verarbeitung vorhanden, aber sie werden von mittelständischen Unternehmen bisher nur in geringem Umfang angewendet. Dafür können vorhandene Systeme und IT-Lösungen genutzt werden. Dementsprechend befindet sich der Schwerpunkt der Maßnahmen im **Handlungsfeld A**.

Für den Funktionsbereich Datenerfassung und -verarbeitung sind insbesondere folgende übergeordnete Rahmenbedingungen relevant:

- Erhöhung der Datensicherheit, da sonst entsprechende IT-Lösungen auf keine Akzeptanz stoßen werden
- Definition von Schnittstellen und Förderung der Standardisierung, da sonst das Zusammenführen von Daten aus verschiedenen Bereichen innerhalb eines Unternehmens sowie unternehmensübergreifend (aus zwei oder mehr Unternehmen) nicht möglich ist
- Verbesserung der Fort- und Weiterbildungsangebote für Beschäftigte (z. B. IT-Kompetenzen ausbauen, da Fachkräfte nur schwer zu finden sind)

## 7.5 Assistenzsysteme

Unter dem Thema Assistenzsystem werden alle Technologien zusammengefasst, die die Beschäftigten bei der Ausführung ihrer Arbeit unterstützen und ihnen ermöglichen, sich auf ihre Kernkompetenzen zu konzentrieren. Dies sind insbesondere Technologien zur Informationsbereitstellung wie Visualisierungssysteme, mobile Endgeräte, Tablets und Datenbrillen oder Hilfsmittel, die Berechnungen vornehmen bzw. motorisch unterstützen. Dabei reicht die Spannweite von der einfachen Anzeige von Arbeitsanweisungen über die visuelle oder multimediale Unterstützung (z. B. bei Picksystemen) bis hin zur kontextsensitiven *Augmented Reality* für den Beschäftigten.

Eine Übersicht der unter Assistenzsystemen zusammengefassten Themen findet sich im zugehörigen Steckbrief.

### Steckbrief Assistenzsysteme

#### Leitfrage:

Durch was werden die Beschäftigten bei ihrer Arbeit unterstützt, sodass sie sich auf ihre Kernkompetenz konzentrieren können?

#### Schlagworte:

- Visualisierung, *Augmented Reality*
- mobile Endgeräte
- Mensch-Maschine Interaktion
- 3D-Druck/ Scan
- Simulation (Produkt, Produktion etc.)

**Ziel von Assistenzsystemen ist es, dem Beschäftigten möglichst einfach und schnell, jederzeit und überall Informationen zur Verfügung zu stellen.**

#### Elemente:

- **IT-Tools und Apps** (CAX, Engineering-Apps, FMEA-Apps, Audit-Apps, webbasierter Produktkonfigurator, Planungshilfsmittel, z. B. Software zur PPS)
- IT-Systeme zur **Dokumentation und zum Wissensmanagement** (Prozesswissen, Claim-Management, Qualifikationsmanagement)
- Elektronische **Arbeitsanleitungen** (Assistenz beim Picken, Wegeführung, multimodale Montageanleitung, Wartungsanleitung, Qualitätshinweise, Sicherheitshinweise)
- Bereitstellung von **Auftragsinformationen** und Kennzahlen (Status, Störungen, Wartungsbedarfe, Reihenfolgen/Prioritäten, Lieferstatus, Standort, Lieferterminprognose)
- **Anpassung an die Beschäftigten** (kontextsensitive Informationsbereitstellung, individuelle Arbeitsplatzanpassung, z. B. Tischhöhe, Sprache, Bedienoberfläche)
- Bereitstellung von **Produktdaten** (Historie, F&E-Daten, Nutzungsdaten, Produktspezifikationen)
- Kollaboration/Kooperation von Mensch und Maschine, **Motorische Assistenz**
- elektronische **Kommunikationsinstrumente zwischen den Beschäftigten**
- elektronisch gestütztes **Lernen** (e-Unterweisungen)
- **Simulationssysteme** (inkl. Modellierung) (Produkt-, Prozess-, Materialflusssimulation)

## 7.5.1 Chancen und Risiken

### Chancen durch den Einsatz von Assistenzsystemen

Durch die digitale Bereitstellung und Übermittlung auftragsbezogener Handlungsanweisungen an die Beschäftigten wird die Fehlerhäufigkeit drastisch reduziert. Allerdings müssen die Informationen eindeutig sein und dürfen keinen Spielraum für Interpretationen zulassen.

Eine ansprechende visuelle Aufbereitung der Daten auf den Endgeräten trägt zudem maßgeblich zur Fehlervermeidung bei und liefert einen wichtigen Beitrag zur Gewährleistung einer hohen Prozessqualität. Zudem ist es möglich, potenzielle Beschädigungen der Produkte, die durch unsachgemäße Handhabung innerhalb der Logistik- und Produktionsprozesse verursacht werden, zu verhindern.

Die Produktqualität kann ferner sowohl durch die den Beschäftigten zur Verfügung gestellten Zusatz- bzw. Qualitätsinformationen erhöht werden, als auch über Werkzeuge und Arbeitsplätze, die das Produkt und die Beschäftigten erkennen und sich automatisch auf diese einstellen. So ist etwa denkbar, dass ein Drehmomentschlüssel in der Montage sich automatisch auf das für das Produkt erforderliche Drehmoment einstellt und so hilft, Fehler zu vermeiden. Damit einhergehend kann ein sich auf den Beschäftigten einstellender ergonomischer Arbeitsplatz die physischen Belastungen deutlich reduzieren und die Beschäftigten entsprechend ihrer Körpermaße optimal unterstützen.

Die zeitnahe und kontinuierliche Informationsübermittlung führt dazu, dass zwischen den Bearbeitungsaufträgen keine Zeit für die Beschaffung der zugehörigen Dokumente (z. B. neue Kommissionierlisten oder Montageanweisungen) aufgewendet werden muss. Dadurch wird der Anteil nicht-wertschöpfender Tätigkeiten minimiert, was eine direkte Steigerung der Produktivität zur Folge hat. Durch die Verwendung von Assistenzsystemen ist außerdem ein flexibler Personaleinsatz möglich. Die Einarbeitung neuer Beschäftigter wird durch die einfache und standardisierte Informationsbereitstellung positiv beeinflusst. Neben den Arbeitsanweisungen können zudem prozess- und produktspezifische Sicherheitshinweise an die Beschäftigten übermittelt werden, wodurch die Arbeitssicherheit innerhalb des Betriebes gesteigert wird.

Der finanzielle Aufwand für die Anschaffung der mobilen Endgeräte ist überschaubar, da in vielen Fällen auf bewährte und kostenoptimierte Consumer-Produkte (beispielsweise Tablets, Smartphones inkl. Apps) zurückgegriffen werden kann.

---

## Risiken durch den Einsatz von Assistenzsystemen

Das höchste Risiko bei der Nutzung von Assistenzsystemen bildet der Mensch selbst. Der Beschäftigte muss das Informationsangebot nutzen und akzeptieren. Wenn das System nicht als Bereicherung erkannt wird, so wird es nur ungerne genutzt und die Vorteile des Systems werden nicht erreicht. Zur Absicherung der Akzeptanz ist deshalb ein besonderer Fokus auf die Nutzerfreundlichkeit der Anwendung zu legen, um das Risiko von Fehlinvestitionen zu reduzieren.

Gerade zu Beginn der Einführung von Assistenzsystemen sind die Beschäftigten einem nicht zu unterschätzenden Veränderungsprozess unterworfen. Alte Prozessstrukturen und Abläufe werden aufgebrochen und erfordern ein Umdenken. Häufig erhöht sich die Komplexität der Arbeitsaufgabe und es werden neue Anforderungen an die Fähigkeiten und Fertigkeiten der Beschäftigten gestellt. Hier gilt es bereits im Vorfeld der Systemeinführung Überzeugungsarbeit bei der Belegschaft für den Einsatz der neuen Technik zu leisten. Diesem Hinweis ist auch aus organisatorischer Sicht Beachtung zu schenken, da die Arbeitnehmervertretung hier ein aktives Mitbestimmungsrecht besitzt. Nach Einführung der Systeme, sollten die Reaktionen der Beschäftigten analysiert werden und in die Optimierung der Anwendung eingehen, da sonst die Gefahr des Motivationsverlustes besteht. Dem kann aber durch geeignete Maßnahmen, beispielsweise einem regelmäßigen Wechsel von Arbeitsaufgaben (Jobrotation), entgegnet werden. Zur Steigerung der Akzeptanz sowie für einen fehlerfreien Umgang mit Assistenzsystemen sind Investitionen in Schulungs- und Fortbildungsmaßnahmen vor ihrer Einführung eine Grundvoraussetzung.

Ein weiteres Risiko besteht in der zunehmenden Abhängigkeit von der IT-Infrastruktur. Eine Störung oder gar ein Ausfall des Systems kann zu massiven Problemen in der gesamten inner- und überbetrieblichen Lieferkette führen. In solchen Fällen ist es wichtig, das Problem zeitnah zu erkennen und zu eliminieren. Dies kann u.a. durch den Abschluss von Wartungsverträgen mit externen Dienstleistern oder durch das Ausweichen auf analoge Ersatzstrategien realisiert werden. Die Sicherstellung der Systemaktualität und die regelmäßige Inspektion der technischen Komponenten ziehen einen hohen finanziellen Mehraufwand im Vergleich zu analogen Systemen nach sich.

Als bisher problematisch erweist sich zudem die vollständige systemübergreifende Datenübermittlung. Aufgrund nicht standardisierter Schnittstellen erfolgt häufig eine Mehrfacheingabe identischer Datensätze. Der organisatorische Nutzen der Assistenzsysteme für die Unternehmen nimmt dadurch merklich ab. Da vor allem innerhalb einer unternehmensübergrei-

fenden *Supply Chain* diverse Teilnehmer von der Problemstellung tangiert werden, muss der Vereinheitlichung von Schnittstellen und eine zentrale Datenablage (z. B. in der *Cloud*) in der Zukunft verstärkte Aufmerksamkeit geschenkt werden. Hierbei sind insbesondere die Forschungs- und Entwicklungsaktivitäten zu forcieren.

**Tabelle 3: Chancen und Risiken von Assistenzsystemen**

| Chancen                                     | Risiken                                |
|---|--|
| + Reduzierung von Fehlern                   | - Erhöhung der Prozesskomplexität      |
| + Verbesserung der Produktivität            | - hohe Abhängigkeit von der IT         |
| + Erhöhung der Prozess- und Produktqualität | - geringe Anwendungsflexibilität       |
| + Beschleunigung der Einarbeitungsprozesse  | - mitbestimmungspflichtige Systeme     |
| + Kostensenkung durch Consumer-Produkte     | - keine einheitliche Standardisierung  |
| + Beherrschung von Varianten                | - fehlende Akzeptanz der Beschäftigten |
| + Verbesserung der Ergonomie                | - hoher Betreuungs- und Pflegeaufwand  |
| + Erhöhung der Arbeitssicherheit            | - Weiterbildungsaufwendungen           |

---

## 7.5.2 Defizitanalyse

### *Umsetzungsstand*

Bisher erkennt der Mittelstand nicht den Nutzen und die Potenziale, die sich durch den Einsatz von Assistenzsystemen ergeben. Der Umsetzungsstand ist dementsprechend niedrig.

Ein zentraler Punkt der Überlegungen von Industrie 4.0 ist die Unterstützung der Beschäftigten durch mobile, individuell zugeschnittene Softwarelösungen. Aktuell gibt es zwar bereits eine Reihe von Software, die die Beschäftigten unterstützt, jedoch sind die Lösungen oft reine Expertensysteme und meist weder mobil noch auf die Anwender zugeschnitten sind. Einfache, mobile und bedarfsorientierte Apps (z. B. Berechnungsmethoden, Formelsammlungen, Methodenbeschreibungen etc.) haben bisher ihren Weg in den Mittelstand noch nicht gefunden.

In den direkten Bereichen ist die IT-Durchdringung im Allgemeinen noch schlecht. Hier finden sich regelmäßig noch papierbasierte Informationsbereitstellung (z. B. QM-Handbuch, Verfahrensanweisungen, Arbeitsanweisungen), einfache Excel Anwendungen oder selbstprogrammierte Insellösungen.



**Dr.-Ing. Sebastian Schlund**

Leiter Competence Center Produktionsmanagement, Fraunhofer IAO

„Assistenzsysteme finden sich nur selten in mittelständischen Unternehmen. Oft sind die angebotenen Systeme zu komplex und müssen noch an die Bedürfnisse von mittelständischen Unternehmen angepasst werden!“

Die Simulation von Prozessen und ganzen Materialflusssystemen im Sinne der Modellierung eines digitalen Abbildes der Realität wird von den mittelständischen Unternehmen äußerst selten eingesetzt und als Optimierungshilfe nicht wahrgenommen. Allenfalls in der Produktentwicklung werden vereinzelt Simulationswerkzeuge genutzt.

Systeme zum Erfassen und Managen von Wissen sind ebenfalls kaum im Mittelstand vorzufinden. Das Wissen bleibt in der Regel in den Köpfen der gut ausgebildeten und langjährigen Beschäftigten oder wird, abgesehen von Einweisungen, eher zufällig in persönlichen Gesprächen (Kaffee-Ecke) vermittelt.

Elektronische Arbeitsanleitungen für die Beschäftigten sind bislang noch selten. Lediglich in der Logistik finden sich bereits jetzt häufig Systeme, die Beschäftigte bei der Kommissionierarbeit unterstützen (z. B. *Pick-By-Light*, *Pick-By-Voice*). In der Produktion hingegen sind elektronische Arbeitsanweisungen wie z. B. Montageanleitung, Sicherheitshinweise und Qualitätsinformationen noch eine absolute Seltenheit.

Im privaten Alltag ist die mobile elektronische Kommunikation bereits flächendeckend angekommen. E-Mails, Mobiltelefone, Terminplanungsinstrumente, Datenaustauschplattformen und *Social-Media* Netzwerke werden von vielen intensiv genutzt. In die Arbeitswelt hat es bislang jedoch nur ein kleiner Teil dieser Kommunikationsmedien geschafft. So werden E-Mails selbstverständlich bereits in aller Breite genutzt und auch Videokonferenzsysteme finden sich häufig. Smartphones hingegen werden in der Regel noch nicht genutzt oder sind in vielen Produktionsbetrieben aus Gründen der Datensicherheit sogar verboten.

### *Technologielevel*

Die in großer Vielfalt vorhandenen IT-Systeme stehen bereichsübergreifend ausschließlich stationär zur Verfügung. Mobile, auf den Anwender zugeschnittene Kleinprogramme gibt es praktisch nicht. Zwar ist ein Trend hin zu webbasierten IT-Tools zu erkennen. Eine uneingeschränkte Praxistauglichkeit der Technologie ist jedoch noch eher die Ausnahme.

Es fehlt eine Datenplattform, auf der Unternehmensdaten gespeichert werden können und auf die unterschiedlichste Apps einfach zugreifen können. Ein Marktplatz für Unternehmens-Apps hat sich noch nicht etabliert.

### *Potenzial*

IT-Tools und Apps können einen hohen Beitrag zur Produktivitäts- und Qualitätssteigerung durch eine aktive Unterstützung der Beschäftigten leisten. Das wirtschaftliche Potenzial ist insbesondere in den Unternehmensbereichen Forschung und Entwicklung (F&E) sowie Produktion und Instandhaltung hoch einzuschätzen. Die zusätzlichen und jederzeit zugänglichen Informationen helfen den Beschäftigten, die optimalen Entscheidungen in kürzester Zeit zu treffen. Mit Hilfe digitaler und mobiler Anleitungssysteme können die Prozesse beschleunigt werden. Auch die Prozessqualität kann aufgrund der gesenkten Fehleranfälligkeit deutlich gesteigert werden. Dabei ist allerdings zu beachten, dass bei steigender Variantenvielfalt auch der Aufwand für die Pflege solcher Arbeitsanleitungen anwächst.

---

Kleinere Apps, die individuell programmiert werden und bedarfsgerecht hinzugekauft werden können, erleichtern dem Mittelstand, insbesondere kleinen und mittleren Unternehmen, den Zugang zu mehr IT bei geringen Investitionskosten.

### *Defizit*

Derzeit sind viele Softwaretools noch reine Expertensysteme. Folglich besteht Handlungsbedarf für die entsprechenden Anbieter, ihre Software nutzerfreundlicher und modularer aufzubauen sowie die Komplexität der Modellierung und Anwendung der Systeme deutlich zu vereinfachen.

Viele mittelständische Unternehmen haben aktuell große Informationsdefizite bezüglich der Potenziale und Möglichkeiten von Assistenzsystemen, weshalb vorhandene Technologien noch zu wenig eingesetzt werden.



### 7.5.3 Essay – Soziotechnische Systeme und die Rolle des Menschen

**Prof. Dr. Hartmut Hirsch-Kreinsen**, Lehrstuhlinhaber

**Dr. Peter Ittermann**, wissenschaftlicher Mitarbeiter

Lehrstuhl Wirtschafts- und Industriosozologie an der Technischen Universität (TU) Dortmund

#### IV. Sachstand und heutige Aktivitäten

Industrie 4.0 ist die mögliche Vision einer zukünftigen industriellen Produktions- und Arbeitswelt in Deutschland. Die Realisierungschancen dieser Vision werden sich an den jeweiligen betrieblichen Kontextbedingungen und an den Anforderungen der industriellen Arbeits- und Organisationsstrukturen messen lassen müssen. Aus einer sozio-technischen Systemperspektive lassen sich auf der betrieblichen Ebene keine disruptiven technologischen Innovationen implementieren, ohne dass diese tiefgreifende Veränderungen in Tätigkeitsstrukturen und Arbeitsorganisation nach sich ziehen. Die derzeitigen Szenarien der Industrie 4.0 verweisen auf unterschiedliche Entwicklungspfade von Industriearbeit angesichts neuer Automatisierungstechniken hin. So könnten industrielle Einfacharbeiten allenfalls in Randzonen bestehen bleiben, während in der Verknüpfung von virtueller und Produktionsebene neue, höherqualifizierte Aufgabenfelder entstehen (Stichwort Schwarmorganisation). Weitere Herausforderungen bestehen in der Neugestaltung der Mensch-Maschine-Schnittstellen und – angesichts des demographischen Wandels – in der Umsetzung altersgerechter Arbeitsgestaltung.

Das Thema Folgen der Industriearbeit wurde bereits zu einem frühen Zeitpunkt in die Debatten zur Industrie 4.0 eingebracht. Als wichtiges Querschnittsthema ist es in diversen Forschungsprogrammen verankert. Durch die aktive Beteiligung der Sozialpartner und wissenschaftlicher Institute werden Veränderungen und Folgewirkungen der Industriearbeit evaluiert.

#### V. Besondere Herausforderungen für den Mittelstand

Die Landschaft der industriellen Klein- und Mittelbetriebe ist vielfältig. Zulieferbetriebe der Automobilindustrie werden mit anderen Herausforderungen konfrontiert als z. B. mittelständische Unternehmen der Ernährungsindustrie.

So werden die Besonderheiten von Produktspezifika, Fertigungsverfahren sowie Beschäftigungs- und Qualifikationsstrukturen der mittelständischen Unternehmen einen entscheidenden Einfluss auf die Nutzung der neuen Technologien haben. Eine weitere Herausforderung für die mittelständischen Unternehmen ist die Integration in digitalisierte und selbststeuernde Wertschöpfungsketten von industriellen Endherstellern. Schnell verändernde Liefer- und Produktionsanforderungen erfordern intelligente Planungstools und Softwareschnittstellen sowie neue Qualifikationen und Systemkompetenzen der Beschäftigten unter anderem in der Logistik und Produktionsplanung. Hier spielen die verfügbaren finanziellen und personellen Ressourcen eine wesentliche Rolle, um zum Beispiel den Fachkräftemangel zu kompensieren. Von großer Bedeutung sind auf dieser Basis die aktive Beteiligung der Unternehmen an Modellfabriken und Verbundprojekten sowie eine Netzwerkbildung mittelständischer Unternehmen, die die Bündelung von Ressourcen und Synergieeffekte ermöglicht.

#### **VI. Maßnahmen**

Die Arbeits- und Kontrollbeziehungen zwischen Mensch, Maschine und Objekten werden künftig neu justiert, komplexere Arbeitszusammenhänge müssen von den Beschäftigten bewältigt werden, Qualifikationsanforderungen und Berufsbilder verändern sich. Hierbei kommt es nicht zuletzt auf den von Betrieben, Branchen und Industrien gewählten Entwicklungspfad an. Die politischen Entscheidungsträger stehen vor der großen Aufgabe, die industrielle Arbeits- und Produktionswelt von morgen mitzugestalten und konkrete Vorstellungen von zukünftigen Beschäftigungsfeldern in Produktion und produktionsnahen Dienstleistungen zu formulieren. Wichtige Herausforderungen sind hierbei unter anderen die Beschäftigungsperspektiven geringqualifizierter Menschen, die Weiterentwicklung industrieller Berufsbilder, die Verankerung von Schlüsselqualifikationen und Kernkompetenzen in schulischer und beruflicher Ausbildung, die Sicherung von Partizipations- und Mitbestimmungsmöglichkeiten sowie Fragen der Arbeitsgestaltung und des Arbeitsschutzes.

#### 7.5.4 Handlungsfelder Assistenzsysteme

Die Technologien im Bereich Assistenzsysteme sind grundsätzlich entwickelt und marktreif, müssen aber ggf. auf die besonderen Strukturen und Bedürfnisse des Mittelstandes angepasst werden. In Bezug auf Assistenzsysteme besteht somit ein **Einführungs- und Nutzungsdefizit**, sodass sich der Schwerpunkt der Maßnahmen im **Handlungsfeld A** befindet.

Zur Einführung und Nutzung von Assistenzsystemen im Mittelstand sollten die im Folgenden aufgeführten Maßnahmen ergriffen werden.

#### Handlungsfeld A – Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 im Mittelstand

**Maßnahme 1:** In einem ersten Schritt müssten die mittelständischen Unternehmen zunächst über die Vorteile und Möglichkeiten von Assistenzsystemen informiert bzw. für das Thema sensibilisiert werden. Diese Sensibilisierungs- und Aufklärungsmaßnahmen könnten z. B. mithilfe eines auf den Mittelstand zugeschnittenen Beratungs- und Wissenstransferangebot durchgeführt werden; denkbar sind ebenfalls die Einrichtung eines entsprechenden Informationsportals oder Veranstaltungen zu dem Thema „Kosten und Nutzen von Assistenzsystemen“.

**Maßnahme 2:** Die Technologien müssen einfacher, kostengünstiger und nutzerfreundlicher gemacht werden (*Downsizing*). Hierfür ist gegebenenfalls auch der Aufbau einer Plattform zum Anbieten solcher IT-Tools und Apps notwendig (ähnlich eines Google Playstore für Produktions-Apps) und eine Datenplattform (d. h. eine Programmierschnittstelle bzw. ein sogenanntes *Application Programming Interface (API)*), von der die Apps auf die Daten und bereits bestehende Softwareservices (z. B. bestehende Auswertungen) zugreifen können.

Die Einführung solcher Technologien kann zum Teil durch die Wirtschaft selbst erfolgen. Da der Markt für Programmierer als auch für Plattformanbieter jedoch bei industriellen Anwendungen weniger attraktiv ist als das *Consumer*-Segment, sollte auch über eine staatliche Förderung beispielsweise im Sinne einer Innovationsförderung nachgedacht werden.

---

## Handlungsfeld B – Forschung und Entwicklung

Forschung und Entwicklung in dem Bereich Assistenzsysteme sollten intensiviert werden. Zwar sind viele der benötigten Technologien grundsätzlich bereits jetzt verfügbar, aber es besteht nach wie vor ein Bedarf an einfachen und schnell zu implementierenden Lösungen für mittelständische Unternehmen.

Komplexere Anwendungen wie zum Beispiel kontextsensitive virtuelle Arbeitsanleitungen mittels *Augmented Reality* werden im Mittelstand noch nicht eingesetzt. Aufgrund des hohen Pflegeaufwandes und der geringen Flexibilität, die sich nicht mit den verhältnismäßig kleinen Stückzahlen von mittelständischen Unternehmen vereinbaren lassen, sind sie für kleine und mittlere Unternehmen zurzeit noch nicht interessant.

### 7.5.5 Fazit: einfacher, mobiler, mehr

Einfacher, mobiler, mehr – so lässt sich die Erkenntnis aus der vorangegangenen Analyse bestehender Assistenzsysteme zusammenfassen:

- einfacher, da die Technologien zwar grundsätzlich vorhanden sind, aber gegebenenfalls auf die speziellen Bedarfe von mittelständischen Unternehmen angepasst werden müssen.
- mobiler, da Assistenzsysteme heute in Form von Apps mobil bereitgestellt werden können, anstelle der bisher vorherrschenden Bereitstellung an stationären Terminals oder auf Anzeigetafeln.
- mehr, da mittelständische Unternehmen bisher Assistenzsysteme nur selten einsetzen und dadurch wichtige Potenziale (Fehlerreduktion, Erhöhung der Prozess- und Produktqualität) ungenutzt lassen. Hier sind entsprechende Aufklärungs- und Sensibilisierungsmaßnahmen notwendig.

Zusätzlich zu den spezifischen Handlungsempfehlungen für den Funktionsbereich Assistenzsysteme sind insbesondere folgende, übergeordnete Handlungsempfehlungen relevant:

- Definition von Schnittstellen und Standardisierung, da sonst die Vernetzung von verschiedenen IT-Systemen/mobilen Geräten nicht möglich ist
- Erhöhung der Datensicherheit
- Schaffen von Rechtsgrundlagen
- Einbindung der Beschäftigten

---

## 7.6 Vernetzung und Integration

Die Vernetzung zwischen Bereichen oder Abteilungen innerhalb eines Unternehmens, aber auch zwischen verschiedenen Unternehmen ist ein zentrales Element der Industrie 4.0. Ohne eine Vernetzung von Maschinen, Anlagen, Produkten, Beschäftigten und Fabriken werden lediglich Insellösungen geschaffen; große Potenziale von Industrie 4.0 können allerdings so nicht erreicht werden. Durchgängige Daten- und Informationsflüsse über den gesamten Produktlebenszyklus hingegen schaffen enorme Vorteile.

Dabei werden zum einen Daten, Kennzahlen, Probleme und Wünsche mit Kunden, Lieferanten und Partnern in einem Netzwerk ausgetauscht. Andererseits verbessert sich auch unternehmensintern das Wissensmanagement. Die Einrichtung eines Produktions-Wiki schafft beispielsweise die Möglichkeit, Wissen mit Kollegen in anderen Abteilungen, aber auch unternehmensübergreifend zu teilen.

Im Bereich Digitalisierung werden Ansätze des *Cloud Computing* und das Internet der Dinge zusammengefasst. Mit *Cloud Computing* wird das Speichern von Daten auf räumlich getrennten Servern bezeichnet. *Cloud-Lösungen* gibt es sowohl firmenintern (*Privat-Cloud*) als auch von Dienstleistern (*Public-Cloud*).

## Steckbrief Vernetzung und Integration

### Leitfrage:

Wie funktioniert die Zusammenarbeit mit anderen Abteilungen/innerhalb der Abteilung und mit Partnern im Netzwerk?  
Welche Daten werden ausgetauscht?

### Schlagworte:

- vertikale und horizontale Integration
- flexible Vernetzung von Anlagen, Prozessen und Produkten
- Internet der Dinge, *Cloud-Computing*

## Bereichsübergreifende Zusammenarbeit innerhalb des Unternehmens und unternehmensübergreifende Zusammenarbeit in Wertschöpfungsnetzwerken

### Elemente:

- Betrachtung des **gesamten Produktlebenszyklus** (durchgängiges PDM, Entsorgung, *Re-Cycling* oder *Up-Cycling*)
- Austausch von **Auftragsdaten** (Vorankündigung von Lieferungen, Melden von Transportbedarfen, Kommunikation von Bedarfsschwankungen - zwischen Abteilungen und im Netzwerk, Abstimmung von Wartungsterminen)
- **Vernetzung von IT-Systemen** (LVS, Transportverwaltung, ERP, MES, MRP)
- Austausch von **Technologiedaten** (mit Maschinenherstellern, Netzwerkpartnern, anderen Abteilungen)
- unternehmensübergreifender Austausch von **Entwicklungsdaten, Produktionsdaten, Qualitätsdaten**
- Integration in die **Produktentwicklung** (Kunden, AV, QS, Produktion, Einkauf)
- **Entwicklungszusammenarbeit** und *Simultaneous Engineering*
- **Cloud-Technologie/VPN**
- Verfügbarkeit von Wissen und Know-How (Wissens- und Informationsmanagement)
- **Vernetzung mit anderen Unternehmen** (Stärkung der Marktmacht, virtuelle Unternehmen)

---

## 7.6.1 Chancen und Risiken

### Chancen durch Vernetzung und Integration

Ziel der digitalen Vernetzung ist eine Verbesserung der Zusammenarbeit sowie Koordination und Transparenz entlang der Liefer- und Wertschöpfungskette. Dazu sind ein einheitlicher Informationsaustausch sowie eine durchgehende Kommunikationsstruktur zwischen den *Supply Chain* Teilnehmern unerlässlich. Sind diese Voraussetzungen geschaffen, gelingt eine Harmonisierung der Produktionsmengen. Bedarfsschwankungen am Markt wirken sich dadurch nicht bestandserhöhend aus und der sogenannte *Bullwhip*-Effekt<sup>65</sup> kann eingedämmt werden. Positiver Nebeneffekt der Vernetzung ist zudem das verbesserte Verständnis von Zusammenhängen innerhalb der Lieferkette.

Unternehmenskooperationen werden schneller und unkomplizierter möglich. Die entstehenden virtuellen Unternehmen können nicht nur gemeinsam neue Dienstleistungen anbieten, sondern verfügen über eine deutlich gestärkte Marktpräsenz und Marktmacht. Neue Vertriebs- und Beschaffungswege können zudem entdeckt und erschlossen werden.

Die enge Vernetzung mit den Kunden ermöglicht eine kundengerechte Produktentwicklung und liefert zahlreiche Daten zur Qualitätsverbesserung. Die Kunden können dadurch langfristig an das Unternehmen gebunden werden, was zu einer nachhaltigen Geschäftsentwicklung durch den Aufbau eines breiten Bestandskundenstammes beiträgt.

Durch eine zentrale Datenhaltung in der *Cloud* lassen sich viele der zuvor benannten Schnittstellenprobleme lösen, da es sich um *ein* System handelt. Auch müssen Daten nur einmal gespeichert werden, statt redundant auf mehreren Systemen vorhanden zu sein – ein Vorteil, der Versionsprobleme auflöst und stets aktuellste Versionen ermöglicht (*One-Dataset*). Da *Cloud*-Lösungen häufig von Dienstleistern bezogen werden, die dies als *Pay-per-Use* anbieten, bieten sich für die Unternehmen geringe Investitionskosten und eine gute Skalierbarkeit. *Cloud*-Lösungen ermöglichen ein orts- und oft auch zeitunabhängiges Arbeiten für die Beschäftigten, was somit eine freiere Einteilung der Arbeit ermöglicht. Egal wo und wann, Daten können jederzeit auf einer Vielzahl von Geräten live abgerufen werden. Für die

---

<sup>65</sup> Bullwhip-Effekt: Trotz geringer Nachfragevariabilität der Kunden unterliegen Bestellmengen und Lagerbestände großen Schwankungen. Diese haben Störungen und Verzerrungen bei der Übermittlung des Bedarfs zur Folge; so führen bereits kleine Änderungen der Nachfrage stromaufwärts in der Lieferkette zu immer größeren Ausschlägen in den Bestellmengen. (Universität Potsdam 2012)

Beschäftigten können sich Möglichkeiten eröffnen, Job und Privatleben besser miteinander zu vereinen.

### Risiken durch Vernetzung und Integration

Komplexe und vernetzte Systeme sind häufig durch die vielen Schnittstellen und die unzureichende Kommunikationsvereinheitlichung fehleranfällig. Eine Tatsache, die durch die fehlenden Standards noch verstärkt wird. Die Bewältigung dieser Herausforderungen kann nur in den wenigsten Fällen von den Unternehmen selber geleistet werden, da die erforderlichen Fachkenntnisse zumeist nicht vorhanden sind. Folglich nimmt die Abhängigkeit von der eingesetzten Datentechnik und den IT-Dienstleistern zu. Die Vernetzung und der Anschluss an das Internet bergen zudem Risiken von Datenspionage, Manipulation und Sabotage. Verschafft sich beispielsweise eine externe Person Zugriff auf die Maschinensteuerung, so kann dies zu Fehlproduktionen mit unabsehbaren Folgen führen. Ein optimaler Zugangsschutz sowie Angriffs- und Informationssicherheit sind unbedingt erforderlich. Hier gilt es also, der Gewährleistung der Datensicherheit höchste Priorität einzuräumen und die entsprechenden Forschungsaktivitäten sowie die technologische Weiterentwicklung zu unterstützen.

Die erhöhte Markttransparenz könnte sich negativ auf die Entwicklung der Margen auswirken. Da etwaige Marktaktivitäten von allen Akteuren leicht und schnell überschaut werden können, wächst der Wettbewerbs- und Kostendruck auf die Unternehmen. Es besteht die Gefahr, dass erfolgreiche Strukturen von der Konkurrenz zeitnah adaptiert und angepasst werden.

Die Möglichkeit flexibel zu sein und von überall arbeiten zu können, kann neben den genannten Vorteilen auch Kontrolle und eine ständige Erreichbarkeit und somit Stress für die Beschäftigten mit sich bringen. Weiterhin ist eine hohe Fachkompetenz im Umgang mit dem Internet und den IT-Technologien im Allgemeinen erforderlich, die nicht alle Beschäftigten beherrschen. Zwar lässt sich Wissen in *Cloud*-Systemen optimal verwalten, ein beachtlicher Teil der Kommunikation und des Wissens im Unternehmen ist jedoch informeller Natur und wird so niemals in die IT-Welt gelangen. Umso wichtiger ist es, diejenigen Beschäftigten, die bereits ein solides Grundwissen und Interesse an den neuen Arbeitsinhalten mitbringen, zu qualifizieren, weiterzubilden und von den Vorteilen der Vernetzung für die persönliche Entwicklung und für das Wohl des Unternehmens zu überzeugen.

Es ist abzusehen, dass das Qualifikationsniveau der Arbeitskräfte signifikant steigen wird. Klassische Hilfsarbeiten treten in den Hintergrund und werden nur noch selten benötigt.

Die weitgehende Vernetzung und Datenintegration der einzelnen *Supply Chain* Teilnehmer führt dazu, dass sich innerhalb des Netzwerkes Spezialwissen aufbaut. Aufgrund dieser Tatsache ist ein Wechsel der Netzwerkpartner mit enormen Schwierigkeiten verbunden. Erstens besteht immer die Gefahr, dass der ausgeschiedene Kooperationspartner die erworbenen Erkenntnisse individuell oder in einem neuen Unternehmensverbund einsetzt. Zweitens erweist es sich als problematisch, zeitnah ein gleichwertiges Partnerunternehmen mit vergleichbarem Know-how zu finden.

**Tabelle 4: Chancen und Risiken von Vernetzung und Integration**

| Chancen  | Risiken   |
|--|---|
| + Verbesserung des Verständnisses für Zusammenhänge                      | - fehlende Kommunikations- und Schnittstellenstandards                  |
| + Erhöhung der Transparenz der Lieferkette                               | - hohe Abhängigkeiten (von Technik, Partnern, IT-Dienstleistern)        |
| + Vermeidung des <i>Bullwhip-Effekts</i>                                 | - schwierige Gewährleistung der Datensicherheit                         |
| + Schaffung von durchgängigen Informationsflüssen ( <i>One-Dataset</i> ) | - geringe Akzeptanz der Beschäftigten                                   |
| + Bildung virtueller Unternehmen zur Stärkung der Marktmacht             | - Markttransparenz führt zu steigendem Wettbewerbs- und Kostendruck     |
| + Verstärkung der Kundenbindung  | - Fehleranfälligkeit der komplexen Systeme (Anstieg der Schnittstellen) |
| + kunden-, orts- und geräteunabhängige Verfügbarkeit von Daten           | - Know-how Verlust bei Wechsel der Netzwerkpartner                      |
| + Verbesserung der Vereinbarkeit von Privat- und Berufsleben             | - erhöhte Mitarbeiterbelastung (Stress)                                 |
| + Innovationsschub und Produktverbesserungen durch Kundeneinbindung      | - erhöhter Bedarf an Facharbeitern                                      |

## 7.6.2 Defizitanalyse

### *Umsetzungsstand*

Der Vernetzungsgrad des Mittelstandes liegt auf einem niedrigen bis sehr niedrigen Niveau. Abstimmungen zwischen mittelständischen Unternehmen und entlang der Lieferketten zu Produktionsaufträgen, Auslastung, Störungen, Aufträgen erfolgen in der Regel informell, per E-Mail, Fax oder Telefon. Zwar arbeiten mittelständische Unternehmen zusammen, jedoch in der Regel nur mit einer überschaubaren Anzahl bekannter Unternehmen. Die Absprachen erfolgen im direkten Gespräch und zu fixen Konditionen. Die Möglichkeiten einer flexiblen Vernetzung der Unternehmen werden nicht genutzt.

Ausnahme in Hinblick auf die Zusammenarbeit entlang der Lieferketten bilden die Lieferanten für die Großindustrie (z. B. Automobil- und Pharmaindustrie), bei denen elektronische Lieferavis zum Standard gehören.

Auch innerhalb einer Fabrik sind die Abstimmungsprozesse zwischen den Abteilungen oft mangelhaft.

Ein durchgängiges Produktdatenmanagement (PDM), wie es für eine Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus nötig wäre, ist bisher eine Seltenheit in mittelständischen Unternehmen. Die in jedem Wertschöpfungsschritt anfallenden Soll- und Ist-Daten zur Herstellung werden lediglich innerhalb der Unternehmen den Produktionsaufträgen zugeordnet, jedoch nicht über Unternehmensgrenzen hinweg dem Produkt mitgegeben.

Die IT-Systeme sind in mittelständischen Unternehmen, aber auch in Großunternehmen in der Regel nicht miteinander vernetzt und nutzen unterschiedlichste Datenstandards, die eine Kopplung fast unmöglich machen.



### **Seven Liess**

Geschäftsführer, e-GITS GmbH

„Häufig finden sich in den mittelständischen Unternehmen gut funktionierende Insel-lösungen, bei denen jedoch die Durchgängigkeit und Vernetzung fehlt!“

Mittelständische Unternehmen begegnen *Cloud*-Systemen häufig mit einer hohen Skepsis. Kleine und mittlere Unternehmen fürchten um die Sicherheit der Daten oder haben den großen Nutzen noch nicht erkannt. Der industrielle Mittelstand hat sich teilweise *Privat Cloud* Anwendungen eingerichtet.

---

## Technologielevel

Die Technologien für eine Vernetzung sind weitestgehend entwickelt, die Konzepte zur Datenstrukturierung sind jedoch noch verbesserungswürdig.

Das Thema Produktlebenszyklus wird in der Industrie 4.0-Forschung noch zu wenig beachtet. Der größte Teil der Industrie 4.0 Forschungsprojekte beschäftigt sich mit dem Bereich Produktion (siehe auch Kapitel 4.2.2). Die anderen Lebenszyklusphasen hingegen werden vernachlässigt. Ein Modell einer digitalen Produkt-Wertschöpfungsakte, die über die Lieferkette hinweg die anfallenden Produktionsdaten einsammelt, existiert bislang nicht.



### Sebastian Rohr

Geschäftsführer Technik, accessec GmbH

„Es fehlt an technischer Infrastruktur. Wenn Daten ausgetauscht werden, dann greifen die Mitarbeiter oft auf bekannte, freie Möglichkeiten zurück und tauschen wertvolle Informationen beispielsweise via E-Mail, Facebook oder Dropbox. Das stellt ein hohes Sicherheitsrisiko für die Unternehmen dar!“

Essenziell für eine bessere Vernetzung sind Schnittstellen. Denn damit Programmdateien aus verschiedenen Programmen exportiert oder an diese übermitteln können, brauchen sie eine gemeinsame Schnittstelle. Ein vielversprechendes Beispiel für eine solche Schnittstelle ist das sogenannte *Application programming interface* (API), welches sich derzeit immer weiter durchsetzt. Außerdem werden Standards für den Informationsaustausch benötigt. Vielversprechend sind hier vor allem OPC-UA oder auch AutomationML. Weitere mögliche Standards werden derzeit noch (weiter)entwickelt.

## Potenzial

Durch Kooperationen mit anderen mittelständischen Unternehmen in einem Netzwerk (Stichwort virtuelles Unternehmen) können die Unternehmen ihr Leistungsangebot erweitern und ihre Marktpräsenz und Marktmacht erhöhen. Gewisse Einschränkungen ergeben sich diesbezüglich ggf. durch das Kartell- und Wettbewerbsrecht. Schwankungen im Kapazitätsbedarf, mit denen viele mittelständische Unternehmen zu kämpfen haben, lassen sich im Netzwerk ebenfalls besser ausgleichen. Die unterschiedliche Spezialisierung der mittelständischen Unternehmen ermöglicht eine effiziente Arbeitsteilung.

Die Potenziale eines durchgängigen Produktdatenmanagements liegen in einer Reihe von Verbesserungen durch mehr Informationen zum Produkt. Bereits während des Herstellprozesses könnten so entstehende Produktionsdaten zur Optimierung der Folgeprozesse verwendet und zahlreiche Potenziale zu Produktivitätssteigerung, Qualitätsverbesserung oder auch für Serviceprozesse erschlossen werden.

Speziell am Lebensende eines Produkts können Informationen zu verbauten Einzelteilen und verwendeten Rohstoffen zu einer deutlichen Steigerung der Wiederverwendung führen.

Unternehmensübergreifender Datenaustausch ermöglicht eine erhöhte Transparenz über die gesamte Lieferkette. Die Unternehmen können sich folglich besser auf die tatsächlichen Bedarfe einstellen und ein *Bullwhip-Effekt* bleibt aus.

Vernetzte Programme und *Cloud*-Systeme verringern den Aufwand zum Austausch von Daten und bei der Datenhaltung. *Cloud*-Systeme sind ein bereichsübergreifendes wichtiges Thema für die Realisierung von Industrie 4.0 und haben eine sehr hohe Priorität für die erfolgreiche Vernetzung und somit den Erfolg von Industrie 4.0.

### *Defizit*

Viele mittelständische Unternehmen haben die Vorteile einer höheren Vernetzung bereits erkannt, in der Regel stehen dem jedoch mangelndes Vertrauen, fehlende Organisationsformen und undefinierte Prozesse gegenüber.

Eine weitere Hürde ist das Fehlen alternativer Geschäftsmodelle im Vergleich zur klassischen Kunden-Lieferanten-Schnittstelle. Eine vernetzte und integrierte Zusammenarbeit über die Unternehmensgrenzen hinweg erfordert neue Regelungen beispielsweise in den Themen des Eigentumsübergangs, der Produkthaftung oder der finanziellen Abrechnungsmethoden.

Wesentliche Hindernisse sind das Fehlen einer Plattform für die Datenablage und einheitliche Datenstandards. Da sich derzeit noch kein Datenstandard etabliert hat, fehlt es an Übersetzungsprogrammen.

Für die Vernetzung zwischen Unternehmen mangelt es zudem an sicheren und einfachen Wegen zu Datenübermittlung, Rechtsicherheit und passenden Rechtsformen sowie einer Ausgestaltung der neuen Geschäftsmodelle.



### 7.6.3 Essay – Normung und Standards der Industrie 4.0

**Dr. Günter Hörcher**, Leiter Forschungsstrategie und Innovationsmanager für das Landesnetzwerk Mechatronik BW GmbH

Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung (IPA)

#### I. Sachstand und aktuelle Aktivitäten

Aus Normungssicht muss als Grundlage für Industrie 4.0 die bestehende Systemlandschaft (sozusagen die Welt von Industrie 3.x) in sich schlüssig, vollständig und weltweit normiert beschrieben sein. Dies ist noch nicht durchgehend der Fall.

Die wichtigste technische Neuerung der Cyber-Physischen-Systeme der Industrie 4.0 gegenüber den mechatronischen Systemen der heutigen Automatisierungstechnik ist die dramatische Zunahme der Kommunikation. Der bisher von der Außenwelt weitgehend abgeschlossene und in jedem Zeit- und Raumpunkt deterministische Datenfluss über die Feldbussysteme wird, dezentral bedarfsgesteuert, über offene Kommunikationssysteme (Stichwort M2M) geführt. Dies erfordert eine weltweite Interoperabilität aller Kommunikationspartner und eine hohe Verfügbarkeit der Datennetze bei gleichzeitig hoher Abhörsicherheit der sensiblen Daten. Nur internationale konsensbasierte Normung kann dies auf lange Sicht mit aller geforderten Aufwärts- und Rückwärtskompatibilität sicherstellen.

Um ihre Dienste anbieten zu können, müssen alle CPS eine maschinenlesbare Selbstbeschreibung, also eine Art „Digitalen Schatten“ besitzen. Dafür müssen Syntax und Semantik weltweit genormt werden. Es gibt bereits gute Ansätze, die jedoch bei weitem noch nicht vollständig und durchgehend sind.

Die konsequente Service-Orientierung erfordert nicht nur neue Systemarchitekturen, sondern eine ganzheitliche Systembetrachtung - auch für die nach technischen Sparten organisierten Normungsgremien eine neue Herausforderung. Im Februar 2014 wurde unter anderem aus diesem Grund der DIN/DKE Steuerkreis Industrie 4.0 gegründet, um die Normungsaktivitäten in diesem Themenfeld national zu koordinieren und abgestimmt in die internationale Normung einzubringen. Mehrere Arbeitskreise kümmern sich vertieft um wichtige Teilaspekte wie industrielle Funktechniken oder Normungsprozesse. Die Deutsche Normungsroadmap Industrie 4.0 ist das zentrale Kommunikationsmedium des Steuerkreises zum Austausch mit Nor-

mungsgremien, Industrie, Verbänden, Forschungseinrichtungen und Ministerien. Im Herbst wird sie aktualisiert in der zweiten Ausgabe erscheinen. Einige Empfehlungen der ersten Ausgabe befinden sich bereits in der Umsetzung, andere können inzwischen weiter detailliert werden.

## **II. Besondere Herausforderungen für den Mittelstand**

Mittelständische Unternehmen müssen schnell und flexibel auf Anforderungen reagieren, haben ihre Produktion optimiert und sich bereits eigene, oft proprietäre Möglichkeiten für einen schnellen Zugriff auf ihre Daten geschaffen. Ein durchgehendes Industrie 4.0 System wird im Mittelstand gegenüber Großunternehmen zudem deutlich später benötigt. Um den Einführungsaufwand zu minimieren, werden mittelständische Unternehmen so lange wie möglich an den vorhandenen Lösungen festhalten.

Für mittelständische Zulieferer ist besonders wichtig, dass sie die Anforderungen und Entwicklungspläne ihrer Kunden, oft große Unternehmen, kennen, um sich darauf einzustellen. Nach einer ersten Orientierungsphase sind die großen Unternehmen jetzt an der Ausarbeitung ihrer Strategien und Geschäftsmodellmöglichkeiten, allerdings weitgehend hinter verschlossenen Türen.

Normung kann auch hier Orientierung und Sicherheit geben. Die „Großen“ müssen zumindest einen Teil ihrer Strategie in die Normungsarbeit einbringen, damit die Märkte entsprechend ihren Bedarfen gestaltet werden. Eine aktive Mitarbeit schafft einen Informationsvorsprung. Allerdings bringen bisher nur wenige mittelständische Unternehmen Kapazität und Kompetenz in die Normungsarbeit ein – meist Technologielieferanten und oft durch den Unternehmer selbst. Eine Unterstützung der Mitarbeit von erfahrenen Praktikern aus mittelständischen Anwendungsunternehmen würde die Normungsgremien bereichern.

## **III. Maßnahmen**

Großunternehmen haben Marktinteressen, die die Investition einer Mitarbeit in Normungsgremien unternehmerisch rechtfertigen. Die Mitarbeit mittelständischer Anwender sollte durch staatliche Zuwendungen ermöglicht werden. Diese Praxiserfahrung würde sich positiv auf die Qualität und Verwendbarkeit der Normen auswirken.

Ein wichtiger Aspekt ist die frühe, bereits forschungsbegleitende Normung neuer Technologien. Sobald eine Praxisrelevanz erkennbar und die Umsetzungsreife einer Technologie in einem Forschungsprojekt abgesichert ist, sollte diese in Normungsaktivitäten eingebracht werden.

---

Dies erhöht die Sicherheit in der marktnahen Umsetzung, erniedrigt folglich die Finanzierungsrisiken und erhöht wiederum die Umsetzungswahrscheinlichkeit. Normen sichern auch das vor allem von Großunternehmen geforderte *Multi-Sourcing*, ebenfalls eine wichtige Vorbereitung der Märkte für neue Technologien.

Um dies zu ermöglichen, sollten über das Ende von Verbund-Forschungsprojekten hinaus (die Ergebnisse sind oft erst am Ende ausreichend abgesichert und als Pilotprojekt in der Praxis erprobt) die Mitarbeit von Technologielieferanten (Forschungseinrichtungen und „Befähiger“-Unternehmen) und Anwendungsunternehmen im Normungsprozess finanziell gefördert werden. Diese Beiträge zu Reisekosten und einem Teil der erforderlichen Arbeitszeit sind im Umfang gegenüber dem Forschungsprojekt gering, würden jedoch eine große Hebelwirkung auf die Umsetzungswahrscheinlichkeit in der industriellen Praxis und damit den wirtschaftlichen Erfolg ausüben können. Diese Unterstützung könnte ein eigenes, parallel zu den Forschungsprogrammen aufgelegtes Programm des BMWi darstellen.

Im Rahmen der Neuauflage der TNS und INS Förderprogramme (Transfer von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen und Innovationsförderung mittels Normung und Standardisierung) sollte die Mitarbeit des Mittelstandes besonders motiviert und honoriert werden, um einerseits die praktische Erfahrung dieser Unternehmen zu nutzen und andererseits durch deren vermehrte Mitarbeit bei der Erstellung der Normen auch ihre Akzeptanz zu erhöhen. Pilot-Installationen von Industrie 4.0 Technologien und Konzepten zu entwicklungsfähigen und in automatisierte Wertschöpfungsnetze integrierbaren Lösungen der vielfältigen Anforderungen mittelständischer Produzenten würden vielen verunsicherten mittelständischen Unternehmen ein deutliches Signal von Nutzen und Anwendungspotenzial der Industrie 4.0 aufzeigen.

Deutschland hat die Chance mit dem Zukunftsprogramm Industrie 4.0 die Generierung von Wissen und Potenzialen auf weltweitem Spitzenniveau voranzutreiben. Jetzt muss vor allem dafür gesorgt werden, dass mit der schon vorhandenen Anwendungserfahrung bereits jetzt hochflexibel agierender mittelständischer Unternehmen dieses Wissen schneller und effizienter als bisher in den wirtschaftlichen Erfolg überführt wird.

#### 7.6.4 Handlungsfelder Vernetzung und Integration

Auf dem Weg zur horizontalen und vertikalen Integration sind verschiedene Hemmnisse zu adressieren. Zum einen bestehen ein **Einführungs-** und ein **Akzeptanzdefizit**, die durch Maßnahmen in Handlungsfeld A adressiert werden können. Gleichzeitig ist auch ein **Forschungs- und Entwicklungsbedarf** zu verzeichnen. Da einige Technologien noch nicht marktreif sind, gilt es organisationale und prozessuale Themen zu bearbeiten. Es besteht somit Handlungsbedarf sowohl in Handlungsfeld A als auch in Handlungsfeld B.

##### Handlungsfeld A – Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 im Mittelstand

**Maßnahme 1:** Die Potenziale der vertikalen und horizontalen Integration werden vom Mittelstand bisher nicht erkannt. Dementsprechend sollten mittelständische Unternehmen über die Vorteile der vertikalen und horizontalen Vernetzung aufgeklärt werden. Des Weiteren ergeben sich neue Geschäftsmöglichkeiten, für die der Mittelstand sensibilisiert werden sollte.

**Maßnahme 2:** Der Mittelstand sollte zudem über die technischen Voraussetzungen und Anforderungen aufgeklärt werden. So bietet der unternehmensinterne Austausch zwischen Abteilungen einiges an Optimierungspotenzial, was jedoch ein gemeinsames *Software Environment* mit entsprechenden Schnittstellen erfordert.

Zudem sollte die Einführung von IT-Systemen unterstützt werden, die eine ganzheitliche Produktlebenszyklus-Betrachtung und eine Einbindung des Kundens ermöglichen.

**Maßnahme 3:** Für die Zusammenarbeit im Netzwerk (mit anderen Unternehmen, Kunden, Lieferanten) müssen zunächst die Voraussetzungen (Vertrauen, Akzeptanz etc.) geschaffen werden.

**Maßnahme 4:** Es sollten Organisationsformen entwickelt werden, an denen sich mittelständische Unternehmen, insbesondere kleine und mittlere Unternehmen, gut beteiligen können und in denen eine Vertrauensbasis aufgebaut werden kann (z. B. Cluster, Industrie 4.0 Genossenschaften).

---

## Handlungsfeld B – Forschung und Entwicklung

**Maßnahme 1:** Forschung und Entwicklung sollten weitergeführt werden, um die technischen Voraussetzungen für die vertikale und horizontale Integration zu schaffen (z. B. Lösungen zur Vernetzung von IT-Systemen, Übersetzung von Datenformaten). Hier sollten nicht nur Lösungen für die Großindustrie, sondern auch für mittelständische Unternehmen entwickelt werden.

**Maßnahme 2:** Wichtig ist auch der Auf- und Ausbau von Plattformen zum Austausch von z. B. Produktionskapazitäten zur besseren Auslastung der Anlagen oder von Produktdaten während des Herstellprozesses (digitale Produkt-Wertschöpfungsakte). Der Austausch von Informationen zu verbauten Einzelteilen und verwendeten Rohstoffen am Lebensende eines Produkts (*End-of-Life*) sollte ebenfalls gefördert werden, um Möglichkeiten zur Wiederverwendung von Teilen und Baugruppen zu finden.

**Maßnahme 3:** Gleichzeitig sollte der Transfer von bereits vorhandenen technischen und organisationalen Lösungen in die Wirtschaft sichergestellt werden.

**Maßnahme 4:** Neben der Technik sollten neue Geschäftsmodelle, rechtliche Rahmenbedingungen und Unternehmensformen entwickelt werden.

### 7.6.5 Fazit: Vertrauen schaffen, Zusammenarbeit stärken

In Bezug auf Vernetzung und Integration steht der Mittelstand noch am Anfang. Gleichzeitig bietet dieser Funktionsbereich für mittelständische Unternehmen große Potenziale und neue Geschäftsmöglichkeiten, die allerdings bisher nicht ausreichend erkannt bzw. nicht genutzt werden. Des Weiteren müssen zunächst die technischen und die organisationalen Voraussetzungen für eine Zusammenarbeit im Netzwerk geschaffen werden. Insofern besteht großer Handlungsbedarf sowohl im Handlungsfeld A als auch im Handlungsfeld B.

Für den Funktionsbereich Vernetzung/Integration sind insbesondere folgende, übergeordnete Rahmenbedingungen/Handlungsempfehlungen relevant:

- Bildung und Weiterbildung aufgrund mangelnden Know-hows der Beschäftigten sowie dem Mangel an Fachkräften
- Schaffung von Schnittstellen und Standardisierung: einheitliche IT-Standards als Grundvoraussetzung für Vernetzung und Integration
- Datensicherheit
- rechtliche Rahmenbedingungen

---

## 7.7 Dezentralisierung und Serviceorientierung

Serviceorientierung ist einer der fundamentalen Grundgedanken, dem die Vision der Industrie 4.0 folgt. Statt exakter Arbeitspläne und Anweisungen soll jeder Bereich sich dezentral selbst optimieren und erhält von der Führungsebene lediglich Zielvorgaben.

Unter Serviceorientierung wird im Allgemeinen ein Modell zur dienstorientierten IT-Architektur (*Service-oriented Architecture, SOA*) verstanden. Grundüberlegung ist es, verteilte Systeme wie z. B. Geschäftsprozesse zu strukturieren. Dies geschieht über die Einteilung in sogenannte Dienste, die jeweils bestimmte Services anbieten. Serviceorientierung im Kontext der Industrie 4.0 geht jedoch weit über die aus der IT bekannte, serviceorientierte Softwarearchitektur hinaus. Nicht nur Software, sondern das ganze Unternehmen mit seinen Abteilungen und Untereinheiten kann aus Leistungseinheiten aufgebaut werden, die ihre Leistungen als Service unternehmensintern oder auch an Partner im Netzwerk anbieten. Das gesamte Unternehmen mit allen Abteilungen und Bereichen bis hin zu einzelnen Maschinen und Anlagen kann so aus autonomen Leistungseinheiten aufgebaut werden, die Services anbieten und sich als Dienstleister für andere Abteilungen verstehen. Ein Schlagwort, um dies auszudrücken ist XaaS (*Everything as a Service*).

## Steckbrief Dezentralisierung/Serviceorientierung

### Leitfrage:

Welche Leistungen/Service werden anderen Abteilungen/Partnern angeboten und welche werden selbst genutzt?

### Schlagworte:

- Apps, Web-Service, SaaS
- neue Geschäftsmodelle
- Orchestrierung von Diensten
- dezentrale Steuerung
- Wandlungsfähigkeit

### Von der zentralen Steuerung zu dezentraler Prozessverantwortung und von der Produktorientierung zur Kunden/Serviceorientierung.

#### Elemente:

- Anbieten von **Ergänzungsleistungen** zum Produkt (Zusatzservices, IH, Wartungsverträge, Monitoring, Assistenz bei Problemen, Verschleiß- und Verbrauchsmaterial)
- Anbieten von **Leistungen anstelle von Produkten** (*Pay-per-Use* Modelle)
- Anbieten von **Leistungen für Netzwerkpartner** (Bearbeitung, Transport- oder Produktionskapazitäten)
- **Nutzen von Services** (IH, Bearbeitung, bei Transport- oder Kapazitätsengpässen)
- **Modularisierung/Standardisierung** (Produkten, Systeme, Prozesse, Materialien, Informationen)
- **Flexible Maschinen** und Anlagen (selbstkonfigurierende und *plug & produce*-fähige Maschine, wandlungsfähige Fördertechnik/Produktionssysteme)
- **dezentrale Prozessverantwortung** (QM, PPS, Kapazitätsplanung, Selbstbestimmung und lokale Kompetenzen)

Die Bereiche werden als Dienste bezeichnet und haben einen klaren und abgeschlossenen Funktionsumfang, der im Netzwerk zur Verfügung steht und wiederum von anderen Diensten genutzt werden kann. Zu diesem Zweck und für ihre bessere Verwaltbarkeit sind die angebotenen Services eindeutig identifizierbar und in einer Übersicht zusammengefasst. Durch die Bündelung von Diensten, der sogenannten Orchestrierung, können neue Dienste entstehen. Ein Beispiel hierfür ist, dass Maschinen nicht mehr zentral angesteuert werden müssen, sondern ihre Bearbeitungsoperationen als dezentralen Service den Produkten anbieten, die dann selbstständig ihren Weg durch die Fertigung suchen. Dabei können sie beispielsweise einen Transportservice der Logistik nutzen. In Bezug auf Industrie 4.0 umfasst serviceorientierte Software das Anbieten von Hard- und Software als Service (*Software as a Service, SaaS*), die Nutzung von Web-Services und die Programmierung von Apps für alle speziellen Anwendungsfälle.

---

## 7.7.1 Chancen und Risiken

### Chancen durch Dezentralisierung und Serviceorientierung

Ein serviceorientierter Unternehmensaufbau ermöglicht eine hohe Flexibilität und Wandlungsfähigkeit im Hinblick auf die Nutzung der zur Verfügung stehenden Werkstruktur und die Produktion individueller Produkte. Die hierfür erforderliche hohe Dezentralität ermöglicht außerdem eine klare Koordination und macht Komplexität beherrschbar, da die Steuerungsaufgabe nicht mehr ausschließlich an einem Ort erfolgen muss. Die Unternehmen werden in die Lage versetzt, vorhandene Kapazitäten gezielt und damit effizient einzusetzen. So können beispielsweise Leerfahrten von stetigen und unstetigen Fördereinrichtungen, Stillstandszeiten von produktionstechnischen Anlagen oder unproduktive Wartezeiten des Personals minimiert oder gar verhindert werden.

Auch für die Kunden bieten sich durch serviceorientierte Produkte interessante Vorteile. So können Unternehmen nicht mehr nur die Produkte, sondern auch die mit ihnen gekoppelten Dienstleistungen anbieten. Es besteht entweder die Möglichkeit, dass nicht mehr das Produkt selbst, sondern dessen Nutzen verkauft wird (*Pay-per-Use* Modelle) oder, dass Zusatzservices für den Kunden in Ergänzung zum Produkt angeboten werden können.

Im ersten Fall ergeben sich für den Kunden geringere Investitionskosten bei der Anschaffung, wodurch das Unternehmen unter Umständen mehr Produkte und Dienstleistungen verkaufen kann. Im zweiten Fall kann das Unternehmen zusätzlich Umsätze im *After-Sales* Bereich erwirtschaften und gleichzeitig den Kunden langfristig an das Unternehmen binden. Auch die ständige Rückmeldung von Störungs- oder Auslastungsinformationen, die während der Nutzungsphase bei den Kunden generiert werden, kann den Unternehmen wertvolle Daten für die (Weiter-) Entwicklung und Qualitätssicherung des bestehenden und zukünftigen Produktportfolios liefern.

Serviceorientierte Software ist günstig in der Anschaffung, da zum einen nur die Software gekauft werden muss, die tatsächlich benötigt wird. Statt komplexer Gesamtlösungen wird also beispielsweise nur eine App benötigt, die unkompliziert vom App-Store erworben werden kann. Zum anderen bieten viele Anbieter die Software als *Pay-Per-Use* an, was zu wesentlich geringeren Investitionen führt. Serviceorientierte Softwareprodukte sind außerdem besonders flexibel und lassen sich schnell in Betrieb nehmen, anpassen und erweitern. Sie bieten die Chance für dezentrale, maßgeschneiderte Softwarelösungen für den Mittelstand. Eine serviceorientierte Architektur (SOA) ermöglicht durch den modularen Aufbau kürzere Entwicklungszeiten mit deutlich reduziertem Aufwand.

Innerhalb der *Supply Chain* können auch die Unternehmen von der Dezentralisierung profitieren. Produktionsprozesse, die nicht zu den Kernkompetenzen der Unternehmen gehören, können leichter an externe Dienstleister übergeben werden (*Outsourcing*). Durch die dezentrale Datenerfassung kann der Status eines jeden Dienstleistungsauftrages nachverfolgt werden. Lieferzeiten lassen sich dadurch besser kalkulieren und planen. Aus monetärer Sicht ergibt sich für die Unternehmen der Vorteil, nicht mehr sämtliche für die Fertigung der Produkte benötigten Maschinen, Anlagen und zugehörige Ressourcen vor Ort vorhalten zu müssen.

### Risiken durch Dezentralisierung und Serviceorientierung

Serviceorientierte, dezentrale Strukturen sind gut zu koordinieren und ermöglichen die Abbildung eines hohen Komplexitätsgrades. Dies wird jedoch über eine Abgabe von Entscheidungen und Verantwortlichkeiten erreicht. Deshalb führt jede Dezentralisierung auch zu einem Verlust direkter Kontrolle durch die Akteure. So fehlt das omniprésente Steuerungsorgan, welches vormals sämtliche Koordinations- und Lenkungsaufgaben übernommen hat. Die Entscheidungen werden nicht mehr von einer zentralen Stelle getroffen. Die Entscheidung für oder gegen eine explizite Prozessdurchführung ist von vielen unterschiedlichen Variablen und Einflussfaktoren abhängig. Welchem und ob die Prozessabläufe einem Muster folgen ist daher nicht mehr sofort erkennbar, was wiederum Eingriffe in das Gesamtsystem erschwert. Unklar bleibt im Zusammenhang mit dezentralen Systemen auch die Frage, wer die Verantwortung für eventuell auftretende Fehler des Gesamtsystems übernimmt.

Stehen im dezentralen System nicht alle benötigten Daten zur Verfügung, so können nur lokale Optima gefunden werden und es besteht die Gefahr von Insellösungen. Ein Gesamtoptimum für das Unternehmen oder für die gesamte Lieferkette kann nur erreicht werden, wenn Informationen verfügbar sind, die dies ermöglichen. Bei einem unklaren Zielsystem können die einzelnen Leistungseinheiten sich sogar gegenseitig behindern. Jede Leistungseinheit muss damit neben klaren Zielvorgaben, die sich an den Gesamtzielen orientieren, auch den Zustand des Gesamtsystems kennen. Ein zentrales Informationssystem ist somit unabdingbar.

Weiterhin entsteht durch die SOA eine Vielzahl neuer Schnittstellen, die alle miteinander arbeiten müssen. Ein hohes Maß an Standardisierung ist deshalb dringend erforderlich. Analog zum Thema Datenerfassung und -verarbeitung muss die rechtliche Frage des Dateneigentums und der Datenverwendung geklärt werden.

Zudem ist in dezentralen Strukturen neben der Verantwortung auch ein Großteil des Fachwissens im Unternehmen verteilt und steht nicht zentral zur Verfügung. Eine dezentrale, serviceorientierte Struktur ist also nur mit gut geschulten, eigenverantwortlichen Beschäftigten möglich. Diese müssen in der Lage sein, ihre individuellen Aufgaben ordnungsgemäß zu erfüllen, ohne dabei das Gesamtziel des Unternehmens aus den Augen zu verlieren.

**Tabelle 5: Chancen und Risiken von Dezentralisierung und Serviceorientierung**

| Chancen   | Risiken   |
|---|---|
| + Flexibilität und Wandlungsfähigkeit durch dezentrale Strukturen   | - fehlende Transparenz und Kontrollverlust  |
| + effizienter und flexibler Einsatz von Kapazitäten   | - keine „ordnende Hand“   |
| + bessere Auslastung der eigenen Produktion   | - schwierige Entscheidungsfindung   |
| + zusätzliche Wertschöpfung durch neue Geschäftsmodelle ( <b>After-Sales</b> Dienstleistungen und Produkte) | - lokale Optimierung ohne Blick auf das Gesamtsystem (zentrale Einheit mit Überblick fehlt) |
| + geringere Investitionskosten durch Einkauf von Leistungen   | - hohe Eigenverantwortung der Beschäftigten erforderlich                                    |
| + Konzentration auf Kernkompetenzen   | - verstreutes Fachwissen  |
| + Kosteneinsparungen durch geringere Investitionen (modulare, skalierbare Systeme und <i>Pay-per-Use</i> )  | - unklare Gesamtverantwortung   |
|   | - Abstimmungsproblematik (unternehmensübergreifend)   |
|   | - Eigentumsrechte von Daten   |

## 7.7.2 Defizitanalyse

### *Umsetzungsstand*

Der Umsetzungsstand in den einzelnen Unternehmensbereichen liegt bei der Dezentralisierung und Serviceorientierung auf einem niedrigen bis sehr niedrigen Niveau.

Bei den meisten mittelständischen Unternehmen beschränken sich *After-Sales* Dienstleistungen auf das Anbieten von Ersatzteilen. Eine Ausnahme bilden wie so oft die Anlagenbauer, bei denen häufig bereits ein großer Teil des Umsatzes im *After-Sales* generiert wird.

Viele mittelständische Unternehmen sehen sich nicht als Serviceanbieter, sondern als Hersteller von Produkten. Die Möglichkeit, Leistungen anstelle von Produkten anzubieten (*Pay-per-Use* Modelle), ist zwar bekannt, wurde jedoch bisher in den wenigsten mittelständischen Unternehmen umgesetzt. Denn zum einem fehlen die nötigen Geschäftsmodelle und zum anderen werden Ergänzungsleistungen zum Teil gar nicht oder nur mangelhaft abgerechnet.

Das Anbieten von Bearbeitungsleistungen für Partner im Netzwerk ist für viele mittelständische Unternehmen gelebte Praxis. Die Abstimmung erfolgt jedoch in der Regel über direkten Kontakt (z. B. telefonisch oder via E-Mail) und nicht etwa, wie im Kontext von Industrie 4.0 gewünscht, elektronisch über Kapazitätsmarktplätze. Auch haben die Absprachen in der Regel eher langfristigen Charakter und basieren nicht auf dem aktuell verfügbaren Kapazitätsangebot.

Die Themen Modularisierung und Standardisierung sind nicht erst mit Industrie 4.0 angekommen, sondern bereits ein Trend seit vielen Jahren. Dennoch ist der Umsetzungsstand in diesen Bereichen aktuell gemessen an den Bedürfnissen der Industrie 4.0 noch nicht ausreichend. Ein modularer Aufbau von Produkten, Prozessen, Maschinen und auch Software muss noch stärker als bisher vorangetrieben werden, da Modularisierung eine wichtige Voraussetzung auf dem Weg hin zu Industrie 4.0 ist. Ebenso macht Standardisierung von Abläufen, Daten und Informationen einen Großteil der mit Industrie 4.0 verbundenen Visionen überhaupt erst möglich. Einige mittelständische Unternehmen haben bereits mit der Modularisierung ihrer Produkte begonnen und sogenannte Produktbaukästen entwickelt. Standardisierte Prozesse, Systeme und Informationen finden sich hingegen nur selten im Mittelstand. Im Bereich der Softwareentwicklung ist Modularisierung bereits ein Trend, die Umsetzung ist jedoch noch stark verbesserungswürdig.

Selbstkonfigurierend oder *plug-and-produce*-fähige Maschinen und Anlagen sind im Mittelstand noch nicht zu finden. Die hohe Wandlungsfähigkeit von mittelständischen Unterneh-

---

men wird über erfahrene Beschäftigte erreicht, nicht durch wandlungsfähige Systeme wie in der Vision der Industrie 4.0.

Durch Industrie 4.0 werden die bereits seit Jahren vorhandenen Bestrebungen zu mehr dezentraler Prozessverantwortung verstärkt und unterstützt. Im Allgemeinen haben mittelständische Unternehmen deutlich flachere Hierarchien und der Verantwortungsbereich pro Beschäftigtem ist deutlich umfangreicher als in Großunternehmen. Zwar erfolgt ein Teil der Feinsteuerung lokal durch die Beschäftigten, die Planung ist jedoch in der Regel immer noch zentral organisiert und wird nicht dezentral zwischen den Bereichen oder den Maschinen verhandelt.

Die Möglichkeiten, Mitarbeiterkapazitäten optimal zu nutzen und sie den Kapazitätsschwankungen anzupassen, werden sich durch den Einsatz von Industrie 4.0 vereinfachen und verändern. Aktuell erfolgt die Einsatzplanung in der Regel durch den Meister und ganz ohne Hilfsmittel, über die Verwendung von Magnettafeln und ähnlichem oder mit einfachen Programmen wie MS-Excel. Die Informationsweiterleitung an die Beschäftigten erfolgt dann über Zuruf oder Aushänge. Eine echte Einbindung der Beschäftigten in die Planung gibt es nicht, Änderungswünsche werden mündlich besprochen.

### *Technologielevel*

Viele der zum Anbieten von Services benötigten Technologien sind bereits im Einsatz. Sensoren und Übertragungstechnik werden stetig von Forschung und Wissenschaft weiterentwickelt. Für die Zusammenarbeit fehlen neben einer Plattform zum Anbieten von Kapazitäten vor allem sichere Standards für den Datenaustausch – ein Thema, mit dem sich ebenfalls diverse Forschungsprojekte beschäftigen.

Dezentralisierung erfordert neue Organisationsformen und Informationssysteme, die den Beschäftigten alle benötigten Informationen zur Entscheidungsfindung bestmöglich zur Verfügung stellen. Erste Ansätze bestehen bereits, müssen aber noch weiterentwickelt und eingeführt werden. Dies bezieht sich insbesondere auf den Bereich einfacher Softwarelösungen zur Steuerung und zur Informationsbereitstellung.

### *Potenzial*

Die Potenziale für Ergänzungsleistungen oder das Anbieten von Serviceleistungen anstelle von Produkten sind je nach mittelständischem Unternehmen ganz unterschiedlich zu bewer-

ten und hängen insbesondere vom Wert und der Komplexität der Produkte ab. Im Allgemeinen bieten Serviceleistungen jedoch noch ein hohes ungenutztes Potenzial. Durch Ergänzungsleistungen lässt sich nicht nur der eigene Umsatz, sondern auch die Kundenzufriedenheit und Kundenbindung steigern.

Durch das Anbieten und die Nutzung von freien Kapazitäten im Netzwerk lassen sich Nachfrageschwankungen, Maschinenausfälle, urlaubs- oder krankheitsbedingte Engpässe bestmöglich ausgleichen, die Produktion optimal auslasten und die strukturellen Nachteile von mittelständischen Unternehmen ausgleichen.



**Wolfgang Dorst**

Bereichsleiter Industrie 4.0, BITKOM

„Serviceorientierung ist der zentrale Punkt von Industrie 4.0. Er wurde bisher kaum umgesetzt und bietet riesige Potenziale!“

In den Bereichen Modularisierung und Standardisierung liegen ebenfalls große, bisher ungenutzte Potenziale zur Aufwandsreduzierung für den Mittelstand. Insbesondere bei steigender Variantenvielfalt gewinnt dieser Punkt weiter an Bedeutung.

Die Potenziale von wandlungsfähigen Maschinen und Anlagen sind schwer zu bewerten, werden voraussichtlich jedoch vorerst nicht der entscheidende Punkt für den Mittelstand bei der Umsetzung von Industrie 4.0 sein. Die Potenziale für Großunternehmen mit ihren zwar hocheffizienten, jedoch in der Regel starren und unflexiblen Fertigungslinien sind deutlich höher zu bewerten.

Die Einbindung der Beschäftigten in die Kapazitätsplanung ermöglicht neben deutlichen Effizienzvorteilen bei der Planung auch eine Erhöhung der Mitarbeiterzufriedenheit.

*Defizit*

Es fehlt derzeit noch an einfachen Sensoren, die in günstige Produkte eingebaut werden können und so den *After-Sales* Markt für mittelständische Unternehmen interessant machen. Derzeit sind zudem die Möglichkeiten für eine Datenübertragung vom Kunden an den Hersteller oft noch teuer und unsicher.

---

Neben diesen rein technologischen Aspekten müssen organisatorische bzw. arbeitsrechtliche Aspekte beachtet werden und nicht zuletzt auch die Einstellung von Beschäftigten/Führungskräften zu Themen wie zum Beispiel IT-Unterstützung hinterfragt bzw. geändert werden. Die Rechtssicherheit etwa in Bezug auf Haftungsfragen, wenn künftig Leistungen anstelle von Produkten angeboten werden, muss ebenfalls sichergestellt werden.

Außerdem fehlen adäquate Geschäftsmodelle und das Bewusstsein auf Seiten des Mittelstandes für diese zusätzlichen Potenziale. Die Möglichkeiten für Zusatzleistungen werden oft nicht gesehen.





### 7.7.3 Essay – Industrie 4.0 Geschäftsmodelle<sup>66</sup>

**Alfons Botthof**, stellv. Bereichsleiter

**Dr. Leo Wangler**, Bereichsleiter

VDI/VDE Innovation + Technik GmbH (VDI/VDE-IT), Bereich Wirtschaft und Gesellschaft

#### I. Sachstand und heutige Aktivitäten

Klassische Wertschöpfungsketten zeichnen sich durch klar definierte Grenzen zwischen unternehmensinternen und -externen Bereichen aus. Kürzere Produktzyklen, kleinere Losgrößen und eine verstärkt individualisierte Produktion erfordern ein effizientes und schnelles Zusammenarbeiten innerhalb und zwischen den Unternehmen. Dies gelingt nur über eine durchgehende Digitalisierung der horizontalen und vertikalen Wertschöpfungskette. Damit erleichtert Industrie 4.0 den Dialog und Austausch von Daten zwischen den einzelnen externen und internen Bereichen. Im Zuge dessen ist theoretisch ein Auslagern fast aller Geschäftsprozesse möglich, was zu einer Verschiebung der klassischen Unternehmensgrenzen führt.

Die damit einhergehenden disruptiven Veränderungen erfordern eine hohe Innovationskraft von Seiten der etablierten Unternehmen zum Beispiel durch die Implementierung neuer Geschäftsmodell, an die ein hoher Anspruch gestellt wird: Sie sollten sowohl Kooperation wie auch Wettbewerb zulassen und in der Lage sein, die Wertschöpfung, auch aus Sicht etablierter Unternehmen, „fair“ zuzuteilen. Gleichzeitig eröffnen sich Möglichkeiten für neue Geschäftsfelder, insbesondere in den Bereichen IT, Logistik und Produktion. Hier ist künftig die Beherrschung eines umfänglichen und effizienten Datenmanagements ein wesentlicher Faktor für den Markterfolg. Gerade in vernetzten Systemen sind die Verfügbarkeit (i.d.R. dezentral) vorliegender Daten, deren Zusammenführung und Auswertbarkeit in Echtzeit ausschlaggebend für Geschäftsprozesse und -modelle. Profiteur ist, wer ein *Master of Data* ist oder den garantierten Zugang zu (strategischen) Daten hat und damit die Möglichkeiten besitzt, die

---

<sup>66</sup> Die vorgestellten Ergebnisse basieren im Wesentlichen auf der BMWi-Publikation Industrie 4.0: Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland, Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0, BMWi 2015.

Daten zu monetarisieren. Die Veränderungen bieten umfassende Chancen - beispielsweise für junge (IKT-) Unternehmen – doch gleichzeitig sind sie, gerade für den Mittelstand, auch mit umfassenden Herausforderungen verbunden.

Initiativen wie die Plattform Industrie 4.0 (inkl. des Vorhabens *Industrial Data Space*), die gegenwärtig eine neue Struktur und *Governance* erhält, sowie die Technologieprogramme des BMWi wie *Autonomik*, *Smart Data* und *Smart Services* beinhalten Maßnahmen zur horizontalen Integration. Hier spielen insbesondere die Themen Referenzarchitektur, Interoperabilität auf Basis von Standards und Vertrauensmodelle (inkl. IT-Sicherheit) zu Kooperationen eine zentrale Rolle. Allerdings ist abzuwägen, ob hier nicht auch Geschwindigkeit vor 100%iger Gründlichkeit stehen müsste.

## **II. Besondere Herausforderungen für den Mittelstand**

Durch die horizontale Integration der Wertschöpfungskette ergeben sich umfassende Veränderungen in bestehenden Kunden-Anbieter-Konstellationen. Themen wie zum Beispiel Produktlebenszyklusverfolgung, *Open-Innovation*, individualisierte Produktion und Internet basierte Serviceleistungen werden zunehmend wichtiger. Gleichzeitig wachsen die Anforderungen in der Kommunikation nach außen, da die Zufriedenheit der Kunden noch mehr als bisher an Bedeutung gewinnen wird. Die Herausforderung besteht darin, flexibel auf die Veränderungen zu reagieren und die Geschäftsmodelle so anzupassen, dass sich die Produkte auch in einem digitalisierten Umfeld weiterhin erfolgreich vermarkten lassen. So ist es beispielsweise denkbar, dass der Kunde zukünftig zu relativ geringen Kosten individualisierte Produkte angeboten bekommt und über die digitalen Kommunikationswege insgesamt mehr Mitsprache bezüglich der Produktgestaltung erhält.

In einer zunehmenden Anzahl traditioneller Branchen tauchen – mehr oder weniger plötzlich – Innovationen auf (z. B. durch Google und Apple im Kontext der Automobilindustrie), die deren traditionelle Geschäftsmodelle in Frage stellen. Hierdurch verändern sich Wertschöpfungsbeziehungen umfassend. Sowohl die vom Kunden honorierte Leistung (Mobilität als Service statt des eigenen Autos) als auch der Prozess zur Erstellung dieser Leistung ändern sich fundamental. Neue Marktteilnehmer kommen hinzu und nehmen eine zentrale Rolle in der veränderten Wertschöpfungskette ein. Die Notwendigkeit für neue Geschäftsmodelle resultiert auch daraus, dass Unternehmen auf den Endverbrauchermärkten zukünftig sehr viel schneller auf Kundenanforderungen reagieren müssen und beispielsweise Industrie 4.0 zunehmend durch das Charakteristikum „zweiseitiger Märkte“ gekennzeichnet wird (Rochet & Tirole, 2003). Neben den Nachfragern der Maschinen (den Nutzern) wird die Maschine als

Plattform bzw. Schnittstelle auch für Anbieter industrieller Software-Produkte (neue IKT-Software-Anwendungen, sprich Apps) bedeutend. Damit steigt die Attraktivität des Investitionsgutes, also der Maschine, nicht nur mit der Anzahl der Unternehmen, welche die gleiche Maschine nachfragen, sondern auch mit der Anzahl der Anwendungen, die mit der Maschine kompatibel sind (Zweiseitigkeit des Marktes).

Dies macht deutlich, dass die Veränderungen vor allem auch die Geschäftsmodelle klassischer Maschinen- und Anlagenbauer betreffen. Demnach ist beispielsweise denkbar, dass es für den Maschinenbauer attraktiv wird, die Entwicklung von Software-Anwendungen für seine Maschine zu „subventionieren“, um die Attraktivität seines Produktes zu steigern. Es gibt jedoch auch zweiseitige Märkte, in denen durch die Anwendungen die Hardware subventioniert wird. Gerade im B2C-Bereich sind solche Modelle attraktiv. Einschlägige Beispiele sind subventionierte Drucker oder Mobiltelefone.

### III. Maßnahmen

Gerade durch die sich verändernden Geschäftsmodelle sind von Seiten der Wirtschaft eine hohe Flexibilität und ein neues Denken gefordert, was bei den Unternehmen voraussichtlich auch mit einem kulturellen Wandel einhergehen muss.

Systemische Innovationen wie Industrie 4.0 und das zugehörige *Multi-Stakeholder*-Netzwerk sind von zahlreichen Implikationen und Gestaltungsoptionen gekennzeichnet, die die Innovations- und Industriepolitik vor große Herausforderungen stellen. Im Vordergrund müssen dabei von politischer Seite innovationsunterstützende Maßnahmen sowie die Beeinflussung von Rahmenbedingungen stehen. Hierzu gehören:

- Orientierungswissen für KMU und den (industriellen) Mittelstand zu Haftungs- und zivilrechtlichen Aspekten
- Spezifika des Datenschutzes im Kontext von Industrie 4.0
- industrielle IT-Sicherheit als Schutz vor Spionage und Sabotage
- neue Formen der Arbeitsgestaltung wie eine lernförderliche Arbeitsorganisation und die Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion (Zukunft der Arbeit)
- Verfügbarkeit von Normen, Standards, Referenzarchitekturen bzw. offene, interoperable/multistandardfähige Plattformen zur Erzielung von Netzwerkeffekten (sog. kritische Massen), aber auch neue Weiterbildungscurricula.

---

Hinzuwirken wäre auf eine zertifizierbare industrielle IT-Sicherheit *Made in Germany*, die Förderung von Geschäftsmodellinnovationen (insbesondere auch Wertschöpfung mit Daten), auf eine Binnenmarktfähigkeit von Produkten und Diensten im Rahmen von Industrie 4.0 sowie auf eine Professionalisierung der Softwareentwicklung für Industrie 4.0 respektive Cyber-Physische-Systeme. Zu analysieren wäre die Notwendigkeit einer Bereitstellung von Risikokapital angesichts der Netzwerkeffekte, die die meisten IKT-Anwendungen charakterisieren. Dieser Aussage liegt die These zugrunde, dass eine erfolgreiche Einführung von Anwendungen bzw. von Software Produkten oftmals eine Vorfinanzierung voraussetzt.

#### 7.7.4 Handlungsfelder Dezentralisierung und Serviceorientierung

In Bezug auf Dezentralisierung und Serviceorientierung steht der deutsche Mittelstand noch am Anfang. Deswegen sind hier vor allem Maßnahmen nötig, um ein Umdenken zu erreichen. Da ein **Einführungs- und Nutzungsdefizit** besteht, sind vor allem Maßnahmen im Handlungsfeld A notwendig. Gleichzeitig besteht ein **hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf**, das heißt es sind Maßnahmen im Handlungsfeld B sind ebenfalls gefragt, um das entsprechende Technologieangebot zu schaffen bzw. marktreife Lösungen zu entwickeln.

##### Handlungsfeld A – Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 im Mittelstand

**Maßnahme 1:** Um dem Mittelstand den Nutzen der Serviceorientierung zu verdeutlichen, sind Beratung und Aufklärung über die Vorteile serviceorientierter Produkte und die mögliche Gestaltung solcher Produkterweiterungen/Zusatzleistungen notwendig.

**Maßnahme 2:** Zudem sollten Schulungen und gegebenenfalls Prozess- und Organisationsberatung durchgeführt werden, um von zentralisierten Firmenstrukturen zu dezentralen Organisationen mit konkreten Zielvorgaben und lokaler Prozessverantwortung zu kommen.

**Maßnahme 3:** Des Weiteren sollte es Informationsangebote für den Mittelstand geben, die über die Verwendung und den Einsatz von einfachen Sensoren mit Internetverbindung und die sichere Datenübertragung aufklären.

##### Handlungsfeld B – Forschung und Entwicklung

**Maßnahme 1:** Forschung und Entwicklung sollten vorangetrieben werden, um die technischen Voraussetzungen zu schaffen zum Beispiel durch die Entwicklung von

- einer service-orientierten Softwarearchitektur (SOA) und
- Lösungen für die dezentrale Transportplanung und –steuerung

---

**Maßnahme 2:** Forschung und Entwicklung ist ebenfalls zu prozessualen und organisatorischen Fragen nötig. Wichtige Fragestellungen sind etwa wie neue Geschäftsmodelle aussehen können, welche neuen Formen der Arbeitsorganisation sich ergeben und wie die Steuerung von dezentralen Systemen in der Praxis umgesetzt werden kann.

**Maßnahme 3:** Forschung und Entwicklung sollten dabei nicht nur die großen Konzerne im Blick haben, sondern auch einfache Lösungen für mittelständische Unternehmen, insbesondere für KMU, entwickeln.

**Maßnahme 4:** Nicht zuletzt sollte der Transfer von bereits vorhandenen Lösungen in die Wirtschaft sichergestellt werden.

#### **7.7.5 Fazit: Umdenken und neue Geschäftsfelder erschließen**

Durch Serviceorientierung und Dezentralisierung können neue Geschäftsfelder erschlossen werden und eine stärkere Kundenbindung erreicht werden. Allerdings ist hierfür zunächst ein Umdenken im Mittelstand erforderlich. Dieser Prozess sollte durch entsprechende Aufklärung und Beratung unterstützt und gefördert werden. Eine Weiterentwicklung der Geschäftsmodelle ist nötig, um die vollen Potenziale dieses Funktionsbereichs zu erschließen.

Auf der anderen Seite stellen sich durch die neuen Möglichkeiten viele Fragen in Bezug auf Rechts- und Arbeitsformen, die durch Forschung und Entwicklung erst noch beantwortet werden müssen. Einige technische Voraussetzungen für unternehmensübergreifende Kooperationen müssen ebenfalls noch geschaffen werden.

Für den Funktionsbereich Dezentralisierung sind insbesondere folgende übergeordnete Rahmenbedingungen/Handlungsempfehlungen relevant:

- Datensicherheit
- Schnittstellen und Standardisierung
- Bildung und Weiterbildung aufgrund mangelnden Know-hows der Beschäftigten sowie perspektivisch zum Ausgleich des Mangels an Fachkräften

## 7.8 Selbstorganisation/Autonomie

Unter dem Begriff Autonomie werden in dieser Studie Technologien zusammengefasst, die eine automatische Datenauswertung vornehmen, sodass die Systeme anschließend auf die Ergebnisse selbstständig reagieren. Mit solchen Regelkreisen lassen sich beispielsweise Selbstkonfiguration und Selbstoptimierung von Systemen erreichen bis hin zu einer vollständigen Selbstorganisation. Selbstorganisation ist somit ein wichtiger Teil der mehrfach genannten Cyber-Physischen-Systeme, die neben der Erfassung, Auswertung und Speicherung von Daten auch untereinander kommunizieren, eine Identität haben und mit ihrer Umgebung interagieren. Um die Möglichkeiten von selbststeuernden Anlagen nutzen zu können und daraus Vorteile zu generieren, muss das System, in dem sie eingesetzt werden, entsprechende Freiheitsgrade bieten. Beispiele für solche autonomen Systeme sind intelligente, flexible FTS-Lösungen in der Intralogistik oder intelligente Behälter, die eine automatische Nachbestellung auslösen. Auch intelligente Werkstückträger, die Informationen über das Produkt und die Bearbeitungsschritte aufnehmen, werden zu diesem Funktionsbereich gezählt. Ebenso jede Form automatisierter Bestellvorgänge, gleich ob als Order an den Lieferanten oder als E-Kanban zur Produktionsversorgung.

### Steckbrief Selbstorganisation/Autonomie

#### Leitfrage:

Wie wird gesteuert, was wird automatisch geregelt?

#### Schlagworte:

- Regelkreise/Selbstorganisation
- Selbstkonfiguration/-optimierung
- Cyber-Physische-Systeme
- Prozessüberwachung

#### Das intelligente Produkt steuert seine eigene Herstellung.

##### Elemente:

- **Qualitätsregelkreise** (Inprozesskontrollen und Regelung der Bearbeitungsqualität, Nutzen von Produktions- und Nutzungsdaten zur Prozess und Produktverbesserung)
- **Versorgungskreise** (Steuerung von Nachschub und Verbrauchsmaterial, Behältermanagement, automatische Beschaffung)
- **Produktionsplanung und -steuerung** (Terminplanung, Auftragsfreigabe, Reihenfolgenbildung)
- autonome **Kapazitäts- und Ressourcenplanung** (Logistikanlagen, Fördermittel, Maschinen, Beschäftigte)
- **Prozesssteuerung** (Produkt steuert Bearbeitungs- und Transportprozesse)
- **Proaktiver Service** (Planung der Servicere Ressourcen)

---

## 7.8.1 Chancen und Risiken

### Chancen durch Selbstorganisation/Autonomie

Selbstorganisierende Produktions- und Logistikeinheiten stehen miteinander in wechselseitigem Kontakt und reagieren aktiv auf sich verändernde Bedarfe. Logistische Zu- und Ablieferprozesse werden von fertigungstechnischen Anlagen und Maschinen genau dann angefordert, wenn diese im Prozessablauf benötigt werden. Dadurch werden aus unnötigen Transportwegen, hohen Zwischenbeständen und langen Wartezeiten resultierende Verschwendungen minimiert und eine Verkürzung der Durchlaufzeiten sowie eine Verbesserung der Produktivität erreicht. Die digitale Verbindung der Einzelsysteme führt dazu, dass flexibel auf ungeplante Ereignisse, wie beispielsweise eine Anlagenstörung reagiert werden kann. Im Störfall meldet die Anlage den Fehler, fordert das Servicepersonal an, beordert das Material für die Reparatur an den Störungsort und stellt idealerweise die Anweisung zur Fehlerbehebung zur Verfügung.

Weitere Potenziale im Bereich der Selbstorganisation liegen in der Senkung des Energieverbrauchs. Maschinen und Anlagen werden nur im Bedarfsfall mit Strom, Wasser, Druckluft et cetera versorgt und generieren im Ruhezustand keine Verbräuche. Die Umgebungseinflüsse (z. B. Temperatur, Luftfeuchtigkeit, Beleuchtung, Entlüftung) können gemäß den Prozessvorgaben reguliert werden.

Ein weiterer großer Vorteil der Autonomie liegt in der Aufwandsreduzierung für das Unternehmen und die Beschäftigten. Autonom ablaufende Planungs- und Steuerungsvorgänge entlasten zentrale Managementsysteme, sodass Aktivitäten nur noch in Ausnahmefällen, zur Nachkorrektur sowie zum Setzen der Parameter, notwendig sind. Infolgedessen verändern sich die Arbeitsinhalte hin zu abwechslungsreichen und wissensbasierten Aufgaben, die andererseits jedoch nur von Spezialisten durchgeführt werden können. Die Abkehr von monotonen und repetitiven Abläufen birgt ein hohes Potenzial zur Steigerung der Mitarbeitermotivation. Das heute übliche *troubleshooting* in der Auftragssteuerung wird deutlich durch selbstregelnde Systeme abnehmen.

Im Bereich Qualität lassen sich autonome, echtzeitnahe Qualitätsregelkreise einführen, die entweder innerhalb der Maschine oder nach einzelnen Prozessschritten installiert werden und diese überwachen. Die relevanten Parameter bleiben somit stets innerhalb des zulässigen Bereiches und vermindern damit sowohl die Gefahr eines potenziellen Anlagenausfalls als auch den Anteil qualitativ minderwertiger Erzeugnisse. Qualitätsregelkreise eignen sich insbesondere für diejenigen Unternehmen, die ihre Unternehmenspolitik auf ein ganzheitli-

ches Qualitätsverständnis für Prozesse und Produkte ausgerichtet haben und den TQM-Gedanken konsequent verfolgen.

Eine autonome, selbstorganisierende und flexible Kapazitätsplanung führt zu einer verbesserten Anpassung der Ressourcen an die aktuelle Auslastungssituation. Beschäftigte, Materialien, Werkzeuge und Hilfseinrichtungen werden dynamisch und dezentral geplant und genau dort eingesetzt, wo sie gegenwärtig gebraucht werden. Der Grundgedanke der autonomen und selbstorganisierenden Produktions- und Logistikeinheiten basiert auf den Möglichkeiten der Mobilität. Fest installierte Fertigungsanlagen sind möglichst in Modulbauweisen zu planen und umzusetzen. Diese werden dann von möglichst mobilen und flexiblen Logistiksystemen versorgt. Als Folge entsteht eine wandlungsfähige Fabrik, die sich mit wenig Aufwand an neue Produkte, Prozesse und Abläufe anpassen lässt.

### Risiken durch Selbstorganisation/Autonomie

Eine essenzielle Frage bei der Einführung von autonomen und selbstorganisierenden Systemen ist, wie die Betriebssicherheit garantiert werden kann. Hier steht insbesondere die Gewährleistung der körperlichen Unversehrtheit der Beschäftigten im Vordergrund. Der technische Entwicklungsstand von automatischen Fertigungsanlagen (z. B. Robotik) und logistischem Equipment (z. B. FTS) ermöglicht noch kein gefahrloses, paralleles Zusammenarbeiten mit dem Personal. Die Mensch-Maschine-Schnittstelle wird auch heute noch äußerst kritisch gesehen und ist von ihrem finalen Reifegrad noch weit entfernt. Nur wenn es gelingt, eine Gesundheitsgefährdung der Beschäftigten durch Fehlfunktionen technischer Einrichtungen vollständig auszuschließen, kann der rechtliche Rahmen für autonom agierende und handelnde Systeme geschaffen werden.

Durch die Abgabe von Prozessverantwortung in großen Umfang kann es schnell zu einer Abhängigkeit vom technischen System kommen. Bisher manuell ausgeführte und kontrollierte Tätigkeiten entfallen durch die Einführung autonomer und selbstorganisierender Systeme. Es kommt zu einem Verlust der Kontrolle durch den Menschen.

Die Anschaffung solcher hochkomplexen Systeme ist mit einem beträchtlichen Investitionsvolumen und hohen Folgekosten für Pflege, Wartung und Instandhaltung verbunden. Die aufgrund ihrer Komplexität noch geringe Verfügbarkeit solcher Anlagen reduziert ihre Rentabilität weiter. Viele autonome Systeme, wie sie in den Visionen von Industrie 4.0 beschrieben werden, befinden sich noch in der Entwicklungsphase und sind in der Praxis kaum erprobt.

Durch die Veränderung der anfallenden Arbeitsaufgaben für die Beschäftigten, weg von rein mechanischen und ausführenden hin zu überwachenden und analytischen Tätigkeiten, nehmen die Anforderungen aufgrund der gestiegenen Komplexität deutlich zu. Diese Tatsache kann aus Mitarbeitersicht sowohl Vorteile als auch Nachteile mit sich bringen. Auf der einen Seite sorgen die neuen Herausforderungen für einen abwechslungsreichen und interessanten Tagesablauf, auf der anderen Seite besteht die Gefahr der Überforderung. Auch vor dem Hintergrund des demographischen Wandels müssen geeignete Weiterbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen konzipiert und initiiert werden, um besonders älteren Beschäftigten die Angst vor der bislang unbekanntem Technik zu nehmen und sie bestmöglich auf ihre neuen Aufgaben vorzubereiten. Die Anforderungen an die Qualifizierung der Beschäftigten steigen deutlich, was bei einem weiteren Voranschreiten des Fachkräftemangels zu großen Problemen für die Unternehmen führen kann.

**Tabelle 6: Chancen und Risiken von Selbstorganisation / Autonomie**

| Chancen  | Risiken  |
|--|--|
| + bedarfsorientierte Optimierung von Wertschöpfungsprozessen | - Gefahr für Betriebssicherheit (Ausfall Anlagen, instabile Technik/Infrastruktur) |
| + geringer Planungs- und Steuerungsaufwand                   | - Kontrollverlust durch Abgabe der Prozessverantwortung                            |
| + schnelle Reaktion auf ungeplante Ereignisse                | - hohes Investitionsvolumen  |
| + Erhöhung der Anlagenverfügbarkeit                          | - Mangel an Know-how und Fachkräften   |
| + Vereinfachung der Ressourcenplanung                        | - Abhängigkeit von der Technik   |
| + erhöhte Wandlungsfähigkeit der Fabrik                      | - Überforderung der Beschäftigten  |
| + Senkung des Energieverbrauches                             |  |
| + Unterstützung des TQM                                      |  |
| + Erhöhung der Mitarbeitermotivation                         |  |

## 7.8.2 Defizitanalyse

Der Funktionsbereich Selbstorganisation und Autonomie ist das zentrale Element der Vision von Industrie 4.0, in der ein Produkt sich den Weg durch die Produktion selbstständig suchen und dabei mit den Maschinen kommunizieren soll. Einige Ansätze auf dem Weg zu dieser Vision sind bereits erkennbar, jedoch bleibt noch ein langer Weg.

### *Umsetzungsstand*

Partiell werden in einigen Anwendungen bereits Regelkreise für die Prozesssteuerung, die Qualitätsüberwachung, die Materialversorgung und die Produktionsablaufsteuerung mit intelligenten und selbstorganisierenden Objekten eingesetzt. Insgesamt hat der Funktionsbereich Autonomie jedoch noch einen geringen Umsetzungsstand. Einer der Gründe hierfür ist die bereits herausgearbeitete Notwendigkeit, im Funktionsbereich Datenerfassung die Entwicklungen voranzutreiben, um so die Objekte in Produktion und Logistik (Maschinen, Produkte etc.) mit aktuellen qualitativ hochwertigen Daten auszustatten, damit diese selbstorganisierend agieren können.

In den oben genannten Regelkreisen wird zumeist das Grundprinzip der Informationsübermittlung über zentrale Informationssysteme angewendet. Die Anwendungen laufen also fremdorganisiert ab. Nur in einzelnen Teilbereichen, wie z. B. der Inprozesskontrolle bei Werkzeugmaschinen, werden aktuelle Zustandsdaten dezentral verwendet, um zu optimierten Prozessen zu gelangen.

Eine Ausnahme bildet die Logistik mittelständischer Unternehmen. Hier lösen Ereignisse wie die Materialentnahme und -buchung direkte Folgeaktivitäten aus. Zwar sind die Folgeaktionen, z. B. die Nachbestellung von Material, vorab definiert, weisen jedoch einen gewissen Grad an Selbstorganisation aus, da die Informationsverarbeitungskette autonom abläuft.

Ähnlich hierzu werden Instandhaltungsanwendungen auf bestimmte Maschinenzustände reagieren und Prozesse wie Reparaturen, Wartungen oder Ersatzteilbestellungen anstoßen.

Autonome Verfahren der Produktionsplanung und -steuerung finden bisher kaum Anwendung im Mittelstand, da der technologische Entwicklungsstand noch nicht umsetzungsreif ist. Ebenso verhält es sich mit der Prozesssteuerung, bei der das Produkt die Verfahrensparameter für den Bearbeitungs- und Transportprozess vorgibt.

---

### *Technologielevel*

In der Versorgungslogistik sowie bei Instandhaltungsanwendungen haben die beteiligten Hersteller die Geschäftschancen bereits erkannt und entwickeln ihre Lösungen stetig weiter. Hierdurch könnte das aktuell noch hohe Preisniveau sinken, wodurch solche Investitionen künftig auch für mittelständische Unternehmen finanzierbar und rentabel werden dürften.

Die anderen Anwendungsbereiche befinden sich noch im Forschungsstadium.

### *Potenzial*

Nicht umsonst wird mit der Industrie 4.0 Vision oft der Funktionsbereich Selbstorganisation und Autonomie verknüpft. Hier wird der industrielle Wertschöpfungsprozess direkt beeinflusst und sowohl die Effizienz als auch die Effektivität adressiert. Die gesamte produzierende Industrie folgt seit langem dem Ziel der Perfektionierung der Bearbeitungsprozesse und schlanken Managementprozesse der Produktionsabläufe. Mit der Schaffung autonomer und selbstorganisierender Objekte kann ein wesentlicher Schritt hin zu diesem Ziel gegangen werden. Durch die Verfügbarkeit aktueller Informationen in Echtzeit und deren direkter Verarbeitung können schnellere und bessere Entscheidungen im Produktionsablauf getroffen werden, die sich direkt auf den Nutzungsgrad der Maschinen und Anlagen, auf die Effizienz und Qualität der Produktbearbeitung sowie auf einen deutlich beschleunigten Auftragsabwicklungsprozess und Materialfluss auswirken. All dies sind Effekte, die direkt die Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstands erhöhen und diesen, vorausgesetzt die genannten Potenziale werden ausgeschöpft, deutlich voranbringen können.



**Dr.-Ing. Christian Krug**

Technologieberater, VDI Technologiezentrum GmbH

„Industrie 4.0 und die verbundenen Technologien erfüllen keinen Selbstzweck, vielmehr müssen sie einen echten Mehrwert für die Unternehmen leisten. Nur wenn dies gegeben ist, erfolgt die Umsetzung von Industrie 4.0 im Mittelstand!“

Aktuell sind autonome Systeme mit hohem Aufwand in der Anschaffung und Pflege verbunden. Eine Einführung lohnt sich nur bei hoher Variantenvielfalt, einer Vielzahl von Fertigungsaufträgen und komplexen Prozessen. Vor diesen Herausforderungen stehen Großkonzerne und ggf. der industrielle Mittelstand, was erklärt, warum zurzeit primär große Unter-

nehmen in diesem Bereich eine Vorreiterrolle übernehmen. Für KMU sind autonome Systeme zum jetzigen Zeitpunkt weniger interessant.

### *Defizit*

Die Anwendungen zur Autonomie und Selbstorganisation sind bisher nur partiell für mittelständische Unternehmen nutzbar. Bei der Produktionsplanung und -steuerung sind die Ergebnisse der laufenden Forschungsaktivitäten abzuwarten, ebenso wie bei der direkten Kommunikation zwischen Maschinen und Bauteilen zur autonomen Anpassung der Bearbeitungsprozesse. Zudem wird diese Anwendung derzeit noch innerhalb der vertikalen Integration der Prozesse erforscht. Anwendungen über die Unternehmensgrenzen hinweg, also in horizontaler Richtung, sind kaum festzustellen; eine Ausnahme bilden Instandhaltungsbezogene sowie logistikorientierte Anwendungen. Da diese einen höheren technologischen Reifegrad besitzen, sind insbesondere die Hersteller und Ausrüster die entscheidenden Treiber bei ihrer Weiterverbreitung im Markt.



### 7.8.3 Essay – Rechtsfragen von Industrie 4.0

**Prof. Dr. Dr. Eric Hilgendorf**, Lehrstuhlinhaber und Leiter der Forschungsstelle RobotRecht  
Lehrstuhl für Strafrecht, Informationsrecht und Rechtsinformatik an der Julius-Maximilians-Universität Würzburg

#### I. Sachstand und heutige Aktivitäten

Technische Innovationen erzeugen regelmäßig auch neue Rechtsfragen. Dies gilt insbesondere in einer so engmaschig durchregulierten Rechtsordnung wie der deutschen. Recht kann Innovationen befördern, es kann sie aber auch behindern und unter Umständen sogar blockieren. Deshalb ist es sehr wichtig, im Innovationskontext möglicherweise relevante Rechtsgebiete so früh wie möglich zu identifizieren.

Ein erster wichtiger Fragenkomplex bezieht sich auf die Haftung für schadhafte Produkte. Wer ist zum Schadensersatz verpflichtet, wenn einzelne Elemente in der vernetzten Fabrik nicht ordnungsgemäß funktionieren? Thematische Schnittstellen ergeben sich hierbei zu Fragen der Normung. Treten Sach- oder Personenschäden hinzu, stellt sich außerdem die Frage nach einer strafrechtlichen Verantwortlichkeit. Sehr wichtig ist auch das Arbeitsrecht, insbesondere das Arbeitsschutzrecht, wenn einzelne Personen in einem unüberschaubaren, autonom und vernetzt arbeitenden Maschinenkomplex tätig sind. Hier stellen sich neue, außerordentlich wichtige Fragen der Regulierung der Kooperation von Mensch und Maschine.

Auch das Datenschutzrecht, vor allem der Arbeitnehmerdatenschutz, spielt eine zentrale Rolle. Hinzu treten Sonderfragen nach der Zulässigkeit autonomer oder teilautonomer Fahrzeuge in der vernetzten Fabrik sowie Fragen des Versicherungsrechts. Mit Blick auf die Cybersicherheit ist auch das Computer- und Internetstrafrecht unter Einschluss des Rechts der Provider von überragender Bedeutung.

Die damit nur angedeuteten Fragestellungen sind schon mehrfach adressiert worden, am intensivsten wohl im „Querschnittsthema Recht“ im Rahmen des vom BMWi geförderten Projekts „Autonomik und Industrie 4.0“.

#### II. Was ist für KMU wichtig?

Für KMU ist es wichtig, rechtliche Graubereiche frühzeitig zu erkennen. Schließlich lassen sich Produkte, die rechtliche Zweifel aufwerfen, nicht erfolgreich vermarkten. Dabei sollte im

Auge behalten werden, dass nicht erst eine höchstrichterliche Verurteilung Probleme aufwirft. Schon der Verdacht, ein Produkt berge ungeklärte Haftungsrisiken oder erzeuge gar die Gefahr strafrechtlicher Verfolgung, bedeutet in aller Regel das ökonomische *Aus*.

Um diesen Herausforderungen proaktiv zu begegnen, ist eine frühzeitige juristische Begleitforschung von großer Bedeutung. KMU sollten daran aktiv partizipieren und ihre Projektideen frühzeitig juristisch evaluieren lassen. Auch eine rechtzeitige Mitarbeiterschulung mit entsprechendem Lehr- und Lernmaterial ist von großer Bedeutung. Anspruchsvollere Lösungen beinhalten E-Learning-Programme, die die Beschäftigten juristisch sensibilisieren, rechtliche Problemfelder identifizieren helfen und unter Umständen sogar Hinweise zur Vermeidung juristischer Risiken geben können. Mit Letzterem wäre die Grenze zu juristisch-technischen *Compliance*-Maßnahmen überschritten, wie sie im traditionellen industriellen Bereich schon seit einigen Jahren üblich ist.

### III. Maßnahmen

Die Etablierung juristischer Begleitforschung ist ein erster wichtiger Schritt in die richtige Richtung. Allerdings orientiert sich juristische Begleitforschung schon begrifflich an bestimmten vorgegebenen Projekten, die rechtlich analysiert und „begleitet“ werden. Dies reicht nicht aus, um zukunftsgerichtet und umfassend die neuen Rechtsfragen erfassen zu können. Erforderlich wären deshalb praxisorientierte Forschungsprojekte, deren Aufgabe so zu definieren wäre, dass die Rechtsfragen von Industrie 4.0 umfassend identifiziert, analysiert und aufgearbeitet werden. Daran anschließend müssen praxistaugliche Lösungsstrategien entwickelt werden, die der Industrie als Referenzmodelle angeboten werden könnten. Gegebenenfalls müsste der Prozess von bestimmten gesetzgeberischen Maßnahmen begleitet werden. Große Bedeutung kommt auch einer rechtsvergleichenden Forschung zu, die u.U. *best practice*-Modelle aus anderen Rechtssystemen identifizieren und auf deutsche und europäische Verhältnisse übertragen helfen könnte. Damit würde gleichzeitig der auf mittlere und lange Sicht unabdingbaren, internationalen Rechtsangleichung vorgearbeitet.

---

#### 7.8.4 Handlungsfelder Autonomie

Angesichts der Tatsache, dass im Bereich Autonomie noch umfangreicher Forschungs- und Entwicklungsbedarf besteht und im Mittelstand derzeit nur eine unzureichende Datenbasis besteht, ist Selbstorganisation/Autonomie ein Zukunftsthema. Da autonome Systeme erst mit steigender Komplexität ihren vollen Nutzen entfalten und gleichzeitig viele mittelständische Unternehmen nur eine überschaubare Komplexität haben, bleibt vorerst auch der Nutzen autonomer Systeme für den Mittelstand beschränkt. Außerdem ist die Einführung und Pflege solcher Systeme mit hohen Investitionskosten verbunden. Bisherige Lösungen zur Komplexitätsbeherrschung (z. B. Qualitätsregelkreise oder Materialversorgungskreise) liefern bereits gute Resultate und sollten weiter ausgebaut und digitalisiert werden.

Zum Einsatz und zur Entwicklung von autonomen Systemen wird derzeit intensiv geforscht. Viele Technologien in diesem Bereich sind noch nicht marktreif. Dementsprechend besteht im Funktionsbereich Autonomie ein **Forschungs- und Entwicklungsdefizit**, sodass die Maßnahmen sich auf dem Handlungsfeld B konzentrieren.

#### Handlungsfeld A – Einführung und Umsetzung von Industrie 4.0 im Mittelstand

**Maßnahme 1:** Einige Anwendungen könnten trotz des insgesamt noch geringen Reifegrades des Funktionsbereiches jetzt schon für den Mittelstand interessant sein, z. B. IT-gestütztes Behältermanagement oder die Automatisierung von Bestellungen. Die Umsetzung in diesen abgegrenzten Bereichen ist relativ leicht möglich, würde für den Mittelstand jedoch bereits eine deutliche Aufwandsreduzierung bedeuten.

**Maßnahme 2:** Da die mittelständischen Unternehmen, insbesondere KMU, den Nutzen und die Potenziale dieser Anwendungen nicht kennen, sollte die Einführung und Nutzung durch Aufklärung, Sensibilisierung et cetera unterstützt werden. Aufgrund der nötigen technischen und organisationalen Anpassung wäre gegebenenfalls eine unterstützende Beratung sinnvoll.

**Maßnahme 3:** Des Weiteren sollten Methoden zur einfachen Produktidentifizierung als Grundlage für die Steuerung des Prozesses durch das Produkt eingeführt werden.

## Handlungsfeld B – Forschung und Entwicklung

Die Steuerung der Produktion durch das Produkt wird sich erst mittel- bis langfristig realisieren lassen. Bevor autonome Systeme im Mittelstand zum Einsatz kommen können, besteht zunächst weiterer Forschungs- und Entwicklungsbedarf in Bezug auf Technik und Anwendungsmöglichkeiten. Hierbei muss insbesondere die Betriebssicherheit der Systeme gewährleistet werden.

**Maßnahme 1:** Die Forschung und Entwicklung sollte weitergeführt und dabei auch einfache Lösungen für mittelständische Unternehmen, insbesondere KMU, entwickelt werden, die sich kurzfristig umsetzen lassen.

**Maßnahme 2:** Gleichzeitig sollte der Transfer von vorhandenen Lösungen in die Wirtschaft sichergestellt werden. Hierfür eignen sich z. B. Transferprojekte.

### 7.8.5 Fazit: Zukunftsthema – anwendungsnahe Entwicklung stärken

Da in den meisten mittelständischen Unternehmen die grundlegende Datenbasis für autonome Systeme fehlt und viele Anwendungen noch nicht praxisreif sind, ist Autonomie ein Zukunftsthema. In Bezug auf die Technik und die Anwendung besteht noch hoher Forschungs- und Entwicklungsbedarf.

Im Moment ist unklar, ob der Nutzen von autonomen Systemen die tendenziell hohen Kosten für den Mittelstand überwiegt. Aufgrund des hohen Freiheitsgrades in mittelständischen Unternehmen bestehen grundsätzlich gute Möglichkeiten für den Einsatz autonomer Systeme. Dem stehen jedoch eine übersichtliche Komplexität, die sich mit bestehenden Lösungen bereits gut handhaben lässt (z. B. Kanban-Regelung, Qualitätsregelkreise), und ein hoher Investitionsbedarf gegenüber. Zum jetzigen Zeitpunkt scheint die Einführung von autonomen Systemen eher für Großkonzerne und ggf. industriellen Mittelstand mit komplexen Produktionsstrukturen interessant zu sein als für kleine und mittlere Unternehmen.

Für den Funktionsbereich Autonomie sind insbesondere folgende übergeordnete Rahmenbedingungen/Handlungsempfehlungen relevant:

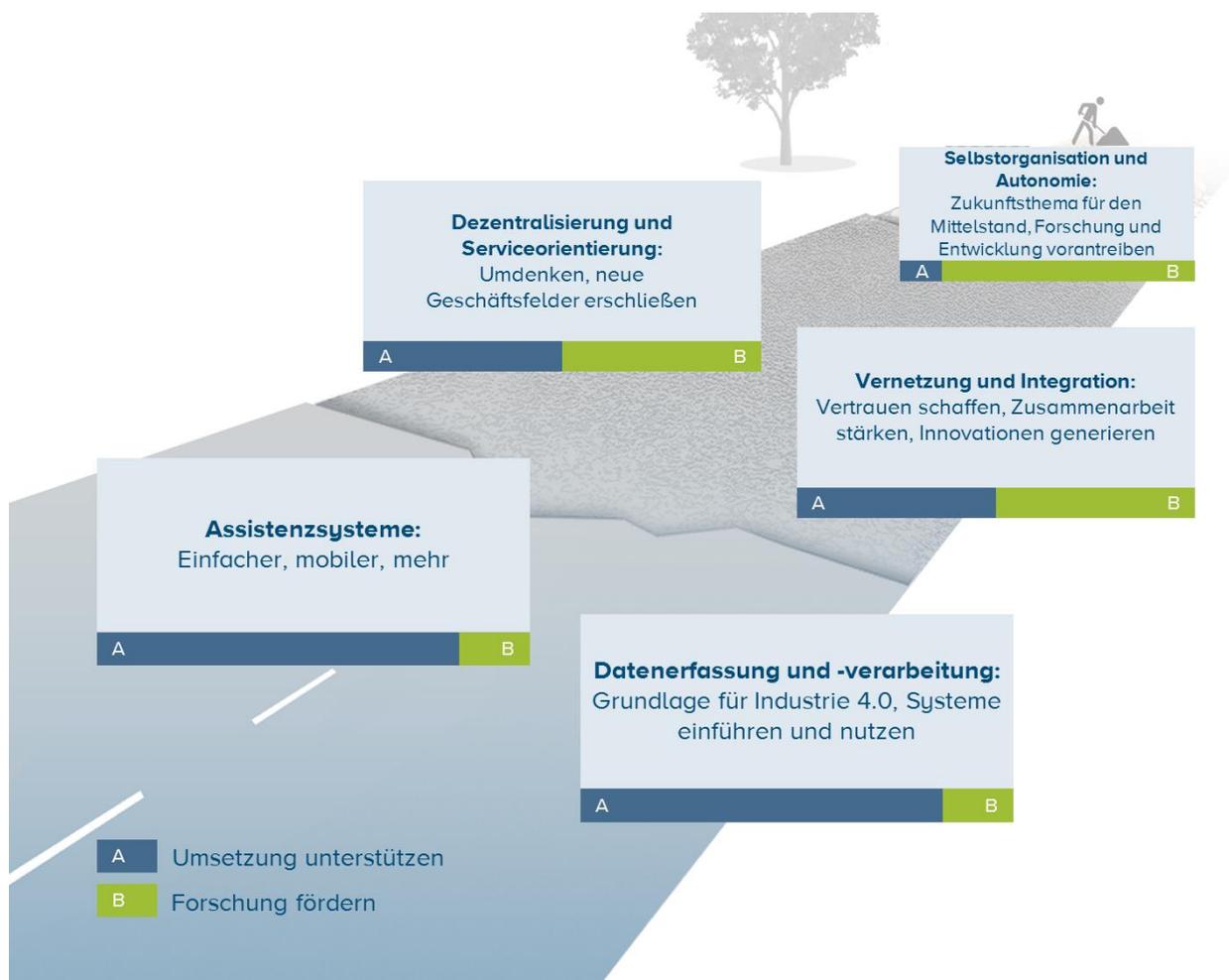
- Maßnahmen zur Schaffung von Systemstabilität und Betriebssicherheit
- Bildung und Weiterbildung aufgrund mangelnden Know-hows der Beschäftigten sowie perspektivisch zum Ausgleich des Mangels an Fachkräften.

## 8 Auf dem Weg zur Industrie 4.0

Die Einführung von Industrie 4.0 wird schrittweise immer dort erfolgen, wo sich mit vertretbarem Aufwand und den vorhandenen technologischen Möglichkeiten wirtschaftliche Potenziale heben lassen. In Abbildung 17 wird der Weg hin zu einer Industrie 4.0 dargestellt.

Pauschale Aussagen zum aktuellen Stand des deutschen Mittelstands auf diesem Weg lassen sich nicht treffen. Viele Unternehmen stehen hier noch am Anfang. Abhängig von der Unternehmensgröße, der Branche, der Geschäftsführung und der Marktsituation sind jedoch in einigen mittelständischen Unternehmen bereits erste wichtige Schritte umgesetzt.

**Abbildung 17: Auf dem Weg zur Industrie 4.0 – Einordnung der Funktionsbereiche**



Quelle: eigene Darstellung

Im Funktionsbereich Datenerfassung und -verarbeitung wurde ein mittlerer bis teilweise hoher Umsetzungsstand im Mittelstand festgestellt. In mittleren Unternehmen und im industriell-

len Mittelstand ist elektronische Datenerfassung größtenteils bereits Standard. Der erste Schritt in Richtung Industrie 4.0 ist somit getan. Allerdings wird das Potenzial der Daten noch nicht in vollem Umfange erkannt. Somit besteht in Bezug auf die effektive Nutzung der vorhandenen Systeme sowie bezüglich der Auswertung der Daten hoher Handlungsbedarf. Die Bereitstellung der Daten für die Beschäftigten, zum Beispiel durch Assistenzsysteme, ist der nächste wichtige Schritt.

IT-Tools und Apps bieten die Möglichkeit, die Produktivität und Qualität in der Produktion durch eine aktive Unterstützung der Beschäftigten zu erhöhen. Assistenzsysteme werden vom Mittelstand teilweise eingesetzt, auch hier wurden die Potenziale aber noch nicht erkannt bzw. sind die neuen technologischen Möglichkeiten nicht bekannt. Dementsprechend besteht Handlungsbedarf im Handlungsfeld A. Der Mittelstand sollten über die Potenziale und Möglichkeiten aufgeklärt sowie bei der Einführung unterstützt werden.

In Hinblick auf Vernetzung und Integration steht der Mittelstand noch am Anfang. Sicherheits- und abgegrenztes Bereichsdenken (Silodenken) müssen zunächst überwunden werden, um eine stärkere Zusammenarbeit unternehmensintern als auch im Netzwerk zu ermöglichen. Maßnahmen zum Aufbau von Vertrauen und Akzeptanz sind erforderlich. Gleichzeitig müssen die technologischen Voraussetzungen für den sicheren unternehmensinternen und externen Datenaustausch geschaffen werden. Der Fokus von Forschung und Entwicklung sollte dabei nicht nur auf den technischen Voraussetzungen liegen, sondern organisationale, prozessuale und rechtliche Fragestellungen berücksichtigen.

Die Industrie 4.0 Revolution beginnt mit der zunehmenden Serviceorientierung in allen Bereichen sowie der Dezentralisierung und birgt große Chancen. Durch serviceorientierte Produkte bieten sich neue Geschäftsmöglichkeiten und zugleich kann die Kundenbindung erhöht werden. Allerdings ist dabei ein zweifaches Umdenken erforderlich: von der zentralen Steuerung hin zu einer dezentralen Prozessverantwortung und von der Produktorientierung hin zur Serviceorientierung. Daher sind Maßnahmen zur Aufklärung, Sensibilisierung und Einführung (im Bereich des Handlungsfelds A) gefragt. Im gleichen Maße muss noch Forschung und Entwicklung vorangetrieben werden.

Am Ende des Weges steht dann der Funktionsbereich Autonomie. Da intelligente Produktion einen hohen Umsetzungsstand der anderen Funktionsbereiche voraussetzt, ist Autonomie ein Zukunftsthema für den Mittelstand, für das Forschung und Entwicklung erst noch die Voraussetzungen schaffen müssen. Zudem erscheinen zum jetzigen Zeitpunkt die Vorteile von autonomen Systemen erst ab einer gewissen Unternehmensgröße und Prozesskomplexität die

---

Kosten zu überwiegen. Dementsprechend werden diesbezüglich der industrielle Mittelstand und die großen Konzerne weiterhin eine Pionierrolle einnehmen.

Die entlang der Funktionsbereiche dargestellten Anwendungsmöglichkeiten und Potenziale dürfen jedoch nicht darüber hinweg täuschen, dass ein vollständig integriertes und durchdrungenes Industrie 4.0 Unternehmen noch in weiter Ferne ist. Trotz der Reife zahlreicher Einzelanwendungen sind auf der Ebene des Gesamtsystems – also entlang der vertikalen und der horizontalen Wertschöpfungskette – noch zahlreiche Herausforderungen zu bewältigen. Der von vielen Pionierunternehmen eingeschlagene Weg der Implementierung von Einzelanwendungen schafft dabei sicherlich Vertrauen und Wissen, muss aber durch ein noch stärkeres Denken auf der Systemebene ergänzt werden. Hierbei sind Wissenschaft und Technologieanbieter gefordert, ihre Entwicklungen in Richtung der Integration und Durchgängigkeit von Anwendungen voranzutreiben.

Zusammenfassend lässt sich feststellen, dass

- 1. die Realisierung einer vollständigen vertikalen und horizontalen Integration von Industrie 4.0 im Mittelstand und in der Industrie insgesamt noch in weiter Zukunft liegt.**

Zugleich zeigt die Analyse eindeutig, dass

- 2. Technologien und Anwendungen von Industrie 4.0 einen wertvollen Beitrag zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstandes leisten können.**

Alle Industrie 4.0 Funktionsbereiche bzw. der überwiegende Teil (85 %) der in dieser Studie analysierten Anwendungen können demnach einen Beitrag zur Bewältigung der aktuellen Herausforderungen des Mittelstandes leisten. Die Voraussetzung für diesen Beitrag ist allerdings, dass sie auch von mittelständischen Unternehmen eingesetzt werden. Hierbei besteht noch erheblicher Nachholbedarf, denn

- 3. sind viele Industrie 4.0 Anwendungen und Technologien für den Einsatz im Mittelstand zwar grundsätzlich bereit, aber werden von ihm noch nicht hinreichend genutzt.**

Der größte Teil der Anwendungen und Technologien (76 %) steht genau an dieser Schwelle zur Einführung bzw. der Etablierung als Basistechnologie, sodass

#### **4. der Mittelstand für den Nutzen und die Vorteile von Industrie 4.0 sensibilisiert werden muss.**

Das Handlungsfeld A „Umsetzung unterstützen“ und seine Maßnahmen stellen den größten Handlungsbedarf mit dem stärksten Einfluss auf die Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstandes dar. Es gilt daher zielgruppenspezifisch über Vorteile und Nutzen zu informieren, Demonstratoren und Pilotprojekte zu fördern, Finanzierungshürden abzubauen oder den Erfahrungsaustausch zwischen mittelständischen Unternehmen, aber auch von Großunternehmen hin zum Mittelstand zu fördern. Großunternehmen können ihre Vorreiterrolle nutzen und ihre Lieferanten gezielt unterstützen.

Mit Blick auf die am Anfang aufgestellte Arbeitshypothese bleibt abschließend festzuhalten, dass

#### **5. der Mittelstand große Chancen hat durch Industrie 4.0 seine Wettbewerbsfähigkeit zu stärken, wenn er eine aktive Rolle einnimmt.**

Aufgrund von Zweifeln an der Datensicherheit und einem Informationsdefizit nimmt der Mittelstand aktuell eine vorwiegend passive Rolle beim Thema Industrie 4.0 ein. Nur mit großer Zurückhaltung werden wichtige Themen wie die Digitalisierung und die digitale Vernetzung angegangen. Dabei werden die wirtschaftlichen Chancen dieser Ansätze übersehen. Die in dieser Studie herausgearbeiteten Potenziale von Industrie 4.0 zeigen, dass die Chancen meist deckungsgleich mit den Zielen der mittelständischen Unternehmen sind und Industrie 4.0 Anwendungen und Technologien helfen können, aktuelle Herausforderungen des Mittelstandes zu bewältigen. Die schrittweise Umsetzung der Vision Industrie 4.0 kann somit einen direkten und wertvollen Beitrag zur Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit des Mittelstandes leisten. Zudem sollte der Mittelstand eine aktive Rolle in Bezug auf Industrie 4.0 einnehmen, um nicht den Anschluss an den internationalen Wettbewerb zu verlieren.

Der dargestellte Weg zeigt, dass Industrie 4.0 nicht nur für Großunternehmen, sondern auch für den Mittelstand zu bewältigen ist. Dafür sollten mittelständische Unternehmen aus der passiven Beobachterrolle in eine aktive Treiberrolle wechseln. Die Innovationskraft und das unternehmerische Denken des deutschen Mittelstandes sind dafür hervorragende Voraussetzungen.



---

## 9 Handlungsempfehlungen

Die Ergebnisse der in dieser Studie vorgenommenen Analyseschritte (einschließlich des noch folgenden internationalen Vergleichs), die thematischen Essays sowie bereits vorliegende Studien zur Thematik werden im Folgenden zu einem Maßnahmenportfolio verdichtet. Die aufgezeigten Empfehlungen richten sich an Politik, Wirtschaft und Wissenschaft und wurden in einer ersten Fassung im Rahmen eines Workshops mit Fachleuten diskutiert und anschließend modifiziert bzw. geschärft.<sup>67</sup>

### 9.1 Vorgehensweise

Der Formulierung konkreter Handlungsempfehlungen wird zunächst eine skizzenhafte Analyse der Industrie 4.0 Förderpolitiken in exemplarisch ausgewählten Ländern und auf EU-Ebene vorgeschaltet. Durch den vergleichenden Blick sollen zum einem die Handlungsempfehlungen um eine internationale Dimension erweitert und zum anderen Anregungen für deutsche Politikmaßnahmen abgeleitet werden.

Nach diesem Exkurs in die internationalen 4.0 Politiken greift die Argumentation die in Kapitel 7 beschriebenen Handlungsfelder „Umsetzung unterstützen“ und „Forschung fördern“ in den fünf Industrie 4.0 Funktionsbereichen auf und stellt die daraus abgeleiteten Handlungsempfehlungen dar. Differenziert wird dabei zwischen übergeordneten und spezifischen Handlungsempfehlungen. Übergeordnete Handlungsempfehlungen betreffen alle Industrie 4.0 Funktionsbereiche. Sie wurden in Rahmen der Betrachtung der Marktnachfrage (Kapitel 7), des Technologieangebotes (Kapitel 3) und der Forschungsprojekte (Kapitel 4) identifiziert und sie werden in Kapitel 0 diskutiert. Durch die übergeordneten Handlungsempfehlungen wird ein Beitrag zur Schaffung der Rahmenbedingungen für Industrie 4.0 geleistet, daher sind sie Teil des Maßnahmenportfolios.

Die spezifischen Handlungsempfehlungen betreffen die bereits in Kapitel 5, 7 und 8 aufgezeigten Defizite und Handlungsfelder. Sie werden in Kapitel 9.5 vorgestellt und diskutiert. In einem weiteren Schritt werden die einzelnen spezifischen Vorschläge zu zehn Handlungs-

---

<sup>67</sup> Die Teilnehmerliste findet sich in Annex 11.8.

empfehlungen zusammengefasst. Wie im internationalen Exkurs wird dabei unterschieden zwischen

- Zielgruppen,
- thematischer Ausrichtung und
- Implementierungsaspekten.

Viele der spezifischen Handlungsempfehlungen, insbesondere die vorgeschlagenen Mobilisierungsmaßnahmen, resultieren auf institutioneller Ebene in einer Einrichtung von sogenannten Kompetenzzentren. In Kapitel 0 wird dementsprechend der Vorschlag für eine Einrichtung solcher Kompetenzzentren ausgeführt, bevor die Studie mit einer Zusammenfassung der zentralen Ergebnisse des Kapitels endet.

---

## 9.2 Exkurs – Förderung im internationalen Umfeld

Das folgende Kapitel hat den Charakter eines Exkurses und soll den Fokus der Betrachtung der vorliegenden Studie um eine internationale Perspektive erweitern. Der vergleichende Blick in die Industrie 4.0 Förderpolitik in den USA, in Finnland, in Österreich und auf EU-Ebene wurde unternommen, um Anregungen für die deutsche Förderpolitik zu erhalten. Innerhalb dieses Vergleichs wird aufgezeigt, welche öffentlichen bzw. öffentlich-privaten Maßnahmen und/oder Programme existieren, welche Zielgruppen angesprochen werden und welche Inhalte durch welche Maßnahmen gefördert werden. Dabei wird kein Anspruch auf Vollständigkeit erhoben; vielmehr handelt es sich um eine exemplarische Darstellung.

Anzumerken ist, dass der deutsche Begriff Industrie 4.0 bislang kaum Eingang in die internationale Diskussion gefunden hat. Insofern musste der internationale Vergleich (außer in Österreich) auf Themen wie *Industrial Internet*, *Factory of the Future* oder Cyber-Physische-Systeme (CPS) abstellen. Diese Begriffe kommen zwar sehr nah an die Industrie 4.0 Thematik der vorliegenden Studie heran, sind aber nicht deckungsgleich.

## 9.3 Länderauswahl Industrie 4.0

Die Länderauswahl wurde aus pragmatischen (Zugang zu Daten) sowie inhaltlichen Gründen (Vergleichbarkeit der sozio-ökonomischen Rahmenbedingungen und Übertragbarkeit der Ergebnisse) vorgenommen. Die Ergebnisse der einzelnen Untersuchungen wurden in Länder-Steckbriefen aufbereitet (siehe Annex 11.9), die in diesem Exkurs zusammenfassend diskutiert werden.

### Träger

Bei den von den einzelnen Ländern bzw. der EU implementierten Maßnahmen sind unterschiedliche Arten von Projektträgern auszumachen. Diese reichen von staatlichen Organen bis hin zu Forschungs- und Innovationszentren. Sowohl die EU (in den Forschungsrahmenprogrammen) als auch die USA (im Rahmen des sog. *Advanced Manufacturing Partnership*) führen ihre Forschung im Bereich CPS durch große staatlich initiierte und finanzierte Maßnahmen durch. Die Maßnahmen in Österreich wurden ebenfalls von staatlichen Einrichtungen organisiert, sind jedoch als Unterbereiche in größere staatliche Initiativen eingewoben. In Finnland hingegen wird die Initiative *Internet of Things* als Projekt umgesetzt und von finnischen Forschungs- und Innovationszentren koordiniert.

In den USA engagieren sich zusätzlich industrielle Investoren. Auch in der EU wurde bereits im 7. Forschungsrahmenprogramm (FRP 7) eine öffentlich-private-Partnerschaft (*Public Private Partnership*; PPP) institutionalisiert, bei der die öffentliche Seite Gelder für Forschungsprojekte bereitgestellt und der private Sektor Investitionen in wichtigen Schlüsselbereichen verbindlich zugesagt hat.

### **Teilnehmer**

Die identifizierten Programme zielen in der Regel auf Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen ab. Programme, die auf die spezifischen Bedingungen und Bedarfe von KMU abstellen, wurden nicht identifiziert. KMU sind zwar an den meisten Programmen genauso teilnahmeberechtigt wie größere Unternehmen, da aber spezifische KMU-Kontexte fehlen, dürfte ihnen dennoch keine tragende Rolle zukommen. In der EU und den USA existiert im Rahmen der PPP-Vereinbarungen bzw. des *Advanced Manufacturing Partnership* zwar ein besonderer Fokus auf KMU, eine spezifische KMU-Förderung konnte allerdings nicht ausgemacht werden.

Generell zielen viele der Maßnahmen darauf ab, einen guten Kontakt zwischen Forschung und Industrie herzustellen und die Kooperationen zwischen diesen beiden Akteuren zu verstärken. Dementsprechend ist ein Großteil der Maßnahmen für die Teilnahme von Partnern beider Seiten ausgelegt. Dies gilt für nationale, aber auch für internationale Kooperationen, welche in einigen Programmen einen zusätzlichen Schwerpunkt bilden. Darüber hinaus versuchen Veranstaltungen – wie die Ausstellung *SmartAmerica* in den USA – die Kommunikation zwischen Forschung und Industrie zu verbessern. Eine Ausnahme dieser Tendenz bildet das amerikanische CPS-Programm, das ausschließlich für Universitäten und Forschungseinrichtungen zugänglich ist.

### **Themen**

So sehr die Projektträger in den ausgewählten Ländern variieren, so sehr sind auch deutliche Unterschiede in der thematischen Fokussierung der länderspezifischen Programme erkennbar. Es lässt sich zwar ein industriepolitisches Gesamtziel, das im Wesentlichen für alle betrachteten Staaten zutrifft, erkennen – nämlich die globale Wettbewerbsfähigkeit der eigenen Industrie zu stärken – doch unterhalb dieser globalen Vision ist die thematische Spannweite sehr breit. Erkennbar sind Maßnahmen, die einen Zugang über die Informations-

und Kommunikationstechnologien (IKT) haben (z. B. Finnland, IKT-Programm der EU), die sich mit den Themenfeldern Logistik und Infrastruktur beschäftigen (z. B. die Industrie 4.0 Initiative in Österreich) sowie solche, die eher auf die Bedürfnisse der Fertigungstechnik ausgerichtet sind (*Factory of the Future*-Programm der EU, CPS-Programm in den USA). In der EU-Förderung finden sich verschiedene thematische Ansätze, was zu der hohen finanziellen Ausstattung des HORIZONT 2020 Programms passt.

**Tabelle 7: Länderspezifische Schwerpunkte der Industrie 4.0 Förderung**

| USA  | EU   | Finnland   | Österreich  |
|--|--|--|---|
| Die Forschungsschwerpunkte der CPS- Labore reichen von der Grundlagenforschung bis hin zu praktischen Anwendungen. | Die Förderung innerhalb der PPP Maßnahme <i>Factory of the Future</i> ist ausgerichtet auf Fertigungstechnologien, die einen hohen Mehrwert in den Fabriken der Zukunft schaffen sollen.<br><br>Darüber hinaus finden sich in der Standardförderung von HORIZONT 2020 im Themenblock „Grundlegende industrielle Technologien“ diverse Themen mit Industrie 4.0 Bezug (z. B. vernetzte Fabrik, smarte Produktionsausrüstungen). | Branchenbezogen ist der Ansatz deutlich weiter als das deutsche Industrie 4.0 Konzept.<br><br>Es werden auch <i>smart Homes, smart City</i> und medizinische <i>Internet of Things</i> -Anwendungen angegangen.<br><br>Die meisten Projekte sind allerdings IKT getrieben. | Industrie 4.0 Themen finden sich sowohl in IKT-Programmen als auch in der Produktionsforschung. Gefördert werden auch Pilotfabriken und Investitionen von KMU in Industrie 4.0 Technologien.<br><br>Oberösterreich fördert Projekte im Bereich industrieller Produktionsprozesse sowie Projekte im Themenfeld Mobilität/Logistik. |

Quelle: eigene Darstellung; detaillierte Ländersteckbriefe befinden sich in Anhang 11.9.

Auffällig ist, dass länderübergreifend die Programme jeweils mehrere technologische Schwerpunkte adressieren. Dies mag an der recht kleinen Zahl der untersuchten Länder bzw. Programme liegen, deutet jedoch darauf hin, dass international ein breiter Ansatz bevorzugt wird. Angesichts der dynamischen Entwicklungen in der Thematik ist das nachvollziehbar. Staatliche Interventionen präferieren also international innerhalb der Industrie 4.0 Förderpolitiken im Wesentlichen keine spezifischen Technologien. Vielmehr wird das gesamte Spektrum möglicher Technologien und Themen abgedeckt. Fördertechnisch wird das häufig entweder über IKT-Programme oder über Maßnahmen erreicht, die industrielle

Fertigungsprozesse im Fokus haben. In Oberösterreich wurde 2014 im Rahmen eines größeren Programms eine Ausschreibung mit explizitem Industrie 4.0 Fokus veröffentlicht.

Schwerpunktsetzungen auf spezifische Branchen sind ebenfalls nicht erkennbar. Eine zumindest eingeschränkte Spezialisierung ist allenfalls in Finnland und auf EU-Ebene auszumachen (z. B. der Fokus auf IKT bei der Förderung von Projekten). In der Gesamtschau kann gesagt werden, dass sich international für die Industrie 4.0 Förderung – bezogen auf die Nutzer, also die produzierenden Unternehmen – eine branchenübergreifende Strategie durchgesetzt hat. Durch den IKT Ansatz bei der Projektförderung und aufgrund ihrer Relevanz für Industrie 4.0 kann sowohl in Finnland, Österreich und zum Teil in der EU von einer gewissen Ausrichtung auf die Softwareindustrie ausgegangen werden.

### **Implementierung**

Die identifizierten Programme werden im Rahmen von Ausschreibungen und/oder in Form von Verwaltungsverfahren (Finnland, Österreich) umgesetzt. Gefördert werden sowohl Forschung und Entwicklung als auch teilweise die Anwendung (z. B. in Österreich die Investitionsförderung für KMU). Des Weiteren werden in allen Ländern Sensibilisierungsmaßnahmen durchgeführt; in Österreich sind sogar Pilotfabriken geplant. Eine interessante Besonderheit, ebenfalls in Österreich, sind die Stiftungsprofessuren zur Thematik Industrie 4.0, die über die Forschungsförderungsgesellschaft finanziert werden.

Die Zusammenarbeit zwischen Forschungsinstituten einerseits und Industrieunternehmen andererseits gehört in vielen der identifizierten Programme zu einer Fördervoraussetzung (Finnland, Österreich, teilweise HORIZONT 2020).

Zudem ist zu beobachten, dass neben der klassischen Projektförderung neuere Formen der Zusammenarbeit finanziert werden. Dazu zählen Plattformen (z. B. in Finnland) oder die PPP-Initiative der EU, die sich aus öffentlichen Fördermitteln speist, bei der aber die Industrie verbindliche Zusagen über zukünftige Investitionsvolumina abgibt.

### **Volumen**

Die Volumina der einzelnen Programme variieren stark von Land zu Land. Eine Vergleichbarkeit ist wegen der unterschiedlichen Größen der Staaten und der Komplexität der Maßnahmen jedoch nur begrenzt gegeben. Ferner war es im Rahmen dieses Exkurses

---

nicht möglich, exakt zu identifizieren, welcher konkrete Anteil an Mitteln den Bereichen CPS und *Internet of Things* zukommt, wenn diese Teil eines größeren Gesamtprogramms sind.

### **Anregungen für Deutschland**

Der Exkurs über Industrie 4.0 Förderinstrumente hat die Vielzahl der Ansätze in den untersuchten Ländern sowie Gemeinsamkeiten in den Vorgehensweisen (z. B. breiter Ansatz) aufgezeigt. Daraus lassen sich Anregungen für die deutsche Förderpolitik ableiten.

#### *Zielgruppen*

Die Zusammenarbeit zwischen Wissenschaft und Industrie hat sich als ein fast durchgängiger Aspekt im internationalen Vergleich gezeigt. Damit entsprechen die Programme auch theoretischen Erkenntnissen über den Erfolg von Innovationssystemen. Für eine deutsche Industrie 4.0 Förderpolitik ergibt sich daraus:

- Die in der deutschen Förderlandschaft verankerte Kooperation zwischen Wissenschaft und Industrie ist für Industrie 4.0 Themen relevant und sollte deshalb entsprechend berücksichtigt werden.
- Obwohl KMU-Schwerpunkte im internationalen Vergleich bislang (noch) nicht identifiziert wurden, sollte eine Kooperation zwischen mittelständischen Unternehmen und Forschungsakteuren ein wichtiges Element deutscher Industrie 4.0 Politik für den Mittelstand werden.

Deutschland hat mit einer gezielten Ausrichtung der Politikmaßnahmen auf die Bedürfnisse, Chancen und Risiken von mittelständischen Unternehmen momentan die Möglichkeit, die Wettbewerbsfähigkeit des deutschen Mittelstands zu stärken und im internationalen Kontext eine Vorreiterrolle einzunehmen. Auch wenn im Rahmen des vorangegangenen Exkurses bisher keine spezifischen KMU-Maßnahmen im internationalen Umfeld identifiziert wurden, muss davon ausgegangen werden, dass sich dies ändern wird. Eine zügige Definition eines Industrie 4.0 Maßnahmenpakets mit einer mittelstandsgerechten Umsetzung ist daher sinnvoll und notwendig.

#### *Übergreifender Ansatz*

Aus dem internationalen Vergleich lassen sich keine Forderungen nach einer branchenspezifischen, einer thematisch oder einer technologisch fokussierten Ausrichtung von Unterstützungsmaßnahmen ableiten. Im Gegenteil: Ein branchenübergreifender

Förderansatz, der thematisch und technologisch breit aufgestellt ist, würde dem internationalen Trend folgen und dem dynamischen technologischen und wirtschaftlichen Umfeld am besten gerecht.

### *Implementierung*

Die Frage, ob Projekte vorzugsweise durch ein Verwaltungsverfahren, Ausschreibungen oder Mischformen durchgeführt werden, muss sich jeder Fördergeber stellen. Alle Alternativen haben spezifische Vor- und Nachteile; das Förderverfahren sollte sich grundsätzlich am Thema und an der Zielgruppe orientieren. KMU haben aufgrund begrenzter Ressourcen in der Regel größere Probleme mit Anträgen und deshalb eine geringere Neigung, sich auf administrativ aufwendige Verfahren einzulassen. Wenn KMU mit Förderinstrumenten effektiv erreicht werden sollen, ist dies zu berücksichtigen. Für mittelstandsspezifische Programme sind daher Verfahren vorzuziehen, die mit einem persönlichen Kontakt und Beratung einhergehen, bei denen die Erfolgswahrscheinlichkeit des Antrages für die Unternehmen relativ gut abschätzbar ist und deren Verfahrenslänge überschaubar bleibt.

Ein weiterer Punkt im internationalen Vergleich ist die Nutzung von direkter bzw. indirekter Förderung. In den hier untersuchten Ländern finden sich drei unterschiedliche Förderansätze:

- indirekte Förderung; hierzu zählen Sensibilisierungskampagnen, Informationsveranstaltungen, Trainings und Pilotfabriken als Fallbeispiele
- direkte Förderung; hier ist zu unterscheiden zwischen
  - F&E-Förderung und
  - Investitionsförderung
- unterstützende Infrastruktur; hierzu zählt auch der Zugang zu Breitbandnetzen

Diese drei Ansätze bilden im Wesentlichen den Handlungsspielraum der öffentlichen Hand im Bereich Förderung ab. Hinzu kommen reglementierende staatliche Akte, die nicht Gegenstand des vorliegenden internationalen Vergleichs waren. Am Beispiel Österreich zeigt sich, dass diese drei Förderansätze in Kombination umgesetzt werden können.

Aufgrund seiner ausdifferenzierten Förderlandschaft ist es für Deutschland ebenfalls sinnvoll, eine Kombination zwischen direkter und indirekter Förderung zu wählen. Komplementär sind infrastrukturellen Voraussetzungen (technisch und rechtlich) weiterzuentwickeln.

---

Zusammenfassend kann – unter Berücksichtigung des internationalen Umfelds – für eine mittelstandsorientierte Industrie 4.0 Förderstrategie in Deutschland ein Maßnahmenportfolio empfohlen werden, das

- eine Zusammenarbeit zwischen Forschungseinrichtungen und mittelständischen Unternehmen vorsieht,
- branchenübergreifend angelegt und thematisch möglichst offen ist,
- indirekte und direkte Elemente kombiniert,
- die Verbesserung der infrastrukturellen Rahmenbedingungen im Blick hält und
- neben Forschungs- und Entwicklungsarbeiten Investitionen in den Ausbau von Produktionsanlagen und neue Software fördert.

Die Förderverfahren sollten administrativ einfach und überschaubar gehalten werden.

## 9.4 Übergeordnete Handlungsempfehlungen

Für den breiten Einsatz von Industrie 4.0 sind die Schaffung von Rahmenbedingungen und der Abbau von Anwendungshemmnissen von zentraler Bedeutung. In der Analyse des Technologieangebots und der Marktnachfrage wurden diese Themen und Fragestellungen identifiziert. In den Handlungsfeldern und bei der Entwicklung von spezifischen Maßnahmen wurden diese übergeordneten Themen jedoch nicht weiter berücksichtigt, weil sie auf horizontaler Ebene alle Industrie 4.0 Funktionsbereiche betreffen.

Aufgrund der horizontalen und grundsätzlichen Bedeutung dieser übergeordneten Handlungsfelder werden sie an dieser Stelle konzentriert angesprochen. Die jeweiligen Empfehlungen speisen sich aus der vorgenommenen Analyse, aus den thematischen Essays sowie aus Studien Dritter.<sup>68</sup>

Folgende Aspekte wurden im Rahmen der vorliegenden Untersuchung als übergeordnete Handlungsfelder identifiziert:

- Normung und Standardisierung
- IT Sicherheit
- Rechtliche Rahmenbedingungen
- Rolle des Menschen
- Weiterbildung/Ausbildung
- Infrastruktur

Zu diesen Handlungsfeldern werden die jeweils notwendigen Anpassungen an die Industrie 4.0 Anforderungen und der aktuell erreichte Entwicklungsstand dargestellt. Im Anschluss werden vor diesem Hintergrund Handlungsempfehlungen für die hier adressierten Zielgruppen (Politik, Wirtschaft und Wissenschaft) formuliert.

### 1. Normung und Standardisierung

Das zentrale Element von Industrie 4.0 ist die Kommunikation zwischen unterschiedlichen IT-Systemen. Konventionen über die Mechanismen der Zusammenarbeit und Festlegungen der auszutauschenden Informationen müssen standardisiert werden,

---

<sup>68</sup> Forschungsunion; Achatech (Hg) 2013, S. 42 ff

---

um weltweite Interoperabilität zu gewährleisten. Es finden bereits erhebliche Aktivitäten auf diesem Gebiet statt. Der DIN/Deutsche Kommission Elektrotechnik (DKE) Steuerkreis Industrie 4.0 übernimmt die Koordination der nationalen Normung und bildet die Schnittstelle zu internationalen Normungsgremien, wie dem Europäischen Institut für Telekommunikationsnormen (ETSI), das speziell für *Machine-to-Machine* (M2M) ein sogenanntes technisches Komitee eingerichtet hat. Fortschritte in der Normung lassen sich aber auch beispielsweise anhand der konkreten Entwicklung des OPC-UA Standards zur Kommunikation zwischen Maschinen nachvollziehen. Dieser zeigt die Entwicklung eines komplexen Standards unter Mitwirkung zahlreicher Vertreter aus Wirtschaft und Wissenschaft. Die Einbeziehung vieler Akteure verursacht eine zögerliche Entwicklung, die stark zum dynamischen Fortschritt von Industrie 4.0 kontrastiert. Deswegen ist zu empfehlen, dass auf die Normungsgremien und Verbände eingewirkt wird, um zu einer schnelleren Normenentwicklung zu gelangen.

Großunternehmen besitzen dedizierte Vorstellungen über ihre Interessen in Bezug auf Normung. Das ist für KMU nicht der Fall, da dort einerseits Kapazitäten und Kompetenzen fehlen, andererseits aber auch vorrangig reagiert wird auf die Anforderungen von Großunternehmen und Kunden. Daher wäre die proaktive, breitere Einbeziehung von mittelständischen Unternehmen in der Normung wünschenswert und unabdingbar, um beispielsweise ihre Anforderungen besser zu berücksichtigen. Möglichkeiten dafür könnten im Rahmen öffentlich geförderter Forschungsprojekte geschaffen werden, in denen Normungsaktivitäten für den Mittelstand gezielt unterstützt und somit finanziell und personell ermöglicht werden.

Eine aktive Rolle von Verbänden, Kammern und anderen Multiplikatoren sowie des Mittelstands selbst ist in Bezug auf das Querschnittsthema Normung und Standardisierung wichtig, denn nur so kann mit der technologischen Dynamik Schritt gehalten werden. Die genannten Akteure sollten sich z. B. an der Organisation und an Forschungsvorhaben beteiligen, da die Wissenschaft wertvolle Beiträge liefern kann. Der gesamte Prozess sollte zudem politisch begleitet werden, da ggf. rechtliche Rahmenbedingungen geschaffen oder angepasst werden müssen.

## Ü1: Standardisierung und Normung fördern

Standardisierungs- und Normungsaspekte sind insbesondere für die weitere Vernetzung von Industrie 4.0 Aktivitäten zwischen Unternehmen von herausragender Bedeutung. Vor dem Hintergrund der Dynamik der technologischen Prozesse sind eine Beschleunigung der Aktivitäten und eine stärkere Beteiligung des Mittelstandes wichtig. Eine Verbesserung könnte durch die Aufnahme von Normungstätigkeiten von mittelständischen Unternehmen in öffentlich geförderte F&E-Projekte erreicht werden. Verbände, Kammern sowie der Mittelstand selbst sollten in Bezug auf das Querschnittsthema Normung und Standardisierung eine aktive Rolle übernehmen.

## 2. IT-Sicherheit



Der Begriff Sicherheit besitzt zwei Dimensionen, die sich am besten durch die englischen Begriffe *Safety* und *Security* beschreiben lassen. Mit *Safety* ist Betriebssicherheit, aber auch Zuverlässigkeit gemeint. *Security* meint hingegen die Datensicherheit, den Schutz vor Angriffen und unbefugtem Zugriff. Systeme zur Realisierung von Industrie 4.0 bilden Strukturen mit einer Vielzahl von beteiligten Menschen, IT-Systemen, Automatisierungskomponenten und Maschinen. Während das Thema *Safety* auf einer langen Entwicklungshistorie aufbaut (beginnend mit der Explosionssicherheit von Dampfmaschinen in der ersten industriellen Revolution), ist leicht erkennbar, dass *Security* mit dem Einsatz von heterogenen, vernetzten IT-Systemen eine Herausforderung darstellt, die sich in ihrem vollen Umfang erst seit der jüngsten Vergangenheit zeigt. Verbindliche IT-Sicherheitsstandards und deren überprüfbare Einhaltung durch alle Beteiligten sind eine Grundlage für Industrie 4.0. Schon einzelne Schwachstellen können die Funktion des Gesamtsystems beeinträchtigen. Allein die Diagnose von Fehlfunktionen oder Fremdeinwirkung wird in komplexen, mit Menschen und autonom agierenden Maschinen arbeitenden Systemen, ungemein schwierig sein.

Es gibt eine Reihe von Initiativen und Gremien, die sich mit der Aufarbeitung des Themas beschäftigen, darunter das Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI), die Plattform Industrie 4.0 und der im vorherigen Abschnitt genannte DIN/DKE Steuerkreis Industrie 4.0. Es ist davon auszugehen, dass die immer komplexer werdenden Informations- und Kommunikationssysteme die in mittelständischen Unternehmen vorhandenen betrieblichen Möglichkeiten zur Sicherstellung der IT-Sicherheit mehr und mehr übersteigen werden und daher spezialisierte Dienstleister

---

diese Aufgaben übernehmen sollten. Mittelständler sollten sich frühzeitig an Lösungen für Industrie 4.0 beteiligen und sich mit dem Thema IT-Sicherheit auseinandersetzen, um eigene Kompetenzen zu entwickeln bzw. externen Sachverstand einzubeziehen. In zu vielen Teilbereichen der IT-Sicherheit gibt es weiterhin Forschungsbedarf, etwa zu Fragen der Robustheit von Systemen, ihrer Resilienz (sog. Notlaufeigenschaft) oder zur Mensch-Roboter-Zusammenarbeit. Das jüngst verabschiedete *Forschungsrahmenprogramm der Bundesregierung zur IT-Sicherheit*<sup>69</sup> ist ein wichtiges Instrument, um diese Bedarfe zu adressieren.

Sicherheit in den beiden Dimensionen herzustellen, ist zunächst sowohl Aufgabe der Wirtschaft als auch des Staates. Die Entwicklung adäquater technischer Lösungen zur Sicherstellung von Betriebs- und Systemsicherheit liegt im originären Interesse der Wirtschaft und bietet zudem Geschäftspotenziale. Datensicherheit und -schutz wurde als Risikoelement identifiziert und erklärt die Skepsis von vielen mittelständischen Unternehmen in Bezug auf Industrie 4.0. Durch Aufklärung über mögliche Lösungen und Sensibilisierung für das Thema können Verbände dazu beitragen, diese Vorbehalte abzubauen.

## **Ü2: IT-Sicherheit stärken**

IT-Sicherheit wird im Wesentlichen durch die beiden Dimensionen Zuverlässigkeit und Schutz vor fremden Datenzugriff beschrieben. Beide Dimensionen sind von großer Relevanz für Industrie 4.0 Systeme. Verschiedene Initiativen beschäftigen sich in Deutschland mit dem Thema. KMU sollten sich frühzeitig mit der Thematik IT-Sicherheit befassen und sich für die Einbeziehung externen Sachverstands öffnen. Das gerade vom BMBF veröffentlichte Programm „IT-Sicherheit in der Wirtschaft“ sowie das Förderprogramm „Konvergente IKT“ greifen wichtige Aspekte in diesem Kontext auf. Hier gilt es, die Ergebnisse der Maßnahmen in die Industrie 4.0 Projekte zu integrieren und die Entwicklung in diesem Bereich weiter zu forcieren.

### **3. Rechtliche Rahmenbedingungen**

---

<sup>69</sup> BMBF 2015

Durch den Einsatz neuer Technologien entstehen neue Fragestellungen zu Themen wie Haftung, Verbraucher- und Datenschutz u. ä., die eine Revision und ggf. Anpassung der rechtlichen Grundlagen erfordern. Eine für alle verbindliche Rechtsetzung in Form von Gesetzen und/oder Richtlinien obliegt dem Gesetzgeber. Relevant für Industrie 4.0 erscheint zunächst die sogenannte Maschinenrichtlinie der EU bzw. das darauf aufbauende Produktsicherheitsgesetz und die Maschinenverordnung. Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass sich Industrie 4.0 relevante Aspekte auf weite Gebiete des Rechts erstrecken: Arbeits-, Versicherungs-, Computer-, Internetstrafrecht, Wettbewerbs- und Kartellrecht sowie Datenschutz und viele weitere Bereiche. Dazu könnte eine praxisorientierte Forschung zu Rechtsfragen von Industrie 4.0 wichtige Impulse liefern, die sich gerade nicht, wie bisher, auf die Analyse einzelner Projekte und Fragestellungen fokussiert, sondern umfassend Rechtsfragen im Kontext von Industrie 4.0 identifiziert, analysiert und aufarbeitet.

Dadurch können praxistaugliche Lösungen als Referenzmodelle für die Industrie entwickelt werden. Verbände, Wissenschaft und Wirtschaft sollten zusammen Gefahrenbereiche identifizieren und gezielt nach praktikablen Lösungen suchen. Der Prozess sollte von der Politik moderiert und begleitet werden, da die Umsetzung ggf. Verfahrensanweisungen in Richtlinien sowie die Anpassung und Ergänzung der rechtlichen Rahmenbedingungen erfordert.

### **Ü3: Rechtlichen Rahmen analysieren und weiterentwickeln**

Die Implikationen von Industrie 4.0 auf die unterschiedlichsten Rechtsbereiche sind vielfältig. Es sollte eine umfassende Forschung zu Industrie 4.0 durchgeführt werden, die Rechtsfragen identifiziert, analysiert, aufarbeitet und juristische Referenzmodelle für die Industrie bereitstellt.

## **4. Rolle des Menschen**

Durch Industrie 4.0 verändern sich nicht nur die Produktionsprozesse, es verändern sich ebenfalls die Arbeitsprozesse: die Interaktion zwischen Mensch und Maschine wird intensiver, umfangreicher und komplexer. Auch die Arbeitsorganisation verändert sich: die Grenze zwischen Wissensschaffenden und -produzierenden weicht auf. Die Mitarbeiterführung muss folglich viel mehr als bisher auf Eigenverantwortung und Selbstorganisation abzielen. Damit einher geht eine Verschiebung hin zum vermehr-

---

ten Einsatz von Menschen in anspruchsvolleren Arbeitsgebieten, die die Weiterentwicklung der industriellen Berufsbilder mit sich zieht. Im Gegenzug ist absehbar, dass Arbeitsplätze für Geringqualifizierte mehr und mehr durch Maschinen substituiert werden, was wiederum vor allem soziale Fragen nach alternativen Beschäftigungsmodellen für diese gesellschaftliche Gruppe aufwirft. Weiterhin gilt es, die Beteiligungs- und Mitbestimmungsmöglichkeiten sicherzustellen.

Von politischer Seite wurde dieses Thema bereits aufgegriffen. Ein Beispiel hierfür ist das BMBF-Programm „Innovationen für die Produktion, Dienstleistung und Arbeit von morgen – Arbeit in der digitalisierten Welt“. Des Weiteren hat das BMAS sein Grünbuch Arbeit 4.0 veröffentlicht und hat angefangen, als Moderator den Dialog mit allen Sozialpartnern anzuleiten, um so zu neuen sozialverträglichen Strukturen in der Arbeitsorganisation zu kommen.

#### **Ü4: Rolle des Menschen mitdenken**

Die Bedeutung des Menschen und seine Rolle im Produktionsprozess werden sich in Zeiten von Industrie 4.0 verändern und ggf. verstärken. Unternehmen sollten frühzeitig und unabhängig von Industrie 4.0 Projekten damit beginnen, moderne Arbeitsprozesse und Formen der Arbeitsorganisation zu entwickeln, da diese Veränderungsprozesse erst langfristig Nutzen entfalten. Dieser Entwicklungsaufwand kann durch staatliche Förderung begleitet werden.

Insbesondere muss ein Dialog zwischen den Sozialpartnern, vor allem den Arbeitgeber- und Arbeitnehmerverbänden, stattfinden, um die notwendigen Umstrukturierungsprozesse zu begleiten. Mit Unterstützung der Kammern müssen die Aus- und Weiterbildungsordnungen in den einzelnen Berufen angepasst werden, um die Arbeitnehmer adäquat auf die Übernahme neuer Verantwortungen und den Einsatz moderner Technik im Arbeitsalltag vorzubereiten.

### **5. Aus- und Weiterbildung**

Durch das Zusammenwachsen von IKT, Produktions- und Automatisierungstechnik sowie Softwaresystemen werden mehr Arbeitsaufgaben in einem technologisch, organisatorisch und sozial sehr breit gefasstem Handlungsfeld zu bewältigen sein. Diese geänderten beruflichen Anforderungen müssen zu Anpassungen in der schulischen, universitären und Erwachsenenbildung führen. Schnelle Änderungen und abschließende Problemlösungen sind nicht zu erwarten, sodass der Bedarf nach innovativen Lösungen seitens der Unternehmen weiterhin und dauerhaft besteht. Verände-

rungen sollten auf verschiedenen Ebenen adressiert werden. In den Bundesländern sollten Kerncurricula der Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik (MINT)-Fächer den Aufbau von Kernkompetenzen für Industrie 4.0 im schulischen Umfeld fördern. An den Universitäten könnte die stärkere Integration von Industrie 4.0 Themen die dafür notwendigen Fähigkeiten im Bereich der Lehrerausbildung (zumindest im Bereich der MINT-Fächer) entwickeln. Bei der betrieblichen Weiterbildung besteht ein besonderer Bedarf. Sie sollte mit ihrem engen Bezug zu den Bedarfen der Industrie komplementär zu den schulischen Bildungsangeboten auf die Vermittlung von Kompetenzen abstellen, die aus den betrieblichen Erfordernissen abgeleitet sind. Die Vermittlung von IT-Kompetenz ist als Querschnittsthema anzusehen, welches von allen Instanzen entsprechend ihres jeweiligen Bildungsauftrags zu behandeln ist.

Die Bedarfe der Industrie sind bei den Curricula auf allen Ebenen mit zu berücksichtigen (Praxisorientierung). Hier können Kammern, Verbände und Gremien die Schnittstelle zu den Bildungsträgern darstellen.

#### **Ü5: Industrie 4.0 Aus- und Weiterbildung fördern**

Aus- und Weiterbildung nimmt eine Schlüsselrolle bei dem Aufbau von Kernkompetenzen heutiger und künftiger Arbeitnehmer für die Anwendung von Industrie 4.0 Technologien ein. Das Bildungssystem kann und muss breiter aufgestellt werden, um sich den geänderten Anforderungen anzupassen. Veränderungen müssen direkt in Unterricht und Lehre geschehen, aber auch indirekt bei der Anpassung z. B. schulischer Curricula. Die Vermittlung von IT-Kompetenz sollte allorts prioritär verfolgt werden.

Durch das bewährte Konzept der „Dualen Ausbildung“ in Deutschland kann zu Industrie 4.0-Themenstellungen eine enge Kooperation zwischen Unternehmen und Bildungsträgern geschaffen werden, die dazu beiträgt, Inhalte von Aus- und Weiterbildungsmaßnahmen praxisorientiert auszurichten.

## **6. Infrastruktur**

Die rapide Anzahl der über das Internet verbundenen Objekte führt zu einem dauerhaften Anstieg des Datenvolumens. Die im Kontext von Industrie 4.0 formulierbare Herausforderung besitzt zwei Dimensionen: Das Internet muss überall verfügbar sein, wo Industrie 4.0 Anwendung stattfindet, und es muss genügend Transportkapazität besitzen. Beide Dimensionen vereinen sich in der Forderung nach Breitband-Zugang.

---

Der Breitband-Zugang zum Internet ist als Infrastruktur für die großflächige Anwendung von Industrie 4.0 Technologien wie auch für Innovationen im Bereich IKT generell von essentieller Bedeutung. Es besteht Konsens über die Notwendigkeit einer flächendeckenden Breitbandversorgung, der mit dem politischen Ziel von 50 Megabit/s bis 2018 formuliert wurde. Hier finden bereits erhebliche Investitionsanstrengungen seitens der Telekom und weiterer Netzbetreiber statt. Allerdings ist zu konstatieren, dass der bis dato erreichte Stand unbefriedigend ist und Deutschland insbesondere in dem für die künftige Versorgung wichtigen Ausbau des Glasfaserinternets hinterherhinkt. *"Deutschland liegt hier im europäischen Vergleich mit einer Glasfaser-Quote von nur einem Prozent an letzter Stelle."*<sup>70</sup>, so der Monitoring-Report Digitale Wirtschaft 2014 des BMWi vom Dezember 2014.

Der Ausbau der Breitbandinfrastruktur muss fortgesetzt werden. Hier sind vor allem die Netzbetreiber in der Pflicht, ihr Infrastrukturangebot flächendeckend auszubauen. In vielen Regionen haben sich zur Finanzierung der Kosten aber auch schon Kooperationen zwischen regionalen Akteuren (Städten, Kommunen, Kreise), Wirtschaft und Netzbetreibern gebildet. Solche Verbünde sollten weiter ausgebaut werden.

#### **Ü6: Breitband-Ausbau fördern**

Industrie 4.0 Technologien setzen die Verfügbarkeit breitbandiger Internet-Zugänge voraus und werden ein im Vergleich zu heute um Größenordnungen ansteigendes und über das Internet zu übertragendes Datenvolumen verursachen. Der Ausbau der Breitbandversorgung ist von strategischer Bedeutung und muss von der Bundesregierung prioritär gefördert werden.

Dabei ist eine Kooperation der Netzbetreiber, Unternehmen und regionalen Vertreter anzustreben. In vielen Bereichen gibt es bereits solche Investitionsallianzen für den Ausbau der Breitbandinfrastruktur. Ähnlich wie das EU-Programm *Connecting Europe Facility* (CEF) kann die öffentliche Hand Anreize durch Investitionsförderung setzen, die eine Kombination aus privaten und öffentlichen Mitteln erlaubt und so den hohen Finanzierungsbedarf auf verschiedene Akteure verteilt.

Die folgende Tabelle verdeutlicht noch einmal, dass die o. g. übergeordneten Handlungsempfehlungen nicht von der Politik alleine realisiert werden können. In allen

---

<sup>70</sup> BMWi 2014

Handlungsbereichen ist eine enge Kooperation unterschiedlicher Partner erforderlich, um zu einer praktikablen Lösung zu kommen:

**Tabelle 8: Übergeordnete Handlungsbereiche und Empfehlungen**

| Handlungsbereiche und Empfehlungen   | Politik | Verbände Gremien | Wirtschaft | Wissenschaft |
|--|---------|------------------|------------|--------------|
| <b>1. Standardisierung und Normung fördern</b>                                 |         |                  |            |              |
| Standards und Normen entwickeln  |         | X                | X          | X            |
| <b>2. IT-Sicherheit stärken</b>  |         |                  |            |              |
| F&E weiter fördern   | X       |                  |            |              |
| Sicherheits-relevante Lösungen entwickeln                                      |         |                  | X          | X            |
| <b>3. Rechtlichen Rahmen analysieren und weiterentwickeln</b>                  |         |                  |            |              |
| Referenzmodell für die Industrie erarbeiten                                    |         | X                | X          | X            |
| Gesetze anpassen und ergänzen  | X       |                  |            |              |
| <b>5. Rolle des Menschen mitdenken</b>   |         |                  |            |              |
| Arbeitsorganisation und -gestaltung im digitalen Industriezeitalter entwickeln | X       | X                | X          | X            |
| neue Arbeitsmodelle und –methoden entwickeln                                   |         |                  | X          | X            |
| <b>5. Industrie 4.0 Aus- und Weiterbildung fördern</b>                         |         |                  |            |              |
| IT-Kompetenz stärken   | X       | X                | X          | X            |
| Curricula an neue Anforderungen durch Industrie 4.0 anpassen                   |         | X                | X          | X            |
| <b>6. Breitband-Ausbau fördern</b>   |         |                  |            |              |
| Investitionen in den Breitband-Ausbau unterstützen                             | X       |                  |            |              |
| Netze ausbauen   |         |                  | X          | X            |

Quelle: eigene Darstellung

---

## 9.5 Spezifische Handlungsempfehlungen

Die Erarbeitung der spezifischen Handlungsempfehlungen folgt den zwei Handlungsfeldern A „Umsetzung unterstützen“ und B „Forschung fördern“, die in Kapitel 7 eingeführt wurden. Ein Fokus liegt auf dem Handlungsfeld A, weil hier Maßnahmen beschrieben wurden, die im zeitnah umsetzbar sind und kurzfristig einen hohen Nutzen für mittelständische Unternehmen versprechen. Darüber hinaus liegt ein Schwerpunkt auf dem Handlungsfeld B. Aufgrund des hohen Forschungsanteils der Maßnahmen sind zwar keine kurzfristigen Auswirkungen zu erwarten, aber mittel- und langfristig wurden hohe Potenziale für den Mittelstand identifiziert.

### 9.5.1 Handlungsfeld A „Umsetzung unterstützen“

Das Handlungsfeld A „Umsetzung unterstützen“ beschreibt Industrie 4.0 Technologien und Anwendungen, die kurz- bis mittelfristig umgesetzt werden können. Die Marktreife ist erreicht. Für den Einsatz im Mittelstand müssen gegebenenfalls noch einige Anpassungen vorgenommen werden, um spezifische Produkte und Lösungen an die individuelle Produktionsumgebung anzupassen. Der Betrachtungsrahmen des Handlungsfelds A umfasst dabei die Phase der Einführung neuer Industrie 4.0 Technologien und Anwendungen sowie deren Nutzung und Verbreitung in Unternehmen bis hin zur Weiterentwicklung.

#### Fördermaßnahmen

Über alle Industrie 4.0 Funktionsbereiche hinweg werden im Handlungsfeld A drei Arten von Maßnahmen unterschieden, bei deren Umsetzung mittelständische Unternehmen zu unterstützen sind:

- Anpassung der Technologien auf die konkreten Bedarfe des Unternehmens (z. B. Behältermanagement im Industrie 4.0 Funktionsbereich Selbstorganisation/Autonomie)
- *Downsizing* vorhandener Technologien (z. B. Apps, die einen Zugriff auf die Produktionsplanung ermöglichen im Funktionsbereich Assistenzsysteme)
- Implementierung/Verbreitung von vorhandenen Industrie 4.0 Technologien in Unternehmen ohne nennenswerte Entwicklungsaufwendungen

**Tabelle 9: Maßnahmen zur Unterstützung der Umsetzung**

|                     | Förderung (Status Quo)  | Mobilisierungsmaßnahmen  |
|---------------------|---|--|
| Anpassungsmaßnahmen | <b>KMU- und Mittelstandsprogramme</b><br>Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand (ZIM)<br>Industrielle Gemeinschaftsforschung<br>KMU innovativ<br>Beratungsförderung<br>Kredit- oder Beteiligungsfinanzierung | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Informieren</li> <li>▪ Sensibilisieren</li> <li>▪ (Förder-) Beratung</li> <li>▪ Vernetzung</li> </ul> |
| <i>Downsizing</i>   |   |  |
| Implementierung     | <b>Investitionsförderung</b><br>Beratungsförderung<br>Gemeinschaftsaufgabe<br>Kredit-Finanzierung<br>Beteiligungsfinanzierung   |  |

Quelle: eigene Darstellung

Diese Arten von Maßnahmen können nicht in Forschungsförderprogrammen platziert werden. Der Innovationsgrad der vorgesehenen Maßnahmen und das technische Risiko sind nicht mehr hoch genug. Für die Umsetzung der drei dargestellten Maßnahmen existieren allerdings Förderansätze in anderen bestehenden Programmen. Die Anpassungs- und *Downsizing*-Projekte in Unternehmen könnten beispielsweise in den themen- und branchenoffenen KMU-Programmen platziert werden (ZIM, industrielle Gemeinschaftsforschung, KMU-innovativ, Beratungsprogramme des Bundes und der Länder). Welches Programm sich im Einzelfall eignet, ist von der konkreten Ausgestaltung des Projekts sowie insbesondere vom F&E-Anteil der Maßnahme abhängig. Für die Anwendung von Industrie 4.0 Technologien (ohne Entwicklungsaufwand) kommen Innovationsförderprogramme jedoch nicht in Frage. Im Einzelfall sind Investitionsförderungen über die Regionalen Wirtschaftsprogramme der Länder im Rahmen der Gemeinschaftsaufgabe des Bundes denkbar.

Im Kontext der hier vorgelegten Analyse wurden keine Förderdefizite hinsichtlich der wichtigsten Maßnahmen im Handlungsfeld A festgestellt. Für die einzelnen Unternehmen bedeutet dies, dass im Prinzip sowohl Anpassungs-, als auch *Downsizing* sowie Implementierungsvorhaben grundsätzlich förder- und finanzierbar sind. Für Fördergeber – insbesondere für den Bund – heißt das, dass sich das bestehende Förderinstrumentarium bewährt hat und fortgesetzt werden sollte. Bedarfe für zusätzliche, vollständig neue Programme wurden nicht

---

identifiziert. Dennoch besteht die Notwendigkeit für inhaltliche Schärfungen und für die Bündelung verschiedener Maßnahmen (z .B. im Rahmen der hier empfohlenen Kompetenzzentren).

Bezogen auf die fünf Industrie 4.0 Funktionsbereiche sind beispielsweise folgende Förderprojekte denkbar:

### **Assistenzsysteme**

Unterstützung der Entwicklung und Einführung von kleinen, individuellen und passgenauen IT-Lösungen zur Produktionssteuerung und zur Abbildung der Produktionsprozesse in KMU. Hierzu zählen ebenfalls Visualisierungs-Tools und elektronische Arbeitsanleitungen für die Beschäftigten.

### **Datenerfassung und -verarbeitung**

Die Maßnahmen stehen bei der Einführung marktüblicher Lösungen in den meisten Fällen in enger Verbindung mit der Gestaltung und Abbildung von organisatorischen Prozessen im Unternehmen. Diese sind eher Gegenstand von Unternehmensberatungsleistungen und Schulungen für die Beschäftigten, die häufig von Technologieanbietern und Softwareunternehmen bei der Einführung von Technologien und Programmen angeboten werden. Zur Reduzierung der eigenen finanziellen Belastungen können hier klassische Unternehmensberatungsprogramme genutzt werden. Die Schulung der Beschäftigten kann über Bildungs- und Qualifizierungsprogramme des BMAS bzw. der Länder mitfinanziert werden.

Gleiches gilt für die Maßnahmen in den Funktionsbereichen **Serviceorientierung und Dezentralisierung** sowie **Vernetzung und Integration**.

### **Autonomie**

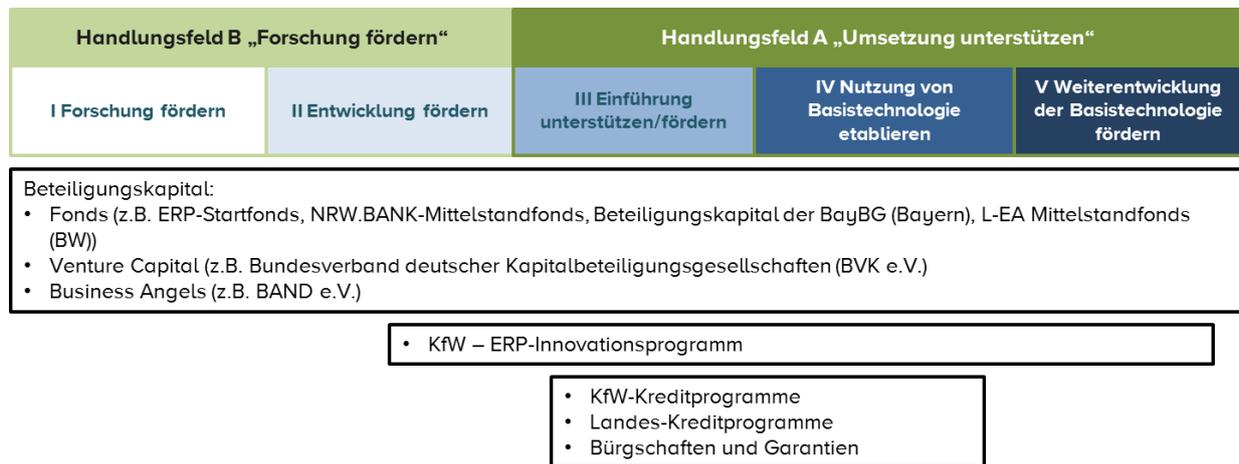
Denkbar sind Projekte zur Einführung von Anwendungen zur Produktidentifizierung, z. B. mit Hilfe von Sensorik, und Warenmanagementsysteme, die auf die Produktionsanlagen des Unternehmens abgestimmt sind.

### Öffentliche Finanzierungsprogramme

Bei der Einführung, Verbreitung und Nutzung bereits im Markt verfügbarer Industrie 4.0 Technologien und Anwendungen beschränkt das Beihilfeverbot die Möglichkeiten der öffentlichen Hand, Unternehmen mit Zuschüssen zu fördern.

Größere Investitionen in Maschinen und Anlagen werden grundsätzlich nicht über Forschungs- und Innovationsprogramme gefördert, obwohl diese neben den zusätzlichen Kosten für die Markteinführung neuer Produkte, Technologien und Services häufig den größten Finanzierungsanteil einer innovativen Entwicklung ausmachen. Hierfür steht allerdings den Unternehmen in Deutschland eine Reihe von Finanzierungsinstrumenten zur Verfügung, wie die folgende Übersicht zeigt:

**Abbildung 18: Finanzierungsinstrumente**



Quelle: eigene Darstellung

Die öffentlichen Förderbanken von Bund und Ländern bieten eine Vielzahl klassischer Kreditprogramme, die im Hausbankverfahren beantragt werden können. Hinzu kommen öffentliche Bürgschaften und Garantien, die helfen, fehlende Sicherheiten gegenüber der Hausbank abzudecken.

Ein besonderes Kreditprogramm sei an dieser Stelle noch erwähnt: das ERP-Innovationsprogramm der Kreditanstalt für Wiederaufbau (KfW). Dieses ermöglicht mittelständischen Unternehmen über Mezzaninkapital sowohl marktnahe Forschung als auch Entwicklung zu betreiben, deren Innovationsgrad für die Zuschuss-Programme (wie z. B. ZIM) zu gering ist, und zugleich Investitionen in Maschinen und Anlagen zu tätigen. Darüber hinaus

---

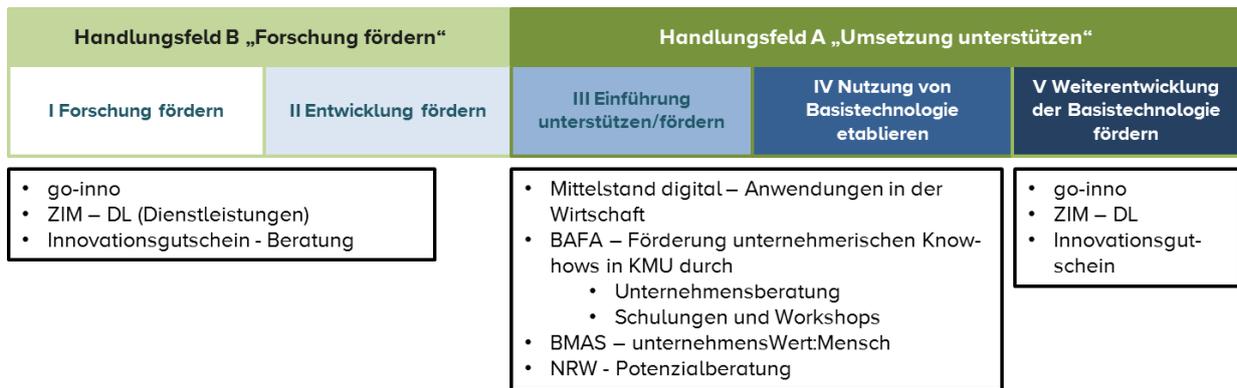
können mit diesem Programm die Kosten der Markteinführung neuer Produkte und Verfahren anteilig finanziert werden.

Eine Alternative kann die Aufnahme von Beteiligungskapital sein, das in allen Phasen der unternehmerischen Entwicklung einen zusätzlichen Finanzierungsweg bietet. Dies ist besonders dann relevant, wenn für die Einführung von Industrie 4.0 Technologien und Anwendungen im eigenen Unternehmen ein hoher Kapitaleinsatz erforderlich ist, weil bspw. ganze Produktionsanlagen modernisiert oder gar ersetzt werden müssen, da die alten Anlagen eine Umstellung auf moderne Software und internetgestützte Systeme nicht zulassen oder die installierte Hardware für die anfallenden Datenvolumina nicht ausreicht. Der sich daraus ergebende Investitionsbedarf ist häufig enorm und lässt sich mit klassischen Fremdkapitalmitteln der Banken nicht mehr decken. In diesem Fall bieten sich zur Finanzierung verschiedene Formen der Beteiligungsfinanzierung an. In den letzten Jahren haben die KfW und auch die Landesbanken mit der Auflage von Fonds und dem Angebot der Ko-Finanzierung privater Kapitalbeteiligungen den Markt für die Unternehmen erweitert und sicherer gemacht, indem sie Einfluss auf die Vertragsgestaltung der Beteiligungen nehmen und so dafür Sorge tragen, dass die Rechte des Unternehmens gewahrt bleiben.

### **Öffentliche Informations- und Beratungsprogramme**

Ergänzt werden diese Finanzierungsinstrumente durch Informations- und Beratungsprogramme von Bund und Ländern. Diese können die Unternehmen nutzen, wenn sie Hilfestellung bei der Identifizierung spezifischer Technologien für die eigene Produktionsumgebung benötigen, wenn Anpassungen an unternehmensindividuelle Anforderungen an neue Industrie 4.0 Technologien und Anwendungen erforderlich sind und wenn Beschäftigte in der Nutzung der neuen technischen Lösungen geschult werden müssen. Eine kleine Auswahl verfügbarer Programme zeigt die folgende Übersicht:

Abbildung 19: Informations- und Beratungsprogramme



Quelle: eigene Darstellung

### Mobilisierungsmaßnahmen

In Kapitel 7 wurde verdeutlicht, dass der Mittelstand die Möglichkeiten der Industrie 4.0 Technologien noch nicht hinreichend nutzt. Vor diesem Hintergrund ist zu fragen, mit welchen Maßnahmen mittelständische Unternehmen mobilisiert werden können und wie die Nutzung von Industrie 4.0 Technologien im Mittelstand weiter vorangebracht werden kann.

Mobilisierungsmaßnahmen sollten ein ganzes Bündel verschiedener Aktivitäten beinhalten. Durch die Mobilisierung werden KMU sowohl informiert als auch sensibilisiert. Zusätzlich ist ein Beratungsangebot notwendig, das einerseits die technischen Möglichkeiten, Kosten und Risiken aufzeigt und andererseits Unterstützung bei der Nutzung von Finanzierungs- und Fördermöglichkeiten bietet. Schließlich kommt es gerade bei Industrie 4.0 Projekten auf die Zusammenarbeit mit anderen Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette an. Aus diesem Grund gehört zu den Mobilisierungsmaßnahmen auch die Unterstützung der Kooperation zwischen unterschiedlichen Unternehmen.

### Information

Obwohl das Thema Industrie 4.0 zurzeit in der Fachpresse intensiv behandelt wird, kommen mittelstandsspezifische Fragestellungen immer noch zu kurz. Empfohlen wird deshalb eine Reihe von Informationsveranstaltungen möglichst regionaler Art und in Kooperation mit Akteuren, die eine Mittelstandsnähe aufweisen. Das können IHKs, Wirtschaftsförderungen, Verbände oder Partner des sogenannten *Enterprise Europe Netzwerks* (EEN) der EU sein. Inhaltlich sollten die Informationsveranstaltungen auf den Erkenntnissen dieser Studie aufbauen und Industrie 4.0 Optionen für die einzelnen Funktionsbereiche aufzeigen. Dadurch gewinnen

---

diese Veranstaltungen einen deutlichen Mehrwert gegenüber allgemeinen Informationsveranstaltungen zum Thema Industrie 4.0, weil gerade diejenigen Umsetzungsmaßnahmen angesprochen werden, die kurzfristig Wettbewerbsvorteile versprechen und damit für den Mittelstand besonders interessant sind.

Neben solchen Veranstaltungen zur punktuellen Verbreitung des Themas in den verschiedenen Regionen Deutschlands sollte eine mittelstandsrelevante Informationsbereitstellung über das Internet erfolgen. Im Rahmen der Internetpräsenz Mittelstand-Digital des BMWi können Inhalte der vorliegenden Studie Beispiele Guter Praxis sein und ein Veranstaltungskalender aufgebaut, gepflegt und entsprechend bekannt gemacht werden. Ein Vorteil der Webseite ist ihre ständige Verfügbarkeit – deswegen sollte aber auch die Aktualisierung der Inhalte sichergestellt werden. Über die Internetseite können zudem erste Hinweise bezüglich der Förderung von Industrie 4.0 Technologien gegeben werden. Zugleich könnte eine Übersicht über Technologieangebot und -anbieter hilfreich sein, um mittelständischen Unternehmen schnellen Zugang zu Industrie 4.0 Technologien zu ermöglichen.

### *Sensibilisierung*

Um Industrie 4.0 Technologien im Mittelstand zur Anwendung zu bringen und die bestehende Zurückhaltung der Unternehmen aufzubrechen, sind weiterhin Sensibilisierungsmaßnahmen notwendig. Mittelständische Unternehmen erkennen die Vorteile der vernetzten Fertigung noch nicht vollständig bzw. erachten die Kosten und Risiken als zu hoch. Eine individuelle Sensibilisierung kann durch einen unternehmensspezifischen Selbsttest erfolgen. Ein erster internetbasierter Quick-Check, der den Unternehmen aufzeigt, wo Potenziale für Industrie 4.0 Technologien im eigenen Unternehmen zu finden sind, wird im Rahmen dieser Studie erstellt.

Eine weitergehende Sensibilisierung erfolgt auch über die Beratung, die im folgenden Abschnitt beschrieben wird.

### *Förderberatung und technische Beratungsleistungen*

Beratungsleistungen sind eine grundsätzliche Möglichkeit, relevantes Know-how an den Mittelstand zu vermitteln und diesen bei der Umsetzung und Einführung von Industrie 4.0 Technologien und Anwendungen zur Seite zu stehen. In Abgrenzung zur Informationsbereitstellung ist die Beratung unternehmensspezifisch angelegt. Im Rahmen der Studie wird zwischen

technischer Beratungsleistung und Förderberatung unterschieden. Beide Beratungsleistungen sind für die breite Einführung von Industrie 4.0 im Mittelstand notwendig.

Technische Beratungsleistungen zielen auf die Unterstützung mittelständischer Unternehmen für verschiedene Industrie 4.0 Funktionsbereiche ab. Dies reicht von der Unterstützung bei Produkterweiterungen mit serviceorientierten Zusatzleistungen (Funktionsbereich Serviceorientierung) über die Bereitstellung von Wissen bezüglich IT-Tools, Datenauswertungen und -erhebungen (Funktionsbereich Datenerfassung und -verarbeitung) bis hin zur Beratung bezüglich der Technologien einfacher Produktidentifizierung (Funktionsbereich Autonomie). Die technische Beratung sollte fachliche Hilfestellung bzw. Durchführungsunterstützung bei Bedarfserkennung und Potenzialfeststellung, Bestimmung von Einführungsstrategien und Technologieauswahl sowie Projektkonzeption und Umsetzungsplanung/-begleitung für Industrie 4.0 bezogene Vorhaben beinhalten. Auch hier sind die Erkenntnisse der vorliegenden Studie wertvoll. Unternehmen, die erste Schritte hin zu einer Industrie 4.0 Fertigung gehen wollen, können beispielsweise mit dem Funktionsbereich Datenerfassung und -verarbeitung starten. In anderen Fällen werden die Unternehmen durch exogene Faktoren zur Einführung von Industrie 4.0 veranlasst – entweder durch einen größeren Abnehmer, der seine Lieferanten zur Vernetzung der IT-Systeme drängt, oder durch einen Fertigungsverbund, der Liefer-, Lager- und Produktionsdaten austauschen möchte. Bezogen auf die verschiedenen Industrie 4.0 Funktionsbereiche zeigt die vorliegende Studie auf, welche Maßnahmen jeweils kurzfristig die größte Wirkung versprechen (siehe Kapitel 7). Die technische Beratung der Unternehmen sollte dies auf jeden Fall aufgreifen.

Hinzu kommt die Förderberatung. Aufgrund des Fehlens spezifischer Industrie 4.0 Programme gilt es, die Unternehmen mit einer gezielten Förderberatung dabei zu unterstützen, das jeweils richtige Förderprogramm zu identifizieren und Projekte zu beantragen. Neben Bundesprogrammen sind vor allem auch die EFRE-Programme der Länder sowie die EU-Förderung relevant. Im Rahmen der allgemeinen technologischen Beratung werden bereits Konzepte für die Entwicklung bzw. Anwendung von Industrie 4.0 Technologien in den Unternehmen erarbeitet. Auf dieser Basis kann dann eine Förderrecherche und anschließende -beratung erfolgen. Die Konzepte können anschließend zu Anträgen ausgearbeitet werden.

Beide Beratungsansätze entfalten ihre volle Wirkung erst in Kombination und sollten deshalb gemeinsam angeboten werden.

### *Vernetzung*

Bezüglich der Nutzung von Industrie 4.0 Technologien kommt der horizontalen Vernetzung von Unternehmen entlang der Wertschöpfungskette eine besondere Bedeutung zu, da diese den größten Wirkungseffekt verspricht. Einzelne Vernetzungsansätze finden sich in den bereits etablierten Förderinstrumenten wieder (insbesondere ZIM Kooperationsprojekte und ZIM Netzwerkprojekte). Über die fördertechnische Kooperation hinaus wird empfohlen, Unternehmen beim Aufbau von horizontalen Netzwerken zu unterstützen.

Die horizontale Vernetzung basiert auf einem verbesserten Vertrauensverhältnis zwischen Unternehmen, Kunden und Lieferanten. Denkbar sind in diesem Zusammenhang Clusterprojekte oder auch neuere Formen der Zusammenarbeit, wie beispielsweise einer Genossenschaft mit KMU-Beteiligung, sowie konkreten Maßnahmen zur Integration entlang der gesamten Lieferkette, unter anderem durch sogenannte *Supply Chain* Datensysteme.

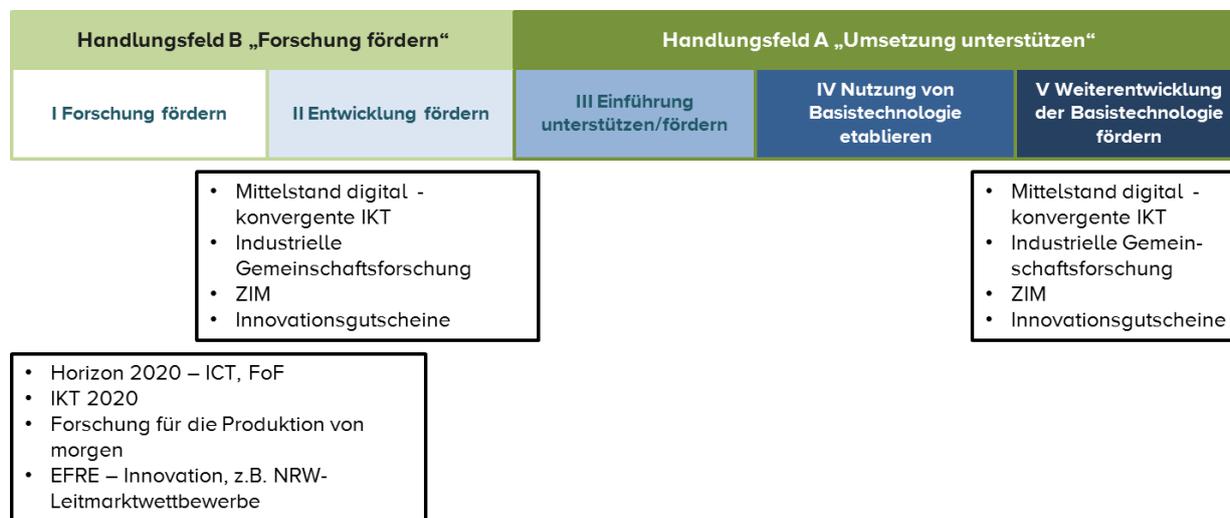
### 9.5.2 Handlungsfeld B „Forschung fördern“

Handlungsfeld B umfasst jene Bereiche, in denen die Studie Forschungs- und Entwicklungsbedarfe identifiziert hat. Grundsätzlich lässt sich auch für dieses Handlungsfeld feststellen, dass es eine gute Abdeckung durch bereits laufende Förderinstrumente gibt, die sich für die unterschiedlichsten innovativen Bedarfe in einem Unternehmen nutzen lassen.

#### Forschungs- und Fördermaßnahmen

Im Rahmen der Studie wurden verschiedene Industrie 4.0 Forschungs- und Förderprogramme analysiert (siehe auch Kapitel 4) und in der folgenden Abbildung exemplarisch zugeordnet:

Abbildung 20: Forschungs- und Innovationsprogramme



Quelle: eigene Darstellung

Im Bereich der Forschungsförderung greifen vor allem Programme des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF), die auf Projekte mit einem hohen Innovationsgrad ausgerichtet sind. In den marktnäheren Bereichen finden sich insbesondere KMU-spezifische Instrumente des BMWi und der Länder. Sie richten sich gezielt an mittelständische Unternehmen, zeichnen sich durch eine einfache und schnelle Antragstellung aus und zielen auf innovative, aber marktnahe Entwicklungen ab, die den Unternehmen schnell einen Wettbewerbsvorteil im Markt ermöglichen.

Trotzdem scheitert in einigen Fällen der Zugang zu öffentlichen Zuschussprogrammen. Dies ist dann der Fall, wenn die Unternehmen zu jung sind und sich noch in der Start-up-Phase befinden. Projektträger erwarten grundsätzlich, dass Unternehmen mindestens seit zwei Jahren am Markt tätig sind, Bilanzen sowie eine Gewinn- und Verlustrechnung nachweisen können und dass die Finanzierung des Eigenanteils bei der Projektumsetzung aus eigenen liquiden Mitteln erbracht werden kann. Hier werden häufig sehr enge Kriterien angelegt, die dazu führen können, dass innovative (Gründungs-)Ideen auf der Strecke bleiben. Ähnliches gilt für sehr kleine Unternehmen, die weniger als zehn Beschäftigte haben und am Nachweis der notwendigen Kapazitäten für die Durchführung des Innovationsprojekts und der Erfüllung von Marktaufträgen scheitern.

### **Mobilisierungsmaßnahmen**

Wie in Bezug auf das Handlungsfeld A zur Implementierung von Industrie 4.0 Technologien und Anwendungen bereits ausgeführt, sollten auch für das Handlungsfeld B eine Reihe von Informations-, Sensibilisierungs- und Mobilisierungsmaßnahmen in Form von Veranstaltungen, Beispielen guter Praxis und individuellen Informations- und Beratungsangeboten verfügbar gemacht werden.

Speziell für innovative Unternehmen, die in der Forschung und Entwicklung neuer Technologien und Lösungen aktiv sind, ist eine frühzeitige Information und Beratung zu öffentlichen Förderinstrumenten und dem aktuellen Technologieangebot wichtig.

---

### 9.5.3 Ergänzende Empfehlungen für Förder- und Finanzierungsprogramme

In Bezug auf die Gestaltung von Förderinstrumenten, die speziell KMU ansprechen, sollte die Politik folgende Aspekte berücksichtigen:

- Die finanzielle Leistungsfähigkeit von KMU ist i.d.R. eingeschränkt. Bei der Einführung von Industrie 4.0 Produkten und Lösungen müssen aber oft hohe Investitionen getätigt werden, die KMU nicht aus eigenen Mitteln finanzieren können. Angelehnt an das Beispiel Österreich könnte die Gewährung von Zuschüssen speziell für die Umsetzung von Industrie 4.0 in Unternehmen helfen. Diese ergänzende Finanzierung hilft den Unternehmen meist auch in der Diskussion mit ihrer Hausbank, um die Gesamtfinanzierung des Vorhabens z. B. über zusätzliche Kredite sichern zu können.
- KMU-Programme sollten entsprechend der Ausrichtung des jeweiligen Förderinstruments zwischen Grundlagenentwicklung und Umsetzungsförderung die thematischen Empfehlungen der Roadmap (vgl. Kapitel 8) aufgreifen. Beispielsweise könnte dies über eine konzertierte Initiative zum Thema Industrie 4.0 (siehe Kapitel 9.6.3) erreicht werden. Ein gutes Beispiel ist das ZIM-Programm. Die Antragsformulare sind übersichtlich und einfach zu bearbeiten. Anträge können jederzeit eingereicht werden. Kleine Ungenauigkeiten im Antrag führen nicht direkt zur Ablehnung. Allerdings hat die Themenoffenheit im Fall der Softwareentwicklung ihre Grenzen. IKT-Projekte erfahren häufiger eine Ablehnung als produktionsorientierte Projekte. Hier könnte eine Nachjustierung der Richtlinie in Bezug auf IKT-Förderung helfen.
- Im IKT-Bereich haben häufig junge Gründer sehr gute, nachhaltige Ideen. Sie bleiben auf der Strecke, weil im Bereich der Forschungs- und Entwicklungsprogramme i.d.R. nur etablierte Unternehmen gefördert werden. Eine Ausnahme ist das EXIST-Programm des BMWi, das gezielt Gründer an Hochschulen anspricht. Ähnlich wie im Falle der Investitionsfinanzierung in KMU gilt auch hier, dass die Gewährung einer öffentlichen Zuwendung für ein innovatives Vorhaben deutlich die Finanzierungschancen für Gründer verbessern kann. Finanzpartner wie Banken und Beteiligungsgeber nutzen solche zusätzlichen Finanzierungsquellen gerne zur eigenen Risikominimierung. Hinzu kommt, dass die Begutachtung und positive Beurteilung eines Förderantrags durch Projektträger von diesen Finanzierungspartnern als weiterer Nachweis für die technische Machbarkeit des Vorhabens gewertet wird, insbesondere dann, wenn vor Markteintritt noch F&E-Leistungen erbracht werden müssen.

- Projektträger und Banken sollten bei der Beurteilung innovativer Projektideen die Nachhaltigkeit der Geschäftsidee höher bewerten als die finanzielle Leistungsfähigkeit, die für die Vergangenheit (letzten zwei Jahre), bei neu gegründeten Unternehmen nicht bzw. nur schwer dargestellt werden kann.

Aus der Analyse der laufenden und abgeschlossenen Förderprojekte sowie der Diskussion mit den Teilnehmern des ersten Workshops haben sich weitere Anregungen an die Politik zur Gestaltung der Förderlandschaft ergeben:

Die Analyse der Förderprojekte zeigt, dass Förderung von allen öffentlichen Akteuren in Bezug auf Industrie 4.0 relevante Technologien und Anwendungen in erster Linie in vertikaler Richtung erfolgt. Dadurch werden nicht alle Nutzenpotenziale der Industrie 4.0 ausgeschöpft und eine flächendeckende Verbreitung entlang der gesamten Wertschöpfungskette unterbleibt. Das Arbeitsziel zu fördernder F&E-Projekte sollte dabei einen breiten Nutzen der Industrie 4.0 über die gesamte Wertschöpfungskette darlegen und neue Geschäftsmodelle identifizieren.

Förderpolitik sollte künftig:

- gezielt die horizontale Vernetzung der entwickelten Industrie 4.0 Lösungen fördern
- dafür sorgen, dass industrielle Stärken in der Produktion erhalten bleiben (eine Vielzahl der geförderten Projekte ist bereits auf Produktionsprozesse ausgerichtet)
- Projekte fördern, die Märkte, Kunden und Anbieter mit neuen Geschäftsmodellen und –prozessen verbinden und
- gezielt Demonstrationsprojekten entlang der Wertschöpfungskette fördern, die zeigen, dass Industrie 4.0 Systeme in der Praxis eingeführt und betrieben werden können

Mittelständische Unternehmen können als hochspezialisierte Technologieentwickler, Integrationsdienstleister oder als Nutzer nur in Forschungsprogrammen partizipieren, wenn Marktchancen bestehen, die Innovationsrisiken minimiert sind und ihr Aufwand überschaubar und planbar ist. Dies ist am ehesten zu erreichen, wenn:

- mittelständische Unternehmen sich in Verbänden (auch im Wettbewerb) zusammenschließen, um gemeinsame Probleme zu lösen und dabei Kosten zu teilen
- Großunternehmen mittelständische Unternehmen neben der Lieferantenrolle auch als Forschungspartner akzeptieren und gemeinsam Potenziale nutzen

---

Für die Politik und andere Akteure, wie beispielsweise Industrie, Verbände, Cluster, Kompetenzzentren usw., bedeutet dies:

- Einfache Antragsverfahren mit möglichst mehreren Einreichungsfristen pro Jahr, die die Zeit zwischen Antragstellung, Bewilligung und Projektbeginn minimieren helfen, sind notwendig; IKT-Technologien sind schnelllebig; Zeitverluste von mehr als sechs Monaten zwischen Antrag und Projektbeginn machen die Teilnahme für den Mittelstand unattraktiv.
- Mehr Transparenz der Inhalte der Förderprogramme insbesondere in Fachprogrammen des Bundes ist gefordert.
- Ausweitung von Transferprojekten, in denen mittelständische Unternehmen von Wissenschaft und Großunternehmen lernen können, sollte vorangetrieben werden; neue Technologien sollten für KMU zeitnah nutzbar gemacht werden.

Auf EU-Ebene wurden für solche Transfermaßnahmen sogenannte *Knowledge and Innovation Communities* (KIC) gebildet, die sich themenspezifisch zusammenschließen haben und sowohl bestehendes Wissen teilen als auch gemeinsame Forschungs- und Entwicklungsprojekte anstreben.

- Nutzung anderer Formen der Finanzierung von Förderprogrammen durch Kofinanzierung seitens öffentlicher und privater Kapitalgeber sollte angestrebt werden.

Die EU-Kommission bietet Beispiele guter Praxis. In den *Joint Technology Initiatives* (JTI) fließen sowohl EU-Mittel als auch Gelder der Industrie in branchen- bzw. technologiespezifische Förderprogramme. Ähnlich funktionieren PPP-Projekte, wo eine Mischung aus Technologietransfer und spezifischen Ausschreibungen ebenfalls mit öffentlichen und privaten Geldern finanziert werden.

- Erweiterung, Ergänzung des Leistungsangebotes von Verbänden an ihre Mitglieder, beispielsweise durch Verbändeforschung.

Im 7. Forschungsrahmenprogramm (7. FRP) hat die EU-Kommission im Rahmen des KMU-Instruments Verbänden mit einer überwiegend KMU-geprägten Mitgliederstruktur die Möglichkeit gegeben, Forschungsprojekte im Interesse ihrer Mitgliedsunternehmen anzustoßen. Forschungsdienstleister haben technische KMU-spezifische Lösungen entwickelt, die dann von den Unternehmen über den Verband in Lizenz genutzt werden können.

## 9.6 Elemente einer kohärenten Förderpolitik für den Mittelstand

Der folgende Abschnitt verdichtet die gerade identifizierten und beschriebenen Einzelmaßnahmen hin zu einem kohärenten Politikansatz.

### 9.6.1 Zielgruppen

Die hier abgeleiteten Empfehlungen zielen im Wesentlichen auf mittelständische Unternehmen ab. Allerdings wurde in der vorliegenden Arbeit die EU-Definition für KMU um den industriellen Mittelstand (i.d.R. eigentümergeführte Unternehmen bis zu 2.500 Beschäftigte) erweitert.

#### *Einführung und Umsetzung im Mittelstand*

In den Kapiteln 6 und 7 wurde die spezifische Situation von mittelständischen Unternehmen im Hinblick auf die Industrie 4.0 Problematik in verschiedenen Unternehmensbereichen und in den relevanten Technologiefeldern aufgezeigt. Die vorgenommene Analyse belegt, dass Potenziale der Anwendungen von Industrie 4.0 nicht ausreichend ausgeschöpft werden. Wachstums- und Beschäftigungsoptionen werden demzufolge einzelbetrieblich, aber auch volkswirtschaftlich nicht vollständig genutzt. Dementsprechend sollte der Mittelstand für die Vorteile und den Nutzen von Industrie 4.0 Anwendungen sensibilisiert werden und bei der Einführung unterstützt werden.

Die Analysephase der vorliegenden Studie hat auf den produzierenden Mittelstand bzw. produktionsnahe Dienstleister abgestellt. Folgerichtig adressieren die aus der Analyse abgeleiteten Empfehlungen im Wesentlichen diese Gruppe von Unternehmen. Dennoch ist klar, dass sich subventionserhebliche Maßnahmen vor dem Hintergrund beihilferechtlicher Regelungen in erster Linie an KMU in der Abgrenzung der EU-Definition richten können. Für Sensibilisierungsmaßnahmen oder für die Nutzung von Informations- und/oder Beratungsinfrastrukturen empfiehlt sich diese Begrenzung nicht.

Ferner wurde herausgestellt, dass einige mittelständische Unternehmen bereits Industrie 4.0 Technologien nutzen, andere wiederum noch abwartend bis skeptisch reagieren. Die Übergänge sind fließend. Die größeren Mittelständler (> 250 Beschäftigte) zählen im Moment eher zu den Vorreitern in der Anwendung von Industrie 4.0 Technologien als die kleineren KMU. Auf allen Stufen der aktuellen Nutzungsskala von Industrie 4.0 Technologien sind jedoch noch Potenziale abschöpfbar. Von daher ist aktuell abzuraten, eine Differenzierung zwischen

---

Industrie 4.0 „Nutzern“ und „Nichtnutzern“ vorzunehmen – z. B. nach dem Motto, dass sich Maßnahmen ausschließlich an Unternehmen ohne bzw. mit Industrie 4.0 Erfahrung richten.

**E1: Mittelstand branchenunabhängig ansprechen**

Um eine möglichst große Durchdringung der deutschen Industrie mit den Industrie 4.0 Technologien zu erreichen, sollten mit den hier abgeleiteten Maßnahmen branchenunabhängig produzierende und produktionsnahe mittelständische Unternehmen (mit bis zu 2.500 Beschäftigten) adressiert werden. Vorerfahrungen mit Industrie 4.0 Technologien bei den Unternehmen sollten hinsichtlich der Antragsberechtigung im Moment nicht relevant sein. Sowohl Unternehmen, die bereits Industrie 4.0 Technologie einsetzen, als auch solche, für die die Thematik neu ist, sollten von den hier vorgeschlagenen Maßnahmen angesprochen werden. Kammern und Verbände sind gefragt, ihre Mitgliedsunternehmen zu aktivieren und gezielt über die Chancen von Industrie 4.0 zu informieren.

*Mittelstandsnetze und Zusammenarbeit mit Forschungseinrichtungen, Multiplikatoren und Großunternehmen*

Industrie 4.0 Technologien entfalten ihre volle Wirkung nicht im intra-organisatorischen Kontext, sondern vielmehr erst durch die Integration im Rahmen einer inter-organisatorischen Kooperation, die sich über verschiedene Stufen von Wertschöpfungsketten erstreckt. Neben einzelbetrieblichen Maßnahmen sollte es daher auch Ansätze geben, die genau die Schnittstellenproblematik zwischen einzelnen mittelständischen Unternehmen in Wertschöpfungs-systemen in den Blick nehmen. Zielgruppe von derartigen Maßnahmen sind dann nicht einzelne Mittelständler, sondern Verbände von Unternehmen (Kunden und Anbieter, kleine und große Unternehmen), die in Wertschöpfungs-systemen miteinander kooperieren.

Ergänzend zu den Mittelstandsnetzen sind Kooperationen zwischen einzelnen mittelständischen Unternehmen und/oder Mittelstandsnetzen und Forschungseinrichtungen zu empfehlen. Daneben sind Projekte unter Beteiligung der Verbände, Kammern und andere Multiplikatoren denkbar, die den Transfer und die Einführung von Industrie 4.0 im Mittelstand unterstützen. Auch die Kompetenz von größeren mittelständischen Unternehmen und von Großunternehmen sollte in die Verbundprojekte einfließen. Wettbewerbsrechtliche Regelungen sind bei solchen Kooperationsprojekten zu beachten. Verbundmaßnahmen dürfen den Wettbewerb nicht einschränken oder behindern.

Förderinstrumente mit der beschriebenen Zielgruppen-Ausrichtung sind in Deutschland bereits gut etabliert. Auch der internationale Exkurs hat gezeigt, dass andere Länder durch ihre Industrie 4.0 Programmen ebenfalls die Kooperation zwischen Industrie und Wissenschaft fördern.

## **E2: Gesamte Wertschöpfungskette abbilden und Beteiligung von Multiplikatoren ermöglichen**

Projekte, an denen sich Unternehmen aus den unterschiedlichen Stufen von Wertschöpfungsketten und/oder Forschungseinrichtungen beteiligen, versprechen die größten Wirkungen. Neben den kleinen sollten auch große Unternehmen an den Verbundprojekten beteiligt werden. Darüber hinaus ist bei speziellen Themen (zum Beispiel Transfervorhaben) die Beteiligung von Multiplikatoren wie Kammern oder Verbänden sinnvoll. Verbundprojekte dieser Art sollten in den Förderinstrumenten daher prioritär behandelt werden.

### *Industrie 4.0 Befähigung für den Mittelstand schaffen*

Die Analyse der Forschungs- und Förderprogramme hat gezeigt, dass die Möglichkeiten von mittelständischen Unternehmen, sich an Netzwerken zu beteiligen, aufgrund der spezifischen Situation (dünne Personaldecke, hohe Konzentration auf das Tagesgeschäft) beschränkt sind. Zudem ist die Beteiligung von mittelständischen Unternehmen an Verbundforschungsprojekten oft eher reaktiv. In der Regel gehen die Projekte nicht von den mittelständischen Unternehmen selbst, sondern von den F&E-Organisationen oder gegebenenfalls von Großunternehmen aus, die die mittelständischen Unternehmen als Partner einbinden. Eine proaktive Vorgehensweise auf Seiten des Mittelstandes hingegen würde zu Projekten führen, die genauer auf ihre Bedarfe zugeschnitten sind, und ist daher erstrebenswert.

Deswegen sollten diese spezifischen Hemmnisse zur Beteiligung von mittelständischen Unternehmen abgebaut werden. Denkbar sind zum Beispiel Maßnahmen, die die Organisationsfähigkeit des Mittelstandes für Verbundprojekte erhöhen. Dies könnte im Rahmen von vorbereitenden Projekten oder durch eine dem eigentlichen Verbund vorgeschaltete Projektphase erreicht werden. Regionale Cluster haben sich als geeignetes Instrument erwiesen, mittelständische Unternehmen für die Arbeit in Verbänden zu qualifizieren. Zudem gelingt es in Clustern, vom Mittelstand ausgehende Forschungsprojekte zu entwickeln.

Kammern, Verbänden, Clustern und sonstigen Netzwerken kommt die Aufgabe zu, Unternehmen gezielt über die Chancen von Verbundprojekten zu informieren und für eine Teil-

---

nahme fit zu machen. Wissenschaft und Großunternehmen müssen ihre Kontakte zu mittelständischen Unternehmen gezielt nutzen, um F&E-Projekte umzusetzen. So kann gezielter Wissenstransfer von der Wissenschaft und von Großunternehmen in die mittelständische Wirtschaft gewährleistet werden. Hierzu können auch spezifische Anforderungen an die Einbindung von mittelständischen Unternehmen in die Förderrichtlinien beitragen.

### **E3: Mittelstand für Verbundprojekte befähigen**

Verbundprojekte stellen hohe Anforderungen an mittelständische Unternehmen, die diese im Moment nicht immer erfüllen. Deswegen können sich mittelständische Unternehmen oft nicht im gewünschten Maße an Verbundvorhaben beteiligen bzw. die thematische Ausrichtung der Maßnahmen wird nicht von den Unternehmen selbst, sondern von Forschungseinrichtungen oder Großunternehmen festgelegt, die wiederum die mittelständischen Partner in die Projekte einbinden. Aus diesem Grund sollten Projektformen zugelassen werden, die die Unternehmen qualifizieren und befähigen, sich erfolgreich in Verbundprojekten zu engagieren. Denkbar sind spezifische Vorbereitungsmaßnahmen und/oder vorgeschaltete Projektphasen in Verbundmaßnahmen. Cluster können mittelständische Unternehmen entsprechend qualifizieren und auch dazu beitragen, Forschungsprojekte zu generieren, die proaktiv von den Bedarfen des Mittelstandes ausgehen. Kammern und Verbände haben die Aufgabe, ihre Mitglieder über solche Projekte zu informieren und für die Teilnahme zu sensibilisieren.

Neben der „Vernetzungsfähigkeit“ des Mittelstandes ist die Industrie 4.0 Befähigung in den einzelnen Unternehmen ein zentrales Erfolgskriterium für den breiten Einsatz von Industrie 4.0 Technologien im Mittelstand. Auch wenn die horizontale Vernetzung die höchsten Effizienzgewinne verspricht, ist in Bezug auf den Mittelstand zu beachten, dass zunächst das einzelne Unternehmen befähigt wird, Industrie 4.0 anzuwenden (innerbetriebliche Industrie 4.0). Dies kann durch intensive Beratung (Mobilisierung), durch die Sensibilisierung über Beispiele guter Praxis und/oder die Bereitstellung beispielhafter Einführungsprozesse geschehen. Die entsprechenden Förderinstrumente sind im Wesentlichen vorhanden (z. B. Beratungsförderung, Mittelstand Digital). Es kommt jetzt darauf an, die vorhandenen Möglichkeiten zu nutzen. Die bereits genannten Mobilisierungsmaßnahmen und insbesondere die im Folgenden noch näher ausgeführten Kompetenzzentren spielen dabei eine wichtige Rolle. Aber auch Verbände, Kammern und andere Multiplikatoren sind hier gefordert, um mittelständische Unternehmen auf das Thema vorzubereiten.

#### **E4: Zuerst innerbetriebliche Industrie 4.0-Fähigkeit schaffen**

Bezogen auf den Mittelstand ist festzuhalten, dass die Anwendung der komplexen Industrie 4.0 Technologien entlang der horizontalen Wertschöpfungsketten erst dann nutzbringend ist, wenn die Unternehmen innerbetrieblich Industrie 4.0 fähig sind und entsprechende Technologien und Prozesse implementiert haben. Hierfür benötigt der Mittelstand Beratung, Sensibilisierung und die Bereitstellung von musterhaften Lösungen. Industrie 4.0 Kompetenzzentren, Verbände, Kammern und andere Multiplikatoren spielen dabei eine herausragende Rolle.

### **9.6.2 Themen**

Industrie 4.0 Technologien betreffen sämtliche Stufen industrieller Wertschöpfungsketten. Auf den einzelnen Stufen wurden jeweils unterschiedliche Technologien entwickelt. Die Logistik wurde als verbindendes Element identifiziert. Die Notwendigkeit für eine thematische Fokussierung von beispielsweise technologischen Fördermaßnahmen konnte aus der hier vorgelegten Analyse nicht abgeleitet werden. Die Förderung sollte sich an Anwendungen für die Industrie 4.0 orientieren, die zumeist mehrere relevante Technologien kombinieren. Alle Technologien für die Industrie 4.0 müssen deshalb zu einem umsetzungsfähigen Reifegrad entwickelt werden. Die beschriebenen Technologien der Industrie 4.0 (vgl. Kapitel 3) sind bei der Anwendungsentwicklung (vgl. dazu Roadmap in Kapitel 8) differenziert, je nach Reifegrad und Marktpotenzial, zu behandeln. Auch vor dem Hintergrund der zu beobachtenden Dynamik der Entwicklung sollten Fördermaßnahmen keine Technologien präferieren. Im Moment ist daher ein thematisch breiter, wenn nicht sogar offener Ansatz für die KMU zielführend. Der in Kapitel 8 dargestellte „Weg zur Industrie 4.0“ (Abbildung 17) stellt allerdings einen Orientierungsrahmen für eine gewisse, zeitlich determinierte, thematische Schwerpunktsetzung dar. So könnten also kurzfristig umsetzungsorientierte Projekte in den Funktionsbereichen Assistenzsysteme sowie Datenerfassung und-verarbeitung angeregt und unterstützt werden. Mittel- bis langfristig ist die vertikale und horizontale Vernetzung und Integration überbetrieblicher Prozesse sowie die Vision autonomer, dezentraler Systeme anzustreben. Industrie 4.0 wird nur dann vollständig nutzbar sein, wenn sämtliche Stufen der Wertschöpfungskette (auch einzelbetrieblich) abgedeckt sind.

Darüber hinaus hat die Analyse gezeigt, dass aktuell eine beträchtliche Anzahl einzelner Lösungen und Forschungsergebnisse zur Industrie 4.0 vorliegt bzw. entwickelt wird. Neben der Fortführung der Technologieentwicklung ist deshalb gleichzeitig für eine Konsolidierung der Ergebnisse und einen Transfer in die Wirtschaft zu sorgen.

---

Mittelständische Unternehmen sind bei der eigentlichen Anwendung von Industrie 4.0 Technologien bislang noch sehr zurückhaltend. Information, Sensibilisierung und Unterstützung bei der Einführung und Anwendung sollten in nächster Zeit im Fokus stehen. Die beschriebenen Mobilisierungsmaßnahmen, Beratungsprogramme, Cluster sowie Förder- und Finanzierungsprogramme sollten dafür genutzt werden. Die weiter unten beschriebenen Kompetenzzentren können den Mittelstand dabei unterstützen.

**E5: Einsetzung von technologisch breit aufgestellten Förderinstrumenten – Funktionsbereiche als Programmschwerpunkte definieren**

Staatliche Interventionen, die darauf abzielen, die Nutzung von Industrie 4.0 Technologien im Mittelstand zu fördern, sollten zunächst keine technologische Präferenz aufweisen. Technologisch offene Ansätze ermöglichen den mittelständischen Unternehmen eigene, auf ihre Bedürfnisse zugeschnittene technologische Lösungen zu entwickeln und einzusetzen. Gleichzeitig ist auf eine Konsolidierung der bereits vorliegenden Forschungsergebnisse zu achten. Die beschriebenen Funktionsbereiche der Industrie 4.0 eignen sich als thematische Programmschwerpunkte, innerhalb derer die Synergie und die Notwendigkeit zum Ergebnisabgleich der Forschungsprojekte besonders hoch ist. Über alle Themen hinweg sollten Transferaspekte prioritär behandelt werden. Dies kann über Clusteransätze gelingen. Die hier beschriebenen Kompetenzzentren können ebenfalls dazu beitragen, entsprechende Transfervorhaben zu generieren und Finanzierungsmöglichkeiten zu nutzen.

Die konkrete Ausgestaltung der Förderprogramme obliegt den Ministerien in enger Kooperation mit den Projektträgern. Bei der Definition von Themenstellungen und Schwerpunktsetzungen sollten aber auch Kammern und politische Verbände ihre Erkenntnisse aus Mitgliederbefragungen und Gesprächen mit Unternehmern in die inhaltliche Gestaltung der Programme einfließen lassen.

Die vorliegende Studie hat mehrfach betont, dass in der Vernetzung der unterschiedlichen Stufen der Wertschöpfungskette hohe Effizienzpotenziale liegen. Allerdings sind hierfür je nach Stufe und Integrationsgrad unterschiedliche Technologien relevant. Es geht beispielsweise nicht um Robotik oder um RFID, sondern um die Kombination beider Technologiefelder hin zu vernetzten Fertigungsprozessen. Dieser systemische Ansatz ist für den Erfolg einer Industrie 4.0 Politik maßgeblich. Konsequenterweise sollten in einem thematisch offenen Industrie 4.0 Förderansatz verstärkt Projekte gefördert werden, die unterschiedliche Technologien aufgreifen. Dies gilt sowohl für die themenoffenen als auch für die thematischen Fachprogramme.

**E6: Systemischen Industrie 4.0 Ansatz ermöglichen**

Die Kombination von unterschiedlichen Technologien, die in verschiedenen Industrie 4.0 Funktionsbereichen relevant sind, sowie ein systemisches Industrie 4.0 Konzept sind Kennzeichen von erfolgversprechenden Industrie 4.0 Projekten. Dies sollte in den einschlägigen, insbesondere den thematisch spezifischen Programmen (z. B. Produktion von morgen) entsprechend kommuniziert und förderlich umgesetzt werden, wie es in einigen Ausschreibungen schon geschehen ist (z. B. Industrie 4.0 Forschung auf dem betrieblichen Hallenboden). Überlegenswert ist auch, Industrie 4.0 Ansätze in den KMU-spezifischen Programmen, beispielsweise in ZIM, für eine gewisse Zeit als thematischen Fokus zu setzen.

Im Rahmen der Analyse der Forschungsprojekte ist der hohe Anteil an F&E Aufwendungen für Entwicklungen im Bereich der Software- und Softwaresystemtechnikentwicklung aufgefallen. Softwarelösungen sind notwendig, um Industrie 4.0 zu realisieren, erfordern jedoch oftmals hohe Forschungs- und Entwicklungsaufwendungen von dem einzelnen Unternehmen. Großunternehmen verfügen eher über die hierfür nötigen Ressourcen und sind bisher Treiber der Entwicklung solcher Softwarelösungen. Zur Unterstützung des Mittelstandes auf dem Weg zur Industrie 4.0 sollte die Einrichtung von interoperablen, offenen, nachhaltig nutzbaren und sicheren Software-Plattformen unterstützt werden. Die Einrichtung und der Betrieb können dabei durchaus von mittelständischen Unternehmen, die als Technologieanbieter aktiv sind, übernommen werden. Aufgrund der angesprochenen begrenzten Ressourcen dürfte am Anfang jedoch eine Unterstützung nötig sein. Ein Beispiel wäre IT-basierte Möglichkeiten zur Datenablage für die Geschäftsprozessabwicklung mittelständischer Unternehmen (Funktionsbereich Datenerfassung/Integration) zu schaffen. Bei der Einrichtung solcher Plattformen sind jedoch die beschriebenen Herausforderungen wie z.B. IT-Sicherheit, Standardisierung und Normung, zu beachten.

**E7: Offene Software fördern**

Softwarelösungen sind essenzieller Bestandteil der Industrie 4.0. Aktuell ist der Anteil lösungsspezifischer und unternehmensspezifischer Implementierungen noch hoch. Zur Unterstützung des Mittelstandes sollte der Aufbau und die Einrichtung von interoperablen, offenen, nachhaltig nutzbaren und sicheren Software-Plattformen gefördert werden. Dies könnte im Rahmen einer nationalen IT-Strategie geschehen.

### 9.6.3 Umsetzungsaspekte

Bezogen auf die Umsetzung der Förderprogramme hat die vorgelegte Analyse keine Umsetzungsprobleme identifiziert, die nahelegen, dass mittelständische Unternehmen aus administrativen Gründen auf Projektanträge verzichten. Ganz offensichtlich sind Förderinstrumente dann für den Mittelstand interessant, wenn der Antrags- und Verwaltungsaufwand in einem vernünftigen Verhältnis zur erwarteten Förderung steht. Andererseits sind Fördergeber gehalten, Mittel transparent zu vergeben und die Verwendung zu prüfen. Dies gilt auch für Industrie 4.0 Projekte.

#### **E8: Antragsaufwand und administrative Hürden für den Mittelstand verringern**

Vor dem Hintergrund der vorgelegten Analyse lassen sich keine Industrie 4.0 spezifischen Forderungen bezüglich der administrativen Umsetzung der Förderprogramme ableiten. Möglichkeiten der Vereinfachung der Prozesse (sowohl in der Antrags- als auch in der Durchführungsphase) sollten systematisch genutzt werden. Die Durchlaufzeit für Forschungsvorhaben von der Skizzeneinreichung zum startfähigen, bewilligten Projekt sollte verkürzt werden, damit Wettbewerbschancen durch frühe Innovation für die deutsche Wirtschaft bestmöglich genutzt werden können.

Über die Ausschreibungen in den thematischen Fachprogrammen können spezifische sowie die wichtigen systemischen Aspekte der Industrie 4.0 Forschung gezielt angegangen werden. Um Themen in zukünftigen Ausschreibungen besser vorhersehen zu können und damit die Planbarkeit für Antragsteller insgesamt und für mittelständische Unternehmen im Besonderen zu erhöhen, sind Förder-Roadmaps oder ein- bis zweijährige Arbeitsprogramme hilfreich.

#### **E9: Förder- und Arbeitsprogramm frühzeitig veröffentlichen**

Die frühzeitige Veröffentlichung von Ausschreibungsschwerpunkten über Förder-Roadmaps oder ein- bis zweijährige Arbeitsprogramme (wie auf EU-Ebene üblich) in den Fachprogrammen des Bundes führt zu einer größeren Transparenz und erhöht die Planbarkeit, was für alle Antragsteller, besonders aber für den Mittelstand, hilfreich wäre.

In Kapitel 9.5 wurde aufgezeigt, dass über alle Industrie 4.0 Funktionsbereiche hinweg Förder- und Finanzierungsinstrumente existieren, die die Umsetzung der hier entwickelten Maßnahmen unterstützen können. Ein nationales Industrie 4.0 Programm existiert allerdings bislang nicht. Um die Rezeption des Themas und insbesondere die Anwendung von Industrie 4.0 Technologien im Mittelstand voranzutreiben, wird eine konzertierte Aktion, ähnlich der in Österreich, mit Fokus auf den Mittelstand empfohlen. Denkbar ist für Deutschland eine gemeinsame Aktion von BMBF und BMWi, bei der die vielfältigen bereits bestehenden Maßnahmen gebündelt werden. Dadurch würde die Wirksamkeit der bisher verteilten Fördermaßnahmen hinsichtlich Industrie 4.0 deutlich erhöht. Ergänzt um eine begleitende Evaluierung wäre eine solche konzertierte Aktion ein flexibles Handlungsinstrument für die Politik, um Industrie 4.0 im Mittelstand breit zu verankern. Denkbar wäre, dies innerhalb des Programms Mittelstand-Digital im Rahmen einer neuen (vierten) Achse umzusetzen. Eine Vernetzung mit der Dialogplattform Industrie 4.0 ist sinnvoll und sollte ebenfalls angestrebt werden. Wichtig ist, alle Aktivitäten nicht nur auf die spezifischen Anforderungen des deutschen Marktes auszurichten, sondern in den Kontext der Aktivitäten für Industrie 4.0 auf europäischer Ebene zu stellen.

#### **E10: Konzertierte Initiative „Industrie 4.0 im deutschen Mittelstand“ aufsetzen**

Ein nationales Programm zur Förderung von Industrie 4.0 im Mittelstand existiert bislang nicht. Deswegen wird empfohlen, die vorhandenen Programme bzw. Elemente in bestehenden Programmen, die die Einführung von Industrie 4.0 Technologien in KMU unterstützen, zu bündeln und eine konzertierte Initiative „Industrie 4.0 im deutschen Mittelstand“ aufzusetzen. Hierbei geht es nicht um neue Fördermaßnahmen, sondern vielmehr darum, das Thema politisch aufzugreifen, den Mittelstand, die Presse und weitere Stakeholder zu mobilisieren und die Sichtbarkeit der zurzeit noch isolierten Fördermaßnahmen deutlich zu steigern. Hier sind alle Akteure – Wissenschaft, Wirtschaft, Verbände, Kammern, Netzwerke, etc. – gefordert, sich aktiv in die Gestaltung des politischen Rahmens für eine konzertierte Initiative „Industrie 4.0“ einzubringen.

Für die Handlungsfelder A und B wurde argumentiert, dass die bestehende Förderlandschaft im Wesentlichen alle hier identifizierten Industrie 4.0 Aktivitäten abdecken kann. Notwendig sind deshalb vor allem Mobilisierungsmaßnahmen (Informieren, Sensibilisieren, Beraten und Vernetzen). Diese sollten am besten durch qualifizierte, auf die Industrie 4.0 Fragestellungen spezialisierte, Institutionen erbracht werden.

---

Die Einrichtung von Industrie 4.0 Kompetenzzentren stellt ein zentrales Instrument für die weitere Industrie 4.0 Politik dar und wird daher im Folgenden detaillierter dargestellt.

### 9.7 Kompetenzzentren

Vor dem Hintergrund der bis hierhin aufgezeigten, vielfältigen Problemstellungen und der ausgewiesenen Empfehlungen wurde die Einrichtung von Industrie 4.0 Kompetenzzentren empfohlen.

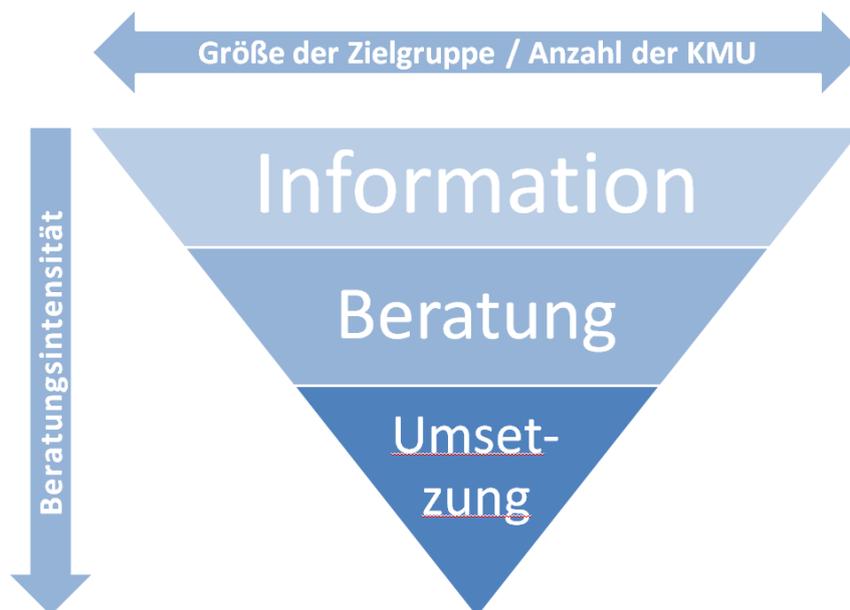
#### Ansatz und Ziele der Kompetenzzentren

Die Kompetenzzentren sollten beratend tätig sein und den Mittelstand auf dem Weg zur Industrie 4.0 begleiten. Die Arbeit der Kompetenzzentren soll dazu beitragen, dass

- die Zahl der über Industrie 4.0 informierten mittelständischen Unternehmen in Deutschland wächst (Quantität) und
- die Unternehmen mit bereits vorhandenem Interesse an Industrie 4.0 durch zielführende Unterstützung ihre Ziele besser erreichen (Qualität).

Wie in der folgenden Abbildung visualisiert, wird eine Dreiteilung des Arbeitsansatzes empfohlen.

Abbildung 21: Struktur der Beratungsleistung der Kompetenzzentren



Quelle: eigene Darstellung

Die Verbindung von Quantität und Qualität in den Angeboten der Kompetenzzentren sollte über eine mehrstufige Vorgehensweise erreicht werden. Das bedeutet beispielsweise, dass Informationsveranstaltungen zunächst große Gruppen von Unternehmen ansprechen sollen und im Zuge dieser Veranstaltungen zugleich Interessenten für eine weitergehende Beratung

---

gewonnen werden. In der Folge werden Beratungen mit dem Ziel geführt, ein konkretes Industrie 4.0 Projekt in einem mittelständischen Unternehmen zu starten und zu begleiten.

Die Kompetenzzentren sollten so lokalisiert werden, dass interessierte Mittelständler kurze Wege haben und eine niedrige Hemmschwelle zur Kontaktaufnahme besteht. Alle Kompetenzzentren sollten selbstständig in der Lage sein, eine individuelle und umfassende Initialberatung zu allen Aspekten von Industrie 4.0 zu erbringen. Beratungen zu fortgeschrittenen Fragestellungen erfordern ein zunehmendes Maß an thematischer und technologischer Spezialisierung, welche aus Effizienzgründen nicht von allen Zentren durchgeführt werden sollten.

### **Leistungsumfang**

Im Folgenden soll näher auf die einzelnen Leistungen der Kompetenzzentren eingegangen werden. Der mögliche Aufbau und Betrieb der Zentren wird hinsichtlich der drei wesentlichen Aspekte Information, Beratung und Umsetzung beschrieben.

#### **i. Information**

Vor dem Hintergrund der bislang noch unzureichenden Verankerung des Themas Industrie 4.0 im Mittelstand sollen Maßnahmen durchgeführt werden, die dazu dienen, das Thema einer möglichst großen Anzahl von potenziellen Anwendern nahezubringen. Im Fokus stehen allgemeine Maßnahmen zur Steigerung des Bekanntheitsgrads und des Bewusstseins für das Thema Industrie 4.0 (*Awareness Raising*), wie zum Beispiel die Durchführung von Veranstaltungen oder auch die Entwicklung von Internetseiten. Neben der auf die Belange des Mittelstandes angepassten Informationen über Industrie 4.0 dienen diese Aktivitäten dazu, systematisch Unternehmen zu mobilisieren, die sich für weiterführende, individuelle Beratungen interessieren und eine Umsetzung von Industrie 4.0 Maßnahmen im eigenen Unternehmen in Erwägung ziehen. Die individuelle Beratung ist Gegenstand der unten beschriebenen Beratung.

Die Kompetenzzentren könnten ihre Wirkung vervielfachen, wenn es gelänge, nicht nur über eigene Kontakte mittelständische Unternehmen zu adressieren, sondern die Möglichkeiten der vertieften und thematisch fokussierten Kommunikation und Kooperation mit anderen zu etablieren. Auch die Vernetzung der einzelnen Zentren untereinander sollte im Fokus stehen, um so schrittweise eine flächendeckende Unterstützung und

Kompetenz für das Thema Industrie 4.0 bei den mittelständischen Unternehmen aufzubauen. Zusätzlich ist denkbar, durch die Aufnahme und Erstellung von Beispielen Guter Praxis die Sichtbarkeit und Wahrnehmung von Industrie 4.0 in Form eines Atlas für den Mittelstand zu erhöhen. In einem anschließenden Schritt könnten die regional erstellten Atlanten zu einem deutschlandweiten Industrie 4.0 Atlas zusammengeführt werden. Wichtig für die Kommunikationsarbeit ist der Zugang der Kompetenzzentren zu Demonstratoren, Laboren und Exponaten der Industrie 4.0.

## **ii. Beratung**

Inhaltlich steht die Beratung im Zentrum der Aktivitäten des Kompetenzzentrums. Die Beratungsleistung der Kompetenzzentren sollte Aktivitäten beinhalten, die kleine Unternehmensgruppen bzw. einzelne Unternehmen adressieren. Es gilt zunächst, Unternehmen zu gewinnen und zu motivieren, sich gemeinsam mit dem Kompetenzzentrum strategisch mit Industrie 4.0 zu beschäftigen. Aufgrund der im Vorfeld beschriebenen Hürden und Hemmnisse für mittelständische Unternehmen soll den Unternehmen der Einstieg in die Thematik erleichtert werden. Die Durchführung von technisch-fachlicher Beratung und Förderberatung zum Thema Industrie 4.0 durch die Kompetenzzentren wird ausdrücklich empfohlen.

Des Weiteren könnten die mittelständischen Unternehmen durch die Kompetenzzentren einen Ansprechpartner gewinnen, der ihnen in diesem Thema begleitend zur Seite steht. Eine unternehmensspezifische persönliche Betreuung durch einen festen Ansprechpartner erscheint sinnvoll, um eine effektive Begleitung des Unternehmens auf dem Weg zur Industrie 4.0 sicher zu stellen.

## **iii. Umsetzung**

Ausgehend von der Bedarfslage der zuvor sensibilisierten und mobilisierten Unternehmen sollten in einer Umsetzungsphase die mittelständischen Unternehmen dabei begleitet werden, ihre Industrie 4.0 Ziele zu erreichen. Hierzu zählen Angebote zur Bestimmung von Einführungsstrategien, zur Technologieauswahl sowie zur Projektkonzeption und Umsetzungsplanung bzw. -begleitung.

Einerseits könnten auf diese Weise die Unternehmen mit Rat und Tat unterstützt, andererseits die Erfolge der gewählten Schritte verfolgt und bewertet werden. So könnten

---

die Erfolgsquoten in den Unternehmen gesteigert und wichtige Impulse für die künftige Beratungstätigkeit des Kompetenzzentrums gesammelt werden.

#### **K1: Mobilisierungs- und Umsetzungsmaßnahmen in Kompetenzzentren bündeln**

Alle Maßnahmen zur Information, zur Beratung und zur Einführung von Industrie 4.0 Technologien im Mittelstand können in den Kompetenzzentren gebündelt werden. Damit werden die Zentren zu einem zentralen Akteur, um den Mittelstand zur Industrie 4.0 zu befähigen.

#### **Technikausstattung**

Eine wichtige Frage ist, ob die Kompetenzzentren selbst eine Industrie 4.0 bezogene Technikausstattung haben sollten. Eine bereits vorhandene und demonstrierbare Industrie 4.0 Technologie ist wünschenswert, um eine bessere Identifizierung der einzelnen mittelständischen Unternehmen mit dem Thema Industrie 4.0 herbeizuführen. Allerdings kann dies in der praktischen Umsetzung nur exemplarisch für einzelne Technologiebereiche der Fall sein und muss unter Kostengesichtspunkten bewertet werden. Kompetenzzentren mithilfe umfangreicher öffentlicher Förderung mit solchen Technologien auszustatten, ist aus Gründen der Kosteneffizienz nicht zu empfehlen, da:

- durch die hohe Komplexität und Vielfalt der Industrie 4.0 Thematik einzelne Technikausstattungen immer nur beschränkte Aspekte der Gesamthematik zeigen könnten.
- angeschaffte Technik im Zuge der rasanten Entwicklungen auf dem Gebiet schnell zu veralten droht und dann nicht mehr als Vorzeigetechnik dienlich ist.
- eine Industrie 4.0 repräsentative Technikausstattung nur für die Zwecke des Kompetenzzentrums in der Realisierung aufgrund der Kostenintensität schwer vertretbar wäre.

Stattdessen sollten vorhandene Technikausstattungen von Einrichtungen im regionalen Umfeld der jeweiligen Kompetenzzentren eingebunden werden. Alternativ bzw. ergänzend können individuelle und wechselnde Exponate aus der Unternehmenspraxis ausgestellt werden. In diesem Fall könnten Firmen, die als Beispiel Guter Praxis identifiziert wurden, eigene Arbeiten und Erfolge darstellen, zum Beispiel in Form von Präsentationen, Postern, Filmen, bildlichen Darstellungen, etc. Diese Industrie 4.0 Ausstellung und Informationssammlung könnte zeitlich wechselnd angelegt und mit dem Angebot verknüpft werden, dass interessierte Mit-

telständler die ausstellenden Firmen (und andere Gute Praxis Beispiele) in Begleitung einer Repräsentantin/eines Repräsentanten der Kompetenzzentren besuchen und sich individuell zugeschnitten aus erster Hand über die erfolgreiche Industrie 4.0 Umsetzung informieren können. Dieser unternehmerisch-bilaterale Aspekt sollte nicht unterschätzt werden und birgt großes Potenzial, auch im Hinblick auf die nötige Multiplikatorenwirkung der Zentren und ihrer Maßnahmen.

### **K2: Vorhandene Technikausstattung nutzen**

Kompetenzzentren müssen in der Lage sein, Industrie 4.0 Technologie bzw. die fünf Funktionsbereiche zu präsentieren. Am ehesten dürfte das über eine Vernetzung mit regionalen Akteuren gelingen. Wenn die Kompetenzzentren selbst eine derartige Technologie aufweisen können, ist das zu begrüßen. Eine Anschaffung und Installation im Rahmen des Aufbaus eines Kompetenzzentrums ist nicht empfehlenswert.

### **Anforderungen**

Institutionen, die ein Kompetenzzentrum für Industrie 4.0 betreiben wollen, müssen spezifische Anforderungen erfüllen:

Mit Blick auf die fachlichen Anforderungen wurde mehrfach herausgestellt, dass die notwendigen Kompetenzen zur Durchführung fachlich-technischer Beratungsdienstleistungen z. B. zur Unterstützung von mittelständischen Unternehmen bei Bedarfs- und Potenzialfeststellung, Strategie- und Technologiebestimmung und Umsetzungsplanung gegeben sein müssen.

Im Hinblick auf die organisatorischen Anforderungen sollten die Zentren über umfassende Kenntnisse der jeweiligen Region, der beteiligten Branchen, der dort ansässige Großunternehmen und des regionalen industriellen Mittelstands verfügen. Von Vorteil wären eine bereits vorhandene Vernetzung der Zentren mit der Zielgruppe und eine breite und fachliche Akzeptanz bei den mittelständischen Unternehmen. In Hinblick auf den Technologietransfer ist eine starke Vernetzung der Zentren mit wissenschaftlichen Einrichtungen wichtig. Daher wird empfohlen, die Kompetenzzentren an bereits bestehende Institutionen anzuknüpfen, statt neue Zentren zu schaffen. So können etwaige Anlaufzeiten minimiert und die zur Verfügung gestellten Ressourcen optimal eingesetzt werden.

Alle fünf im Rahmen dieser Studie identifizierten Industrie 4.0 Funktionsbereiche sollten bei der Zusammensetzung des Personals der einzelnen Zentren fachlich abgedeckt werden.

---

Dies ist durch eine interdisziplinäre Zusammensetzung des Personals in den einzelnen Zentren am effektivsten zu erreichen. Durch die parallele Beschäftigung von Wissenschaftlern und Praktikern verschiedenster Disziplinen könnten ergebnisorientierte Synergieeffekte resultieren. Ein fachlich breit aufgestellter Ansatz erscheint am sinnvollsten, um die individuellen Bedürfnisse des Mittelstandes zu bedienen.

### **K3: Alle fünf Industrie 4.0 Funktionsbereiche fachlich abdecken**

Für die Kompetenzzentren gelten hohe fachliche, personelle und organisatorische Anforderungen, weil alle fünf Industrie 4.0 Funktionsbereiche abgedeckt werden müssen. Teams aus Wissenschaftlern und Praktikern dürften den skizzierten Bedarfen des Mittelstandes am ehesten gerecht werden. Die Organisation selbst muss mit den regionalen Gegebenheiten vertraut und idealerweise bereits mit den relevanten Akteuren vernetzt sein.

### **Regionale Ausrichtung**

Die Kompetenzzentren sollten grundsätzlich nach geographischen Gesichtspunkten eingerichtet werden (z. B. Nord/Süd/Ost/West/Mitte). Jedes dieser Zentren sollte eine, noch zu definierende, gleichwertige Kompetenz für Initialberatungen erhalten. Um kurze Wege für mittelständische Unternehmen zu ermöglichen, ist eine flächenabdeckende Verankerung notwendig. Die Organisation der Fachberatung mit einer relativ geringen Anzahl von Kompetenzzentren sollte aus Effizienzgründen gewählt werden.

Um aber eine flächenabdeckende Initialberatung zu garantieren, sollte eine größere Anzahl von regionalen Multiplikatoren einbezogen werden. Die Multiplikatoren sollten fachlich von den Kompetenzzentren koordiniert werden und so eine Brücke zwischen mittelständischen Unternehmen und Kompetenzzentren darstellen. Dieser Ansatz bietet die Chance der Einbeziehung existierender und im Mittelstand bekannter Strukturen, wie etwa der regionalen Wirtschaftsförderer, IHKen und anderer wirtschaftsnaher Beratungseinrichtungen. Ihr starker Bezug zu regionalen mittelständischen Unternehmen würde die Reichweite der Kompetenzzentren und der allgemeinen Kommunikation des Themas Industrie 4.0 erheblich erweitern. Die aktuell noch gering ausgeprägte Fachkompetenz zum Thema Industrie 4.0 ließe sich für die Ansprüche der Initialberatung mithilfe gezielter Schulungen und Wissensvermittlung durch die Kompetenzzentren beseitigen.

Für fortgeschrittene Themen und Exzellenzbereiche sollte jedes Zentrum einen spezifischen Schwerpunkt ausbilden. Erhärtet sich nach Initialberatungen das Interesse eines mittelständischen Unternehmens an Industrie 4.0 oder hat es sehr spezifische Fragestellungen, dann steigt in der Regel die Bereitschaft, zur Klärung komplexer Fragestellungen eine weitere Anreise auf sich zu nehmen, sodass eine komplementäre Schwerpunktbildung der Kompetenzzentren keine Beeinträchtigung des Beratungsangebots darstellt. Zugleich sollten Technologieberater mit entsprechenden Schwerpunktkenntnissen eine Vor-Ort-Beratung ermöglichen.

Für die Schwerpunktsetzung sollte das Europa-2020 Leitbild der intelligenten Spezialisierung von Regionen handlungsleitend sein: Dementsprechend sollte sich die fachliche Spezialisierung an den regionalen Stärken und Bedarfen orientieren sowie mit den in den Handlungsfeldern (Kapitel 7) festgestellten Bedarfen und den Industrie 4.0 Funktionsbereichen in Einklang gebracht werden. Zudem kann eine Kombination von mehreren Industrie 4.0 Funktionsbereichen abhängig vom regionalen Stärken- und Branchenportfolio sinnvoll sein.

Eine entsprechende Struktur der Kompetenzzentren mit einem flächendeckenden Erstberatungsangebot sowie spezialisierten und exzellenten Leuchttürmen stellt eine effiziente und effektive Herangehensweise für die Aufstellung von Kompetenzzentren dar und ist für die internationale Vernetzung und Wettbewerbsfähigkeit zielführend.

#### **K4: Kurze Wege für den Mittelstand durch regionale Verteilung der Kompetenzzentren sicherstellen**

Gerade für die erste Mobilisierung der Unternehmen sind kurze Wege von Vorteil. Deshalb empfiehlt sich eine regionale Verteilung der Kompetenzzentren. Gleichzeitig sind spezielle thematische Ausrichtungen der einzelnen Zentren sinnvoll. Diese thematischen Spezialisierungen sind allerdings möglichst zwischen den Zentren und weiteren regionalen Akteuren wie Kammern, Clustern, Verbänden, etc. abzustimmen.

---

## 9.8 Zentrale Ergebnisse

In Kapitel 9 wurden die Ergebnisse der hier vorgelegten Analyse, einschließlich des internationalen Vergleichs und der Essays, zu Handlungsempfehlungen für Politik, Wirtschaft und Wissenschaft verdichtet. Unterschieden wurde dabei zwischen spezifischen und übergeordneten Handlungsempfehlungen. Während die spezifischen Empfehlungen zunächst aus den Handlungsfeldern (A und B) sowie den jeweils zugrunde liegenden Industrie 4.0 Funktionsbereichen abgeleitet wurden, betreffen die übergeordneten Handlungsempfehlungen sämtliche beschriebenen Industrie 4.0 Funktionsbereiche.

### Übergeordnete Empfehlungen

Die übergeordneten Handlungsempfehlungen beziehen sich auf sechs Themenfelder, die für die Schaffung von positiven Rahmenbedingungen und für den Abbau von Anwendungshemmnissen als zentral identifiziert wurden:

- **Normung und Standardisierung**

Die Normenentwicklung im Bereich Industrie 4.0 sollte zügiger vorangetrieben werden. Die Möglichkeiten der Politik sollten genutzt werden, in diesem Sinne auf die Gremien einzuwirken. Die Beteiligung von mittelständischen Unternehmen ist wünschenswert und sollte durch öffentlich finanzierte Projekte ermöglicht werden.

- **IT Sicherheit**

Mittelständische Unternehmen sollten für die Thematik IT-Sicherheit sensibilisiert werden (durch Kompetenzzentren). Die Ergebnisse des Programms IT-Sicherheit sollten abgewartet und in die Industrie 4.0 Projekte integriert werden und das Thema weiter verfolgt werden.

- **Rechtliche Rahmenbedingungen**

Die mit der Einführung von Industrie 4.0 Technologien aufkommenden Rechtsfragen müssen identifiziert, analysiert und aufbereitet werden. Dazu sind umfassende Forschungsarbeiten notwendig.

- **Rolle des Menschen**

Auf die veränderte Rolle des Menschen in Industrie 4.0 geprägten Umgebungen müssen sich Großkonzerne und speziell der Mittelstand mit der Entwicklung neuer Arbeitsprozesse und Formen der Arbeitsorganisation vorbereiten.

- **Weiterbildung/Ausbildung**

Die Vermittlung von IT-Kompetenz bleibt zentrale Aufgabe in allen Bildungsgängen.

- **Infrastruktur**

Die Anstrengungen beim Ausbau der Breitbandinfrastruktur müssen fortgeführt werden.

### **Spezifische Empfehlungen**

Die spezifischen Handlungsempfehlungen wurden aus den identifizierten Handlungsfeldern A und B abgeleitet. Im Handlungsfeld A wurden Industrie 4.0 Technologien und Anwendungen beschrieben, die bereits kurzfristig umgesetzt werden können, weil die Marktreife bereits vorliegt und sie mit hohen Nutzenpotenzialen verbunden sind. Im Handlungsfeld B wurden Technologien zusammengefasst, in denen noch Forschungsbedarf existiert. Für den Mittelstand dürften sich hier in der Breite erst mittel- bis langfristig konkrete Ergebnisse ergeben. Für beide Handlungsbereiche wurden verschiedene Förder- und Finanzierungsmaßnahmen identifiziert, die die angesprochenen Themen im Wesentlichen abdecken. Wichtig sind deshalb vor allem Mobilisierungsmaßnahmen sowie einige ergänzende Handlungsempfehlungen.

Die Mobilisierung erfolgt durch

- Information,
- Sensibilisierung,
- Förderberatung und
- Vernetzung.

---

Ergänzende spezifische Handlungsempfehlungen betreffen die untersuchten Förder- und Finanzierungsprogramme wie:

- Auf- und Ausbau von einfachen und themenoffenen Programmen mit Industrie 4.0 Bezug; Sicherstellung der Überschaubarkeit der Prozesse und Themen
- gezielte Förderung der horizontalen Vernetzung der entwickelten Industrie 4.0 Lösungen; Unterstützung der Verbände großer und kleiner Unternehmen mit Forschungseinrichtungen
- Förderung von Projekten, die Märkte, Kunden und Anbieter mit neuen Geschäftsmodellen und -prozessen verbinden
- Förderung von Demonstrationsprojekten
- Ausweitung von Transferprojekten, in denen mittelständische Unternehmen von Wissenschaft und Großunternehmen lernen können, Sicherstellung der Anpassung und Anwendbarkeit der Industrie 4.0 Technologien für den Mittelstand
- Nutzung anderer Formen der Finanzierung von Förderprogrammen durch Kofinanzierung seitens öffentlicher und privater Kapitalgeber
- Erweiterung und Ergänzung des Leistungsangebotes von Verbänden an ihre Mitglieder, z. B. durch Verbändeforschung

Diese Vorschläge zur Mobilisierung des Potenzials von Industrie 4.0 im Mittelstand lassen sich zu einem kohärenten Politikkonzept verdichten. Mit den folgenden Maßnahmen in den vier Kategorien Zielgruppe, thematische Ausrichtung, Umsetzung, Industrie 4.0 Kompetenzzentren kann dies erreicht werden.

#### ***Kategorie Zielgruppe***

- KMU in der EU-Definition sowie der produzierende Mittelstand (2.500 Beschäftigte, eigentümergeführt, keine Konzernverflechtung) als Zielgruppe ansprechen; keine branchenspezifische Vorgehensweise und keine Präferenz bzw. Diskriminierung von Unternehmen mit bereits bestehenden Industrie 4.0 Erfahrungen
- Verbundprojekte zwischen mittelständischen Unternehmen untereinander und Forschungseinrichtungen unterstützen; die Kompetenz von Großunternehmen einbinden; für die wichtigen Transferprojekte Multiplikatoren beteiligen

- Fit für Verbünde – mittelständische Unternehmen befähigen, sich erfolgreich an Verbundprojekten zu beteiligen; geeignete Projektformen bzw. -phasen in Förderprojekte integrieren, um die inhaltliche Ausrichtung der Verbünde an den Bedarfen des Mittelstandes zu orientieren und die Selbstorganisation der mittelständischen Unternehmen in der Anbahnungsphase von Forschungsprojekten zu stärken; insbesondere Cluster-vorhaben wurden als eine Projektform ausgemacht, diese Ziele zu erreichen.
- durch Beratung, Sensibilisierung und die Bereitstellung von musterhaften Prozessen mittelständische Unternehmen befähigen, Industrie 4.0 im eigenen Unternehmen anzuwenden, da innerbetriebliche Industrie 4.0 Fähigkeit Voraussetzung für horizontale Vernetzung ist; Kompetenzzentren spielen dabei eine herausragende Rolle

### *Kategorie Themen*

- themenoffen fördern; über alle Industrie 4.0 Funktionsbereiche hinweg Transferansätze forciert unterstützen; Cluster und Kompetenzzentren nutzen, um Transferprojekte zu generieren und zu finanzieren
- Industrie 4.0 als System betrachten, verschiedene Technologien und/oder Funktionsbereiche in den Projekten kombinieren (gutes Beispiel: Industrie 4.0 Forschung auf dem betrieblichen Hallenboden). Industrie 4.0 als System für einen begrenzten Zeitraum in Programmen für den Mittelstand als prioritäres Förderthema aufgreifen

### *Kategorie Umsetzung*

- Möglichkeiten zur Vereinfachung in der Antragstellung und in der Abwicklung systematisch nutzen, um die Beteiligung von mittelständischen Unternehmen zu erhöhen
- Vorhersehbarkeit bezüglich der Themen zukünftiger Ausschreibungen durch die Veröffentlichung von Roadmaps oder Arbeitsprogrammen erhöhen; Durchlaufzeit der Forschungsvorhaben von der Skizzeneinreichung bis zum bewilligten, startfähigen Projekt verringern
- die auf Bundesebene bereits vorhandenen Maßnahmen zur Förderung von Industrie 4.0 in einer konzertierten Aktion „Industrie 4.0 im Mittelstand“ bündeln und in das Programm Mittelstand Digital integrieren sowie mit der Dialogplattform Industrie 4.0 vernetzen

---

### *Kategorie Industrie 4.0 Kompetenzzentren*

- Mobilisierungsmaßnahmen in Kompetenzzentren bündeln und mittelständische Unternehmen zugleich bei der Einführung von Industrie 4.0 unterstützen; die Kompetenzzentren sollen den Mittelstand auf dem Weg zur Industrie 4.0 unterstützen.
- vorhandene Technikausstattung von regionalen Akteuren in Kompetenzzentren einbinden, um diese den mittelständischen Unternehmen präsentieren zu können
- interdisziplinär ausgerichtetes und fachlich kompetentes Personal einsetzen, um ein breites Spektrum möglicher Fragestellungen über alle Industrie 4.0 Funktionsbereiche hinweg abzudecken; mit regionalen Akteuren und Beratungseinrichtungen vernetzen
- geographisches Prinzip bei der Standortwahl zugrunde legen, um kurze Wege für den Mittelstand zu ermöglichen; eine thematische Schwerpunktsetzung der Zentren bleibt davon unberührt



## 10 Quellenverzeichnis

### Literaturquellen

- Acatech 2011: Cyber-Physical Systems Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion. München
- Auffermann, Christiane; Kamagaev, Andreas; Nettsträter, Andreas; ten Hompel, Michael; Vastag, Alex; Verbeek, Kirsten; Wolf, Oliver: Cyber Physical Systems in der Logistik. EffizienzCluster Management GmbH (Hg.). Mülheim an der Ruhr
- Bartels, Jens 2014: Eine Fabrik für alle Fälle. In: Reflex Verlag GmbH (Hg.): Industrie 4.0. Die vierte industrielle Revolution. Berlin: Reflex Verlag GmbH, S. 15
- Bauer, Wilhelm, Prof. Dr. u. a. 2014: Industrie 4.0. Eine Revolution der Arbeitsgestaltung. Stuttgart
- Bauernhansl, Thomas; ten Hompel, Michael; Vogel-Heuser, Birgit 2014: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. Anwendung, Technologien, Migration. 1. Aufl. Wiesbaden: Springer
- Bauer, Wilhelm; Schlund, Sebastian; Marrenbach, Dirk; Ganschar, Oliver; BITKOM 2014: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (Hg.). Stuttgart
- Broy, M. (Hg.) 2010: Cyber-Physical Systems. Berlin, Heidelberg: Springer
- Bundesministerium für Bildung und Forschung - Referat IT Systeme (Hg.) 2012: Zukunftsbild „Industrie 4.0“. Bonn
- Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2014: Monitoring-Report Digitale Wirtschaft. Berlin
- Decker, Michael; Schiefer, Gunther; Bulander, Rebecca 2006: KMU-spezifische Herausforderungen bei der Entwicklung und dem Betrieb mobiler Dienste. In: Informatik für Menschen, INFORMATIK, Jahrestagung der Gesellschaft für Informatik, S. 195–201
- Dombrowski, Uwe 2009: Modernisierung kleiner und mittlerer Unternehmen. Ein ganzheitliches Konzept, Berlin: Springer
- Dombrowski, Uwe; Wagner, Tobias 2014: Arbeitsbedingungen im Wandel der Industrie 4.0. In: Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 109 (5), S. 351–355
- Forschungsunion; Acatech (Hg.) 2013: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0

- Gausemeier, Jürgen; Dumitrescu, Roman; Jasperneite, Jürgen; Kühn, Arno; Trsek, Henning; it's OWL Clustermanagement GmbH (Hg.) 2014: Auf dem Weg zu Industrie 4.0: Lösungen aus dem Spitzencluster it's OWL. Paderborn
- Gausemeier, Jürgen; Dumitrescu, Roman; Jasperneite, Jürgen; Kühn, Arno; Trsek, Henning 2014: Der Spitzencluster it's OWL auf dem Weg zur Industrie 4.0. In: Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 109 (5). München, S. 336–346
- Geissbauer, Reinhard, Dr.; Schrauf, Stefan; Koch, Volkmar; Kuge, Simon 2014: Industrie 4.0 - Chancen und Herausforderungen der vierten Industriellen Revolution
- Geisberger, Eva; Broy, Manfred 2012: Integrierte Forschungsagenda Cyber-Physical Systems. Hg. v. Eva Geisberger und Manfred Broy. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften. München, Berlin
- Gneuss, Michael 2014: Als die Werkstücke laufen lernten. In: Reflex Verlag GmbH (Hg.): Industrie 4.0. Die vierte industrielle Revolution. Berlin: Reflex Verlag GmbH, S. 3f
- Gneuss, Michael 2014: Industrie 4.0 - Die vierte industrielle Revolution, Berlin: Handelsblatt, Reflex Verlag
- Gorldt, C.; Pflaum, A. 2014: Auf dem Weg zur Industrie 4.0. Evolution oder Revolution. In: Industrie Management 30 (1), S. 15–18
- Güntner, Georg 2014: Instandhaltung 4.0. Bedürfnisse, Anforderungen und Trends in der Instandhaltung 4.0
- Heinrich, Lutz J.; Lehner, Franz 2005: Informationsmanagement: Planung, Überwachung und Steuerung der Informationsinfrastruktur. Oldenbourg
- Heuser, Lutz; Wahlster, Wolfgang (Hg.) 2011: Internet der Dienste. Berlin, Heidelberg: Springer
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut; Weyer, Johannes 2014: Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“. Arbeitspapier. Technische Universität, Dortmund. Wirtschafts- und Sozialwissenschaftliche Fakultät
- Horizon 2020- Workprogramme 2014-2015: General Annexes
- Horn, Manfred 2014: Industriearbeit 4.0. Hg. v. IG Metall Bezirk Nordrhein-Westfalen. Düsseldorf
- IKT.NRW Cluster Informations- und Kommunikationstechnologie (Hg.) 2013: IKT.NRW Roadmap 2020. Nordrhein-Westfalen auf dem Weg zum digitalen Industrieland
- Kagermann, Henning; Wahlster, Wolfgang; Helbig, Johannes (Hg.); Forschungsunion (Hg.) 2012: Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - Handlungsempfehlungen zur Umsetzung, Bericht der Promotorengruppe Kommunikation. Hg. v. Henning Kager-

mann, Wolfgang Wahlster und Johannes Helbig. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.. Berlin

- Kagermann, Henning; Wahlster, Wolfgang; Helbig, Johannes 2012: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Forschungsunion Wirtschaft und Wissenschaft. Berlin
- Kommission der europäischen Gemeinschaften, 2003: EMPFEHLUNG DER KOMMISSION vom 6. Mai 2003 betreffend die Definition der Kleinstunternehmen sowie der kleinen und mittleren Unternehmen (Bekannt gegeben unter Aktenzeichen K(2003) 1422) (Text von Bedeutung für den EWR) (2003/361/EG)
- LOCOM 2011: Logistische Herausforderungen für starke mittelständische Unternehmen. Professionalisierung in Planung und Controlling schafft Wettbewerbsvorteile
- Lucke, Dominik; Görzig, David; Kacir, Marvin; Volkmann, Johannes; Maist, Christoph; Sachsenmaier, Marco; Rentschlar, Hannes; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Hg.) 2014: Strukturstudie Industrie 4.0 für Baden-Württemberg – Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie. Stuttgart
- Mankins, John C. 1995: Technology Readiness Levels, A White Paper, NASA. Washington
- Münzberg, Ben; Kennemann, Marco; Berkholz, Daniel; Nyhuis, Peter 2009: Konsistente Gestaltung der Produktionslogistik, in: *ZWF Zeitschrift für wirtschaftlichen Fabrikbetrieb*, Band 104, Heft 5, S. 392–395
- Pierre Audoin Consultants (PAC) GmbH, Freudenberg IT SE & Co. KG 2014: IT Innovation Readiness Index
- Reflex Verlag GmbH (Hg.) 2014: Industrie 4.0. Die vierte industrielle Revolution. Berlin: Reflex Verlag GmbH
- Rußwurm, Siegfried 2013: Software: Die Zukunft der Industrie. In: Ulrich Sandler (Hg.): Industrie 4.0. Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM. Berlin: Springer-Vieweg, S. 21–36
- Schönauer, Inken 2014a: Smarte Fabrik braucht smarte Mitarbeiter. In: Reflex Verlag GmbH (Hg.): Industrie 4.0. Die vierte industrielle Revolution. Berlin: Reflex Verlag GmbH, S. 5

- 
- Schönauer, Inken 2014b: Werkstücke suchen eine Weltsprache. In: Reflex Verlag GmbH (Hg.): Industrie 4.0. Die vierte industrielle Revolution. Berlin: Reflex Verlag GmbH, S. 6
  - Schuh, Günther; Klappert, Sascha (Hg.) 2011: Technologiemanagement Handbuch Produktion und Management 2. 2. Aufl. Berlin: Springer
  - Schumacher, Hartmut 2014: Digitale Echtzeitproduktion lockt Datendiebe. In: Reflex Verlag GmbH (Hg.): Industrie 4.0. Die vierte industrielle Revolution. Berlin: Reflex Verlag GmbH, S. 10
  - Sandler, Ulrich 2013: Industrie 4.0. Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM (Systems Lifecycle Management). In: Ulrich Sandler (Hg.): Industrie 4.0. Beherrschung der industriellen Komplexität mit SysLM. Berlin: Springer-Vieweg, S. 1–19
  - Simon, Walter 2013: Blick in die Zukunft: Industrie 4.0. In: Industrial Engineering (2), S. 38–40
  - Spath, Dieter; Ganschar, Oliver; Gerlach, Stefan; Hämmerle, Moritz; Krause, Tobias; Schlund, Sebastian 2013: Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Hg. v. D. Spath. Fraunhofer-Institut für Arbeitswissenschaft und Organisation IAO.
  - Stahl, Heinz K. und Reinhard J. Ambros 2005: Vernetzte Unternehmen. Wirkungsvolles Agieren in Zeiten des Wandels, Bd. 2. Berlin: Kolleg für Leadership und Management
  - Ten Hompel, Michael; Henke, Michael 2014: Logistik 4.0. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik; S. 615–624
  - Trommsdorff, Volker; Steinhoff, Fee 2013: Innovationsmarketing. 2. Aufl. : Vahlen
  - VDI/VDE 2013: Cyber-Physical Systems. Chancen und Nutzen aus Sicht der Automation. Hg. v. VDI/VDE Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (Thesen und Handlungsfelder)
  - VDI/VDE Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (Hg.) unter Mitarbeit von Schleipen, Miriam 2014b: Glossar Industrie 4.0 des Fachausschuss VDI/VDE-GMA 7.21 „Industrie 4.0“
  - VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (Hg.) 2014: Industrie 4.0 - CPS-basierte Automation, VDI/VDE Statusreport
  - Voigt, Stefan; Staiger, Mark; Finke, Ina; Orth, Ronald 2006: Wissensmanagement in produzierenden KMU. Bedeutung und Herausforderungen, Studie im Rahmen des Verbundprojektes ProWis

- Westkämper, Engelbert 1999: Die Wandlungsfähigkeit von Unternehmen. In: wt Werkstattstechnik online 89 (4), S. 131–140
- Wischmann, Steffen, Dr.; Wangler, Leo, Dr.; Botthoff, Alfons 2015: Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hg.). Berlin
- Wolff, Ingo; Schulze, Siegfried, Clustermanagement IKT.NRW (Hg) 2013: Industrie 4.0. Cyber Physical Systems in der Produktion

#### Internetquellen

- Bundesministerium für Bildung und Forschung (Hg.) 2015: Selbstbestimmt und sicher in der digitalen Welt. Abgerufen von [http://www.bmbf.de/pub/Forschungsrahmenprogramm\\_IT\\_Sicherheit.pdf](http://www.bmbf.de/pub/Forschungsrahmenprogramm_IT_Sicherheit.pdf) (zuletzt zugegriffen am 11.3.2015)
- Maaß, Frank; Führmann Bettina 2012: Innovationstätigkeit im Mittelstand. Messung und Bewertung, IFM-Materialien Nr. 212. Abgerufen von <http://www.ifm-bonn.org/statistiken/mittelstand-im-einzelnen/#accordion=0&tab=4>
- Malshe, Ashwin, Prof.; Eekhoff, Johann, Prof. Dr. 2012: Triebwerk des Erfolgs – der deutsche Mittelstand im Fokus. Abgerufen von [http://www.ifm-bonn.org/uploads/tx\\_ifmstudies/GE\\_Capital-\\_2013.pdf](http://www.ifm-bonn.org/uploads/tx_ifmstudies/GE_Capital-_2013.pdf) (zuletzt zugegriffen am 7. Dezember 2014)
- Rickmann, Hagen 2014: Industrie 4.0 - oder wenn Töchter attraktiver werden als die Mutter. Hg. v. Huffington Post. Abgerufen von [http://www.huffingtonpost.de/hagen-rickmann/industrie-40-oder-wenn-to\\_b\\_5025782.html](http://www.huffingtonpost.de/hagen-rickmann/industrie-40-oder-wenn-to_b_5025782.html) (zuletzt aktualisiert am 26.05.2014)
- Riemer, Kai 2012: Bullwhip-Effekt. Abgerufen von <http://www.enzyklopaedie-der-wirtschaftsinformatik.de/wi-enzyklopaedie/lexikon/informationssysteme/crm-scm-und-electronic-business/Supply-Chain-Management/Planung-in-Lieferketten-und-netzwerken/Bullwhip-Effekt> (zuletzt zugegriffen am 28.04.2015, zuletzt aktualisiert am 25.10.2012)

---

## Weitere

- Bettenhausen, Kurt D. 2014: Industrie 4.0 – Wertschöpfungsprozesse verbinden. Statement zum VDI-Pressegespräch anlässlich der VDI-Tagung „Industrie 4.0“. Maritim-Hotel Düsseldorf. Protokoll vom 04.02.2014. Düsseldorf
- Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO 2014: Industrie 4.0 Ready Services Technologietrends 2020 - Ergebnisse einer Kurzbefragung auf der Messe Maintain
- GfK Enigma GmbH 2014: Umfrage in mittelständischen Unternehmen zum Thema Digitalisierung. Bedeutung für den Mittelstand im Auftrag der DZ Bank, Juli/August 2014

# 11 Annex

## 11.1 Teilnehmerliste Evaluierungsworkshop I

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Prof. Dr. Beate Bender       | Ruhr-Universität Bochum, Fakultät Maschinenbau |
| Reiner Bildmayer             | SAP  |
| Matthias Blum                | FIR Aachen                                     |
| Andreas Börner               | FEYNSINN                                       |
| Nomo Braun                   | agiplan GmbH                                   |
| Stefan Braun                 | Zenit  |
| Peter Ebbesmeyer             | it's OWL                                       |
| Dr. Manfred Fellbaum         | agiplan GmbH                                   |
| Hendrik Franke               | FDBR - Fachverband Anlagenbau                  |
| Stefan Funk                  | ME services                                    |
| Dr. Kay Fürstenberg          | Sick   |
| Emanuel Fuss                 | IML  |
| Alexander Goloverov          | agiplan GmbH                                   |
| Andreas Hees                 | Fraunhofer IWU                                 |
| Tobias Hegmanns              | IML  |
| Thorsten Hülsmann            | ECM  |
|                              | Fraunhofer-Anwendungszentrum Industrial Auto-  |
| Prof. Dr. Jürgen Jasperneite | mation   |
| Felix Jordan                 | FIR Aachen                                     |
| Harald Kesberg               | Kesberg Consulting                             |
| Christopher Kirsch           | IML  |
| Thorsten Kirschner           | GS1  |
| Joachim Klein                | Liebherr-Werk Biberach GmbH                    |
| Werner Kohnert               | DLR PT   |
| Mario Leupold                | Innovationszentrum Niedersachsen GmbH          |
| Reinhard Maaß                | FDBR - Fachverband Anlagenbau                  |
| Ulrich Marl                  | Lenord, Bauer & Co. GmbH                       |
| Dr. Jens Meinschien          | LIMO Lissotschenko Mikrooptik GmbH             |
| Peter Mies                   | miguss - Peter Mies GmbH                       |
| Reiner Missale               | T-Systems                                      |

---

|                               |  |
|-------------------------------|--|
| Marc Neumann                  | Ruhr-Universität Bochum, Fakultät Maschinenbau |
| Roland Nolte                  | ProduktionNRW/VDMA NRW                         |
| Ludwig Oesterlein             | Europipe GmbH                                  |
| Christian Prasse              | IML  |
| Doris Scheffler               | Zenit  |
| Christoph Taphorn             | agiplan GmbH                                   |
| Dr. Andreas Werner            | Beumer Maschinenfabrik                         |
| Prof. Dr. Walter Wincheringer | FH Koblenz                                     |
| Dr. Rainer Zimmermann         | Europäische Kommission                         |

## 11.2 Nationale Studien und Thesenpapiere zu Industrie 4.0

- Acatech 2011: Cyber-Physical Systems Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion. München
- Bauer, Wilhelm; Schlund, Sebastian; Marrenbach, Dirk; Ganschar, Oliver; BITKOM; Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (Hg.) 2014: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland
- Broy, Manfred (Hg.) 2010: Cyber-Physical Systems. Berlin, Heidelberg : Springer
- Bundesministerium für Bildung und Forschung - Referat IT Systeme (Hg.) 2012: Zukunftsbild „Industrie 4.0“ Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO 2014: Industrie 4.0 Ready Services Technologietrends 2020 - Ergebnisse einer Kurzbefragung auf der Messe Maintain 2014
- Gausemeier, Jürgen; Dumitrescu, Roman; Jasperneite, Jürgen; Kühn, Arno; Trsek, Henning; it's OWL Clustermanagement GmbH (Hg.) 2014: Auf dem Weg zu Industrie 4.0: Lösungen aus dem Spitzencluster it's OWL Handelsblatt 2014: Industrie 4.0 - Die vierte industrielle Revolution. Berlin: Reflex Verlag
- Geisberger, Eva; Broy, Manfred (Hg.); acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, (Hg.) 2012: agendaCPS, acatech STUDIE. Bd. 1. Berlin, Heidelberg : Springer
- Heinrich, Lutz J.; Lehner, Franz 2005: Informationsmanagement: Planung, Überwachung und Steuerung der Informationsinfrastruktur: Oldenbourg
- Heuser, Lutz; Wahlster, Wolfgang (Hg.) 2011: Internet der Dienste. Berlin, Heidelberg : Springer
- IKT.NRW Cluster Informations- und Kommunikationstechnologie (Hg.) 2013: IKT.NRW ROADMAP 2020
- Kagermann, Henning; Wahlster, Wolfgang; Helbig, Johannes (Hg.) 2012; Forschungsunion (Hg.): Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - Handlungsempfehlungen zur Umsetzung, Bericht der Promotorengruppe Kommunikation
- Lucke, Dominik; Görzig, David; Kacir, Marvin; Volkmann, Johannes; Maist, Christoph; Sachsenmaier, Marco; Rentschlar, Hannes; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Hg.) 2014: Strukturstudie Industrie 4.0 für Baden-Württemberg – Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie
- Schuh, Günther; Klappert, Sascha (Hg.) 2011: Technologiemanagement Handbuch Produktion und Management 2. 2. Aufl. : Springer

- 
- Ten Hompel, Michael; Henke, Michael 2014: Logistik 4.0. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (Hg.) 2014: Industrie 4.0 - CPS-basierte Automation, VDI/VDE Statusreport
  - Trommsdorff, Volker; Steinhoff, Fee 2013: Innovationsmarketing. 2. Aufl.: Vahlen

### 11.3 Steckbriefe - Förderprogramme zu Industrie 4.0

#### 11.3.1 Industrielle Gemeinschaftsforschung AiF

|                             |  |
|-----------------------------|--|
| <b>Programm</b>             | Industrielle Gemeinschaftsforschung AiF  |
| <b>Vorläuferprogramm(e)</b> | Die öffentliche Förderung erfolgt seit der Gründung der AiF im Jahr 1954   |
| <b>Zielsetzung</b>          | Förderfähig sind wissenschaftlich-technische Forschungsvorhaben, die unternehmensübergreifend ausgerichtet sind, neue Erkenntnisse vor allem im Bereich der Erschließung und Nutzung moderner Technologien erwarten lassen und insbesondere der Gruppe der KMU wirtschaftliche Vorteile bringen können. Die Anträge zu den Forschungsvorhaben müssen Vorschläge für den Transfer in die Wirtschaft, Aussagen zur Umsetzbarkeit und zur wirtschaftlichen Bedeutung einschließen. Branchenübergreifende Projekte können einen Bonus erhalten, sofern alle Gutachter zu dem Urteil kommen, dass die Fördervoraussetzungen mit einem interdisziplinären Ansatz in besonderer Weise erfüllt sind. Solche Projekte sollen von mehreren Forschungsvereinigungen getragen und müssen von mindestens zwei Forschungsstellen mit unterschiedlichem Profil bearbeitet werden. |
| <b>Zielgruppe</b>           | Anträge auf Förderung von Vorhaben der Industriellen Gemeinschaftsforschung können ausschließlich durch ordentliche Mitglieder der AiF gestellt werden. Dies sind industrielle Forschungsvereinigungen, in denen sich Unternehmen innerhalb einzelner Branchen oder Technologiefelder zwecks gemeinsamer Forschung zusammengeschlossen haben. Unternehmen oder Forschungsstellen können Themenvorschläge für Vorhaben der Gemeinschaftsforschung an diese gemeinnützigen Forschungsvereinigungen richten.  |

| Förderart, Budget und Zeitraum | Unternehmensgröße   | Einzelprojekte | Kooperationsprojekte | Kooperationsprojekte mit internationalen Partner |
|--------------------------------|---|----------------|----------------------|--|
|                                | kleine Unternehmen in den neuen Bundesländern <sup>71</sup> | 45%            | 50%                  | 55%  |
|                                | kleine Unternehmen in den alten Bundesländern               | 40%            | 45%                  | 55%  |
|                                | mittlere Unternehmen <sup>72</sup>                          | 35%            | 40%                  | 50%  |
|                                | mittelständische Unternehmen <sup>73</sup>                  | 25%            | 30%                  | 40%  |

Gefördert werden ausschließlich Personalkosten sowie Kosten für projektbezogene Aufträge an Dritte sowie FuE-Aufträge. Die übrigen Kosten sind mit einer Pauschale von bis zu 100 % auf die förderfähigen Personalkosten abgegolten.

Die Projektkosten sind auf 380.000 EUR je teilnehmendem Unternehmen (190.000 EUR je Forschungseinrichtung) begrenzt.

Das Budget betrug ca. 550 Mio. EUR in 2014. Für die Folgejahre ist mit ähnlichen Größenordnungen zu rechnen.

Eine Einreichung ist fortlaufend möglich. Der Bewilligungszeitraum ist mit 2-3 Monaten sehr kurzfristig. Wenn ein prüffähiger, also vollständiger Antrag vorliegt, ist ein sogenannter förderunschädlicher, vorzeitiger Beginn, also ein Projektstart, bei dem die Kosten nachträglich geltend gemacht werden können, natürlich auf eigenes Risiko möglich.

**I 4.0 Relevanz**

Eine spezielle Ausrichtung auf I 4.0 liegt nicht vor. Allerdings verfügt die AiF über eine einzigartige Infrastruktur für den Transfer des Wissens in die Unternehmen: Mit rund 100 Forschungsvereinigungen aus den unterschiedlichsten Industriebranchen und Technologiefeldern werden jährlich mehrere Tausend Forschungsprojekte gemanagt.

<sup>71</sup> Als kleine Unternehmen gelten nach der VO (EU) 651/2014 Anhang 1 Artikel 2 Nr. 2 Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigten und einer Jahresbilanzsumme von höchstens 10 Mio. € oder einem Jahresumsatz von höchstens 10 Mio. €

<sup>72</sup> Als mittlere Unternehmen gelten nach der VO (EU) 651/2014 Anhang 1 Artikel 2 Nr. 1 i. V. m. Nr. 2 Unternehmen von 50 bis zu weniger als 250 Beschäftigte und einer Jahresbilanzsumme von höchstens 43 Mio. € oder einem Jahresumsatz von höchstens 50 Mio. €.

<sup>73</sup> Mittelständische Unternehmen (Sonderfall im Gegensatz zur EU-Definition von KMU) sind Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigten (einschl. verbundenen und Partnerunternehmen) sowie unter 50 Mio. Jahresumsatz.

| <p><b>KMU Bezug</b></p>  | <p>Die Arbeitsgemeinschaft industrieller Forschungsvereinigungen "Otto von Guericke" e.V. ist eine industriegetragene Organisation mit dem Ziel, Forschung für den Mittelstand zu initiieren, den wissenschaftlichen Nachwuchs und Fachkräfte auf innovativen Gebieten zu qualifizieren sowie den Austausch über die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung zu organisieren.</p> <p>Schätzungsweise 50.000 vorwiegend mittelständische Unternehmen profitieren von den Forschungsergebnissen unter dem Dach der AiF.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <p><b>Technologiefokus</b><br/>[Gibt es einen technologischen Fokus und welcher TRL wird adressiert?]</p>                            | <p>Technologiefokus:</p> <p>Das Programm ist komplett themenoffen. Daher ist kein Technologiefokus auszumachen.</p> <p><i>Technology Readiness Level:</i></p> <table border="1" data-bbox="488 983 1262 1072"> <thead> <tr> <th>TRL 1</th> <th>TRL 2</th> <th>TRL 3</th> <th>TRL 4</th> <th>TRL 5</th> <th>TRL 6</th> <th>TRL 7</th> <th>TRL 8</th> <th>TRL 9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> </tr> </tbody> </table> | TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 | □ | □ | ● | ● | ● | ● | □ | □ | □ |
| TRL 1  | TRL 2   | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| □  | □   | ●     | ●     | ●     | ●     | □     | □     | □     |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p><b>Welche Anwendungshemmnisse werden adressiert?</b></p>  | <p>Portfolio mit Förderinstrumenten entlang der gesamten Wertschöpfungskette, von der Grundlagenforschung bis hin zur firmeneigenen Umsetzung in Produkte und Verfahren.</p>  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p><b>Welche Potenziale sollen gehoben werden?</b><br/>[Nutzenversprechen]</p> <p><b>Welche Risiken sollen minimiert werden?</b></p> | <p>Das Herzstück der AiF ist die Industrielle Gemeinschaftsforschung (IGF). Sie füllt die Lücke zwischen Grundlagenforschung und wirtschaftlicher Anwendung. Hier werden neue Technologien für ganze Wirtschaftszweige oder oft branchenübergreifend aufbereitet. Unternehmen begleiten die Forschungsarbeiten, die sich an ihren Bedürfnissen und Interessen orientieren. Die IGF-Ergebnisse stehen allen Interessierten offen zur Verfügung. Sie sind die Vorstufe für firmenspezifische Entwicklungen.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

### Technology Readiness Level TRL

|       |  |
|-------|--|
| TRL 1 | Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8-15 Jahre)                |
| TRL 2 | Beschreibung der Anwendung einer Technologie                                   |
| TRL 3 | Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5-13 Jahre) / Machbarkeit |
| TRL 4 | Versuchsaufbau im Labor  |
| TRL 5 | Versuchsaufbau in Einsatzumgebung  |
| TRL 6 | Prototyp in Einsatzumgebung  |
| TRL 7 | Prototyp im Einsatz (1-5 Jahre)  |
| TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich  |
| TRL 9 | Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes                 |

### Gewichtung

|   |  |
|---|--|
|  | Level mit großem Umfang an Projektinhalten (Schwerpunkt) |
|  | Level mit mittlerem Umfang an Projektinhalten            |
|  | Level mit keinem oder kleinem Umfang an Projektinhalten  |

### 11.3.2 AUTONOMIK

|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| <b>Programm</b>                       | <p>AUTONOMIK: Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand"</p> <p>(Fördermittelgeber BMWi, Projektträger DLR, Begleitforschung VDI /VDE)</p>   |
| <b>Vorläuferprogramm(e)</b>           | <p>-</p>  |
| <b>Zielsetzung</b>                    | <p>Ein wesentliches Ziel des Förderschwerpunktes liegt darin, die Entwicklung und Erprobung autonomer Systeme als Bausteine eines zukünftigen Internets der Dinge in konkreten Anwendungsbereichen voranzutreiben. Dazu sind verfügbare, grundlegende Methoden z. B. zur Visualisierung, Modellierung, Simulation, Entscheidungsfindung oder Modularisierung zu nutzen und für spezifische Anwendungen bzw. Szenarien fortzuentwickeln.</p> |
| <b>Zielgruppe</b>                     | <p>Zielgruppen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Industrieunternehmen             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Großunternehmen (GU)</li> <li>▪ kleine und mittlere Unternehmen (KMU)</li> </ul> </li> <li>▪ Forschungseinrichtungen</li> </ul>   |
| <b>Förderart, Budget und Zeitraum</b> | <p>Das Fördervolumen beträgt zusammen ca. 50 Mio. Euro. Einschließlich des Eigenanteils der Partner wird ein FuE-Investitionsvolumen von ca.100 Mio. Euro mobilisiert</p> <p>Start: 2010</p>  |
| <b>I 4.0 Relevanz</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Recht und funktionale Sicherheit in der AUTONOMIK</li> <li>▪ Multimodale Sensorik - Konzepte der Umwelterkennung/ -modellierung</li> <li>▪ Mensch-Technik-Interaktion</li> <li>▪ "Betriebssystem" für Smarte Objekte/Systeme</li> <li>▪ Architektur-Referenzmodell für das Internet der Dinge</li> </ul>   |

| <p><b>KMU Bezug</b></p>   | <p>Gefördert werden im vorwettbewerblichen Bereich liegende anwendungsorientierte Verbundvorhaben, die vor allem die wirtschaftliche Leistungskraft des Mittelstands und die Standortattraktivität in Deutschland stärken.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <p><b>Technologiefokus</b><br/> <b>[Gibt es einen technologischen Fokus und welcher TRL wird adressiert?]</b></p> | <p>Technologiefokus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Offene, allgemein zugängliche Werkzeugen und Dienste als Basis für die Entwicklung, den Aufbau und Betrieb autonomer Systeme (z. B. zur Umwelterkennung, zur Simulation, zur Visualisierung, für die Prozessmodellierung)</li> <li>▪ Standards und Architekturmodelle für die Modularisierung mit entsprechenden Komponententechnologien, soweit nicht vorhanden (<i>plug&amp;play</i>)</li> <li>▪ Mechanismen für die Kopplung von Simulation (virtuelles Modell) und Wirklichkeit</li> <li>▪ Standards für die Beschreibung von Fähigkeiten (<i>Skills</i>) autonomer Systeme und die Bereitstellung von Diensten, die „Wissen“ über die Bewältigung von Anwendungssituationen und -szenarien verfügbar machen. Solche Wissensdatenbanken (bzw. <i>Skill</i>-Datenbanken) können eine wichtige Grundlage für neue eigenständige Geschäftsmodelle bilden,</li> <li>▪ generische Schnittstellen zur Programmierung, Bedienung und Interaktion (standardisierte Mensch-Maschine Schnittstellen),</li> <li>▪ Lösungen zur Integration autonomer Systeme in bestehende Anwendungen, Infrastrukturen und Wertschöpfungsketten (z. B. im Bereich Montage, Baustellenlogistik) mit entsprechenden Standards im Sinne von „<i>plug&amp;play</i>“ bzw. zur Selbstkonfiguration,</li> <li>▪ Methoden zur Erhöhung von Nutzerfreundlichkeit und Akzeptanz.</li> </ul> <p><i>Technology Readiness Level:</i></p> <table border="1" data-bbox="596 1818 1369 1906"> <thead> <tr> <th>TRL 1</th> <th>TRL 2</th> <th>TRL 3</th> <th>TRL 4</th> <th>TRL 5</th> <th>TRL 6</th> <th>TRL 7</th> <th>TRL 8</th> <th>TRL 9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> </tr> </tbody> </table> | TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 | □ | □ | ● | ● | ● | ● | □ | □ | □ |
| TRL 1   | TRL 2  | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| □   | □  | ●     | ●     | ●     | ●     | □     | □     | □     |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|   |   |
|---|---|
| <p><b>Welche Anwendungshemmnisse werden adressiert?</b></p>   | <p>Ziel ist die Entwicklung von prototypischen Systemen und Lösungen, die in verschiedenen Anwendungsbereichen Machbarkeit, Nutzen und ökonomische Tragfähigkeit demonstrieren. Mit der angestrebten Autonomie sind insbesondere Fähigkeiten von Systemen gemeint, Verhaltensweisen entsprechend wechselnden und neuen Situationen, Umgebungen oder Aufgabenstellungen eigenständig anzupassen.</p>   |
| <p><b>Welche Potenziale sollen gehoben werden?</b><br/>[Nutzenversprechen]<br/><b>Welche Risiken sollen minimiert werden?</b></p> | <p>Gestaltung ganz neuer Geschäftsmodelle auf Grundlage der internetbasierten Vernetzung von intelligenten Objekten in einem zukünftigen Internet der Dinge.</p> <p>Es gilt, die Chancen dieser Entwicklung frühzeitig aufzugreifen und Deutschland in diesem Segment in eine Spitzenposition zu bringen.</p> <p>Die angestrebten Entwicklungen umfassen u. a. Technologien aus den Bereichen Service-Robotik, Automatisierung, Objekterkennung, Lokalisierung, Identifizierung, Sensorik, (drahtlose) Kommunikation oder auch Mensch-Maschine-Schnittstellen. Zudem sollen zentrale Fragen der Gewährleistung, Haftung und Sicherheit autonomer Prozesse und Systeme behandelt werden.</p> |

*Technology Readiness Level TRL*

|       |  |
|-------|--|
| TRL 1 | Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8-15 Jahre)                |
| TRL 2 | Beschreibung der Anwendung einer Technologie                                   |
| TRL 3 | Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5-13 Jahre) / Machbarkeit |
| TRL 4 | Versuchsaufbau im Labor  |
| TRL 5 | Versuchsaufbau in Einsatzumgebung  |
| TRL 6 | Prototyp in Einsatzumgebung  |
| TRL 7 | Prototyp im Einsatz (1-5 Jahre)  |
| TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich  |
| TRL 9 | Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes                 |

Gewichtung

|   |   |
|---|---|
| ● | Level mit großem Umfang an Projekteinhalten (Schwerpunkt) |
| ● | Level mit mittlerem Umfang an Projekteinhalten            |
| □ | Level mit keinem oder kleinem Umfang an Projekteinhalten  |

### 11.3.3 AUTONOMIK für Industrie 4.0

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Programm</b>                       | AUTONOMIK für Industrie 4.0<br>(Fördermittelgeber BMWi, Projektträger DLR, Begleitforschung VDI /VDE)  |
| <b>Vorläuferprogramm(e)</b>           | AUTONOMIK – autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand<br>(Fördermittelgeber BMWi)   |
| <b>Zielsetzung</b>                    | Ziel ist es, Deutschlands Spitzenstellung als hochwertiger Produktionsstandort und als Anbieter für modernste Produktionstechnologien zu stärken. Das Technologieprogramm des BMWi leistet damit einen wichtigen Beitrag zur Umsetzung des Zukunftsprojektes Industrie 4.0 der Bundesregierung |
| <b>Zielgruppe</b>                     | Zielgruppen sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Industrieunternehmen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Großunternehmen (GU)</li> <li>▪ kleine und mittlere Unternehmen (KMU)</li> </ul> </li> <li>▪ Forschungseinrichtungen</li> </ul>                                       |
| <b>Förderart, Budget und Zeitraum</b> | Zuschuss, ca. 40 Mio. €.; 2013 bis 2016<br><br>Für Unternehmen der gewerblichen Wirtschaft kann die Förderung je nach Marktnähe der zu entwickelnden Lösungen 25 % - 50 % der zuwendungsfähigen Gesamtkosten betragen.   |
| <b>I 4.0 Relevanz</b>                 | Mit dem Technologieprogramm „AUTONOMIK für Industrie 4.0“ sollen modernste I&K-Technologien mit der industriellen Produktion unter Nutzung von Innovationspotenzialen verzahnt und die Entwicklung innovativer Produkte beschleunigt werden.   |
| <b>KMU Bezug</b>                      | KMU werden höher gefördert. In allen Verbundprojekten nehmen auch KMU teil.  |

### Technologiefokus

[Gibt es einen technologischen Fokus und welcher TRL wird adressiert?]

Technologiefokus:

- Vernetzung der Produktionsanlage – Entwicklung von Schnittstellen zur Automatisierung – Assistenzfunktion in Form von Informations- und Kommunikationstechnologien
- Entwicklung einer dezentralen Produktionsplanung und -steuerung durch Vernetzung und Selbstorganisation von Maschinen
- Entwicklung von Steuerungssystemen für autonom agierende Baumaschinen und Anlagen.
- Mensch-Roboter Interaktion in der automatisierten Einzelstückfertigung
- Entwicklung von robotergestützten Automatisierungssystemen durch standardisierte Schnittstellen
- Assistenzsystem für die Montage, das während der Bearbeitung den Beschäftigten kontrolliert und Hilfestellungen gibt.
- Kombination von neuen Methoden der Handlungsplanung und -simulation sowie die Roboterprogrammierung mit modernen Verfahren der Arbeitswissenschaften
- Überwachung von Beschäftigten und Maschine zur Arbeitssicherheit
- neuartige Fertigungssysteme zur Herstellung von individuellen Produkten
- vollautomatische Inventur durch autonome Flugroboter
- Geschäftsmodellentwicklung
- Autonom handelnde fahrerlose Transportfahrzeuge
- Entwicklung einer Scan-Technologie für die 3D-Abbildung von Kunstobjekten
- *plug&play* in der Produktion
- Mobile Assistenzsysteme in der Intelligenten Produktion

|  | <p><i>Technology Readiness Level:</i></p> <p>TLR-Einstufung des Forschungsprogramms</p> <table border="1" data-bbox="596 427 1367 533"> <thead> <tr> <th>TRL 1</th> <th>TRL 2</th> <th>TRL 3</th> <th>TRL 4</th> <th>TRL 5</th> <th>TRL 6</th> <th>TRL 7</th> <th>TRL 8</th> <th>TRL 9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> </tr> </tbody> </table> | TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 | □ | □ | □ | ● | ● | ● | □ | □ | □ |
|--|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TRL 1  | TRL 2  | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| □  | □  | □     | ●     | ●     | ●     | □     | □     | □     |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p><b>Welche Anwendungshemmnisse werden adressiert?</b></p>  | <p>Im Rahmen des Autonomik 4.0 Programms werden hauptsächlich technologische Herausforderungen adressiert. Die Anwendungshemmnisse, Rolle des Menschen, IT-Sicherheit, Normung und Standardisierung und fehlende Rechtssicherheit sind nicht Inhalt expliziter Forschungsprojekte werden aber im Rahmen von Querschnittsthemen durch die Begleitforschung abgedeckt.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p><b>Welche Potenziale sollen gehoben werden?</b><br/> <b>[Nutzenversprechen]</b><br/> <b>Welche Risiken sollen minimiert werden?</b></p> | <p>Das Forschungsprogramm adressiert den grundlegenden Paradigmenwechsel von einer zentralen zu einer dezentralen, augmentierten Steuerung mit dem Ziel einer hochflexiblen Produktion individualisierter, digital veredelter Produkte und Dienste. Klassische Branchengrenzen verschwinden, es entstehen neue, übergreifende Handlungsfelder und Kooperationsformen. Wertschöpfungsprozesse verändern sich, die Arbeitsteilung wird neu organisiert.<sup>74</sup></p> <p>Durch die Zuschussförderung soll explizit das wirtschaftliche Risiko der beteiligten Unternehmen bei der Entwicklung von Industrie 4.0 Technologien minimiert werden.</p>  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

<sup>74</sup> Aus dem Ausschreibungstext zum Forschungsprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0

|       |  |
|-------|--|
| TRL 1 | Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8-15 Jahre)                |
| TRL 2 | Beschreibung der Anwendung einer Technologie                                   |
| TRL 3 | Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5-13 Jahre) / Machbarkeit |
| TRL 4 | Versuchsaufbau im Labor  |
| TRL 5 | Versuchsaufbau in Einsatzumgebung  |
| TRL 6 | Prototyp in Einsatzumgebung  |
| TRL 7 | Prototyp im Einsatz (1-5 Jahre)  |
| TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich  |
| TRL 9 | Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes                 |

Gewichtung

|   |   |
|---|---|
| ● | Level mit großem Umfang an Projekteinhalten (Schwerpunkt) |
| ● | Level mit mittlerem Umfang an Projekteinhalten            |
| □ | Level mit keinem oder kleinem Umfang an Projekteinhalten  |

### 11.3.4 Forschung für die Produktion von morgen

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <p><b>Programm</b></p>             | <p>Forschung für die Produktion von morgen<br/>(Fördermittelgeber BMBF, Projektträger DLR, Begleitforschung VDI /VDE)</p>   |
| <p><b>Vorläuferprogramm(e)</b></p> | <p>BMBF-Rahmenkonzept „Produktion 2000“ (1995-1999)</p>   |
| <p><b>Zielsetzung</b></p>          | <p>Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert mit der Programmlinie "Forschung für die Produktion von morgen" kooperative vorwettbewerbliche Forschungsvorhaben zur Stärkung der Produktion in Deutschland. Die Sicherung der Innovationsführerschaft deutscher Unternehmen im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus ist dabei ein wichtiges Ziel. Forschung in und mit kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) wird besonders gefördert.</p> <p>Zukunftsorientierung</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Spitzentechnologie, Erreichbarkeit einer Weltspitzenposition</li> <li>▪ Neue Fragestellungen und innovative Lösungsansätze</li> <li>▪ Risikoreiche Vorhaben</li> </ul> <p>Volkswirtschaftliche Relevanz</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit der deutschen Industrie, Stärkung des produzierenden Bereiches in den neuen Ländern</li> <li>▪ Erhöhung der Innovationskraft kleiner und mittlerer Unternehmen, Einbindung von jungen Technologiefirmen</li> <li>▪ Schaffung und Erhalt von Arbeitsplätzen</li> <li>▪ Nachhaltigkeit, ressourcenschonende Produktionsformen, umwelt- und sozialverträgliche Entwicklungen</li> </ul> |

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Zielgruppe</b>                     | <p>Zielgruppen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Industrieunternehmen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Großunternehmen (GU)</li> <li>▪ kleine und mittlere Unternehmen (KMU)</li> </ul> </li> <li>▪ Forschungseinrichtungen</li> </ul>  |
| <b>Förderart, Budget und Zeitraum</b> | <p>Die Förderung erfolgt auf der Basis von Zuschüssen. Für die Bemessung der Beihilfeintensität in den unterschiedlichen Forschungskategorien gelten generell die nationalen Vorschriften sowie der EU-Gemeinschaftsrahmen für staatliche Beihilfen für FuEul (2006/C 323/01) in der Fassung vom 30.12.2006, die zurzeit (Stand: 2008) folgende Abstufungen vorsehen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ bis 100% für Grundlagenforschung</li> <li>▪ bis 50% für „industrielle Forschung“,</li> <li>▪ bis 25% für „experimentelle Entwicklung“.</li> </ul> <p>Zeitraum: 2001 - laufend</p> |
| <b>I 4.0 Relevanz</b>                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Vernetzte Entwicklung</li> <li>▪ Werkzeuge zur integrierten Produkt- und Prozessentwicklung</li> <li>▪ Verfahren und Einrichtungen zur schnellen Herstellung funktionstüchtiger Prototypen</li> <li>▪ Flexibel konfigurierbare Maschinen und Produktionssysteme</li> <li>▪ Integrieren und Verkürzen von Prozessketten</li> <li>▪ Management der Kooperation in Unternehmensnetzen</li> <li>▪ Produzieren in regionalen Unternehmensnetzen</li> </ul>   |
| <b>KMU Bezug</b>                      | <p>Für kleine und mittlere Unternehmen (KMU im Sinne der jeweils aktuellen Richtlinien der EU-Kommission) kann die Beihilfeintensität um bis zu 10 % bei mittleren Unternehmen und bis zu 20 % bei kleinen Unternehmen erhöht werden (Amtsblatt der EU L 124 vom 20.05.2003)</p>   |

## Technologiefokus

[Gibt es einen technologischen Fokus und welcher TRL wird adressiert?]

Technologiefokus:

- Innovation durch verstärkte Einbindung von Software
- Innovation durch Miniaturisierung
- Innovation durch Integration von Produkt, Produktion und Dienstleistung
- Wissensmanagement
- Vernetzte Entwicklung
- Werkzeuge zur integrierten Produkt- und Prozessentwicklung
- Verfahren und Einrichtungen zur schnellen Herstellung funktionstüchtiger Prototypen
- Flexibel konfigurierbare Maschinen und Produktionssysteme
- Grenzwertorientierte Prozessgestaltung
- Integrieren und Verkürzen von Prozessketten
- Wertschöpfungspartner in Unternehmensnetzen
- Management der Kooperation in Unternehmensnetzen
- Produzieren in regionalen Unternehmensnetzen
- Nutzung von Informationsnetzen für Geschäftsprozesse
- Arbeitskräfte für die Produktion von morgen
- Neue Methoden zur Gestaltung industrieller Arbeit
- Organisation im lern- und wandlungsfähigen Unternehmen
- Menschengerechte Gestaltung von Produktionssystemen

*Technology Readiness Level:*

| TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| ●     | ●     | ●     | ●     | □     | □     | □     | □     | □     |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Welche Anwendungshemmnisse werden adressiert?</b></p>  | <p>Cyber-Physische-Systeme verfügen - in Erweiterung zu heutigen mechatronischen Systemen - über intelligente Sensoren zur Wahrnehmung ihrer Umwelt und über Aktoren, mit denen sie diese beeinflussen können. Sie unterscheiden sich von bestehenden technischen Systemen jedoch durch die Fähigkeit, mit ihrer Umgebung zu interagieren, das eigene Verhalten in Abhängigkeit der Umwelt zu planen und anzupassen sowie neue Verhaltensweisen und -strategien zu erlernen und sich somit selbst zu optimieren. Solche „smarten“ Fähigkeiten haben nicht nur Maschinen, sondern auch Produkte und Module, und zwar auch dann, wenn sie sich noch im Entstehungsprozess befinden. Damit haben diese Produkte bereits im Entstehungsprozess die Fähigkeit, das Produktionssystem selbst zu steuern. Neben der Erhöhung der Intelligenz technischer Systeme in der Produktion steht insbesondere auch die Interaktion zwischen Anwender und Maschine in der realen und virtuellen Produktionsumgebung im Mittelpunkt der Forschungsarbeiten.</p> |
| <p><b>Welche Potenziale sollen gehoben werden?</b><br/> <b>[Nutzenversprechen]</b><br/> <b>Welche Risiken sollen minimiert werden?</b></p> | <p>Die steigenden Anforderungen hinsichtlich Komplexität, Verlässlichkeit und intelligenter Vernetzung können zentral gesteuerte Systeme in der Produktion künftig nicht mehr erfüllen. Die Flexibilität in realen Wertschöpfungsnetzen wird durch den Einsatz Cyber-Physischer Produktionssysteme erhöht. Maschinen und Anlagen erhalten die Fähigkeit, ihr Verhalten durch Selbstoptimierung und Rekonfiguration an sich ändernde Aufträge und Betriebsbedingungen anzupassen. Dieses Zusammenspiel zwischen realer und digitaler Welt in einer modernen Fabrik bildet die Grundlage zu einem „Internet der Dinge“. Die Fähigkeiten, Informationen wahrzunehmen, daraus Erkenntnisse abzuleiten und Verhaltensänderungen durchzuführen sowie Erfahrungswissen zu speichern, stehen dabei im Vordergrund</p>  |

|       |  |
|-------|--|
| TRL 1 | Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8-15 Jahre)                |
| TRL 2 | Beschreibung der Anwendung einer Technologie                                   |
| TRL 3 | Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5-13 Jahre) / Machbarkeit |
| TRL 4 | Versuchsaufbau im Labor  |
| TRL 5 | Versuchsaufbau in Einsatzumgebung  |
| TRL 6 | Prototyp in Einsatzumgebung  |
| TRL 7 | Prototyp im Einsatz (1-5 Jahre)  |
| TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich  |
| TRL 9 | Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes                 |

Gewichtung

|   |  |
|---|--|
| ● | Level mit großem Umfang an Projektinhalten (Schwerpunkt) |
| ● | Level mit mittlerem Umfang an Projektinhalten            |
| □ | Level mit keinem oder kleinem Umfang an Projektinhalten  |

### 11.3.5 IKT 2020

|                             |   |
|-----------------------------|---|
| <b>Programm</b>             | IKT 2020<br>(Fördermittelgeber BMBF, Projektträger DLR, Begleitforschung VDI /VDE)  |
| <b>Vorläuferprogramm(e)</b> | Eingebettet in den Rahmen der Hightech-Strategie 2020   |
| <b>Zielsetzung</b>          | <p>Mit dem Programm „IKT 2020 – Forschung für Innovationen“ stellt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die programmatischen Weichen für die Forschungsförderung im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie. Die Fördermaßnahme ist als lernendes Programm konzipiert, das sich flexibel auf aktuelle Entwicklungen ausrichtet.</p> <p>Dieses Programm ist ein sogenanntes Fachprogramm. Diese Programme haben zum Ziel, in ausgewählten Bereichen einen im internationalen Maßstab hohen Leistungsstand von Forschung und Entwicklung zu gewährleisten.</p> <p>Die Forschungsförderung wird auf in Deutschland starke Anwendungsfelder/Branchen ausgerichtet, in denen Innovationen in hohem Maße IKT-getrieben sind. Neben der IKT-Wirtschaft selbst sind das Automobil, Maschinenbau, Medizin, Logistik und Energie.</p> |
| <b>Zielgruppe</b>           | Zielgruppen sind: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Industrieunternehmen                         <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Großunternehmen (GU)</li> <li>▪ kleine und mittlere Unternehmen (KMU)</li> </ul> </li> <li>▪ Forschungseinrichtungen</li> </ul> Anwendungsfelder / Branchen: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Automobil, Mobilität</li> <li>▪ Maschinenbau, Automatisierung</li> <li>▪ Gesundheit, Medizintechnik</li> <li>▪ Logistik, Dienstleistungen</li> </ul>   |

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Förderart, Budget und Zeitraum</b> | Zuschuss bis zu 50 % anteilsfinanziert; 2009 - laufend   |
| <b>I 4.0 Relevanz</b>                 | <p>Ausgerichtet wird die IKT-Förderung entlang der strategischen Forschungs- und Entwicklungslinien "IKT in komplexen Systemen" (z. B. eingebettete Systeme), "neue Geschäftsprozesse und Produktionsverfahren" sowie "Internet der Dinge und Dienste". Dabei ist eine Fokussierung auf die Qualitätsziele Wirtschaftlichkeit, Sicherheit, Nutzerfreundlichkeit und Ressourceneffizienz erforderlich, da sich nur so die Stärken in der deutschen IKT-Forschung und das traditionell hohe internationale Ansehen deutscher Ingenieurleistungen auf IKT-Lösungen aus Deutschland übertragen lassen.</p> <p>Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 zielt darauf ab, die deutsche Industrie in die Lage zu versetzen, für die Zukunft der Produktion gerüstet zu sein. Industrieproduktion wird gekennzeichnet sein durch starke Individualisierung der Produkte unter den Bedingungen einer hoch flexibilisierten (Großserien-) Produktion, die weitgehende Integration von Kunden und Geschäftspartnern in Geschäfts- und Wertschöpfungsprozesse und die Verkopplung von Produktion und hochwertige Dienstleistungen.</p> <p>Leitinnovation Vernetzte intelligente Objekte in der Logistik</p> |
| <b>KMU Bezug</b>                      | Kleine und mittlere Unternehmen (KMU) werden unterstützt durch eine IuK-technologieübergreifende Förderung von FuE-Vorhaben, vereinfachte Förderverfahren, Bildung einer zentralen Anlaufstelle sowie Verkürzung der Zeit zwischen Antragstellung und abschließender Förderentscheidung und Mittelbereitstellung.  |

| <p><b>Technologiefokus</b></p> <p>[Gibt es einen technologischen Fokus und welcher TRL wird adressiert?]</p> | <p>Technologiefokus:</p> <p>Leitinnovation Vernetzte intelligente Objekte in der Logistik</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Sensornetzwerke</li> <li>▪ Mikrosysteme</li> <li>▪ Sicherheit</li> <li>▪ Energie (Speicher, Erzeugung/Versorgung)</li> <li>▪ Miniaturisierung</li> <li>▪ <i>Service-Engineering</i></li> <li>▪ IKT-Netzwerke und –Systeme</li> <li>▪ Protokolle und Standards</li> <li>▪ Serviceorientierte Softwarearchitekturen</li> <li>▪ Datenintegration</li> </ul> <p><i>Technology Readiness Level:</i></p> <table border="1" data-bbox="598 974 1369 1066"> <thead> <tr> <th>TRL 1</th> <th>TRL 2</th> <th>TRL 3</th> <th>TRL 4</th> <th>TRL 5</th> <th>TRL 6</th> <th>TRL 7</th> <th>TRL 8</th> <th>TRL 9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> </tr> </tbody> </table> | TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 | □ | ● | ● | ● | ● | □ | □ | □ | □ |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TRL 1  | TRL 2   | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| □  | ●   | ●     | ●     | ●     | □     | □     | □     | □     |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p><b>Welche Anwendungshemmnisse werden adressiert?</b></p>  | <p>Aus technischer Sicht liegt die Herausforderung in der Realisierung einer intelligenten Selbstorganisation der möglicherweise dezentralen Anwendungskomponenten, die gleichzeitig die Reduzierung der Komplexität der bislang zentral organisierten IKT-Systeme und eine Steigerung der Systemzuverlässigkeit ermöglicht. Sicherheitsaspekte betreffen die zuverlässige Absicherung der Kommunikation zwischen allen Systemkomponenten sowie die kontinuierliche Erkennung von Manipulationen oder Eindringlingen.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Welche Potenziale sollen gehoben werden?</b></p> <p><b>[Nutzenversprechen]</b></p> <p><b>Welche Risiken sollen minimiert werden?</b></p> | <p>Gesamtziel ist die prototypische Implementierung einer innovativen Integrationsplattform für sensornetzwerk-basierte Informationssysteme in der Logistik. Dies beinhaltet die Entwicklung einer Dienstorientierten Software-Architektur, Hardwareinfrastruktur, Systemintegration, Validierung sowie die Demonstration an praktischen Anwendungsfällen. Aus Sicht der Anwendung ist wissenschaftlich zu klären, wie sich logistische Prozesse mit intelligenten Objekten basierend auf Sensornetzen oder anderen Auto-ID- bzw. <i>Tracking</i>-Technologien technisch und wirtschaftlich verbessern lassen, wie Sensornetzwerk-basierte, dezentrale Informationssysteme in unternehmensinterne und unternehmensübergreifende IKT-Infrastrukturen integriert werden können und wie sich daraus neuartige Geschäftsprozessmodelle entwickeln lassen.</p> |
|--|---|

*Technology Readiness Level TRL*

|       |  |
|-------|--|
| TRL 1 | Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8-15 Jahre)                |
| TRL 2 | Beschreibung der Anwendung einer Technologie                                   |
| TRL 3 | Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5-13 Jahre) / Machbarkeit |
| TRL 4 | Versuchsaufbau im Labor  |
| TRL 5 | Versuchsaufbau in Einsatzumgebung  |
| TRL 6 | Prototyp in Einsatzumgebung  |
| TRL 7 | Prototyp im Einsatz (1-5 Jahre)  |
| TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich  |
| TRL 9 | Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes                 |

Gewichtung

|   |  |
|---|--|
| ● | Level mit großem Umfang an Projektinhalten (Schwerpunkt) |
| ● | Level mit mittlerem Umfang an Projektinhalten            |
| □ | Level mit keinem oder kleinem Umfang an Projektinhalten  |

### 11.3.6 KMU-Innovativ

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <p><b>Programm</b></p>             | <p>KMU-Innovativ</p> <p>Verschiedene Technologiefelder, insbesondere IuK und Produktionstechnik</p> <p>Fördermittelgeber: BMBF</p>  |
| <p><b>Vorläuferprogramm(e)</b></p> | <p>KMU orientierte Bestandteile der Fachprogramme des BMBF</p>  |
| <p><b>Zielsetzung</b></p>          | <p>Ziel des Programms ist die Förderung von anspruchsvollen Forschungsprojekten im Mittelstand (Untertitel des Programms: Vorfahrt für Spitzenforschung im Mittelstand).</p> <p>Die angesprochenen Technologiefelder sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Biotechnologie</li> <li>▪ Medizintechnik</li> <li>▪ Informations- und Kommunikationstechnologien</li> <li>▪ Nanotechnologie</li> <li>▪ Produktionstechnologie</li> <li>▪ Technologien für Ressourcen- und Energieeffizienz</li> </ul> <p>Die Programme werden jeweils als Teilprogramme der Fachprogramme des BMBF finanziert und verwaltet. Durch ein zweistufiges Verfahren mit relativ kurzen Bewertungszeiten soll ein Antragverfahren mit überschaubarem Aufwand sowie ein zumutbarer Zeitraum zwischen Antragsstellung Stufe 1 und Start der Projekte gewährleistet werden.</p> |
| <p><b>Zielgruppe</b></p>           | <p>Zielgruppen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Industrieunternehmen</li> </ul> <p>Einzelantragstellungen sind möglich, in den meisten Fällen jedoch Kooperationsprojekte mit wissenschaftlichen Einrichtungen.</p>   |

|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| <b>Förderart, Budget und Zeitraum</b> | <p>50 % Zuschuss zu den förderfähigen Kosten für KMU. Bei pauschalierter Abrechnung 120 % Zuschlagssatz.</p> <p>Budgets individuell je Technologiefeld unterschiedlich, variiert jährlich.</p> <p>Es gibt jährlich zwei Einreichfristen für die Stufe 1 (jeweils 15. April und 15. Oktober).</p>   |
| <b>I 4.0 Relevanz</b>                 | <p>Entsprechend der Zielsetzung des Programms ist KMU innovativ sicherlich nur für Unternehmen mit hohen eigenen Forschungskapazitäten und engen Beziehungen zur Wissenschaft relevant. Insbesondere die Technologiefelder Informations- und Kommunikationstechnologie und Produktionsforschung haben eine enge Verbindung zum Thema Industrie 4.0. Prinzipiell sind die Entwicklungen innerhalb der einzelnen Technologiefelder weitgehend themenoffen.</p> <p style="text-align: center;"><b>1. Informations- und Kommunikationstechnologie</b></p> <p>In diesem Technologiefeld werden explizit die Branchen Automobil und Mobilität sowie Maschinenbau und Automatisierung genannt. Innerhalb des Programms werden folgende IuK-Oberthemen gefördert:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Elektronik- und Mikrosysteme, Elektromobilität und Entwurfsautomatisierung<br/>In diesem Bereich werden explizit „Miniaturisierte Elektronik- (Sensor-Aktor-)Systeme“ als ein Themenbeispiel genannt, die einen wesentlichen Bestandteil der Industrie 4.0 Idee bilden.</li> <li>▪ Softwaresysteme und Wissenstechnologien<br/>Ein Unterthema bilden dabei die „IT-Anwendungen in der Produktion einschließlich Servicerobotik“</li> <li>▪ Kommunikationssysteme; IT-Sicherheit<br/>Themen, die bei der Entwicklung und der Umsetzung in KMU eine wichtige Rolle spielen, sind Netzkomponenten, insbesondere für vereinfachtes Netzmanagement (Selbst- und Rekonfigurierbarkeit, <i>plug&amp;play</i>-Fähigkeit) und zur Steigerung der Energieeffizienz</li> <li>▪ Mensch-Technik-Interaktion für den demografischen Wandel</li> </ul> |

Auch wenn die hier benannten Themen eher die AAL-Problematis (ambient assisted Living) betrifft, haben sicherlich einige Industrie 4.0-Komponenten einen Bezug zum Thema „Technische Begleit- und Führungssysteme und personalisierte Mobilitätssysteme“.

## 2. Produktionsforschung

Im gesamten Produktionsforschungsthema sind Komponenten erkennbar, die eine enge Verknüpfung zu Industrie 4.0 Anwendungen besitzen. Die Branchenzuordnung ist sehr offen gehalten. Auch hier gilt wie beim Technologiefeld IKT, dass prinzipiell eine hohe Themenoffenheit avisiert ist, also auch anspruchsvolle Entwicklungsprojekte aus dem Thema Produktion prinzipiell gefördert werden können, auch wenn der Anwendungsbereich nicht explizit genannt wird.

- Marktorientierung und strategische Produktplanung
  - Strategische Unternehmensausrichtung
  - Marktgestaltung und Kundenorientierung
  - Innovation und Komplexitätsmanagement
  - Virtualisierung der Produktentstehung
  
- Technologien und Produktionsausrüstungen
  - Flexibilität der Produktion
  - Fertigungstechnologien und Prozessketten
  - Produkt- und Prozessqualität
  - Virtuelle Produktion
  - Fertigungsbedingte Produkteigenschaften
  
- Neue Formen der Zusammenarbeit produzierender Unternehmen
  - Auftragsdurchlauf vom Kunden zum Kunden
  - Ressourcen im Produktionsnetz
  - Strukturen flexibler Produktionsnetze
  - IT-Unterstützung im Produktionsnetz

|   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Der Mensch und das wandlungsfähige Unternehmen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Kompetenzen und Qualifikationen</li> <li>▪ Innovationsfähigkeit für neue Technologien und Dienstleistungsfunktionen</li> <li>▪ Dynamische, skalierbare Organisation</li> <li>▪ Kooperationsfähigkeit von Unternehmen in regionalen und internationalen Kontexten</li> </ul> </li> </ul> <p>Aus dieser Aufzählung der Themen wird wohl deutlich, dass viele Problemstellungen bei der technischen Entwicklung von Industrie 4.0-Komponenten im Thema Produktionsforschung abgedeckt sind.</p> <p>Weiterhin ist in Einzelfällen zu prüfen, ob Projektideen nicht den Medizintechnik oder Energie- und Ressourceneffizienz zugeordnet werden kann.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| <b>KMU Bezug</b>  | <p>KMUs müssen Hauptantragsteller und Nutznießer der Entwicklung sein. Weiterhin muss für eine Entwicklung eine deutliche Marktabticht erkennbar sein.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Technologiefokus</b><br>[Gibt es einen technologischen Fokus und welcher TRL wird adressiert?] | <p>Technologiefokus:</p> <p>Entsprechend einem KMU-Programm sind die einzelnen Technologiebereiche grundsätzlich themenoffen, wie bereits oben erwähnt. Daher dienen die genannten Themen in erster Linie dazu, zu definieren, was die Projektträger mit den jeweiligen Technologiefeld intendieren. Ein technologischer Fokus existiert nicht.</p> <p><i>Technology Readiness Level:</i></p> <table border="1" data-bbox="596 1675 1370 1771"> <thead> <tr> <th>TRL 1</th> <th>TRL 2</th> <th>TRL 3</th> <th>TRL 4</th> <th>TRL 5</th> <th>TRL 6</th> <th>TRL 7</th> <th>TRL 8</th> <th>TRL 9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> </tr> </tbody> </table> | TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 | □ | □ | □ | ● | ● | ● | □ | □ | □ |
| TRL 1   | TRL 2  | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| □   | □  | □     | ●     | ●     | ●     | □     | □     | □     |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <b>Welche Anwendungshemmnisse werden adressiert?</b>  | <p>Entsprechend der Programmideologie von KMU innovativ muss es sich um wirkliche High-Tech-Projekte handeln, um in den Genuss einer Förderung zu kommen. Gleichzeitig müssen die Projekte eine Anwendungsrelevanz und eine Marktperspektive nachweisen.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Welche Potenziale sollen gehoben werden?</b></p> <p><b>[Nutzenversprechen]</b></p> <p><b>Welche Risiken sollen minimiert werden?</b></p> | <p>Das Programm KMU innovativ richtet sich in hohem Maße an High-Tech Start-Ups. Themen von Industrie 4.0 können an vielen Stellen zugeordnet werden. Das hohe Maß an Themenoffenheit dient zusätzlich dazu, praktisch das komplette Spektrum von Entwicklungen in Industrie 4.0-Themen abzudecken.</p> <p>Die „vereinfachte Bonitätsprüfung“ ist ein weiteres Indiz dafür, dass junge Unternehmen mit hohem Potenzial eine wichtige Zielgruppe darstellen.</p> <p>Die relativ großzügige Förderung (50 % bei 120 % Pauschalzuschlag = 110% der nachgewiesenen Kosten) machen das Programm fördertech-nisch sehr attraktiv, was allerdings zu Folge hat, dass die Einreich-terme meist stark überzeichnet sind. Neben Personalkosten können auch Materialkosten, Investitionen usw. gefördert werden.</p> |
|--|---|

*Technology Readiness Level TRL*

|       |  |
|-------|--|
| TRL 1 | Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8-15 Jahre)                |
| TRL 2 | Beschreibung der Anwendung einer Technologie                                   |
| TRL 3 | Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5-13 Jahre) / Machbarkeit |
| TRL 4 | Versuchsaufbau im Labor  |
| TRL 5 | Versuchsaufbau in Einsatzumgebung  |
| TRL 6 | Prototyp in Einsatzumgebung  |
| TRL 7 | Prototyp im Einsatz (1-5 Jahre)  |
| TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich  |
| TRL 9 | Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes                 |

Gewichtung

|   |  |
|---|--|
| ● | Level mit großem Umfang an Projektinhalten (Schwerpunkt) |
| ● | Level mit mittlerem Umfang an Projektinhalten            |
| □ | Level mit keinem oder kleinem Umfang an Projektinhalten  |

### 11.3.7 microTec Südwest

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <p><b>Programm</b></p>             | <p>microTec Südwest –<br/>Robuste &amp; effiziente Sensorik (RES) und<br/><i>Smart Systems Integration</i> (SSI)<br/>(Fördermittelgeber BMBF und Land Baden-Württemberg)</p>   |
| <p><b>Vorläuferprogramm(e)</b></p> | <p>-</p>   |
| <p><b>Zielsetzung</b></p>          | <p>Der Cluster microTec Südwest dient den zusammengeschlossenen Unternehmen und wissenschaftlichen Einrichtungen als Basis für die Zusammenarbeit an innovativen Ideen und Produkten. Der Rahmen der Zusammenarbeit umfasst die Entwicklung der Ideen, deren Weiterentwicklung und deren gemeinsame Umsetzung.</p> <p>Anspruch ist dabei, aus dem regionalen Bezug und der geographischen Nähe zueinander erfolgreich Innovationspotenziale umzusetzen und Wertschöpfungsnetze zu entwickeln.</p> <p>Der Cluster setzt vier Anwendungsfelder der Mikrosystemtechnik in den Fokus. Als Anwendungsfelder wurde solche ausgewählt, in denen der Mikrosystemtechnik eine hohe Relevanz als <i>Key Enabling Technology</i> beigemessen wird:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Smart Production</i></li> <li>▪ <i>Smart Mobility</i></li> <li>▪ <i>Smart Health</i></li> <li>▪ <i>Smart Energy</i></li> </ul> <p>Im Cluster finden sich vier so genannte technische Projekte. Diese enthalten wieder Unterprojekte. Über die technischen Projekte hinaus existieren strukturelle Projekte mit dem Ziel die Rahmenbedingungen für den Mikrosystemtechnik-Sektor im Süden Deutschlands zu verbessern. Flankiert werden diese beiden Arten von Projekten durch zwei europäische Projekte, bei denen das Cluster als Partner beteiligt ist.</p> |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Zielgruppe</b></p>                     | <p>Mitglieder des Clusters und damit Zielgruppen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Industrieunternehmen             <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Großunternehmen (GU) / <i>Global Player</i></li> <li>▪ kleine und mittlere Unternehmen (KMU)</li> </ul> </li> <li>▪ Forschungseinrichtungen</li> <li>▪ Hochschulen</li> </ul>   |
| <p><b>Förderart, Budget und Zeitraum</b></p> | <p>Der Cluster MicroTEC Südwest wurde 2010 beim Spitzencluster-Wettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung BMBF als Spitzencluster ausgewählt. Ausgestattet ist der Cluster im Förderzeitraum mit Fördermitteln in Höhe von 45 Millionen Euro vom BMBF und vom Land Baden-Württemberg.</p> <p>Zeitraum: 2010 - 2015</p>   |
| <p><b>I 4.0 Relevanz</b></p>                 | <p>Insbesondere mit dem einem der vier Kernthemen, der <i>Smart Production</i>, werden explizit für Industrie 4.0 relevante Inhalte und Technologien adressiert. Ein Element ist hier die Entwicklung von Maschinen bzw. <i>Smart Systems</i>, die autonom, selbstlernend, präventiv und adaptiv arbeiten und damit die Optimierung von Produktionsprozessen ermöglichen. Die <i>Smart Systems</i> prüfen darüber hinaus eingehende Rohstoffe und Halbzeuge und leiten daraus die entsprechenden Einstellungen der Maschinen ab. Fertigungsparameter werden auf Basis der angestrebten Leistungsdaten für das Endprodukt optimiert.</p> <p>Dabei stehen wiederum vier Bereiche im Blickpunkt:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Intelligente <span style="float: right;">Werkstückträger</span><br/>Werkstückträger mit eigener Intelligenz und Schnittstellen zur Außenwelt</li> <li>▪ Intelligente <span style="float: right;">Servicerobotik</span><br/>Modulare Robotersysteme mit miniaturisierter dreidimensionaler Optik – zur Erfüllung einer Kernanforderung der Servicerobotik (Orientierung und Positionierung von Aktuatoren für die Interaktion mit Menschen)</li> <li>▪ <i>Cyber-Physical-Production-Systems</i> <span style="float: right;">(CPPS)</span><br/>Intelligente Produkte und Werkstückträger werden in die Lage versetzt, mit Maschinen und Benutzern in ihrer Umgebung zu kommunizieren und den Ferti-</li> </ul> |

|   |  |
|---|--|
|   | <p>gungsprozess teilweise autonom steuern</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Cyber-Physical-Systems</i> (CPS)</li> </ul> <p>Mikrosystemtechnik als <i>Enabler</i> für CPS – in Form von miniaturisierten Sensoren und Aktuatoren für Sub- oder Gesamtsysteme in Produktion oder Logistik</p>  |
| <p><b>KMU Bezug</b></p>   | <p>Durch die regionale Fokussierung, die als innovationstreibendes Element des Clusters hervorgehoben wird, wird eine Voraussetzung für eine generell einfachere Ansprache und Einbeziehung von KMU geschaffen. Folgerichtig finden sich auch explizit KMU unter den Mitgliedern.</p>  |
| <p><b>Technologiefokus</b><br/>[Gibt es einen technologischen Fokus und welcher TRL wird adressiert?]</p> | <p>Technologiefokus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Miniaturisierte Sensoren und Aktuatoren</li> <li>▪ Selbstlernende Systeme</li> <li>▪ Autonome Systeme</li> <li>▪ Vernetzte Systeme</li> <li>▪ Intelligente Werkstückträger</li> <li>▪ Intelligente Schnittstellen zur Außenwelt</li> <li>▪ Aktuatorik für Mensch-Maschine-Interfaces</li> <li>▪ 3D-Miniatur-Optik</li> <li>▪ <i>Far-Infrared</i>-Bildsensoren</li> <li>▪ Menschengerechte Gestaltung von Produktionssystemen</li> <li>▪ Neue Methoden zur Gestaltung industrieller Arbeit</li> <li>▪ Flexible, lernende Konfiguration und Parametrisierung von Prozessen und Systemen</li> <li>▪ Zugängige Umsetzung von der Innovation zur Technologie weiter zum System</li> <li>▪ Befähigung von Systemen und Maschinen zu besserer Mensch-Maschine-Interaktion</li> <li>▪ Kostengünstige Sensorik</li> </ul> |

|  | <p><i>Technology Readiness Level:</i></p> <table border="1" data-bbox="596 398 1370 506"> <thead> <tr> <th>TRL 1</th> <th>TRL 2</th> <th>TRL 3</th> <th>TRL 4</th> <th>TRL 5</th> <th>TRL 6</th> <th>TRL 7</th> <th>TRL 8</th> <th>TRL 9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">●</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> <td style="text-align: center;">□</td> </tr> </tbody> </table>  | TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 | □ | □ | ● | ● | ● | ● | □ | □ | □ |
|--|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TRL 1  | TRL 2   | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| □  | □   | ●     | ●     | ●     | ●     | □     | □     | □     |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p><b>Welche Anwendungshemmnisse werden adressiert?</b></p>  | <p>Das zentrale angeführte Hemmnis Cyber-Physischer-Systeme, die unzureichende Interaktionsfähigkeit, wird als Treiber der Entwicklungen im Cluster und weniger als generelles Hemmnis für Industrie 4.0 gesehen.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p><b>Welche Potenziale sollen gehoben werden?</b><br/> <b>[Nutzenversprechen]</b><br/> <b>Welche Risiken sollen minimiert werden?</b></p> | <p>Die Mikrosystemtechnik wird als Schlüsseltechnologie in zahlreichen Anwendungsfeldern gesehen, die auf intelligente Produkte, Prozesse und Dienstleistungen setzen – und damit auf Industrie 4.0. Als Schlüsseltechnologie zielt sie auf breite Anwendungsbereiche und –branchen. Daher ist der Bereich <i>Smart Production</i> nur einer der Fokussierten – allerdings mit hohem Bedeutungs- und Umsetzungspotenzial. Der Ansatz im Cluster geht davon aus, dass <i>Smart Systems</i> den zu erwarteten weitreichenden Fortschritt in dieser Schlüsseltechnologie benötigen werden.</p> <p>Die Fertigung soll in Hinblick auf das jeweilige Endprodukt und seine angestrebten Leistungsdaten hin optimiert werden können – autonom durch die Maschinen. Generell soll Mikrosystemtechnik die Interaktionsfähigkeit und Vernetzbarkeit der Systeme und Maschinen steigern – sowohl untereinander als auch im Zusammenspiel mit Menschen. Und es sollen auch Teilsysteme von Systemen direkt adressiert werden können.</p> <p>Ein aufgestellter Anspruch ist es daher, intelligente Systeme mit ihrer selbstständigen Kommunikations- und Interaktionsfähigkeit zu befähigen, dass sie dazu beitragen, die Vision von „Industrie 4.0“ zu realisieren.</p> <p>Die Nachhaltigkeit der Entwicklungen des Spitzenclusters MicroTEC Südwest soll durch den Aufbau einer international führenden System-Plattform gewährleistet werden. Grundlage hierfür sind für das Cluster Kooperationen mit führenden IKT-Akteuren und Netzwerken.</p> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

Technology Readiness Level TRL

|       |  |
|-------|--|
| TRL 1 | Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8-15 Jahre)                |
| TRL 2 | Beschreibung der Anwendung einer Technologie                                   |
| TRL 3 | Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5-13 Jahre) / Machbarkeit |
| TRL 4 | Versuchsaufbau im Labor  |
| TRL 5 | Versuchsaufbau in Einsatzumgebung  |
| TRL 6 | Prototyp in Einsatzumgebung  |
| TRL 7 | Prototyp im Einsatz (1-5 Jahre)  |
| TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich  |
| TRL 9 | Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes                 |

#### Gewichtung

|   |  |
|---|--|
| ● | Level mit großem Umfang an Projektinhalten (Schwerpunkt) |
| ● | Level mit mittlerem Umfang an Projektinhalten            |
| □ | Level mit keinem oder kleinem Umfang an Projektinhalten  |

### 11.3.8 Mittelstand digital

|   |   |
|---|---|
| <b>Programm</b>   | Mittelstand digital<br>(Fördermittelgeber BMWi, Projektträger DLR, Begleitforschung wik –<br>Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste)   |
| <b>Zielsetzung</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Beschleunigung des Digitalisierungsprozesses in KMU durch die Förderung innovativer Anwendungen in Unternehmen</li> <li>▪ Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit und der Chancen auf globalen Märkten von KMU durch technologiespezifische Fördermaßnahmen</li> </ul>   |
| <b>Zielgruppe</b>   | KMU und Handwerksunternehmen  |
| <b>Förderart, Budget und Zeitraum</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Zuschuss für Beraternetzwerke</li> <li>▪ Budget 2015 – 2018: 73,7 Mio. €</li> </ul>  |
| <b>I 4.0 Relevanz</b>   | Heranführung von KMU und Handwerk an digitale Techniken im Unternehmen (Website, elektronische Zahlssysteme, soziale Medien, etc.). Hierdurch werden erste Grundlagen zur digitalen Vernetzung der Betrieb im Sinne einer horizontalen Integration geschaffen. Somit ist das Programm als Basis für Industrie 4.0 Anwendungen elementar wichtig, leistet aber entwicklungsstechnisch einen eher geringen Beitrag zu neuen Methoden oder Technologien nach den Industrie 4.0 Ansätzen. |
| <b>KMU Bezug</b>  | KMU sind die Nutznießer der Informations- und Beratungsleistungen der Netzwerke   |
| <b>Technologiefokus</b><br>[Gibt es einen technologischen Fokus und welcher TRL wird adressiert?] | 1. eKompetenz-Netzwerk für Unternehmen<br>Netzwerk mit 38 regionalen eLotsen<br>eBusiness-Lotsen helfen den Unternehmen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ IKT-Prozesse effizienzsteigernd einzusetzen</li> <li>▪ Geschäftsprozesse durchgehend zu digitalisieren</li> </ul> Wie?<br>Durch praxisnahe Information, fachkundige Hilfestellung und Un-  |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>terstützung bei der Auswahl und dem Einsatz passender IKT-Lösungen.</p> <p>2. Förderinitiative <span style="float: right;">eStandards</span><br/>zur Zeit 16 geförderte Projekte</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Innovative Dienstleistungskonzepte</li> <li>▪ Softwaretools</li> <li>▪ Umsetzung von Modellprojekten</li> </ul> <p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Durchgängiger Einsatz von IKT durch den Einsatz von eBusiness-Standards zur Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit im nationalen und internationalen Umfeld</li> <li>▪ Verringern von Medienbrüchen</li> <li>▪ Verbesserung der Geschäftsprozesse und der Datendokumentation durch Nutzung von eStandards</li> </ul> <p>Wie?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Erleichterung des Zugangs zu und Einführung von Lösungen</li> <li>▪ Umsetzung von Modellprojekten</li> </ul> <p>3. Förderinitiative Einfach intuitive – <i>Usability</i> für den Mittelstand<br/>zur Zeit 13 geförderte Projekte</p> <p>Ziele:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Entwicklung und Erprobung von Vorgehensmodellen während des gesamten Entwicklungs- und Auswahlprozesses betrieblicher Anwendungssoftware</li> <li>▪ Professionalisierung der Beschaffungs- und Implementierungsprozesse von Software bei KMU</li> </ul> <p>Wie?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Mobilisierung vorhandenen Fachwissens und involvierter Experten in Deutschland, um die Wahrnehmung von Normen und Standards durch mittelständische Softwarehersteller und Anwenderunternehmen zu</li> </ul> |
|--|---|

|  | <p>steigern</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Drehscheibe für den Austausch von Informationen und Erfahrungsberichten</li> </ul> <p><i>Technology Readiness Level:</i></p> <table border="1" data-bbox="598 477 1369 577"> <thead> <tr> <th>TRL 1</th> <th>TRL 2</th> <th>TRL 3</th> <th>TRL 4</th> <th>TRL 5</th> <th>TRL 6</th> <th>TRL 7</th> <th>TRL 8</th> <th>TRL 9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> </tr> </tbody> </table> | TRL 1                    | TRL 2                    | TRL 3                    | TRL 4                               | TRL 5                               | TRL 6                               | TRL 7                               | TRL 8 | TRL 9 | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |
|--|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------|-------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| TRL 1  | TRL 2   | TRL 3                    | TRL 4                    | TRL 5                    | TRL 6                               | TRL 7                               | TRL 8                               | TRL 9                               |       |       |                          |                          |                          |                          |                          |                                     |                                     |                                     |                                     |
| <input type="checkbox"/>   | <input type="checkbox"/>  | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/> |       |       |                          |                          |                          |                          |                          |                                     |                                     |                                     |                                     |
| <p><b>Welche Anwendungshemmnisse werden adressiert?</b></p>  | <p>Die Initiativen von Mittelstand digital sollen KMU und Handwerksunternehmen</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ gezielt mit dem Umgang digitaler Lösungen im Unternehmen vertraut machen</li> <li>▪ dafür sensibilisieren, dass IKT ihnen im Alltag hilft, Geschäftsprozesse effizienter zu gestalten</li> </ul>  |                          |                          |                          |                                     |                                     |                                     |                                     |       |       |                          |                          |                          |                          |                          |                                     |                                     |                                     |                                     |
| <p><b>Welche Potenziale sollen gehoben werden?</b><br/>[Nutzenversprechen]</p> <p><b>Welche Risiken sollen minimiert werden?</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Ausgleich von Wettbewerbsnachteilen in KMU und Handwerksunternehmen durch gezielten und effizienten Einsatz von grundlegenden IT-Tools im Unternehmen</li> <li>▪ Abbau von Vorbehalten gegenüber dem Einsatz innovativer Technologien im Unternehmen</li> </ul>  |                          |                          |                          |                                     |                                     |                                     |                                     |       |       |                          |                          |                          |                          |                          |                                     |                                     |                                     |                                     |

*Technology Readiness Level TRL*

|       |  |
|-------|--|
| TRL 1 | Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8-15 Jahre)                |
| TRL 2 | Beschreibung der Anwendung einer Technologie                                   |
| TRL 3 | Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5-13 Jahre) / Machbarkeit |
| TRL 4 | Versuchsaufbau im Labor  |
| TRL 5 | Versuchsaufbau in Einsatzumgebung  |
| TRL 6 | Prototyp in Einsatzumgebung  |
| TRL 7 | Prototyp im Einsatz (1-5 Jahre)  |
| TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich  |
| TRL 9 | Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes                 |

Gewichtung

|                                     |  |
|-------------------------------------|--|
| <input checked="" type="checkbox"/> | Level mit großem Umfang an Projektinhalten (Schwerpunkt) |
| <input checked="" type="checkbox"/> | Level mit mittlerem Umfang an Projektinhalten            |
| <input type="checkbox"/>            | Level mit keinem oder kleinem Umfang an Projektinhalten  |

### 11.3.9 NRW-EFRE Programm 2014-2020

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Programm</b></p>                       | <p>NRW-EFRE Programm 2014-2020</p> <p>(Insbesondere Leitmarktwettbewerbe)</p> <p>Fördermittelgeber: NRW/EU</p>   |
| <p><b>Vorläuferprogramm(e)</b></p>           | <p>NRW-EFRE Programm 2007-2013</p>   |
| <p><b>Zielsetzung</b></p>                    | <p>Im Zentrum des Mehrjahresprogramms stehen Innovationen, um den Standort NRW voranzubringen.</p> <p>Die Maßnahmen des Programms orientieren sich an vier Schwerpunktthemen:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Forschung, technologische Entwicklung und Innovation;</li> <li>▪ Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit von KMU;</li> <li>▪ Klimaschutz;</li> <li>▪ Stadtentwicklung/Prävention</li> </ul> <p>Umgesetzt wird das erste Thema in weiten Teilen durch Wettbewerbsaufrufe in acht sogenannten Leitmärkten. Ziel ist die Durchführung von innovativen Entwicklungs- und Transferprojekten (in Kooperation zwischen KMUs und Wissenschaft).</p> |
| <p><b>Zielgruppe</b></p>                     | <p>Zielgruppen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Industrieunternehmen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen (KMU)</li> </ul> </li> <li>▪ Forschungseinrichtungen</li> </ul> <p>Gefördert werden vor allem Kooperationsvorhaben zwischen KMU und der Wissenschaft.</p>   |
| <p><b>Förderart, Budget und Zeitraum</b></p> | <p>50 % Zuschuss zu den förderfähigen Kosten für KMU.</p> <p>Das Gesamtbudget für den Industrie 4.0 Teil ist schwer abschätzbar (ca. 80 Mio. EUR).</p>   |

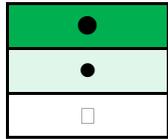
|   |   |
|---|---|
| <p><b>I 4.0 Relevanz</b></p>  | <p>Für das Thema Industrie 4.0 sind folgende Leitmärkte besonders relevant:</p> <p><b>(1) Maschinen- und Anlagenbau sowie Produktionstechnik</b></p> <p>In diesem Leitmarkt werden unter der Thematik Industrie 4.0 dynamische Engineering Prozesse, vernetzte Fertigung, die Simulation von Prozessketten und die Individualisierung von Produkten gefördert.</p> <p><b>(2) Informations- und Kommunikationstechnologien</b></p> <p>In diesem Leitmarkt werden u.a. IKT-Anwendungen für Cyber-Physische Systeme gefördert (z. B. CPS in der Produktionspraxis). Darüber hinaus steht das Thema IKT als <i>Enabler</i> für Industrie 4.0 auf der Agenda.</p> <p>Des Weiteren ist auch der Leitmarkt Mobilität und Logistik für Industrie 4.0 relevant.</p>  |
| <p><b>KMU Bezug</b></p>   | <p>Fokus auf KMUs.</p>  |
| <p><b>Technologiefokus</b><br/>[Gibt es einen technologischen Fokus und welcher TRL wird adressiert?]</p> | <p>Technologiefokus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Dynamische <i>Engineering</i>-Prozesse basierend auf intelligenten Produktionssystemen und Verfahren</li> <li>▪ Vernetzte Produktionsstätten</li> <li>▪ Simulation von Prozessketten</li> <li>▪ Individualisierung von Produkten gegebenenfalls mit verstärkter Nutzerorientierung</li> <li>▪ IKT für Cyber-Physische-Systeme (CPS) <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ <i>Software Engineering</i></li> <li>▪ <i>Cloud Computing</i></li> <li>▪ Kommunikationsnetze</li> <li>▪ <i>Cyber-Physical-Devices</i></li> <li>▪ CPS in der Produktionspraxis</li> <li>▪ <i>Cybernetics</i></li> </ul> </li> <li>▪ Digitale Transformation: IKT als <i>Enabler</i> für die Industrie 4.0 <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Produktion</li> <li>▪ Energie</li> </ul> </li> </ul> |

|   | <p style="text-align: center;">▪ Logistik</p> <p><i>Technology Readiness Level:</i></p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>TRL 0</th> <th>TRL 1</th> <th>TRL 2</th> <th>TRL 3</th> <th>TRL 4</th> <th>TRL 5</th> <th>TRL 6</th> <th>TRL 7</th> <th>TRL 8</th> <th>TRL 9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>□</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>       | TRL 0 | TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |  |  |  | □ | ● | ● | ● |  |  |  |
|---|--|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|---|---|---|---|--|--|--|
| TRL 0   | TRL 1  | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |       |       |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
|   |  |       | □     | ●     | ●     | ●     |       |       |       |       |       |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
| <p><b>Welche Anwendungshemmnisse werden adressiert?</b></p>   | <p>Im Rahmen der Leitmarkt Wettbewerbe werden hauptsächlich technologische Herausforderungen adressiert.</p> <p>In der Produktionstechnik sollen mittelständische Unternehmen dazu motiviert werden, vernetzte Produktionsstätten für zukünftige „<i>smart factories</i>“ zu realisieren.</p> <p>Der IKT Leitmarkt Wettbewerb fokussiert auf die digitale Transformation hin zur Industrie 4.0; notwendige IKT Lösungen für mittelständische Anwender sollen hier entwickelt werden.</p> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |
| <p><b>Welche Potenziale sollen gehoben werden?</b><br/>[Nutzenversprechen]<br/><b>Welche Risiken sollen minimiert werden?</b></p> | <p>Die Industrie 4.0 spezifischen Themen innerhalb der Leitmärkte orientieren sich am übergeordneten Programmziel der Innovationsorientierung. Der Programmansatz geht davon aus, das Innovationsvorhaben am ehesten durch Verbünde zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen vorangebracht werden können. Darüber hinaus steht weniger die Grundlagenforschung als vielmehr der Anwendungsbezug im Zentrum der zu fördernden Maßnahmen.</p>                                      |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |   |   |   |   |  |  |  |

*Technology Readiness Level TRL*

|       |  |
|-------|--|
| TRL 1 | Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8-15 Jahre)                |
| TRL 2 | Beschreibung der Anwendung einer Technologie                                   |
| TRL 3 | Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5-13 Jahre) / Machbarkeit |
| TRL 4 | Versuchsaufbau im Labor  |
| TRL 5 | Versuchsaufbau in Einsatzumgebung  |
| TRL 6 | Prototyp in Einsatzumgebung  |
| TRL 7 | Prototyp im Einsatz (1-5 Jahre)  |
| TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich  |
| TRL 9 | Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes                 |

Gewichtung



Level mit großem Umfang an Projektinhalten (Schwerpunkt)

Level mit mittlerem Umfang an Projektinhalten

Level mit keinem oder kleinem Umfang an Projektinhalten

### 11.3.10 Spitzencluster-Wettbewerb it's OWL

|                                    |  |
|------------------------------------|--|
| <p><b>Programm</b></p>             | <p>Spitzencluster-Wettbewerb it's OWL<br/>(Fördermittelgeber BMWi, Projektträger DLR, Begleitforschung VDI /VDE)</p>   |
| <p><b>Vorläuferprogramm(e)</b></p> | <p>-</p>   |
| <p><b>Zielsetzung</b></p>          | <p>Weltmarktführer im Maschinenbau, der Elektro-, Elektronik- und Automobilzuliefererindustrie sowie international renommierte Spitzenforschungseinrichtungen bündeln im Spitzencluster ihre Kräfte. Das gemeinsame Ziel: eine Spitzenposition der Region OWL im globalen Wettbewerb für Intelligente Technische Systeme.</p> <p>Wirtschaft und Wissenschaft realisieren im Technologie-Netzwerk gemeinsam 46 anwendungsorientierte Forschungsprojekte im Gesamtumfang von ca. 100 Mio. Euro. In den nächsten vier Jahren entwickeln die Partner so Technologien für eine neue Generation von Produkten und Produktionssystemen.</p> <p>Im Januar 2012 wurde die gemeinsame Entwicklungsstrategie im Spitzencluster-Wettbewerb des Bundesministeriums für Bildung und Forschung (BMBF) ausgezeichnet. Der Wettbewerb bildet das Flaggschiff der Hightech-Strategie der Bundesregierung. Dessen Ziel ist es, leistungsfähige Cluster zu unterstützen und regionale Innovationspotenziale zu stärken. Das Technologie-Netzwerk it's OWL erhält 40 Mio. Euro an Fördermitteln und darf sich „Spitzencluster“ nennen.</p> <p>Mit it's OWL soll eine führende Rolle im globalen Wettbewerb für Intelligente Technische Systeme eingenommen werden. In Kooperation von Technologieführern und Spitzenforschungseinrichtungen entsteht eine einzigartige Technologieplattform, die für Wachstum und Beschäftigung in der Region sorgen und einen Beitrag zur Sicherung der Produktion am Standort Deutschland leisten soll.</p> |

|   |   |
|---|---|
| <b>Zielgruppe</b>   | <p>Zielgruppen sind:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Industrieunternehmen <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Großunternehmen (GU)</li> <li>▪ kleine und mittlere Unternehmen (KMU)</li> </ul> </li> <li>▪ Forschungseinrichtungen</li> </ul>   |
| <b>Förderart, Budget und Zeitraum</b>   | <p>Gesamtumfang von ca. 100 Mio. EUR, 2012 bis 2017, 40 Mio. EUR Fördervolumen</p>  |
| <b>I 4.0 Relevanz</b>   | <p>Intelligente Technische Systeme eröffnen Unternehmen neue Perspektiven und bilden die Grundlage für eine Vielzahl von Innovationen, die oftmals auch unter dem Begriff Industrie 4.0 zusammengefasst werden. Immer mehr Funktionen und die stärkere Vernetzung von Produkten und Produktionssystemen bieten viele Vorteile für Anwender, stellen gleichzeitig aber auch hohe Anforderungen an die Entwicklung.</p>   |
| <b>KMU Bezug</b>  | <p>KMU werden höher gefördert. In allen Verbundprojekten nehmen auch KMU teil. Insbesondere in einem speziellen Ergebnistransferprogramm werden die KMU der Region adressiert. Es handelt sich dabei um Projekte, die in einem Zeitrahmen von 5 bis 10 Monaten umgesetzt werden können und auf den entwickelten Technologien des Spitzencluster basieren. Um die Verbreitung und Nutzung der it's OWL Technologieplattform zu unterstützen, werden Transferprojekte zu 100% gefördert.</p>  |
| <b>Technologiefokus</b><br>[Gibt es einen technologischen Fokus und welcher TRL wird adressiert?] | <p>Technologiefokus:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Das Technologie-Konzept des Clusters erläutert den Aufbau und die Funktion eines intelligenten technischen Systems. Der Schlüssel zur Intelligenz liegt dabei in der Informationsverarbeitung.</li> <li>▪ Intelligente Technische Systeme bestehen aus den vier Einheiten: Grundsystem, Sensorik, Aktorik und Informationsverarbeitung. Die Informationsverarbeitung nimmt eine zentrale Rolle ein, denn sie vermittelt durch ein Kommunikationssystem zwischen der Sensorik und der Aktorik. Während die Sensorik die notwendigen Informationen der Umgebung wahrnimmt,</li> </ul> |

|   | <p>führt die Aktorik im Zusammenspiel mit einem Grundsystem eine physische Aktion aus. Beim Grundsystem handelt es sich in diesem Zusammenhang um mechanische Strukturen wie zum Beispiel Maschinen oder Anlagen.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Treffen alle vier Einheiten in einem System zusammen, wird dieses als Teilsystem bezeichnet. Beispiele für Teilsysteme sind Antriebe oder Automatisierungskomponenten. Werden mehrere Teilsysteme zu einem Verbund kombiniert, wie z. B. in einem Fahrzeug oder einer Werkzeugmaschine, wird von einem System gesprochen. Wenn Systeme miteinander kommunizieren und kooperieren, unabhängig von räumlicher Trennung, entsteht ein vernetztes System. Beispiel dafür ist eine Großwäscherei, deren Maschinen und Anlagen zu einer Produktionsanlage vernetzt wurden.</li> </ul> <p><i>Technology Readiness Level:</i></p> <table border="1" data-bbox="596 1032 1370 1122"> <thead> <tr> <th>TRL 1</th> <th>TRL 2</th> <th>TRL 3</th> <th>TRL 4</th> <th>TRL 5</th> <th>TRL 6</th> <th>TRL 7</th> <th>TRL 8</th> <th>TRL 9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>□</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>□</td> <td>□</td> <td>□</td> <td>□</td> </tr> </tbody> </table> | TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 | □ | ● | ● | ● | ● | □ | □ | □ | □ |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| TRL 1   | TRL 2   | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| □   | ●   | ●     | ●     | ●     | □     | □     | □     | □     |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |
| <p><b>Welche Anwendungshemmnisse werden adressiert?</b></p> | <p>Mit einer stark durch die Elektroindustrie sowie den Maschinen- und Anlagenbau geprägten Struktur verkörpert it's OWL diese duale Strategie. Beispielsweise halten die Clusterunternehmen Beckhoff, Harting, Phoenix Contact, Wago und Weidmüller einen Weltmarktanteil von 75% in der elektronischen Verbindungstechnik. Als Fabrikaurüster setzen sie Standards im Bereich der industriellen Automatisierung. Von diesen Entwicklungen profitieren auch die Maschinen- und Anlagenbauer, für die der Einsatz von intelligenten technischen Systemen erhebliche Innovationspotenziale verspricht. Ergänzt durch eine starke Forschungslandschaft bündelt der Spitzencluster it's OWL somit Kompetenzen und Bedarfe.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |   |   |   |   |   |   |   |   |   |

|  |  |
|--|--|
| <p><b>Welche Potenziale sollen gehoben werden?</b></p> <p><b>[Nutzenversprechen]</b></p> <p><b>Welche Risiken sollen minimiert werden?</b></p> | <p>In insgesamt 33 Innovationsprojekten bringen Unternehmen in Kooperation mit Forschungseinrichtungen neue Produkte, Technologien und Anwendungen zur Marktreife. Sie setzen dabei die neuen Technologien und Methoden ein, die in den Querschnittsprojekten entwickelt wurden. Dabei werden die Innovationsprojekte in drei Kategorien eingeteilt: Teilsysteme, Systeme und vernetzte Systeme.</p> <p>In den Querschnittsprojekten entwickeln die Hochschulen und Forschungseinrichtungen neue Technologien und Methoden für Intelligente Technische Systeme. Sie werden von den Unternehmen in den Innovationsprojekten eingesetzt, um marktfähige Produkte und Produktionssysteme zu entwickeln. Darüber hinaus bilden sie die Grundlage für den Transfer in die Breite. In Transferprojekten werden die neuen Technologien ab Mitte 2014 in weiteren interessierten Unternehmen eingeführt.</p> |
|--|--|

*Technology Readiness Level TRL*

|       |  |
|-------|--|
| TRL 1 | Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8-15 Jahre)                |
| TRL 2 | Beschreibung der Anwendung einer Technologie                                   |
| TRL 3 | Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5-13 Jahre) / Machbarkeit |
| TRL 4 | Versuchsaufbau im Labor  |
| TRL 5 | Versuchsaufbau in Einsatzumgebung  |
| TRL 6 | Prototyp in Einsatzumgebung  |
| TRL 7 | Prototyp im Einsatz (1-5 Jahre)  |
| TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich  |
| TRL 9 | Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes                 |

Gewichtung

|   |   |
|---|---|
| ● | Level mit großem Umfang an Projekteinhalten (Schwerpunkt) |
| ● | Level mit mittlerem Umfang an Projekteinhalten            |
| □ | Level mit keinem oder kleinem Umfang an Projekteinhalten  |

### 11.3.11 ZIM - Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand

|                                    |   |
|------------------------------------|---|
| <p><b>Programm</b></p>             | <p>ZIM - Zentrales Innovationsprogramm Mittelstand<br/>Themenoffenes Technologieförderprogramm<br/>Fördermittelgeber: BMWi</p>  |
| <p><b>Vorläuferprogramm(e)</b></p> | <p>ZIM, Pro Inno II</p>   |
| <p><b>Zielsetzung</b></p>          | <p>Ziel des Programms ist die Unterstützung von kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) <b>nach EU-Definition</b>, damit diese neue Forschungs- und Innovationsanstrengungen durchführen oder diese fortsetzen.</p> <p>Gefördert werden einzelbetriebliche FuE-Projekte oder Kooperationsprojekte zwischen Unternehmen oder zwischen Unternehmen und Forschungseinrichtungen. Inhaltlich wird die Entwicklung von innovativen Produkten, Verfahren oder Dienstleistungen in den unterschiedlichen Projekt- und Kooperationsformen finanziert.</p> <p>Allgemeine Zielsetzung ist die Stärkung der Innovationskraft der Unternehmen, um deren Wettbewerbsfähigkeit zu erhöhen.</p> <p>Das Programm ist komplett themenoffen und damit für alle Themen rund um Industrie 4.0 geeignet.</p> |
| <p><b>Zielgruppe</b></p>           | <p>Zielgruppen sind KMU. Es sind Einzelantragstellungen und diverse Kooperationsformen auch mit internationalen Partnern sowie die Bildung von Kooperationsnetzwerken möglich.</p> <p>In diesem Programm wird allerdings kritisch geprüft, ob die Unternehmen personell und finanziell zur Durchführung der Projekte geeignet sind. Die Zielgruppe sind daher in erster Linie bereits etablierte Unternehmen mit mehreren Mitarbeitern.</p>   |

| Förderart, Budget und Zeitraum | Kooperationsprojekte mit internationalen Partner            |                |                      |
|--------------------------------|---|----------------|----------------------|
|                                | Unternehmensgröße   | Einzelprojekte | Kooperationsprojekte |
|                                | kleine Unternehmen in den neuen Bundesländern <sup>75</sup> | 45%            | 50%                  |
|                                | kleine Unternehmen in den alten Bundesländern               | 40%            | 45%                  |
|                                | mittlere Unternehmen <sup>76</sup>                          | 35%            | 40%                  |
|                                | mittelständische Unternehmen <sup>77</sup>                  | 25%            | 30%                  |

Gefördert werden ausschließlich Personalkosten sowie Kosten für projektbezogene Aufträge an Dritte sowie FuE-Aufträge. Die übrigen Kosten sind mit einer Pauschale von bis zu 100 % auf die förderfähigen Personalkosten abgegolten.

Die Projektkosten sind auf 380.000 EUR je teilnehmendem Unternehmen (190.000 EUR je Forschungseinrichtung) begrenzt.

Das Budget betrug ca. 550 Mio. EUR in 2014. Für die Folgejahre ist mit ähnlichen Größenordnungen zu rechnen.

Eine Einreichung ist fortlaufend möglich. Der Bewilligungszeitraum ist mit 2-3 Monaten sehr kurzfristig. Wenn ein prüffähiger, also vollständiger Antrag vorliegt, ist ein sogenannter förderunschädlicher, vorzeitiger Beginn, also ein Projektstart, bei dem die Kosten nachträglich geltend gemacht werden können, natürlich auf eigenes Risiko möglich.

<sup>75</sup> Als kleine Unternehmen gelten nach der VO (EU) 651/2014 Anhang 1 Artikel 2 Nr. 2 Unternehmen mit weniger als 50 Beschäftigte und einer Jahresbilanzsumme von höchstens 10 Mio. € oder einem Jahresumsatz von höchstens 10 Mio. €

<sup>76</sup> Als mittlere Unternehmen gelten nach der VO (EU) 651/2014 Anhang 1 Artikel 2 Nr. 1 i. V. m. Nr. 2 Unternehmen von 50 bis zu weniger als 250 Beschäftigte und einer Jahresbilanzsumme von höchstens 43 Mio. € oder einem Jahresumsatz von höchstens 50 Mio. €.

<sup>77</sup> Mittelständische Unternehmen (Sonderfall im Gegensatz zur EU-Definition von KMU) sind Unternehmen mit bis zu 500 Beschäftigte (einschl. verbundenen und Partnerunternehmen) sowie unter 50 Mio. Jahresumsatz.

| <b>I 4.0 Relevanz</b>   | <p>Es können alle Industrie 4.0-bezogenen Themen gefördert werden. Es ist allerdings zu beachten, dass es sich um ein Entwicklungsprogramm handelt, d.h. die Einführung von Industrie 4.0 Technologien kann nicht über dieses Programm finanziert werden.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |
|---|---|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|--|--|--|---|---|---|---|---|--|--|
| <b>KMU Bezug</b>  | <p>ZIM ist ein reines KMU-Programm, bei dem der Nutznießer immer ein KMU sein muss.</p>   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |
| <b>Technologiefokus</b><br>[Gibt es einen technologischen Fokus und welcher TRL wird adressiert?] | <p>Technologiefokus:</p> <p>Das Programm ist komplett themenoffen. Daher kann kein Technologiefokus ausgemacht werden. Zusätzlich deckt das Programm ein breites Spektrum von stark forschungslastigen Projekten bis hin zu sehr markt- und anwendungsnahen Projekten ab.</p> <p>Der Fokus des Programms liegt auf TRL 6, wobei auch die Level 4 und 5 oder auch 7 möglich sind.</p> <table border="1" data-bbox="491 1032 1350 1137"> <thead> <tr> <th>TRL 0</th> <th>TRL 1</th> <th>TRL 2</th> <th>TRL 3</th> <th>TRL 4</th> <th>TRL 5</th> <th>TRL 6</th> <th>TRL 7</th> <th>TRL 8</th> <th>TRL 9</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td></td> <td></td> <td></td> <td>□</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td>●</td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>  | TRL 0 | TRL 1 | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |  |  |  | □ | ● | ● | ● | ● |  |  |
| TRL 0   | TRL 1   | TRL 2 | TRL 3 | TRL 4 | TRL 5 | TRL 6 | TRL 7 | TRL 8 | TRL 9 |       |       |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |
|   |   |       | □     | ●     | ●     | ●     | ●     |       |       |       |       |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |
| <b>Welche Anwendungshemmnisse werden adressiert?</b>  | <p>Der Schwerpunkt des Programms liegt, wie erwähnt, auf markt- und anwendungsnahen Projekten. Damit wird die Entwicklung bis hin zu den Prototypen gefördert. Zusätzlich werden Dienstleistungen bei der Markteinführung in einer gesonderten Förderlinie unterstützt. Diese bestehen in Zertifizierungen, Sicherung des geistigen Eigentums, Marktforschung usw. Damit deckt das Programm in wesentlichen Teilen die Entwicklung und einige Schritte der Marktvorbereitung ab. Damit werden einige, wenn auch nicht alle Elemente des <i>Valley of Death</i> im Innovationszyklus zwischen Entwicklung und Vermarktung adressiert.</p> <p>Auch hier gilt, wie in alle übrigen Punkten: Das Programm ist nicht spezifisch auf Industrie 4.0 ausgerichtet, bietet aber auf Grund der Themenoffenheit und der vielen verschiedenen Förderlinien eine Vielzahl von Möglichkeiten zum Nutzen des Technologieförderprogramms.</p> |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |  |  |  |   |   |   |   |   |  |  |

|  |   |
|--|---|
| <p><b>Welche Potenziale sollen gehoben werden?</b><br/>[Nutzenversprechen]</p> <p><b>Welche Risiken sollen minimiert werden?</b></p> | <p>Die Innovationskraft der Unternehmen soll gestärkt werden. In jedem Antrag muss ein wirtschaftlicher Verwertungsplan entworfen werden.</p> <p>Im Programm und dem Antrag müssen explizit die technischen und wirtschaftlichen Risiken beschrieben werden.</p> <p>Auf Grund der relativ schnellen Entscheidungswege, des hohen Budgets, der relativ niedrigen Schwelle bei der technologischen Anforderung und des überschaubaren bürokratischen Aufwands ist das Programm für Unternehmen mit geringer Fördererfahrung besonders gut geeignet.</p> |
|--|---|

*Technology Readiness Level TRL*

|       |  |
|-------|--|
| TRL 1 | Beobachtung und Beschreibung des Funktionsprinzips (8-15 Jahre)                |
| TRL 2 | Beschreibung der Anwendung einer Technologie                                   |
| TRL 3 | Nachweis der Funktionstüchtigkeit einer Technologie (5-13 Jahre) / Machbarkeit |
| TRL 4 | Versuchsaufbau im Labor  |
| TRL 5 | Versuchsaufbau in Einsatzumgebung  |
| TRL 6 | Prototyp in Einsatzumgebung  |
| TRL 7 | Prototyp im Einsatz (1-5 Jahre)  |
| TRL 8 | Qualifiziertes System mit Nachweis der Funktionstüchtigkeit im Einsatzbereich  |
| TRL 9 | Qualifiziertes System mit Nachweis des erfolgreichen Einsatzes                 |

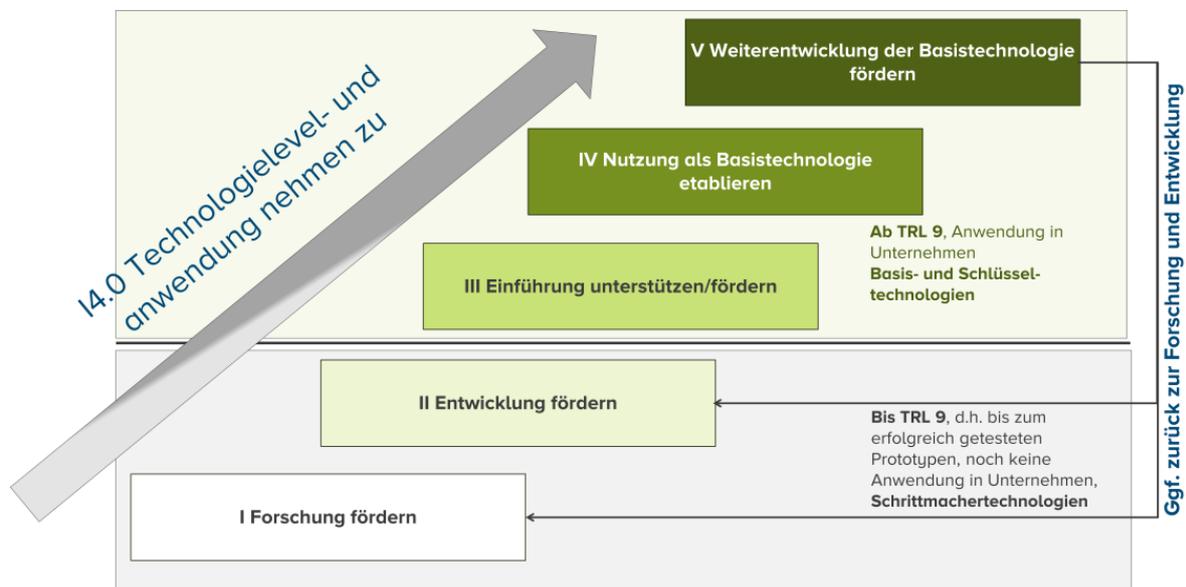
Gewichtung

|   |   |
|---|---|
| ● | Level mit großem Umfang an Projekteinhalten (Schwerpunkt) |
| ● | Level mit mittlerem Umfang an Projekteinhalten            |
| □ | Level mit keinem oder kleinem Umfang an Projekteinhalten  |

## 11.4 Die fünf Stufen technologischer Entwicklung und Einführung

Nach der Beurteilung des Handlungsbedarfes erfolgte die Einordnung in fünf Stufen der technologischen Entwicklung und Einführung. Die Einordnung in die Stufen erfolgte unter Berücksichtigung des Umsetzungsstandes sowie des Technologielevels. So wurden fünf Stufen identifiziert, die in der folgenden Graphik dargestellt sind:

Abbildung 22: Die fünf Stufen der technologischen Entwicklung und Einführung



Quelle: eigene Darstellung

Die Stufen I und II beziehen sich auf die sogenannten Schrittmachertechnologien, d.h. Anwendungen und Technologien mit einem TRL kleiner 9. Sie werden noch nicht von Unternehmen eingesetzt und müssen noch zur Marktreife gebracht werden.

Marktreife Technologien und Anwendungen, d.h. Basis- und Schlüsseltechnologien werden den Stufen III-V zugeordnet. Die Weiterentwicklung von Basistechnologie kann Forschung und Entwicklung erfordern, d.h. es besteht eine mögliche Rückkopplung mit Stufe I und II.

### 11.4.1 Stufe I „Forschung fördern“

Die Stufe I „Forschung fördern“ bezieht sich auf Industrie 4.0- Anwendungen und Technologien mit einem TRL zwischen 1-4. Hier muss Basis- und Grundlagenforschung erfolgen bzw. die Forschung zu einem bestimmten Thema begonnen werden. Zielgruppen von Maßnahmen in dieser Stufe sind die Wissenschaft und die Forschung.

#### **11.4.2 Stufe II „Entwicklung fördern“**

Die Stufe II „Entwicklung fördern“ bezieht sich auf Industrie 4.0 Anwendungen und Technologien mit einem TRL zwischen 5-9. Für diese Anwendungen gilt es marktreife Prototypen zu entwickeln. Hierunter kann z. B. die Entwicklung und Verbreitung von Anwendungssoftware fallen. Die Zielgruppen dieser Stufe sind Wissenschaft, Forschung, aber auch Unternehmen, die selbst technologische Entwicklung betreiben.

#### **11.4.3 Stufe III „Einführung unterstützen/fördern“**

Ab Stufe III „Einführung unterstützen/fördern“ werden marktreife Anwendungen und Technologien betrachtet. Bei Stufe III handelt es sich um Schlüsseltechnologien. Diese Technologien werden zurzeit nur von einer begrenzten Anzahl von Unternehmen angewendet, die breite Diffusion und Anwendung der Technologie steht im Zentrum. Ziel ist es, die Technologie als Basistechnologie/Standard zu etablieren. Dafür müssen die Technologien ggf. an die Bedürfnisse des Mittelstandes angepasst werden oder auch die Anwendungsrisiken reduziert werden. Die Zielgruppen dieser Stufe sind KMU sowie der industrielle Mittelstand. In der Analyse je Industrie 4.0 Funktionsbereich hat sich gezeigt, dass hier der Großteil der für den Mittelstand relevanten Anwendungen zu verorten ist.

#### **11.4.4 Stufe IV „Nutzung als Basistechnologie etablieren“**

In Stufe IV „Nutzung als Basistechnologie etablieren“ soll die konsequente/effektive Nutzung der vorhandenen Basistechnologien und Anwendung verbessert werden (z. B. Verbesserung der Datenerhebung und -qualität). Wichtig sind hier die Pflege und der Ausbau der bereits bestehenden (IT-)Systeme. Hier kann Organisations- und Prozessberatung wichtig sein, genauso wie Schulung, Ausbildung und Weiterbildung. Die Zielgruppe dieser Stufe sind KMU sowie der industrielle Mittelstand.

#### **11.4.5 Stufe V „Weiterentwicklung der Basistechnologie fördern“**

In Stufe V „Weiterentwicklung der Basistechnologie fördern“ soll die Weiterentwicklung und Anpassung für weitere Verwendungen unterstützt werden. Hier geht es um die Erschließung neuer Anwendungsbereiche und Formen von Basistechnologien, d.h. die Hebung von Cross-Innovation-Potenzialen. Zielgruppe dieser Maßnahmen sind mittlere Unternehmen, der industrielle Mittelstand sowie ggf. Großunternehmen und die Wissenschaft.

---

## **11.5 Ausführliche Defizitanalyse**

### **11.5.1 Datenerfassung und -verarbeitung**

Im und um ein Unternehmen herum fallen die unterschiedlichsten Daten an. Viele Daten werden auch bereits erfasst, meist weil die Maschinen und Anlagen diese Funktionalität ohnehin bieten oder weil Kunden oder Lieferanten dies vom Unternehmen verlangen. Die Wichtigkeit von Daten für den eigenen Betrieb haben jedoch bisher nur die wenigsten mittelständischen Unternehmen erkannt und so bleiben viele der Daten ungenutzt, werden nicht ausgewertet oder miteinander in Verbindung gebracht.

#### **Kundendaten**

##### *Umsetzungsstand*

CRM-Systeme sind in den meisten mittelständischen Unternehmen bereits zu finden. Darüber hinaus zeichnen sich mittelständische Unternehmen besonders durch eine enge Zusammenarbeit und einem hohen Kundenfokus aus. Die Kommunikation erfolgt zumeist direkt per Telefon und E-Mail. Systematische Auswertungen der Kundenwünsche und Reklamationen sind jedoch eher die Seltenheit.

Große Bedeutung haben die Kundendaten in den Unternehmensbereichen Vertrieb und *After-Sales*. In diesen Segmenten werden Marktstudien zur Eruierung von externen Bedarfen allerdings eher von Großunternehmen durchgeführt. Explizite Kundenwünsche werden durch den Vertrieb erfragt, weitergeleitet und in den internen Vertriebssitzungen diskutiert. Auch aus der Nutzungsphase von verkauften Produkten können entwicklungsrelevante Daten generiert werden. Anlagenhersteller nutzen diese Möglichkeit beispielsweise um einen Einblick in das Nutzungsverhalten der Kunden zu bekommen. Auf Grundlage von Verbrauchsmeldungen, Verschleißdaten oder Störungen können neue Erkenntnisse zur Prozess- oder Produktverbesserung gewonnen werden. Dies führen in der Folge wiederum zu neuen und kundenorientierten Services.

##### *Technologielevel*

*Big-Data* Analysen, die als Hilfsmittel zur Auswertung der Kundenwünsche eingesetzt werden, befinden sich zum Teil noch in der Entwicklung und besitzen entsprechend den Status einer Schrittmachertechnologie. Die Verwendung von CRM Datenbanken, die Ablage von Kundendaten in der *Cloud* oder der Einsatz von sozialen Medien zur Kontaktaufnahme mit

den Kunden befinden sich bereits in der industriellen Anwendung und zählen zu den Schlüsseltechnologien.

#### *Potenzial*

Die direkten und indirekten wirtschaftlichen Potenziale, die in der Erhebung, Auswertung und Verarbeitung von Kundendaten liegen, sind von den meisten mittelständischen Unternehmen noch nicht erkannt worden. Dies gilt insbesondere für diejenigen Unternehmen, die ihre Produkte und Services direkt an den Endverbraucher liefern. Diese könnten, beispielsweise durch den verstärkten Einsatz von sozialen Medien und die Verbreitung von Prototypen im Markt, die Kundenwünsche deutlich besser erfassen. Für die meisten mittelständischen Unternehmen ist die ausführliche und systematische Analyse von Kundendaten aufgrund der ohnehin engen Zusammenarbeit und des großen administrativen Aufwandes von geringerer Bedeutung. Die bisher noch eingeschränkte Praxistauglichkeit von *Big-Data* Analysen führt auch hier dazu, dass sich ein direkter und wirtschaftlich messbarer Nutzen für den Mittelstand nicht ableiten lässt.

In der Erfassung und Verarbeitung von *After-Sales* Daten liegt hingegen ein großes Wertschöpfungspotenzial. Durch zunehmend günstigere Sensoren und Vernetzungsmöglichkeiten können die Technologien kurz- bis mittelfristig auch für weniger kostenintensive Produkte genutzt werden.

#### *Defizit*

Der Mittelstand muss für das Thema Datenerfassung und- verarbeitung sensibilisiert werden. Dies kann z. B. durch eine Ausweitung des externen Beratungsangebotes geschehen. Zudem müssen die technischen Voraussetzungen für eine flächendeckende Datenanalyse (Infrastruktur) geschaffen werden. Erst durch die Verfügbarkeit von Daten können die Industrie 4.0 Technologien in den Mittelstand Einzug halten.

### **Auftragsdaten**

#### *Umsetzungsstand*

Zu den Auftragsdaten gehören Produktdaten, Produktspezifikationen, Stückzahlen, Liefermengen, Produktidentifikation, Produkthistorie, Preise sowie Liefertermine. Alle diese Daten sind in der Regel in ERP-Systemen zu finden. Der Einsatz von ERP-Systemen ist mittlerweile auch im Mittelstand Standard. Die Durchdringung durch das ganze Unternehmen jedoch noch nicht ganz gelungen. So passiert ein Großteil der Dokumentation in vielen Betrieben

---

noch auf Papier. Die Auftragspapiere in Papierform liegen dem Produkt bei und folgen diesem durch die Produktion.

In der Logistik ist die papierlose Dokumentation und Verfolgung bereits deutlich weiter vorgeschritten. Liefervorschau und Statusinformationen sowie regelmäßige Buchungen sind häufig zu finden.

### *Technologielevel*

Die Technologien zum Erfassen und Weiterverarbeiten von Auftragsdaten befinden sich auf einem hohen Level und sind daher den Basistechnologien zuzurechnen. Hard- und Softwaresysteme, sowie die zur Datengenerierung notwendigen Sensoren sind im Markt etabliert.

### *Potenzial*

Das wirtschaftliche und strukturelle Potenzial der systematischen Auswertung und Analyse der Auftragsdaten ist über die Unternehmensbereiche hinweg sehr hoch. Problematisch gestaltet sich hingegen die Sicherstellung der Datenqualität und -aktualität. Zwar sind die Daten oft in den Unternehmen vorhanden, werden jedoch zumeist schlecht oder gar nicht gepflegt. Auch Stammdaten werden nur mangelhaft nachgehalten und häufig erst bei aktiven Änderungen überarbeitet.

Da die Datenqualität und Aktualität von entscheidender Bedeutung für die Umsetzung von Industrie 4.0 sind, ist ein Handeln unbedingt nötig. Diese Erkenntnis wird auch gestützt durch die Ergebnisse der Unternehmensbefragung „Industrie 4.0 – Eine Revolution der Arbeitsgestaltung?“, in der 72 % der befragten Unternehmen der Aussage „Bevor Industrie 4.0-Potenziale gehoben werden können, müssen massive Investitionen in die heute zur Verfügung stehende Datenqualität getätigt werden“ zustimmten.<sup>78</sup>

### *Defizite*

Eine vollständige und korrekte Datenbasis ist die Voraussetzung für weitere Entwicklungsschritte, beispielsweise die autonome Planung, innerhalb der Industrie 4.0. Die Datenqualität lässt sich zum einen durch Automatisierung bzw. Teilautomatisierung erreichen. Zum anderen sind jedoch auch Änderungen an der Organisation und eine Erhöhung der Sensibilität für

---

<sup>78</sup> Bauer u.a. 2014, S. 13

die Datenqualität von Nöten. Um dies zu erreichen, benötigen die mittelständischen Unternehmen aktive Unterstützung, vor allem durch Beratung.

Weiterhin sind die aktuellen ERP-Systeme meist starr und wenig flexibel. Anpassungen an die mittelständischen Unternehmen sind mit hohem Aufwand bei der Programmierung verbunden. Flexiblere, kleine ERP-Ergänzungen und Programme sollten weiter gefördert werden.

## **Produktionsdaten**

### *Umsetzungsstand*

CRM-Systeme sind in den meisten mittelständischen Unternehmen bereits zu finden. Darüber hinaus zeichnet sich der Mittelstand besonders durch eine enge Zusammenarbeit und einem hohen Kundenfokus aus. Die Kommunikation erfolgt zumeist direkt per Telefon und E-Mail. Systematische Auswertungen der Kundenwünsche und Reklamationen sind jedoch eher die Seltenheit.

Große Bedeutung haben die Kundendaten in den Unternehmensbereichen Vertrieb und *After-Sales*. In diesen Segmenten werden Marktstudien zur Eruiierung von externen Bedarfen allerdings eher von Großunternehmen durchgeführt. Explizite Kundenwünsche werden durch den Vertrieb erfragt, weitergeleitet und in den internen Vertriebssitzungen diskutiert. Auch aus der Nutzungsphase von verkauften Produkten können entwicklungsrelevante Daten generiert werden. Anlagenhersteller nutzen diese Möglichkeit beispielsweise um einen Einblick in das Nutzungsverhalten der Kunden zu bekommen. Auf Grundlage von Verbrauchsmeldungen, Verschleißdaten oder Störungen können neue Erkenntnisse zur Prozess- oder Produktverbesserung gewonnen werden. Dies führen in der Folge wiederum zu neuen und kundenorientierten Services.

### *Technologielevel*

*Big-Data* Analysen, die als Hilfsmittel zur Auswertung der Kundenwünsche eingesetzt werden, befinden sich zum Teil noch in der Entwicklung und besitzen entsprechend den Status einer Schrittmachertechnologie. Die Verwendung von CRM Datenbanken, die Ablage von Kundendaten in der *Cloud* oder der Einsatz von sozialen Medien zur Kontaktaufnahme mit den Kunden befinden sich bereits in der industriellen Anwendung und zählen zu den Schlüsseltechnologien.

---

### *Potenzial*

Die direkten und indirekten wirtschaftlichen Potenziale, die in der Erhebung, Auswertung und Verarbeitung von Kundendaten liegen, sind von den meisten mittelständischen Unternehmen noch nicht erkannt worden. Dies gilt insbesondere für diejenigen Unternehmen, die ihre Produkte und Services direkt an den Endverbraucher liefern. Diese könnten, beispielsweise durch den verstärkten Einsatz von sozialen Medien und die Verbreitung von Prototypen im Markt, die Kundenwünsche deutlich besser erfassen. Für die meisten mittelständischen Unternehmen ist die ausführliche und systematische Analyse von Kundendaten aufgrund der ohnehin engen Zusammenarbeit und des großen administrativen Aufwandes von geringerer Bedeutung. Die bisher noch eingeschränkte Praxistauglichkeit von *Big-Data* Analysen führt auch hier dazu, dass sich ein direkter und wirtschaftlich messbarer Nutzen für den Mittelstand nicht ableiten lässt.

In der Erfassung und Verarbeitung von *After-Sales* Daten liegt hingegen ein großes Wertschöpfungspotenzial. Durch zunehmend günstigere Sensoren und Vernetzungsmöglichkeiten können die Technologien kurz- bis mittelfristig auch für weniger kostenintensive Produkte genutzt werden.

### *Defizit*

Der Mittelstand muss für das Thema Datenerfassung und -verarbeitung sensibilisiert werden. Dies kann z. B. durch eine Ausweitung des externen Beratungsangebotes geschehen. Zudem müssen die technischen Voraussetzungen für eine flächendeckende Datenanalyse (Infrastruktur) geschaffen werden. Erst durch die Verfügbarkeit von Daten können die Industrie 4.0 Technologien in den Mittelstand Einzug halten.

## **Auftragsdaten**

### *Umsetzungsstand*

Produktionsdaten wie Fertigmeldungen, Prozessquittierung, Störungen, Stückzahlen werden seltener erfasst als die Auftragsdaten. Die Erfassung von Produktionsdaten hängt deutlich hinterher. Dies liegt auch daran, dass Normen fehlen und Möglichkeiten zur einfachen, sicheren Datenablage fehlen. Zwar gibt es fertige MES-Systeme die Maschinendaten verwalten aber den Einzug in den Mittelstand haben diese noch nicht immer geschafft. Derzeit verfügen

68 % aller mittelständischen Unternehmen über IT-Lösungen zur Erfassung von Maschinen- und Betriebsdaten.<sup>79</sup>

Oft erfolgt die Erfassung jedoch nicht durchgängig oder auf Strichlisten bzw. Excel-basiert. Selbst dort wo die Daten vorhanden sind, ist die Datengüte genau wie bei den Auftragsdaten in der Regel mangelhaft. Ebenso werden die vorhandenen Daten nur selten ausgewertet und genutzt um aus Ihnen Informationen zu generieren, die in der Produktionssteuerung helfen könnten oder auch allgemein um die Produktion zu verbessern.

#### *Technologielevel*

Für die Erfassung werden Sensoren benötigt, die in der Regel bereits am Markt verfügbar sind.

#### *Potenzial*

Prozessabläufe können besser überwacht werden, die Fertigung wird transparenter, Planungen und Steuerung werden vereinfacht, die Potenziale dieser Daten sind vielfältig, werden jedoch oft nicht erkannt und nicht erschlossen.

#### *Defizite*

Die Datenerfassung ist aktuell noch nicht ausreichend und die Datenqualität muss deutlich erhöht werden. Weiterhin sind Möglichkeiten zur Auswertung kaum bekannt und auch die IT-Sicherheit ist oft nicht ausreichend.

### **Lager und Bestandsdaten**

#### *Umsetzungsstand*

Lagerverwaltungssysteme mit Buchungsmöglichkeiten sind häufig vorhanden. Es gibt jedoch immer noch Betriebe, in denen keine elektronische Bestandsverwaltung erfolgt oder auf Basis von Excel. Da Lager oft abgeschlossene Bereiche sind, ist die Datenqualität in der Regel deutlich höher als bei den Daten aus der Produktion. Die Daten sind damit für einfache Auswertungen bereits geeignet, für autonome Systeme ist die Datenqualität jedoch noch immer häufig nicht ausreichend. Bestandsdaten aus Lagern innerhalb der Produktion haben eine geringere Qualität als solche in abgeschlossenen Lagern.

---

<sup>79</sup> Pierre Audoin Consultants (PAC) GmbH, Freudenberg IT SE & Co. KG 2014, S. 10

---

### *Technologielevel*

Die Datenerfassung erfolgt in der Regel per Hands scanner. Diese Technologie ist bereits vollständig ausgereift. Möglichkeiten zur Pulk-Erkennung entwickeln sich immer weiter und können helfen den Aufwand nochmals deutlich zu reduzieren. Eine Möglichkeit die Datenqualität noch weiter zu steigern wären innerbetriebliche Ortungssysteme. Diese sind bislang sehr teuer und damit kaum im Einsatz, das Forschungsprojekt am IBF versucht derzeit eine günstige Ortung mittels *Bluetooth* LE zu erreichen, die die Kosten deutlich reduzieren könnte.

### *Potenzial*

Valide Bestandsdaten ermöglichen eine genauere Planung und Überwachung sowie drauf aufbauend eine deutliche Senkung der Bestände. Die Potenziale in diesem Bereich sind hoch.

### *Defizite*

Auch hier sollte die Datenqualität weiter verbessert werden und es fehlt an Möglichkeiten zur Auswertung. ABC bzw. XYZ Analysen sind Beispiele für solche relativ einfachen Auswertungsmethoden und können direkt helfen die Bestände zu senken.

## **Kapazitätsdaten**

Maschinenauslastung, Mitarbeiterereinsatz und Stillstandzeiten sind Beispiele für wichtige Kapazitätsdaten in der Fertigung.

### *Umsetzungsstand*

Im Mittelstand werden diese Daten meist nur sehr sporadisch oder gar nicht erhoben. Die Kapazitätsverwaltung erfolgt in der Regel über den Meisten beispielsweise an Magnettafeln, Stecksystemen oder in Excel. Fertige IT-Systeme zur Kapazitätsplanung sind kaum im Einsatz.

Die Auswertung der Daten erfolgt beispielsweise über eine OEE-Betrachtung, die zum Teil auch schon in den mittelständischen Unternehmen bekannt ist und genutzt wird. Die Auswertung erfolgt jedoch in der Regel mit hohem manuellem Aufwand und nicht automatisch in einem System. Ausnahme hierbei ist, wenn die Maschine diese Funktionalität selbst mit anbieten. Moderne Maschinen liefern zum Teil automatische Auswertungen zur Auslastung mit.

Diese werden dann auch genutzt. Leider fehlt die Normung dieser Daten, sodass die Daten nicht oder nur schwer von anderen Systemen genutzt werden können.

Ähnlich wie die Produktionsdaten werden die Kapazitätsdaten kaum elektronisch erfasst. Live-Daten sind praktisch nirgendwo verfügbar. Mitarbeiterdaten bilden hier die Ausnahme, Arbeitszeiterfassung ist bereits häufig auch im Mittelstand zu finden.

#### *Technologielevel*

Sensoren und Software sind vorhandene und ausgereifte Technologien.

#### *Potenzial*

Die Potenziale zur Optimierung der Produktion und zum optimalen Kapazitätseinsatz sind hoch. Aufträge könnten optimal innerhalb des Unternehmens oder im Netzwerk verteilt werden.

#### *Defizite*

Standards in der Datenlandschaft fehlen und die Nutzung der Technologien hängt noch deutlich hinter den Möglichkeiten hinterher.

### **Nutzungsdaten**

#### *Umsetzungsstand*

Trotz zahlreicher Vorteile werden Nutzungsdaten von Maschinen, Anlagen und TGA nur selten in den mittelständischen Unternehmen erhoben und fast nie ausgewertet. Die Erfassung ist jedoch stark von der Art der Produktion abhängig. In Betrieben mit teuren Maschinen und Anlagen und bei energieintensiver Produktion ist die Erfassung und Auswertung deutlich häufiger bereits umgesetzt.

#### *Technologielevel*

Software und die benötigten Sensoren zur Erfassung und Auswertung von Nutzungsdaten sind ausreichend am Markt verfügbar.

#### *Potenzial*

Daten zum Nutzungsverhalten, zu Wartungs- und Verbrauchsmaterialbedarfe, Zustands- und Verschleißinformationen für Maschinen, Transporteinrichtungen und TGA sind vor allem für

---

die Instandhaltung von großer Bedeutung. Mit Hilfe dieser Daten können nicht nur die Kapazitäten optimal geplant werden, sondern es werden auch unnötige Arbeiten vermieden. TGA Daten können dazu führen den Energieverbrauch deutlich zu senken, indem beispielsweise weniger Druckluft erzeugt wird wenn weniger benötigt wird oder indem weniger geheizt wird, wenn die Maschinen mehr Abwärme produzieren. (Energiemonitoring zum auslastungsabhängigen Betrieb von Maschinen und TGA).

Ressourceneffizienz ist ein wichtiges Zukunftsthema für die Unternehmen, jedoch derzeit eher unter den sekundären Unternehmenszielen, da höhere Kostenvorteile an anderen Stellen im Unternehmen zu erwarten sind. Die Vernetzung hin zu intelligenten Ressourcenschonenden Gesamtsystemen ist noch in weiter Ferne.

### *Defizite*

Die fehlenden Standards machen eine Nutzung der vorhandenen Daten schwer. Ähnlich die in den anderen Bereichen müssen daher Standards eingeführt und genutzt werden um die Potenziale nutzen zu können. Auch die Datenbereitstellung in der *Cloud* ist ein wichtiges Thema um die Nutzung durch verschiedene Programme zu ermöglichen.

Um Nutzungsdaten von verkauften Maschinen beim Kunden zu erfassen sind sichere Möglichkeiten zur Datenübertragung erforderlich (z. B. über das Mobilfunknetz oder über die Internetverbindung der Kunden) sowie eine sichere Datenablage.

### **Qualitätsdaten**

Zu den Qualitätsdaten gehören neben Daten zur Produktqualität auch die Liefertreue, Produktausfälle, Probleme, Rückläufer und Reklamationen.

### *Umsetzungsstand*

Die Erhebung von Qualitätsdaten ist stark unterschiedlich in den Unternehmen und vor allem branchenabhängig, jedoch in den meisten mittelständischen Unternehmen noch deutlich ausbaufähig. Eine umfangreiche Dokumentation von Qualitätsdaten findet sich dort wo der Kunde diese fordert (z. B. bei Automobilzulieferern) oder dort wo Gesetze und Vorschriften dies erfordern (z. B. in der Lebensmittelindustrie und der Pharmaindustrie). In der Metallverarbeitenden Industrie hingegen werden häufig noch zu wenige Qualitätsdaten erhoben. Die Auswertung und Visualisierung der Daten ist jedoch noch wie in den meisten anderen Bereichen auch noch mangelhaft.

### *Technologielevel*

Software und die benötigte Sensoren zur Erfassung und Auswertung von Qualitätsdaten sind ausreichend am Markt verfügbar.

### *Potenzial*

Qualitätsdaten helfen die Qualität von Produkten sicherzustellen und zu verbessern. Eine systematische Auswertung kann zudem auch zu Erkenntnissen führen, mit denen sich der Produktionsprozess absichern und verbessern lässt.

### *Defizite*

Die Auswertung und Nutzung der erfassten Qualitätsdaten sind unzureichend.

## **Umgebungsdaten**

### *Umsetzungsstand*

Umgebungsdaten wie beispielsweise Temperatur, Luftdruck und Feuchtigkeit werden praktisch in keinem mittelständischen Unternehmen erfasst oder systematisch ausgewertet. Der Grund hierfür ist, dass diese Daten in der Regel erst in der Analyse und in Verbindung mit anderen Daten nützlich werden. Die Datenanalyse ebenfalls noch mangelhaft.

### *Technologielevel*

Software und die benötigte Sensoren zur Erfassung und Auswertung von Umgebungsdaten sind ausreichend am Markt verfügbar.

### *Potenzial*

Der Nutzen von Umgebungsdaten kann nicht pauschal beantwortet werden. Ob sich aus Umgebungsdaten tatsächlich sinnvolle Rückschlüsse zur Verbesserung ableiten lassen erschließt sich erst im Nachhinein bei der Auswertung. Wenn der Verdacht besteht oder es sogar gesichert ist, dass die Umgebung eine Rolle spielt, so werden die mittelständischen Unternehmen diese Daten von sich aus erfassen lassen und auswerten (z. B. bei Spezialanwendungen wie einer Vakuumkammer).

---

### *Defizite*

Ein Unterstützungsbedarf kann nicht pauschal erkannt werden und muss im Einzelfall das mittelständische Unternehmen selbst entscheiden.

## **Datenanalyse**

### *Umsetzungsstand*

*Big-Data* ist für den Mittelstand noch ein weit entferntes Zukunftsthema aber selbst einfache statistische Auswertungen der Daten zur Verbesserung der Produktion sind nicht bekannt oder werden nicht genutzt.

Viele der Datenerfassungen und -auswertungen erfolgen nur weil der Kunde oder Gesetze dies fordern oder weil die Maschinen diese Daten ohnehin liefern. Die Wichtigkeit der Daten für den eigenen Betrieb und die Notwendigkeit diese auszuwerten wird selten erkannt.

### *Technologielevel*

Software zur Datenauswertung gibt es zahlreiche. Bisher handelt es sich dabei jedoch meist um Expertensysteme mit hohem Aufwand zur Dateneinspeisung und Interpretation der Ergebnisse.

### *Potenzial*

Da viele Daten bereits vorhanden sind, lassen sich so schnell große Erfolge erzielen.

### *Defizite*

Schulungen und Informationsmaterial für die mittelständischen Unternehmen fehlen, um die Möglichkeiten zur Datenanalyse bekannt zu machen. Bislang fehlen die Methoden und Kompetenzen zur Datenanalyse in den Unternehmen. Komplexe Programme sollten bedienerfreundlich umgestaltet werden um die Nutzung auch für den Mittelstand interessant zu machen.

## 11.5.2 Assistenzsysteme

### IT-Tools und Apps

#### *Umsetzungsstand*

Ein zentraler Punkt der Überlegungen von Industrie 4.0 ist die Unterstützung der Beschäftigten durch geeignete und individuell zugeschnittene Softwarelösungen.

Die Nutzung von CAx-Systemen in der Produktentwicklung ist innerhalb der mittelständischen Unternehmen sehr weit fortgeschritten. Zwar gibt es stetig Optimierungen auf diesem Feld durch beispielsweise 3D-Caves oder VR-Modelle, doch diese Anwendungen sind weitestgehend marktgetrieben und erfordern keine Unterstützung durch staatliches Handeln. Selbiges gilt auch für die oft in Zusammenhang gebrachten 3D-Druckverfahren. Diese sind zwar noch nicht weit verbreitet, werden jedoch von den Anbietern bereits stark beworben und bei den mittelständischen Unternehmen bekannt gemacht. Aktivitäten innerhalb der Forschung und Entwicklung können durch digitale Applikationen unterstützt werden. Die kleinen, mobilen und handlichen Apps (z. B. Berechnungsmethoden, Formelsammlungen, Methodenbeschreibungen etc.) haben ihren Weg in den Mittelstand bisweilen jedoch noch nicht gefunden.

Die Verbreitung von Programmen, die die Produktionsplanung und –steuerung unterstützen, ist sehr hoch. In den direkten Bereichen hingegen ist die IT-Durchdringung oft deutlich schlechter. Hier finden sich regelmäßig noch Excel Anwendungen oder andere, zum Teil selbstprogrammierte, Insellösungen.

Ein geringer Industrie 4.0 Umsetzungsstand von Assistenzsystemen ist in den Bereichen Instandhaltung und *Supply Chain* Integration zu verzeichnen. In Ersterem könnten die häufig papiergestützten Dokumente (z. B. QM-Handbuch, Verfahrensanweisungen, Arbeitsanweisungen) und Methoden (z. B. FMEA, Prozessaudits) des Qualitätsmanagements durch entsprechende Apps digital zur Verfügung gestellt werden. Zum anderen könnte mittels breit gefächerter Wissensdatenbanken die unternehmensübergreifende Bereitstellung von bestellspezifischen Informationen vorangetrieben werden.

#### *Technologielevel*

Bereichsübergreifend eint die in großer Vielfalt vorhandenen IT-Systeme, dass sie ausschließlich stationär zur Verfügung stehen. Mobile, auf den Anwender zugeschnittene Kleinstprogramme gibt es praktisch nicht. Zwar ist ein Trend hin zu webbasierten IT-Tools zu erkennen. Eine uneingeschränkte Praxistauglichkeit der Technologie ist jedoch noch eher die Ausnahme.

---

### *Potenzial*

IT-Tools und Apps können einen hohen Beitrag zur Produktivitäts- und Qualitätssteigerung durch eine aktive Unterstützung der Mitarbeiteraktivitäten leisten. Das wirtschaftliche Potenzial ist insbesondere in den Unternehmensbereichen Forschung & Entwicklung, Produktion und Instandhaltung hoch einzuschätzen. Es wäre allerdings wünschenswert, den Mobilitätstrend zu verstärken und eine Plattform zu schaffen, auf der schlanke Lösungen aufgebaut und Angeboten werden. Besonders für den Mittelstand bieten sich hier hohe Potenziale. Ein modularer Aufbau von Anwendungen und Applikationen kann zudem die Investitionskosten senken. Statt ein monolithisches Großsystem mit vielen nicht benötigten Funktionen zu betreiben, können die mittelständischen Unternehmen bedarfsgerecht immer genau die Softwaremodule erwerben, die individuell benötigt werden.

### *Defizit*

Im speziellen Fall der mobilen App-Anwendungen ist der Fokus auf die bedarfsgerechte Entwicklung von Softwareplattformen zu legen. Der überwiegende Anteil der IT-Tools ist aber bereits konzipiert. Es fehlt hier lediglich an einer flächendeckenden Umsetzung bzw. Einführung.

## **Simulation**

### *Umsetzungsstand*

Die Simulation von Prozessen und ganzen Materialflusssystemen, im Sinne der Modellierung eines digitalen Abbildes der Realität, wird von den mittelständischen Unternehmen äußerst selten eingesetzt und als Optimierungshilfe nicht wahrgenommen. Auch bei der Neu- und Umgestaltung bestehender Werksstrukturen werden die Möglichkeiten der Simulation häufig nicht genutzt. Vor der Markteinführung finden in wenigen Fällen Simulationswerkzeuge, neben den etablierten Labortests, zur Kontrolle des Produktverhaltens Verwendung.

### *Technologielevel*

Obwohl die Simulation bereits seit mehreren Jahren erfolgreich in der Industrie eingesetzt wird, hat sie noch kein finales Entwicklungsstadium erreicht. Es kommen regelmäßig neue Anwendungen und Verbesserungen hinzu, sodass die Simulation als Schlüsseltechnologie eingestuft werden kann.

### *Potenzial*

Durch Simulationsanwendungen können theoretisch große wirtschaftliche Potenziale gehoben werden, da komplexe Systemzusammenhänge in kurzer Zeit dargestellt und analysiert werden können. Dies ist bei vielen Großunternehmen auch bereits angekommen. Innerhalb der mittelständischen Unternehmen fehlt es allerdings in vielen Fällen noch an Kenntnissen bzgl. der zur Verfügung stehenden Simulationswerkzeuge, der möglichen Anwendungsgebiete oder des erzielbaren Nutzens. Unsicherheit besteht bei dem Mittelstand zudem hinsichtlich der intransparenten Beschaffungskosten und des schwer abzuschätzenden Betriebsaufwandes.

Auf der anderen Seite entdecken auch die Softwareanbieter erst allmählich die mittelständischen Unternehmen als potenzielle Kunden. Derzeit sind Simulationstools in der Regel noch echte Expertensysteme. Handlungsbedarf besteht entsprechend für die Softwareanbieter, ihre Software nutzerfreundlicher, modularer aufzubauen und die Komplexität der Modellierung und Anwendung der Systeme deutlich zu vereinfachen.

### *Defizit*

Die momentan noch vorhandenen Informationsdefizite müssen systematisch geschlossen werden. Die flächendeckende Einführung der Technologie muss weiter vorangetrieben werden, sodass nicht nur einige wenige Vorreiter von dem Nutzen der Simulationsanwendungen profitieren.

## **Dokumentation und Wissensmanagement**

### *Umsetzungsstand*

Dokumentationssysteme und Dokumentenmanagement finden sich bereits häufig im Mittelstand, sind jedoch nicht immer IT-gestützt und oft nur in analoger Form (z. B. Checklisten) verfügbar. Vor allem im Qualitätsmanagement wird oft umfangreich dokumentiert, schon bedingt durch die ISO 9001 Zertifizierung, die in vielen Betrieben Standard ist und umfangreiche Dokumentationsprozesse vorschreibt. Innerhalb der Industrie 4.0 geht es jedoch nicht nur um das reine Vorhandensein von Dokumentation in Form von Textbausteinen. Entscheidend ist, wie die Informationen aufgebaut und handhabbar gemacht werden. Ziel muss es dabei sein, die Daten an das Produkt zu hängen bzw. an dieses zu koppeln. Ein Informationsaufbau auf Basis des Produktmodells ist sehr selten bei mittelständischen Unternehmen.

---

Systeme zum Erfassen und Managen von Wissen sind kaum im Mittelstand zu finden. Das Wissen bleibt in der Regel in den Köpfen der gut ausgebildeten und langjährigen Beschäftigten oder wird, abgesehen von Einweisungen, eher zufällig in persönlichen Gesprächen (Kaffee-Ecke) vermittelt. Durch die fehlenden Strukturen im Bereich des Wissenstransfers, bleiben Fachkenntnisse einigen wenigen Personen vorbehalten. Die vorhandenen Experten haben wenig Möglichkeit, ihr Wissen mit Kolleginnen und Kollegen zu teilen. Ein digitaler Austausch findet gar nicht statt. In der Produktion wird zum Teil Wissensmanagement in Form von Maschinenbüchern oder Fehlerbüchern betrieben, in denen die Fachinformationen handschriftlich dokumentiert sind. Dies ist jedoch in der Praxis bei KMU eher die Ausnahme und erfolgt ebenfalls nicht IT-gestützt. Kleine und einfache Programme wären hilfreich, um diese Dokumentation elektronisch zu ermöglichen und sie somit nicht nur unternehmensweit zur Verfügung zu stellen sondern auch mit einer Suchfunktion zu versehen.

Auch das Wissen aus der Nutzungsphase sowie Kundenbeschwerden werden nur sehr selten ausreichend systematisch und IT-gestützt erfasst.

#### *Technologielevel*

Insbesondere in den Bereichen Forschung & Entwicklung sowie *After-Sales* sind Lösungen zur schnellen und kompakten Informationsdokumentation und zum bereichsübergreifenden Wissenstransfer vorzufinden. Die häufig analogen Anwendungen können aufgrund ihrer ausgeschöpften Leistungspotenziale in den Bereich der Basistechnologien einsortiert werden. Die fehlende Marktdurchdringung der digitalen Anwendungen lässt eine Eingruppierung in die Kategorie der Schlüsseltechnologien zu.

#### *Potenzial*

Die Dokumentation von Daten und Wissen ist ein seit langem bekanntes Thema, dessen Potenziale jedoch bei weitem noch nicht ausgeschöpft wurde und für das Industrie 4.0 ganz neue Möglichkeiten, wie beispielsweise automatische Auswertungen, die Aufgabenverteilung zwischen einzelnen Abteilungen oder das Festhalten von implizitem Wissen, schafft.

#### *Defizit*

Aufgrund der großen Potenziale, empfiehlt es sich die Digitalisierung weiter zu fördern und die Vernetzung zu ermöglichen. Auch soziotechnische Probleme sind zu lösen, da viele Beschäftigte ihr Wissen weder analog noch digital mit anderen teilen möchten. Um zukünftige Softwarelösungen effektiv nutzen zu können, müssen im Vorfeld die abzubildenden Doku-

mentations- und Wissensmanagementprozesse klar und eindeutig beschrieben werden. Dokumentenmanagement- bzw. Workflowmanagementsysteme bilden hier eine gute Basis. Mit Ihnen können sowohl Dokumente verwaltet werden als auch Prozesse abgebildet werden.

## **Arbeitsanleitungen**

### *Umsetzungsstand*

In der Logistik ist der Verbreitungsgrad elektronischer Arbeitsanweisungen höher als in den übrigen Unternehmensbereichen. Assistenzsysteme, welche die Beschäftigten bei der Kommissionierarbeit unterstützen (z. B. *Pick-By-Light*, *Pick-By-Voice*), gehören auch beim Mittelstand bereits häufig zum Standard. Selten verbreitet sind hingegen Systeme zur Optimierung von Routen bzw. Leitsysteme mit dem Ziel der Wegeminimierung.

Wartungs- und Instandhaltungsanleitungen für Maschinen und Anlagen sind sehr selten in elektronischer Form für die Beschäftigten verfügbar. Eine dynamische Komponente fehlt gänzlich, sodass lediglich statische PDF-Dokument zum Einsatz kommen.

In der Produktion sind elektronische Arbeitsanweisungen wie z. B. Montageanleitung, Sicherheitshinweise und Qualitätsinformationen ebenfalls noch eine absolute Seltenheit. Zum Teil gibt es auch hier PDF-Anleitungen zum Abruf am Arbeitsplatz, jedoch fehlt praktisch immer der Schritt hin zu mobilen Geräten und eine Unterstützung und Aufbereitung der Inhalte durch Filme und Fotos.

### *Technologielevel*

Im Bereich der Logistik sind die meisten Anwendungen bereits seit geraumer Zeit auf dem Markt etabliert. Diese Basistechnologien sind bekannt, erprobt und müssen lediglich von den mittelständischen Unternehmen eingesetzt werden. Die Technologien der übrigen Bereiche, wie beispielsweise die *Augmented Reality* per virtueller Datenbrille, befinden sich noch im Entwicklungs- und Erprobungsstadium und sind somit den Schlüsseltechnologien zuzuordnen.

### *Potenzial*

Mit Hilfe von digitalen und mobilen Anleitungssystemen können insbesondere in der Intralogistik die Prozesse beschleunigt werden. Auch die Prozessqualität kann aufgrund der gesenkten Fehleranfälligkeit deutlich gesteigert werden. Die Potenziale werden auch von dem Mittelstand erkannt und gehoben. Aufgrund der zumeist wenig komplexen Werksstruktur von

---

mittelständischen Unternehmen erzeugen Systeme zur Wegeoptimierung allerdings keinen messbaren Mehrwert. Elektronische und schnell verfügbare Arbeitsanweisungen können sowohl die Fertigungs- als auch die Instandhaltungsprozesse nachhaltig verbessern. Dabei ist allerdings zu beachten, dass bei steigender Variantenvielfalt auch der Aufwand für die Pflege solcher Arbeitsanleitungen anwächst.

### *Defizit*

Obwohl das Potenzial in einigen Funktionsbereichen hoch ist, ist der Umsetzungsgrad bereichsübergreifend als gering zu bezeichnen. Da die erforderlichen Technologien bereits weitestgehend entwickelt sind, sollte die Einführung und Durchdringung im Mittelstand gefördert werden.

## **Auftragsinformationen**

### *Umsetzungsstand*

Informationen und Kennzahlen zur aktuellen Auftragslage wie Statusmeldungen, Störungen, Wartungsbedarfe, Reihenfolgen/Prioritäten, Lieferstatusmeldungen, Standorte und Lieferterminprognosen werden meist über Anzeigetafeln (z. B. *Andon-Boards*) und an Terminals an die Beschäftigten weitergegeben. Die klassischen Auftragsinformationen erreichen die Beschäftigten in der Regel in Papierform oder über die weit verbreiteten BDE-Terminals. Die Priorisierung erfolgt beispielsweise über die aufgedruckten Lieferdaten oder in mündlichen Absprachen.

Vor allem in der Instandhaltung und im Qualitätsmanagement wird noch die klassische Papiercheckliste zur Übermittlung und Dokumentation der Informationsflüsse verwendet. Eine mobile Bereitstellung von Auftragsinformationen gibt bei den mittelständischen Unternehmen praktisch nie.

### *Technologielevel*

Innerhalb von Großunternehmen ist die Vielzahl der Technologien bereits in den betrieblichen Alltag integriert worden. So zählen z. B. optische Visualisierungssysteme oder etwa das *Tracking* und *Tracing* zur Sendungsverfolgung zu den Basistechnologien, die aufgrund ihrer Marktreife nur noch ein geringfügiges Entwicklungspotenzial aufweisen. *Cloud*-Lösungen finden als zentrale Speicherbereiche für die Datenablage Verwendung, werden von mittelständischen Unternehmen jedoch selten genutzt.

### *Potenzial*

Die zusätzlichen und jederzeit zugänglichen Informationen helfen den Beschäftigten, die optimalen Entscheidungen in kürzester Zeit zu treffen. In der Folge lassen sich die Durchlaufzeiten reduzieren und die Liefertermintreue steigern. Die Visualisierung eines Soll-Ist-Vergleiches auf digitalen Anzeigetafeln führt dazu, dass die Beschäftigten jederzeit einen Überblick über die Zielvorgaben und den aktuellen Bearbeitungsstand haben. Eine zusätzliche Einblendung des nächsten Produktionsauftrages trägt dazu bei, dass das Produktionspersonal jederzeit ausgelastet ist und keine unproduktiven Wartezeiten entstehen. Ferner kann die technische und wirtschaftliche Nutzungsdauer von Maschinen und Anlagen durch das Anzeigen von Wartungsintervallen und Verbräuchen gesteigert werden.

### *Defizit*

Da die erforderlichen Technologien größtenteils bereits vorhanden sind, sollte die Umsetzung gefördert und die Bekanntheit der Systeme gesteigert werden. Um die Technologien nachhaltig einsetzen zu können, muss im Vorfeld eine Sensibilisierung für die Erfassung der später abzubildenden Daten erfolgen.

## **Anpassung an Produkt und Beschäftigte**

### *Umsetzungsstand*

Das Ziel einer kontextsensitiven Informationsbereitstellung und individuellen Anpassung von Software und Hardware (z. B. Sprache, Bedienoberfläche) an das Produkt und an den Beschäftigten ist noch in weiter Ferne. Tendenziell bieten zwar immer mehr Programme individualisierte Oberflächen (z. B. ERP), die auch genutzt werden. Eine Anpassung an den einzelnen Beschäftigten mit seinen individuellen Informations- und ergonomischen Bedarfen ist jedoch bei den mittelständischen Unternehmen nicht vorzufinden. Dies scheitert vor allem an der noch nicht vollständig vorhandenen Technologie und der bislang ungeeigneten Software. Nicht anders sieht dies bei der ergonomischen Gestaltung von Arbeitsplätzen aus. Anpassungen an die körperlichen Gegebenheiten der Beschäftigten (z. B. Verstellung der Tischhöhen, Platzierung von Materialien und Werkzeugen im Greifraum), die über die Vorgaben der Berufsgenossenschaft hinausgehen, finden oft nicht statt.

### *Technologielevel*

---

Das Element der individuellen Anpassung der Arbeitsumgebung an die Produkte und die Beschäftigten befindet sich nicht unter den Top Prioritäten zur Einführung von Industrie 4.0. Die entsprechenden Technologien (u.a. bedarfsgerechte Veränderung der Hard- und Softwareparameter) befinden sich nicht mehr in der Entstehungsphase, müssen aber in das Sichtfeld insbesondere der mittelständischen Unternehmen gebracht werden.

#### *Potenzial*

Aktuell ist das Wertschöpfungspotenzial in diesem Falle als gering zu bezeichnen. In Anbetracht des demographischen Wandels steigt die Wichtigkeit dieses Punktes allerdings deutlich an.

#### *Defizit*

Der mittlere Entwicklungsstand generiert Handlungsempfehlungen insbesondere an die Hersteller von Softwaresystemen und an die anwendungsnahe Forschung, die Systeme weiter zu vereinfachen und in den Markt zu überführen. Des Weiteren muss den mittelständischen Unternehmen die langfristige Wichtigkeit dieses Themas über Informationsveranstaltungen näher gebracht werden.

### **Bereitstellen von Produktdaten**

#### *Umsetzungsstand*

PLM/PDM-Systeme auf denen Kunden, Entscheidungsträger und Beschäftigte die Produktdaten (F&E-Daten, Nutzungsdaten, Produktspezifikationen) und die gesamte Historie einsehen können (digitales Produktgedächtnis wie es I40 fordert), sind nur selten in mittelständischen Unternehmen vorhanden. Für diesen Einsatzzweck geeignete Software ist zwar bereits vorhanden, wird aber eher von Großunternehmen und Konzernen verwendet. Die Vorteile solcher Daten sind vielfältig und in allen Unternehmensbereichen zu finden, jedoch nicht für alle mittelständischen Unternehmen unmittelbar ersichtlich.

#### *Technologielevel*

Elektronische Produktinformationen, in Einzelfällen auch die gesamte Produkthistorie, können bereits innerhalb der ERP-Systeme abgebildet und hinterlegt werden. Die technischen Möglichkeiten dazu sind vorhanden, sodass eine Einsortierung innerhalb der Basistechnologie gerechtfertigt ist. Um den Werdegang der Produkte nachverfolgen zu können, müssen diese auf ihrem Entstehungsweg lokalisiert werden. Dies geschieht mit Hilfe von Sensoren und der Verwendung von Auto-ID Komponenten (z. B. *Smart Label* oder RFID Tags). Auch

diese Technologien befinden sich bereits im flächendeckenden Einsatz, haben sich aber innerhalb der mittelständischen Unternehmen noch nicht durchgesetzt.

#### *Potenzial*

Aus Sicht der mittelständischen Unternehmen ist das Verbesserungspotenzial durch die Anwendung dieses Elementes als eher gering einzuschätzen. Zwar erleichtert die Bereitstellung der Produktzustandsdaten innerhalb der inner- und außerbetrieblichen Wertschöpfungskette die zeitnahe Zuordnung zu Kapazitäten und Ressourcen, der zusätzliche zeitliche und organisatorische Aufwand verhindert allerdings einen flächendeckenden Einsatz. Für die Kunden kann die Kenntnis des aktuellen Produktstatus jedoch eine wichtige Rolle spielen, da aus diesen Informationen auch ein voraussichtlicher Liefertermin abgeleitet werden kann. Durch das Anbieten dieses Services, können die Unternehmen also einen zusätzlichen Kundennutzen generieren.

#### *Defizit*

Innerhalb der mittelständischen Unternehmen sollte insbesondere die Umsetzung der bereits etablierten Technologien unterstützt und deren Mehrwert aufgezeigt werden. Zudem muss die Zuverlässigkeit der Produktidentifikation weiter gesteigert werden, um die Konsistenz der Daten zu gewährleisten.

### **Kooperation zwischen Mensch und Maschine**

#### *Umsetzungsstand*

Die Automatisierung steckt bei den mittelständischen Unternehmen zumeist noch in den Kinderschuhen. Manuelle Logistik- und Produktionsabläufe bestimmen weiterhin das Unternehmensbild. Die Frage, wie eine funktionierende und sichere Zusammenarbeit zwischen Mensch und Maschine realisiert werden kann, stellt sich in diesem Umfeld erst gar nicht.

#### *Technologielevel*

Die Integration von Robotern und motorischen Assistenzsystemen in die Prozessabläufe der Großunternehmen und Konzerne ist bereits seit Jahrzehnten zu beobachten. Als kritischer Punkt ist hier vor allem die Sicherstellung der gesundheitlichen Unversehrtheit der Beschäftigten zu sehen. Ein zentraler Forschungsschwerpunkt ist daher die Entwicklung neuer Sicherheitstechnologien und –komponenten (z. B. Arbeitsraumüberwachung, Sensorik, Manipulatoren). Die Technologien befinden sich häufig noch in der Entstehungsphase und es fließen

---

ständig aktuelle Erkenntnisse aus der Forschung und der betrieblichen Praxis in die Entwicklung ein. Sie sind daher den Schrittmachertechnologien zuzuordnen.

### *Potenzial*

Motorische Assistenzsysteme können den Beschäftigten optimal unterstützen und seine Leistung dadurch deutlich erhöhen. Der Roboter kann z. B. monotone Arbeiten übernehmen oder zur körperlichen Entlastung der Beschäftigten eingesetzt werden.

### *Defizit*

Leichtbauroboter sind aktuell noch mit einem hohen Aufwand bei Anschaffung und Betrieb verbunden. Insbesondere durch die oft geringeren Stückzahlen von mittelständischen Unternehmen gegenüber Großunternehmen wird die Anschaffung von Robotertechnik für viele mittelständische Unternehmen derzeit nicht interessant sein. Forschung und Entwicklung der Hersteller sind gefragt die Systeme einfacher und günstiger zu gestalten.

## **Elektronische Kommunikationsinstrumente zwischen den Beschäftigten**

### *Umsetzungsstand*

Im privaten Alltag ist die mobile elektronische Kommunikation bereits flächendeckend angekommen. E-Mails, Mobiltelefone, Terminplanungsinstrumente, Datenaustauschplattformen und soziale Medien werden von der Bevölkerung intensiv genutzt. In die Arbeitswelt hat es bislang nur ein Teil dieser Kommunikationsmedien geschafft. So werden E-Mails selbstverständlich bereits in aller Breite genutzt und auch Videokonferenzsysteme finden sich häufig. Auch die Planung von Terminen erfolgt in der Regel elektronisch gestützt. Smartphones hingegen sind in vielen Produktionsbetrieben noch immer verboten und eingebaute Kameras müssen abgeklebt werden. Der Austausch von Daten und Wissen erfolgt ebenfalls nicht mit elektronischer Unterstützung. Eine digitale Dokumentation von Wissen in Form von Videos zur Problem-/Lösungsbeschreibung erfolgt kaum.

Viele Betriebe fürchten einen *Know-how*-Verlust durch den Transfer sensibler Unternehmensdaten an Dritte und lassen sich hierdurch große Innovationen und Verbesserungen entgehen.

Zum Teil führt die Angst vor solchen Systemen sogar dazu, dass freie Software aus dem Internet genutzt wird. Dies hat zur Konsequenz, dass der Datenaustausch und die Kommunikation noch deutlich unsicherer werden.

### *Technologielevel*

Sämtliche Technologien sind durch den Einsatz im privaten öffentlichen Umfeld bereits bekannt und müssen daher lediglich für den gewerblichen Gebrauch adaptiert bzw. angepasst werden. Das Thema Datensicherheit ist in diesem Zusammenhang besonders zu beachten. Sinnvoll ist die Weiterentwicklung kleiner Apps für die Anwendung im Industrieumfeld, beispielsweise zur Fotodokumentation von Problemen oder zum inner- und überbetrieblichen Wissenstransfer. Aufgrund der privaten Verbreitung der relevanten Anwendungen, handelt es sich um Basistechnologien.

### *Potenzial*

Insbesondere in der Forschung & Entwicklung und in der Produktion ist die zeitnahe Übermittlung von produkt- oder prozessspezifischen Informationen zwischen den Beteiligten von großer Bedeutung um schnell auf notwendige Anpassungen und Probleme reagieren zu können. Innerhalb der überbetrieblichen *Supply Chain* bietet sich zudem der Vorteil, dass zeitintensive persönliche Besuche bei den Partnerunternehmen auf ein Minimum reduziert werden können. Die Reisezeit kann sinnvoll für produktive Tätigkeiten eingesetzt werden.

### *Defizit*

Da die Verbesserungspotenziale elektronisch gestützter Kommunikation nicht zu unterschätzen sind, sollte der Mittelstand sichere Lösungen für die mobile Kommunikation zwischen Ihren Beschäftigten fördern und im Unternehmen einführen. Hierfür brauchen sie kompetente Beratung und Unterstützung. Da ein Großteil der Entwicklungsarbeit durch Anbieter geschehen kann, ist es an der Politik eine sichere Plattform für geeignete Apps und eine Möglichkeit zur Datenablage zu schaffen.

## **Elektronisch gestütztes Lernen (e-Unterweisungen)**

### *Umsetzungsstand*

Die Möglichkeit des zeit- und ortsunabhängigen Lernens und Wissenstransfers unter Zuhilfenahme von elektronischen Medien ist nach Meinung der Experten bislang kein aktuelles Thema bei den mittelständischen Unternehmen mit industriellem Fertigungsfokus und wird selten genutzt. Dies liegt insbesondere in der Tatsache begründet, dass die Arbeitsaufgaben häufig unternehmensspezifisches *Know-how* erfordern, die nur durch persönliche Unterweisungen an den jeweiligen Arbeitsplätzen übermittelt werden können. Allgemeines Metho-

---

denwissen, welches hauptsächlich auf den e-Learning Plattformen übermittelt wird, ist nur selten gefragt.

### *Technologielevel*

Grundsätzlich sind die erforderlichen Methoden und Technologien weit entwickelt und werden in Großkonzernen bereits eingesetzt. Zu nennen sind hier insbesondere das *Computer-Based-Training* (CBT), welches Lernprogramme über die lokalen Rechner laufen lässt und das *Web-Based-Training* (WBT), welches die Netzwerkumgebung, also Intranet und Internet, zum Vermitteln der Lerninhalte vorsieht. Das Vorhandensein von Datenbanken, welche die benötigten Informationen und Lerninhalte bündeln und strukturieren, ist die Basis für die Einführung von e-Learning Angeboten.

### *Potenzial*

Auf dem Markt befinden sich eine Vielzahl etablierte Anbieter, die fertige und standardisierte Produkte vertreiben und den Unternehmen zur Verfügung stellen. Eine von den in dieser Studie betrachteten mittelständischen Unternehmen geforderte Individualisierung auf die Inhalte und Erfordernisse des einzelnen Unternehmens ist weder aus wirtschaftlicher noch aus organisatorischer Sicht ohne weiteres realisierbar. Zudem kämpfen viele mittelständischen Unternehmen noch immer mit den Vorbehalten der Belegschaft gegenüber den potenziell einsetzbaren e-Learning Maßnahmen. Die fehlende Akzeptanz begründet sich insbesondere in den zeitintensiven und häufig praxisfernen Inhalten. Mit praxisorientierten Förderprogrammen (z. B. LERNET) wurde in der Vergangenheit der Versuch unternommen, das e-Learning auch für den Mittelstand und die öffentliche Verwaltung verfügbar zu machen. Diese Maßnahmen haben auch durchaus eine positive Wirkung erzielt, bilden aber die produktionstechnischen Herausforderungen nur unzureichend ab.

### *Defizit*

Einfache, kostengünstige und individuell zugeschnittene Lernangebote können auch von dem Mittelstand in Zukunft verstärkt genutzt werden. Beispiele für diese Maßnahmen sind u.a. das Mitschneiden und archivieren von fertigungstechnischen Prozessschritten per Video oder das Aufbereiten von Arbeitsanweisungen zu Schulungen. Der Anlernprozess neuer Beschäftigter kann dadurch nachhaltig beschleunigt werden. Die Unternehmen müssen in einem ersten Schritt auf den Nutzen dieser Aktionen aufmerksam gemacht und in der Umsetzung geschult werden.

Standardisierte e-Learning Angebote sollten hingegen nicht weiter betrachtet werden, da ein nachhaltiger Nutzen hier nicht zu erwarten ist und dieser auch in keinem Verhältnis zu den kostenintensiven Einführungsvoraussetzungen steht.

---

### 11.5.3 Vernetzung und Integration

Der Umsetzungsstand in den einzelnen Unternehmensbereichen liegt bei der Vernetzung und Integration eher auf einem sehr niedrigen bis niedrigen Niveau. Abstimmungen erfolgen überwiegend verbal zwischen den Abteilungen oder Unternehmen und sind nur selten digitalisiert. Dabei bietet eine Vernetzung hohe Potenziale wie bereits dargestellt wurde erhöht sich die Transparenz und Unternehmensverbände können ihre Leistungen ausbauen und absichern. Auch in diesem Bereich ist ein Handeln zwingend erforderlich.

#### **Betrachtung des gesamten Produktlebenszyklus**

Zentrales Element von Industrie 4.0 ist die Betrachtung und Optimierung des gesamten Produktlebenszyklus. Alle Informationen zum Produkt sollen in jeder Phase des Produktlebens verfügbar sein. Beginnend von der Entwicklung, über die Produktion und die Logistik bis hin in den *After-Sales* Bereich und schließlich auch bei Entsorgung, Re-Cycling oder Up-Cycling.

#### *Umsetzungsstand*

Wichtig um diese Vision zu verwirklichen ist ein durchgängiges Produktdatenmanagement (PDM). Ein solches ist eine absolute Seltenheit im Mittelstand. Lediglich in Branchen wie dem Automobilbau werden die mittelständischen Unternehmen zum Teil zur Herausgabe dieser Daten gezwungen und dann in der Datenbank der OEM abgelegt. Hauptgrund für die sehr geringe Umsetzung ist die Angst vor *Know-how*-Verlust.

Auch werden viele Daten in der Regel nicht produktbezogen abgelegt, was die Zuordnung zum einzelnen Produkt zum Teil erschwert. Die Aufstellung der mittelständischen Unternehmen im *After-Sales* Bereich ist sehr unterschiedlich. Einige der Unternehmen bieten bereits umfangreiche Services an, andere Unternehmen haben diese neue Möglichkeit zur Steigerung von Kundenzufriedenheit, Kundenbindung und Umsatzsteigerung noch nicht erkannt. Einen systematischen Kundendienst und eine umfangreiche Betreuung der Kunden sind jedoch eher selten.

#### *Technologielevel*

In der Forschung wird das Thema Produktlebenszyklus kaum betrachtet. Der größte Anteil an Industrie 4.0 Forschung fokussiert den Bereich Produktion. Die anderen Lebenszyklusphasen werden vernachlässigt.

Die Technologien sind weitestgehend entwickelt, die Konzepte zur Datenstrukturierung könnten jedoch noch verbessert werden.

### *Potenzial*

Die Potenziale liegen in einer Reihe kleinerer Verbesserungen durch mehr Informationen zum Produkt. Während der Nutzung können einfacher Ersatzteile bestellt werden. Insbesondere am Produktlebensende aber können Informationen zu verbauten Einzelteilen und verwendeten Rohstoffen zu einer deutlichen Steigerung der Wiederverwendung führen. Zum Teil können ganze Baugruppen der Produkte wiederverwendet werden und der Rest der Materialien optimal recycelt werden.

Aus der durchgängigen Dokumentation und Nutzung von Qualitätsdaten, über die Entwicklung, die Lieferanten, die Produktion bis hin in den Nutzungsbereich (Service), ergeben sich Erkenntnisse, die Produkt- oder Prozessverbesserungen zulassen und die Zusammenhänge lassen sich besser erkennen.

### *Defizit*

Wesentliches Hindernis für ein durchgängiges Produktdatenmanagement ist das Fehlen einer Plattform für die Datenablage (Hersteller der Endprodukte könnte diesen vorhalten). Dies liegt zum großen Teil an dem fehlenden Bewusstsein für die Potenziale und den Nutzen solcher Plattformen aber auch an fehlendem Vertrauen in die externe Zusammenarbeit.

### **Austausch von Auftragsdaten**

In der vernetzten Produktion werden Auftragsdaten im gesamten Produktionsnetzwerk ausgetauscht. Zwischen einzelnen Leistungseinheiten im Unternehmen genauso wie unternehmensübergreifend im Partnernetzwerk. Lieferungen werden vorangekündigt und Bedarfe echtzeitnah und in kleiner Losgröße gemeldet. Aber auch Supportprozesse (wie z. B. Wartung und Instandhaltung) stimmen ihre Arbeiten und Termine optimal auf die Produktion ab.

### *Umsetzungsstand*

Die Abstimmung zwischen mittelständischen Unternehmen erfolgt in der Regel informell oder überhaupt nicht. Ausnahme bilden auch hier die Lieferanten für die Großindustrie (z. B. Automobilzulieferer, Pharma), bei denen Lieferavis zum Standard gehören. Auch in Branchen in hohen Produktkosten wie z. B. in der Halbleiterindustrie ist die Abstimmung bereits gut ausgebaut. Abgesehen von diesen Branchen gibt es noch hohen Nachholbedarf. Insbesondere in der digitalen Anbindung. So gehören in vielen Betrieben Faxbestellungen noch immer zum Normalzustand.

---

Der Austausch von *Supply Chain* Daten wie Auslastung oder Verzögerungen ist ebenfalls sehr spärlich. Auslastungsinformationen werden so gut wie nie im Netzwerk geteilt, da sie kritische Informationen gesehen werden. Ausnahme bilden Branchen, in denen es von den Großkunden der mittelständischen Unternehmen erwartet wird. In Branchen wie beispielsweise dem Automobilbau werden diese Daten gefordert und auch ausgetauscht.

Verzögerungen und Probleme werden meist in direkten Kontakt per Telefon oder E-Mail kommuniziert.

Auch innerhalb der Fabrik zwischen den Abteilungen gibt es oft eine eher schlechte Abstimmung.

#### *Technologielevel*

Auslastungsinformationen und Störungen werden auf Maschinenebene bereits erfasst, jedoch den Partnern nicht mitgeteilt. Passende Übermittlungstechnologien stehen ebenfalls zur Verfügung. Eine Umsetzung wäre entsprechend denkbar. Benötigt wird ein Modell für die richtige Aggregationsebene für den Austausch zwischen den Unternehmen. Bei dem das Kapazitätsangebot deutlich wird, ohne auf Meldungen zu Einzelmaschinen zu geben.

#### *Potenzial*

Viele mittelständische Unternehmen haben die Vorteile einer höheren Vernetzung bereits erkannt. In der Regel stehen dem jedoch mangelnde Organisation und fehlende Prozesse gegenüber, sodass die Potenziale erst danach erreicht werden können.

Die Vorteile der Vernetzung liegen in der erhöhten Transparenz über die Lieferkette. Die Unternehmen können sich so besser auf die tatsächlichen Bedarfe einstellen und ein *Bullwhip*-Effekt bleibt aus.

#### *Defizit*

Es fehlen Organisationsformen, die richtige Ebene und die Medien für eine enge Zusammenarbeit zwischen den Abteilungen und mit Partnerunternehmen.

### **Vernetzung von IT-Systemen**

In jedem Unternehmen gibt es bereits heute eine Vielzahl unterschiedlicher IT-Systeme. Lagerverwaltung, ERP, Buchhaltungssoftware, CAD, Simulationssoftware, Tabellenkalkulation, Textverarbeitung, Produktdatenbanken, Kundendatenbanken und Software zum Projektma-

nagement und sind Beispiele für die Fülle an IT-Tools. In einer vernetzten Fabrik arbeiten alle IT-Systeme zusammen, können Daten untereinander austauschen und für unterschiedlichste Anwendungen genutzt werden.

#### *Umsetzungsstand*

IT-Systeme in mittelständischen Unternehmen wie auch in Großunternehmen sind oft nicht miteinander vernetzt und nutzen unterschiedlichste Datenstandards, was eine Kopplung fast unmöglich macht. Entsprechend ist auch eine Vernetzung der IT selten bis gar nicht vorhanden.

Zwar ist bereits ein Trend zu mehr Vernetzung erkennbar, jedoch vor allem in Unternehmen die bereits hochautomatisiert sind. In den meisten mittelständischen Unternehmen ist die Vernetzung mangelhaft.

#### *Technologielevel*

Wichtigster Punkt zur Vernetzung sind Schnittstellen. Damit Programme auf die Daten anderer zugreifen können brauchen sie eine gemeinsame Schnittstelle. Über diese Schnittstellen können Informationen sowohl importiert als auch exportiert werden. Ein vielversprechendes Beispiel für eine solche Schnittstelle ist das „*Application programming interface*“ (API), welches sich derzeit auch immer weiter durchsetzt.

Außerdem werden Standards für den Informationsaustausch benötigt. Vielversprechend sind hier vor allem OPC-UA oder auch AutomationML. Weitere mögliche Standards werden derzeit noch entwickelt und weiterentwickelt.

#### *Potenzial*

Durch die Vernetzung von Daten entstehen neue Erkenntnisse, es wird Transparenz geschaffen und Zusammenhänge können erkannt werden. Zudem wird der Aufwand zum Übernehmen der Daten deutlich reduziert. Die Potenziale von vernetzten IT-Systemen sind enorm.

#### *Defizit*

Derzeit gibt es eine Vielzahl möglicher Datenstandards und weitere werden entwickelt. Zeitgleich fehlt es an Übersetzungsprogrammen zwischen den Standards.

---

## **Austausch von Technologiedaten**

Auch bei den technischen Prozessen im Unternehmen kann Industrie 4.0 einen Beitrag leisten. Beispielsweise können Technologiedaten (wie beispielsweise Bearbeitungsparameter oder Prozesszeiten) zwischen den Abteilungen oder auch mit Netzwerkpartnern ausgetauscht werden.

### *Umsetzungsstand*

Der Austausch erfolgt meist heute eher bei informellen Treffen oder wenn der Hersteller eingeladen wird und nicht elektronisch gestützt. Viele Unternehmen würden einen Service dieser Art sicher nutzen, selbst Technologiedaten anzubieten hingegen ist mit dem Schutz von Firmen-Know-how jedoch für die meisten nicht vereinbar.

### *Technologielevel*

Es fehlen Technologieplattformen für den Austausch. Diese müssen entwickelt werden, rein Technisch sind die Komponenten hierfür jedoch verfügbar.

### *Potenzial*

Durch die fertigen Prozessdaten wird Zeit bei der Maschineneinrichtung gespart aber auch der Bearbeitungsprozess als solches kann durch optimale Technologiedaten verbessert werden. Im Vergleich mit vielen der anderen Punkte zum Thema Vernetzung ist der Nutzen jedoch überschaubar.

### *Defizit*

Es fehlt eine Plattform für den Austausch solcher Technologiedaten. Gefragt sind hier die Anlagenhersteller oder Dienstleister die diese Aufgabe übernehmen.

## **Unternehmensübergreifender Datenaustausch**

Die Vernetzung zwischen Unternehmen ist ein wichtiger Punkt von Industrie 4.0. Entlang der *Supply Chain* werden hierfür nicht nur Auftragsdaten ausgetauscht, sondern auch Entwicklungsdaten, Produktionsdaten und Qualitätsdaten.

### *Umsetzungsstand*

Qualitäts-, Entwicklungs- und Produktionsdaten sind das Kern-Know-how des Mittelstandes und werden entsprechend ungerne geteilt. Auch diese Daten werden zwar in manchen Branchen von den Großunternehmen als Kunden gefordert. Alles was nicht unbedingt gefordert wird, wird auch nicht geteilt.

### *Technologielevel*

Rein technisch sind die Daten vorhanden und könnten den anderen Unternehmen zur Verfügung gestellt werden.

### *Potenzial*

*Durch die* Kollaboration mit Entwicklungsteams anderer Unternehmen können Entwicklungszeiten von neuen Produkten deutlich reduziert werden. Insbesondere im Hinblick auf die sehr kleinen oder zum Teil nicht vorhandenen Forschungsabteilungen in mittelständischen Unternehmen ist eine Zusammenarbeit erfolgsversprechend.

Qualitäts- und Produktionsdaten ermöglichen deutlich mehr Transparenz und eine gute Fehlerrückverfolgung, die zur Verbesserungen von Prozessen und Produkten genutzt werden kann.

### *Defizit*

Es fehlt an sicheren und einfachen Wegen zu Datenübermittlung sowie an den schon angesprochenen Datenstandards.

Auch Verbände oder Genossenschaften von mittelständischen Unternehmen, in denen gegenseitiges Vertrauen herrscht, fehlen derzeit.

### **Integration in die Produktentwicklung**

Neben anderen Unternehmen, sollten auch die eigenen Abteilungen im Unternehmen stärker miteinander vernetzt sein und wichtige Daten austauschen. Einkauf, Arbeitsvorbereitung, Produktion und das Qualitätswesen können beispielsweise wichtige Hinweise zur Verbesserung der Produkte an die Produktentwicklung liefern.

---

### *Umsetzungsstand*

Obwohl mittelständische Unternehmen sich durch eine sehr enge Zusammenarbeit mit Ihren Kunden auszeichnen wird die Produktentwicklung in vielen mittelständischen Unternehmen nur schlecht oder eher zufällig und informell über Wünsche oder Probleme des Kunden informiert. Der Informationsaustausch mit der Produktentwicklung erfolgt ohne Systematik. Eine Voraussetzung hierfür wäre ein funktionierendes PLM/PDM, das in mittelständischen Unternehmen jedoch gut wie nicht verbreitet ist. Auch Kundenrückmeldungen zum Produkt können so nicht systematisch dokumentiert und genutzt werden.

Als Sonderfall sei hier die Projektierung im Anlagenbau/Sondermaschinenbau genannt, bei denen Projektbedingt bereits viele Informationen und Kundenwünsche in der Produktentwicklung zusammenlaufen.

Ein ausgeprägtes Abteilungsdenken verhindert viel Kommunikation. Trotz kurzer Kommunikationswege werden Wünsche und Anregungen selten weitergegeben.

Eine Studie des Fraunhofer ISI zu Innovationen in der Produktion aus dem Jahr 2001 zeigt, dass lediglich 18 % der mittelständischen Unternehmen F&E-Kooperationen mit Firmen im selben Markt betreiben.<sup>80</sup> Ein Prozentsatz, der in Anbetracht der Expertenbefragungen wohl kaum gestiegen ist.

### *Technologielevel*

Die benötigten technischen Werkzeuge sind und entwickelt.

### *Potenzial*

Durch eine bessere Kundeneinbindung können neben Verbesserungen auch neue Innovationen entstehen. Im Extremfall können Kunden sogar als Tester von Prototypen genutzt werden wie es in der Softwareentwicklung vielfach bereits Standard ist.

Ein anschauliches Beispiel für die mangelnde Abstimmung findet sich häufig bereits in den Produkten. Unterschiedliche Schraubenköpfe bei gleichen Schrauben beispielsweise erschweren die Montage und erfordern unterschiedliche Werkzeuge sowie eine aufwändige Materialbereitstellung. Eine organisierte Rückmeldung würde dieses Problem einfach lösen können. Es werden Zeit und Kosten in der Produktion gespart.

---

<sup>80</sup> Stahl, Ambros 2005, S. 384

### *Defizit*

Es fehlt lediglich die Umsetzung in mittelständischen Unternehmen. Dabei mangelt es an Risikobereitschaft sowie auch an PLM-Software zur systematischen Erfassung der Wünsche.

### **Cloud-Technologie**

*Cloud*-Systeme sind eine Grundlagentechnologie, auf der eine ganze Reihe weiterer Anwendungen aufbaut.

### *Umsetzungsstand*

Der Mittelstand ist *Cloud*-Systemen gegenüber noch skeptisch. Viele mittelständische Unternehmen fürchten um die Sicherheit der Daten oder haben den großen Nutzen noch nicht erkannt. Größere Mittelständler haben sich teilweise "Privat *Cloud*"-Anwendungen eingerichtet. Einige Anlagenhersteller nutzen mittlerweile *Cloud*-Technologien um Nutzungsdaten zu sammeln und Remote-Lösungen anzubieten

Eine Studie von Freudenberg IT zum *IT Innovation Readiness Index* von mittelständischen Unternehmen zeigt, dass der Einsatz *Cloud*-basierter Speicher-, Backup- und Serverdienste zwar in den letzten Jahren zunahm, jedoch mit 20 % noch immer auf einem sehr geringen Niveau ist. Die Studie besagt weiter, dass 40 % der befragten Fertigungsunternehmen *Cloud Computing* grundsätzlich ablehnen. Dies begründen 75 % der Unternehmen mit Ihrer Skepsis zur Datensicherheit. 30 % der befragten Unternehmen fürchten sich außerdem vor Datenverlust und 29 % hatten rechtliche Bedenken.<sup>81</sup>

### *Technologielevel*

Es gibt eine Vielzahl von guten und günstigen Lösungen am Markt.

### *Potenzial*

Das Thema *Cloud*-Systeme ist ein bereichsübergreifendes wichtiges Thema für die Realisierung von Industrie 4.0 und hat damit eine sehr hohe Priorität für die Vernetzung und damit den Erfolg von Industrie 4.0.

---

<sup>81</sup> Pierre Audoin Consultants (PAC) GmbH, Freudenberg IT SE & Co. KG 2014, S. 13f.

---

Weiterhin verringern *Cloud*-Systeme die lokale Datenhaltung und lösen somit einen Großteil der Versionsprobleme (*One-Dataset* statt vieler lokaler Kopien). Daten können echtzeitnah, orts- und geräteunabhängig gelesen und gespeichert werden.

#### *Defizit*

Es fehlt vor allem an Vertrauen der mittelständischen Unternehmen. *Cloud*-Systeme fehlen müssen noch sicherer werden.

### **Wissens- und Informationsmanagement**

Wissen und Informationen abteilungsübergreifend zur Verfügung zu stellen und somit ein besseres Verständnis für die Gesamtsituation zu bekommen und von anderen Abteilungen zu lernen ist das Ziel von vernetztem Wissens- und Informationsmanagement. Expertenwissen sollte bestmöglich dokumentiert und für die Beschäftigten einfach zugänglich sein.

#### *Umsetzungsstand*

In mittelständischen Unternehmen findet sich kaum systematisches Wissensmanagement, meist gibt es nur informellen Wissensaustausch (vgl. IT-Systeme zur Dokumentation und zum Wissensmanagement). Dies gilt innerhalb des Unternehmens zwischen den Abteilungen und umso stärker zwischen Unternehmen.

#### *Technologielevel*

Wissensmanagementsysteme gibt es bereits von zahlreichen Anbietern am Markt. Die Systeme sind jedoch oft noch kompliziert und bieten nicht genügend Zugriffsmöglichkeiten.

#### *Potenzial*

Das Potenzial von Wissens- und Informationsmanagement ist hoch. Zur Wissensweitergabe können damit die Beschäftigten Probleme umgehend melden, ein Foto oder Video davon machen und so gezielter kommunizieren. Wissen hilft bei der Problemlösung, der Prozessverbesserung und der Qualitätssteigerung.

#### *Defizit*

mittelständische Unternehmen sehen nicht die Vorteile von Wissensmanagementsystemen und brauchen Unterstützung bei der Auswahl und Einführung der richtigen Systeme. Vor allem einfache und günstige Lösungen mit vielseitigen Zugriffsmöglichkeiten werden benötigt.

## **Gemeinsame Geschäftsbeziehungen/virtuelle Unternehmen**

Unternehmensverbände von vernetzten mittelständischen Unternehmen können mit Industrie 4.0 ausgebaut werden. Eine Vernetzung bis hin zu einem gemeinsamen Leistungsangebot ist keine neue Idee. Die Möglichkeiten zur flexiblen Steuerung und Ausgestaltung solcher Netzwerke ändern sich jedoch durch den Einsatz von Industrie 4.0 Technologien. Die Beherrschung komplexer Netzwerke wird durch Industrie 4.0 Ansätze einfacher und schneller.

### *Umsetzungsstand*

Mittelständische Unternehmen arbeiten zusammen, jedoch in der Regel mit einer überschaubaren Anzahl bekannter Unternehmen. Die Absprachen erfolgen im direkten Gespräch und zu fixen Konditionen. Eine flexible Vernetzung der Unternehmen und die Nutzung von kurzfristigen Möglichkeiten zum Kapazitätsausgleich werden nicht genutzt.

In einer Erhebung zu Innovationen in der Produktion des Fraunhofer ISI aus dem Jahr 2001 gaben 25 % der Mittelständler an über Produktionskooperationen zum Komplett-/Systemangebot zu verfügen. Davon waren jedoch nur 5 % Netzwerkkoperationen und 20 % einfache Kooperationen. Zum Kapazitätsausgleich haben 31 % der Mittelständler einfache Kooperationen und weitere 5 % Netzwerke. Vertriebskooperationen finden sich mit 41 % häufiger als Beschaffungsoperationen mit nur 24 %.<sup>82</sup>

### *Technologielevel*

Technologisch ist die Vernetzungstechnologie weit vorangeschritten. Es fehlen Rechtsicherheit und passende Rechtsformen sowie die Ausgestaltung der neuen Geschäftsmodelle.

### *Potenzial*

Mittelständische Unternehmen haben strukturelle Nachteile gegenüber Großunternehmen. Sie sind weniger präsent am Markt, und können Lieferanten gegenüber eine schwache Verhandlungsposition.

Durch die Kooperation mit anderen mittelständischen Unternehmen in einem Netzwerk (virtuelles Unternehmen), steigt das Leistungsangebot. Im Netzwerk stehen größere Kapazitäten zur Verfügung und unterschiedlichste Fertigungsverfahren.

---

<sup>82</sup> Stahl, Ambros 2005, S. 384

---

Zusammen können die Unternehmen ganze Produkte anbieten, die Akquise und Marktpräsenz erhöht sich. Auch Schwankungen im Kapazitätsbedarf mit dem viele mittelständische Unternehmen zu kämpfen haben lassen sich durch ein Netzwerk von Unternehmen besser auffangen. Die Flexibilität der mittelständischen Unternehmen wird somit erhöht. Die unterschiedliche Spezialisierung der mittelständischen Unternehmen ermöglicht eine effiziente Arbeitsteilung zwischen den mittelständischen Unternehmen.

#### *Defizit*

Es fehlen Bewusstsein und Vertrauen der mittelständischen Unternehmen in die Vernetzung sowie die Kenntnis zu bestehenden Möglichkeiten der Organisation solcher Netzwerke.

#### 11.5.4 Dezentralisierung und Serviceorientierung

Der Umsetzungsstand in den einzelnen Unternehmensbereichen liegt bei der Dezentralisierung/Serviceorientierung eher auf einem sehr niedrigen bis niedrigen Niveau. Dort wo ein etwas höheres Niveau erreicht wurde, war dies im Wesentlichen einer Vernetzung (z. B. LAN, WEB) und erhöhten Anstrengungen im Bereich Standardisierung geschuldet.

##### **Anbieten von Ergänzungsleitungen**

Eine verstärkte Vernetzung mit dem Kunden durch Internettechnologien, ermöglicht es den Unternehmen entweder Dienstleistungen deutlich einfach anzubieten oder macht ganz neue Services und Dienstleistungen überhaupt erst möglich.

##### *Umsetzungsstand*

Bei den meisten mittelständischen Unternehmen beschränken sich *After-Sales* Dienstleistungen auf das Anbieten von Ersatzteilen. Eine gezielte Produktentwicklung hin zu Produkten, mit denen zusätzliche Services angeboten werden können, findet sich praktisch in keinem mittelständischen Unternehmen. Ausnahme bilden wie so oft die Anlagenbauer, bei denen zum Teil bereits ein großer Teil des Umsatzes im Bereich *After-Sales* generiert wird. Diese bieten beispielsweise bereits häufig Instandhaltungs- und Wartungsverträge für ihre Maschinen mit an. Auch Monitoring, Assistenz bei Problemen und die Versorgung der Kunden mit Verschleiß- und Verbrauchsmaterial sind auf dem Vormarsch.

Eine Idee für Ergänzungsleitungen, die derzeit auch von Großunternehmen noch kaum genutzt wird, ist es dem Kunden in der Nutzungsphase Produkt- oder Funktionserweiterungen anzubieten. Durch Zukauf von Hardware oder Software kann der Kunde das Produkt bei Bedarf erweitern, was ihm eine hohe Flexibilität ermöglicht. Auch wäre es möglich sich bestimmte Services nur zeitweise frei schalten zu lassen.

Schwierigkeiten gibt es häufig bei der Abrechnung von Zusatzservices, die von mittelständischen Unternehmen oft noch mangelhaft umgesetzt ist. Viele mittelständische Unternehmen sehen sich nicht als Serviceanbieter sondern als Hersteller von Produkten. Entsprechend fehlen auch die nötigen Geschäftsmodelle und Ergänzungsleistungen werden zum Teil gar nicht oder nur mangelhaft abgerechnet.

---

### *Technologielevel/Forschungsaktivitäten*

Die für Ergänzungsleistungen benötigte Technologie ist bereits bei einigen mittelständischen Unternehmen im Einsatz und entsprechend weit entwickelt. Weiterhin werden Sensoren und Übertragungstechnik stetig von Forschung und Wissenschaft weiterentwickelt.

### *Potenzial*

Die Potenziale sind je nach Mittelständler ganz unterschiedlich zu bewerten. Ein wichtiger Faktor hierfür ist das Produkt selbst. Je einfacher und günstiger das hergestellte Produkt, desto weniger Potenzial lässt sich durch Ergänzungsleistungen erwirtschaften.

Dennoch sind die Potenziale die Ergänzungsleistungen für den Durchschnitt der mittelständischen Unternehmen bieten noch nicht ausgeschöpft. Durch Ergänzungsleistungen lässt sich nicht nur der eigen Umsatz erhöhen sondern auch die Kundenzufriedenheit und Kundenbindung erhöhen.

### *Defizit*

Es fehlt an einfachen Sensoren, die auch in günstige Produkte eingebaut werden können und so den *After-Sales* Markt für mehr mittelständische Unternehmen interessant machen. Auch sind die Möglichkeiten für eine Datenübertragung vom Kunden an den Hersteller derzeit oft noch teuer und unsicher.

Außerdem fehlen die bereits erwähnten Geschäftsmodelle und das Bewusstsein beim Mittelstand für diese zusätzlichen Potenziale. Die Möglichkeiten welche Zusatzleistungen möglich sind, werden oft nicht gesehen.

## **Anbieten von Leistungen anstelle von Produkten**

### *Umsetzungsstand*

Viel Diskutiert jedoch bisher fast noch ohne Umsetzung im Mittelstand ist das Anbieten von Leistungen anstelle von Produkten (*Pay-per-Use* Modelle). Die meisten mittelständischen Unternehmen sehen sich als Hersteller und nicht als Anbieter von Dienstleistungen und denken über entsprechende neue Vermarktungsformen noch nicht nach.

Lediglich einige wenige Anlagenhersteller bieten bereits die Möglichkeit an, den Service ihrer Maschinen zu kaufen und sparen den Kunden damit die Investitionskosten.

### *Technologielevel*

Lediglich für die Abrechnung von *Pay-per-Use* Konzepten wird einfache Technologie benötigt, die bereits vollständig entwickelt wurde. Es fehlen jedoch auch hier noch Geschäftsmodelle (sowie Rechtssicherheit z. B. bei Haftungsfragen).

### *Potenzial*

Die *Pay-per-Use* Modelle verringern die Anschaffungskosten und die Kapitalbindung für den Kunden und sorgen dafür, dass er keine oder nur wenige laufenden Kosten hat, wenn er die Leistung derzeit nicht benötigt. Mit diesen Argumenten, so die Hoffnung, werden dann mehr und größere Produkte in den Markt gebracht und am Service und der Leistungserbringung gut verdient. Ob und für welche mittelständischen Unternehmen sich das Anbieten solcher Modelle lohnt, muss im Einzelfall beurteilt werden. Für viele mittelständische Unternehmen wird ein solches Modell finanziell nicht lukrativ sein, da positiven Umsatzeffekte erst mittel- bis langfristig eintreten werden.

### *Defizit*

Es gibt kein technologisch bedingtes Defizit. Die Einführung von *Pay-per-Use* Modellen wird insbesondere durch den kurzfristig nicht darstellbaren finanziellen Nutzen für die Anbieter erschwert.

## **Anbieten von Leistungen für Netzwerkpartner**

In keiner Fabrik ist die Auslastung immer genau gleich. Ob Nachfrageschwankungen, Maschinenausfälle, Urlaubs- oder Krankheitsbedingte Engpässe, der Kapazitätsbedarf schwankt kontinuierlich. In Zeiten von Unterlast könnten die freien Transport- oder Produktionskapazitäten von anderen Firmen genutzt werden, die derzeit einen Kapazitätsengpass haben.

### *Umsetzungsstand*

Die Zusammenarbeit mit Partnern im Netzwerk ist für viele mittelständische Unternehmen gelebte Praxis. Die Abstimmung erfolgt jedoch in der Regel über direkten Kontakt (z. B. telefonisch oder via E-Mail) und nicht etwa wie unter Industrie 4.0 gewünscht elektronisch über zentrale Marktplätze. Auch haben die Absprachen in der Regel eher langfristigen Charakter und sind nicht immer basierend auf dem aktuell verfügbaren Kapazitätsangebot.

---

Fremdvergaben und das Einbinden von Lohnfertigern sind keine Seltenheit im Mittelstand, jedoch handelt es sich in der Regel um 1:1 Beziehungen, die nicht über einen digitalen Marktplatz abgewickelt werden. Für die Logistik sind Transport- und Frachtenbörsen online verfügbar und werden bei Bedarf auch von mittelständischen Unternehmen genutzt.

Da die für diese Anwendung benötigten Kapazitätsdaten in vielen Unternehmen noch nicht ausreichend erfasst werden, muss zunächst dieser Punkt verbessert werden.

#### *Technologielevel*

Es fehlen neben einer Plattform für das Anbieten von Kapazitäten vor allem sicher Standards für den Datenaustausch. Diverse Forschungsaktivitäten beschäftigen sich bereits mit diesem Thema.

#### *Potenzial*

Insbesondere mittelständische Unternehmen leiden oft deutlich stärker unter Schwankungen im Kapazitätsbedarf, da sie aufgrund ihrer Größenvorteile diese weniger gut abfangen können als Großunternehmen. Das Anbieten von freien Kapazitäten ist damit eine gute Möglichkeit die eigene Produktion optimal auszulasten.

Maschinen und Anlagen die die mittelständischen Unternehmen zwar benötigen, mit ihrer Produktion jedoch nicht voll auslasten können, bieten so zusätzliche Einnahmemöglichkeiten. Insgesamt ein Ansatz mit dem sich die Strukturellen Nachteile von mittelständischen Unternehmen ein gutes Stück ausgleichen lassen und damit ein sehr hohes Potenzial für den Mittelstand.

#### *Defizit*

Neben den Sicherheitsbedenken kritische Daten z. B. zur Auslastung mit anderen Unternehmen zu teilen sind Daten bezüglich Kapazität und Anlagenauslastung häufig nicht bzw. unzureichend erfasst. Hier könnten Entwicklungen zur Sicherstellung der Anonymität den Bedenken entgegenwirken. Aus technologischer Sicht sind Softwareentwicklungen bzgl. der genannten Plattformen und standardisierter Schnittstellen erforderlich.

### **Nutzen von Services**

Neben dem Anbieten von Services ist auch das Nutzen von Services ein Teil der Industrie 4.0 Idee.

### *Umsetzungsstand*

Servicedienstleistungen werden vorwiegend in nicht kritischen Bereichen genutzt (z. B. Werk-  
schutz). Viele mittelständische Unternehmen sind skeptisch und behalten wichtige Funktio-  
nen wie Instandhaltung und Logistik lieber im eigenen Haus, um das damit verbundenen  
Know-how zu schützen und um nicht in eine Abhängigkeit zu geraten.

Für komplexe und wichtige Anlagen gibt es dennoch vermehrt Instandhaltungs- und Service-  
verträge. Meist werden diese direkt mit dem Anlagenherstellern selbst abgeschlossen.

Nutzen von Bearbeitungsdienstleistungen bei Unternehmen erfolgt wie schon das Angebot  
meist nur auf Zuruf oder mit langfristigen Verträgen und nicht über einen offenen Kapazi-  
tätsmarkplatz.

Die Nutzung von externen Logistikdienstleistern ist Standard in mittelständischen Unterneh-  
men. Meist handelt es sich dabei um einen festen Dienstleister, der alle Transporte für die  
mittelständischen Unternehmen übernimmt. Frachtenbösen mit denen flexibel immer der der-  
zeit günstigste Anbieter ausgewählt wird werden nicht genutzt, was sicher auf einen noch zu  
hohen Aufwand für den Vergleich zurück zu führen ist.

### *Technologielevel*

Nutzung bereits weit vorangeschritten, es fehlt die bereits beim Anbieten von Services er-  
wähnte sichere und offene Infrastruktur. Webbasierte Frachtenbösen gibt es bereits, jedoch  
ist die Einbindung in das IT-System von mittelständischen Unternehmen noch nicht möglich  
und damit ist der Aufwand für einen schnellen Vergleich noch zu hoch.

### *Potenzial*

Ein Vorteil der Nutzung von Services liegt darin, dass sich die Unternehmen auf ihre Kern-  
kompetenzen und die Prozesse mit hoher Wertschöpfung konzentrieren können. Auch lassen  
sich durch den Zukauf von Services die Investitionskosten senken und die Flexibilität erhö-  
hen.

### *Defizit*

Services werden genutzt wenn sie zur Verfügung stehen. Insofern ist hier die Anbieterseite  
gefragt. Ein Forschungsdefizit oder ein Unterstützungsbedarf von Staatlicher Seite wird nicht  
gesehen.

---

## **Modularisierung/Standardisierung**

Die Themen Modularisierung und Standardisierung sind nicht erst mit Industrie 4.0 angekommen sondern bereits ein Trend seit vielen Jahren. Dennoch ist ein modularer Aufbau von Produkten, Prozessen, Maschinen und auch Software eine wichtige Voraussetzung auf dem Weg hin zu Industrie 4.0 und die Standardisierung von Abläufen, Daten und Informationen machen einen Großteil der mit Industrie 4.0 verbundenen Visionen überhaupt erst möglich. Aus diesem Grund werden die Themen Modularisierung und Standardisierung kurz behandelt.

### *Umsetzungsstand*

Einige mittelständische Unternehmen haben bereits mit der Modularisierung ihrer Produkte begonnen und sogenannte Produktbaukästen entwickelt. Standardisierte Prozesse finden sich nur selten in mittelständischen Unternehmen (aufgrund der überschaubaren Größe). Systeme und Informationen sind noch seltener standardisiert. Im Bereich der Softwareentwicklung ist Modularisierung ein klarer Trend, die Umsetzung ist jedoch noch stark verbesserungswürdig. Ein modularer Aufbau von Softwaremodulen ist sehr selten. Es scheitert an Architekturmodellen und mangelnder Kompetenz. Das Konzept ist bekannt, dass es wichtig ist auch, aber umgesetzt ist es noch nicht. Dabei bietet SOA riesige Potenziale. Die Standards die von mittelständischen Unternehmen verwendet werden, sind in der Regel von Extern erzwungen. Standards selbst für den internen Gebrauch einführen, erfolgt nur bei sehr wenigen mittelständischen Unternehmen.

### *Technologielevel*

Es handelt sich um ein rein Organisatorisches Thema, für das keine Technologien erforderlich sind.

Um die Definition und Einführung von Standards für den Datenaustausch bemühen sich bereits einige Verbände wie beispielsweise der VDE mit seiner Normungsroadmap.

### *Potenzial*

Sowohl im Bereich Modularisierung als auch Standardisierung liegen noch große, ungenutzte Potenziale zur Aufwandsreduzierung für den Mittelstand. Insbesondere bei steigender Variantenvielfalt gewinnt dieser Punkt noch an Bedeutung. Außerdem ist eine Standardisierung wie bereits in der Einleitung erwähnt eine der Grundvoraussetzungen für den Erfolg von mittelständischen Unternehmen. Diese weiter voranzutreiben muss Ziel aller Akteure sein.

### *Defizit*

Der Mittelstand hat den Handlungsbedarf noch nicht erkannt, kennt die Standards und Möglichkeiten zur Modularisierung oft noch nicht. Weiterhin müssen die Schnittstellen und Datenstandards klar definiert werden.

### **Wandlungsfähige Maschinen und Anlagen**

Die Dynamik der Märkte fordert eine hohe Flexibilität und auch Wandlungsfähigkeit von der gesamten Wirtschaft. Neben dem Personal müssen sich auch Maschinen und Anlagen schnell anpassen können. Ziel von Industrie 4.0 ist deshalb die Einführung von selbstkonfigurierenden, *plug&produce*-fähigen Maschine und Anlagen und hoch wandlungsfähiger Fördertechnik und Produktionssystemen. Alle Anlagen sollen selbstauskunftsfähig sein und sich auf die zu bearbeitenden Produkte einstellen können.

### *Umsetzungsstand*

Aufgrund eines hohen Anteils von manuellen Transporten (Hubwagen, Gabelstapler, Rollwagen) ist die Fördertechnik in mittelständischen Unternehmen oft sehr wandlungsfähig. Im Bereich Maschinen gibt es ebenfalls oft keine hochspezialisierten Maschinen sondern oft Maschinen mit breitem Funktionsumfang.

Selbstkonfigurierend oder gar *plug&produce*-fähig wie in der Vision von Industrie 4.0 sind die Maschinen und Anlagen von mittelständischen Unternehmen, jedoch praktisch nie. Die hohe Wandlungsfähigkeit wird über die erfahrenen Beschäftigten erreicht, nicht durch die wandlungsfähigen Systeme wie es unter Industrie 4.0 verstanden wird.

### *Technologielevel*

Wandlungsfähige Fördertechnik wie fahrerlose Transportsysteme (FTS) sind in Großunternehmen bereits vielfach im Einsatz und werden ständig weiterentwickelt. An der Verbesserung von *plug&produce*-fähigen Maschinen und Anlagen wird ebenfalls intensiv geforscht und die Technologie stetig verbessert.

### *Potenzial*

Die Potenziale sind schwer zu bewerten, werden jedoch für den Mittelstand nicht der entscheidende Punkt bei der Umsetzung von Industrie 4.0 sein. Die Potenziale für Großunternehmen mit ihren zwar hocheffizienten jedoch in der Regel starren und unflexiblen Ferti-

---

gungslinien sind deutlich höher zu bewerten. Da sich solche Fließfertigungen eher selten in KMU finden sind auch die Potenziale wandlungsfähiger Maschinen überschaubar.

### *Defizit*

Wissenschaft und Industrie arbeiten bereits intensiv an der Verbesserung der Themen. Weitere Aktivitäten sind vorerst nicht erforderlich.

### **dezentrale Prozessverantwortung**

Je komplexer Systeme werden, desto schwieriger lassen sie sich zentral von einer Stelle beherrschen. Statt genauer Anweisungen werden den dezentralen, serviceorientierten Unternehmensbereichen lediglich Zielvorgaben gemacht, für deren Erfüllung sie selbst verantwortlich sind. Industrie 4.0 möchte die ebenfalls bereits seit Jahren andauernden Bemühungen zu noch mehr dezentraler Prozessverantwortung verstärken. Dies gelingt, indem auch auf den unteren Ebenen immer mehr Informationen verfügbar sind und so bessere Entscheidungen getroffen werden können, als bisher. Entscheidungen sollten auf dem *Shopfloor* getroffen werden, zwischen den am Prozess beteiligten Instanzen und nicht durch eine zentrale Planung.

### *Umsetzungsstand*

Der Grad an dezentraler Prozessverantwortung variiert stark bei den mittelständischen Unternehmen. Im Allgemeinen haben mittelständische Unternehmen deutlich flachere Hierarchien. Bedingt durch weniger Personal ist außerdem der Verantwortungsbereich pro Beschäftigter deutlich umfangreicher. IT-Unterstützung, die wichtige Details für eine dezentrale Entscheidung an die Beschäftigten liefert gibt es fast keine.

Zwar erfolgt ein Teil der Feinsteuerung lokal durch die Beschäftigten, die Planung jedoch ist in der Regel noch immer zentral organisiert und wird nicht dezentral zwischen den Bereichen oder den Maschinen verhandelt, so wie es die Vision von Industrie 4.0 vorsieht.

Die wichtigsten Faktoren, die über den Grad der Dezentralisierung entscheiden sind die Unternehmensführung und die Unternehmensgröße. Bei kleineren Betrieben wird oft noch zentral geführt, mit steigender Unternehmensgröße steigt auch der Grad der Dezentralisierung. Je nach Unternehmensführung wird jedoch mehr oder weniger Verantwortung an untere Ebenen abgegeben.

### *Technologielevel*

Dezentralisierung erfordert neue Organisationsformen. Diese sind bereits entwickelt und müssen lediglich eingeführt werden.

Bei unzureichenden Zielvorgaben oder mangelhafter Informationsbereitstellung an die Beschäftigten vor Ort können diese keine optimalen Entscheidungen treffen. Oft wird so nur ein lokales Optimum für den Bereich erreicht, statt des anzustrebenden Gesamtoptimums für das Unternehmen. Solche Informationssysteme und speziell deren Software müssen noch entwickelt werden.

### *Potenzial*

Aufgrund der geringeren Komplexität ist Dezentralität für mittelständische Unternehmen weniger wichtig als für Großunternehmen.

### *Defizit*

Mittelständische Unternehmen sind oft damit überfordert die Zielvorgaben für die einzelnen Abteilungen widerspruchsfrei festzulegen. Es fehlt außerdem an Konzepten für die Ausgestaltung von dezentraler Prozessverantwortung.

## **Flexibler Mitarbeitereinsatz**

Vorhandene Mitarbeiterkapazitäten optimal auszunutzen ist eines der wichtigsten Ziele eines jeden Unternehmens. Zum einen gilt es die Beschäftigten optimal auf die vorhandenen Aufgaben und Bereiche im Unternehmen zu verteilen. Zum anderen müssen die Mitarbeiterkapazitäten den Kapazitätsschwankungen (durch z. B. Saisonalität, Marktflauten,...) angepasst werden, denen sich das Unternehmen ausgesetzt sieht.

Auch der optimale Mitarbeitereinsatz ist kein neues Ziel von Industrie 4.0. Die Möglichkeiten diese Flexibilität zu erreichen werden sich jedoch durch den Einsatz von Industrie 4.0 deutlich verändern. Ein Beispiel hierfür ist die Aufgabenverteilung über eine App, wie Sie das Forschungsprojekt „Kapaflexi“ entwickelt hat. Die App „Schichtdoodle“ ermöglicht eine deutliche Vereinfachung der Schichtplanung durch eine verstärkte Einbindung der Beschäftigten.

### *Umsetzungsstand*

Durch den hohen Anteil an Facharbeitern und nur wenigen angelernten Kräften sind die Beschäftigten in mittelständischen Unternehmen sehr flexibel einsetzbar. Kurzarbeit oder auch

---

Überstunden sind selbstverständlich für viele Beschäftigte von mittelständischen Unternehmen, um den schwankenden Kapazitätsbedarf aufzufangen.

Die Einsatzplanung der Beschäftigten erfolgt in der Regel durch den Meister, entweder ganz ohne Hilfsmittel, über die Verwendung von Magnettafel oder ähnlichem oder mit einfachen Programmen wie MS-Excel. Die Informationsweiterleitung an die Beschäftigten erfolgt dann über Zuruf oder Aushänge. Eine echte Einbindung der Beschäftigten in die Planung gibt es nicht. Änderungswünsche werden dann anschließend mündlich besprochen.

In der Regel erfolgt die o. g. Planung auf Zuruf und ist damit noch Ausbaufähig. Die nicht vorhandene IT-Unterstützung ist in vielen Fällen auf persönliche Faktoren/Einstellungen zurückzuführen. Nicht zuletzt hier ist ein hohes Potenzial zu sehen.

#### *Technologielevel*

Tools wie die angesprochene App „Schichtdoodle“ sind einfach umzusetzen und benötigen keine technischen Neuentwicklungen. Lediglich die Software muss geschrieben und an das Unternehmen angepasst werden. Zudem müssen Möglichkeiten zum sicheren Datenspeichern geschaffen werden.

#### *Potenzial*

Die Einbindung der Beschäftigten bereits in die Planung ermöglicht neben deutlichen Effizienzvorteilen bei der Planung auch eine Erhöhung der Mitarbeiterzufriedenheit. Die Möglichkeiten die Industrie 4.0 hier bietet sind groß und gehen hin bis zu völlig neuen Formen von Beschäftigungsverhältnissen, in denen jeder Beschäftigter seine Leistungen selbstständig anbieten kann.

#### *Defizit*

Neben den bereits unter Assistenzsysteme geforderten Plattformen für Apps und sicherer Datenbanken mit Webzugriff sind keine weiteren Defizite vorhanden. Neben diesen rein technologischen Aspekten müssen natürlich auch organisatorische bzw. arbeitsrechtliche Aspekte betrachtet werden und nicht zuletzt auch die Einstellung von Beschäftigten/Führungskräften zu Themen wie z. B. IT-Unterstützung hinterfragt bzw. geändert werden.

### 11.5.5 Selbstorganisation und Autonomie

Der Umsetzungsstand in den einzelnen Unternehmensbereichen liegt bei der Selbstorganisation/Autonomie eher auf einem sehr niedrigen bis niedrigen Niveau. Dies deckt sich u.a. mit der Erkenntnis, dass es bei der Datenerfassung zwar ein mittleres Niveau gibt, aber bei der Datenverarbeitung das Niveau deutlich niedriger liegt. Da die Datenverarbeitung aber eine wichtige Voraussetzung für autonomes Verhalten von z. B. Cyber-Physischen-Systemen ist, ist das oben genannte Ergebnis nur naheliegend.

Selbstorganisation funktioniert weitestgehend über Regelkreise, mit denen die Qualität, die Versorgung oder die Planung organisieren. Diese Regelkreise werden nun nachfolgend beschrieben.

#### Qualitätsregelkreise

Mit Qualitätsregelkreisen kann entweder die Prozessqualität erhöht werden (durch Regelung der Bearbeitungsprozesse) oder das Produkt an sich, dadurch, dass die erfassten Nutzungsdaten genutzt werden um die Produkte zu verbessern.

#### *Umsetzungsstand*

Der erste Fall ist der klassische, der mit Qualitätsregelkreisen assoziiert wird. Wie bereits in der Datenerfassung erwähnt, werden Qualitätsdaten bereits bei vielen mittelständischen Unternehmen erfasst und auch bereits ausgewertet. Die hierfür nötigen Methoden entsprechend ebenfalls bekannt. Six Sigma als populäres Beispiel wird immer häufiger von Kunden gefordert und auch von vielen mittelständischen Unternehmen vor allem im Automobilzuliefererbereich angewendet. Regelkreise zur Qualitätsregelung im Prozess sind hingegen noch eher selten oder wenn vorhanden dann mit sehr langen Regelzeiten über die gesamte Produktion. Inprozesskontrollen für den Bearbeitungsprozess gibt es ebenfalls, diese sind jedoch bei Weitem noch kein Standard und oft verbesserungswürdig. Die Güte dieser Prozesse hängt stark vom Wert der Produkte, der Firmengröße und auch der Branche ab. Inprozesskontrollen innerhalb der Maschinen sind in den meisten modernen Bearbeitungsmaschinen Standard und werden auch als solcher verwendet.

Qualitätsregelkreise die sich auch auf Meldungen von außerhalb des Unternehmens beziehen sind noch sehr selten. Zu wenig werden in vielen mittelständischen Unternehmen die Reklamationen und Rückläufer ausgewertet umso die Produkte zu verbessern.

---

### *Technologielevel*

Die technischen Möglichkeiten für Qualitätsregelkreise sind weitestgehend vorhanden und werden von den Anlagenherstellern selbst stetig weiter entwickelt.

### *Potenzial*

Fabrikinterne Qualitätsregelkreise sind insbesondere unter den steigenden Qualitätsanforderungen unbedingt erforderlich. Diese Prozesse können mit der Nutzung von Industrie 4.0 Technologien deutlich vereinfacht werden.

Feldausfälle, Störungen oder Probleme zurückzuspielen in die Produktentwicklung kann zu Produktverbesserungen führen und sollte insbesondere in stark umkämpften Märkten genutzt werden um die Wettbewerbsfähigkeit weiter auszubauen.

### *Defizit*

Da die Maschineninterne Inprozesskontrolle vor allem durch die Anlagenhersteller vorangetrieben wird, wird hier keine Handlungsempfehlung an andere Akteure ausgesprochen.

## **Versorgungskreise**

Mit Versorgungskreisen wird der Materialnachschub geregelt. Versorgungskreise gibt es innerbetrieblich aber auch hin zu Lieferanten.

### *Umsetzungsstand*

Versorgungskreise zur Steuerung von Nachschub und Verbrauchsmaterial, gibt es innerbetrieblich bereits eine ganze Reihe. Oft sind diese noch nicht IT gestützt aber die Funktionsweise ist bereits sehr gut.

Zu den häufigsten Lösungen gehören ERP-gestützte Bestandsregelung oder rein manuelle Kanban-Regelkreise, die auch in vielen mittelständischen Unternehmen bereits erfolgreich eingesetzt werden. Intern werden viele Bestände so bereits teil- oder vollautomatisch geregelt. An externe Lieferanten werden Bestellungen meist noch nicht vollautomatisiert übermittelt. Wenn ein ERP-System eingesetzt wird, so generiert es jedoch bereits Bestellschlüsse auf deren Grundlage dann die Bestellung erfolgt.

### *Technologielevel*

Zahlreiche Anbieter am Markt bewerben bereits ihre IT-Lösungen zur Produktionssteuerung und Nachschubversorgung. Meist handelt es sich hierbei jedoch um komplexe, vielseitige Produkte, die mit hohen Anschaffungskosten verbunden sind. Für mittelständische Unternehmen sind diese Systeme oft zu komplex und zu teuer.

### *Potenzial*

Die IT-Basierten Systeme haben häufig Probleme aufgrund einer schlechteren Datenqualität von Bestandsdaten wie auch Stammdaten. Die Datenpflege ist in Großen wie auch in kleinen Unternehmen mit einem sehr hohen Aufwand verbunden. Diesen Aufwand zu reduzieren und damit auch den Bestell und Planungsaufwand zu reduzieren bietet ein Potenzial für Einsparungen. Auf Basis von echtzeitnahen Informationen ist es also noch nicht und daher stark verbesserungswürdig.

### *Defizit*

Es fehlen einfache, kompatible Software zur Bestandsregelung und Möglichkeiten zur Erhöhung der Datenqualität. Die Software sollte sich an die bestehenden Prozesse anpassen können. Hier sind Wirtschaft und Wissenschaft gleichermaßen gefragt praxistaugliche Lösungen zu entwickeln.

## **Autonome Produktionsplanung und –steuerung (inkl. Kapazitäts- und Ressourcenplanung)**

Die autonome Produktionsplanung hat zwei Aspekte, zum einen geht es um die interne Planung der Produktion mit Produktionsterminen, Auftragsfreigaben, Reihenfolgenbildung usw. und zum anderen ist die Produktion im Netzwerk mit anderen Firmen zu planen. Die Grundsystematik ist sehr ähnlich, der Abstimmungsaufwand bei mehreren Firmen deutlich höher als innerhalb der eigenen Firma.

### *Umsetzungsstand*

Im ERP-System werden zwar die Produktionen bereits häufig geplant, jedoch meist nur grob vorgeplant z. B. auf Wochenbasis und ohne Berücksichtigung der Kapazitäten. Die Feinsteuerung erfolgt in der Regel manuell von den Beschäftigten vor Ort. Eine Automatische Planung und Steuerung wie Sie das Ziel von I40 ist gibt es nicht im Einsatz. Automatische Reihenfol-

---

genplanung und Multi-Agenten-Systeme gibt es bisher auch in Großbetrieben noch nicht. Die Entwicklung solcher Systeme ist noch nicht abgeschlossen.

Auch eine autonome Kapazitäts- und Ressourcenplanung von beispielsweise verfügbaren Logistikanlagen, Fördermittel, Maschinen und auch Beschäftigten ist noch weit entfernt von einem Einsatz im Mittelstand.

Grundlage für die autonome Planung sind echtzeitnahe Auslastungsdaten und Auftragsinformationen sowie die bereits mehrfach erwähnte und noch mangelhafte Datenqualität.

Da diese Daten von mittelständischen Unternehmen als sehr sensitive angesehen werden, werden sie sehr ungerne mit anderen Unternehmen geteilt.

#### *Technologielevel*

Zur autonomen Planung und Steuerung wird intensiv geforscht. Viele Konzepte sind in den letzten Jahren entstanden, jedoch fehlt es noch immer an praktikablen Lösungen.

#### *Potenzial*

Mit einer autonomen Planung können große Effizienzvorteile gehoben werden und die Produktion optimal ausgelastet werden. Auch nach anderen Faktoren wie z. B. Energieeffizienz, minimaler Ressourceneinsatz, kurze Durchlaufzeiten usw. können als Optimierungsparameter genutzt werden. Die KMU haben mit Ihren meist flexiblen und vielseitigen Maschinen bereits einen Vorteil gegenüber Großunternehmen mit starren Fließbändern. Andererseits ist die Anzahl an Prozessen in mittelständischen Unternehmen in der Regel auch überschaubar, wobei sich die Vorteile autonomer Planung wieder etwas relativieren. Interessanter für viele mittelständische Unternehmen ist eher die Produktion im Netzwerk optimal auszunutzen. So können Bedarfsschwankungen besser verteilt werden.

#### *Defizit*

Da die größten Vorteile für den Mittelstand in der Kapazitätsverteilung im Liefernetzwerk vermutet werden, sollten sich künftige Forschungen auch auf diesen Teil fokussieren. Grundlagen wie Auslastungsdaten und Informationen zu vorhandenen Produktionsverfahren sollten für andere Unternehmen verfügbar sein.

Es fehlt an kleinen Netzwerken aus Partnern die sich gegenseitig vertrauen und nicht in Konkurrenz zueinander stehen. Alternativ hierzu wäre ein komplett anonymer Kapazitätsmarkt denkbar, den es ebenfalls noch nicht gibt. Die Datensicherheit steht bei beiden Vorschlägen an erster Stelle.

## Prozesssteuerung

Eine weitere Kernidee von Industrie 4.0 ist, dass die Produkte bzw. Bauteile mit den Maschinen und Anlagen kommunizieren diese so steuern. Zum einen finden fordern also die Produkte ihren Transport zum nächsten Bearbeitungsschritt selbstständig an, zum anderen wird der Bearbeitungsprozess über die Parameter gesteuert, die zu dem Produkt gehören. Dabei ist es eine rein technische Frage, ob die Daten auf dem Produkt selbst gespeichert sind oder ob das Produkt sich am Prozess lediglich identifiziert und die benötigten Daten dann aus dem Netzwerk abgerufen werden.

### *Umsetzungsstand*

Eine solche Prozesssteuerung durch das Bauteil gibt es noch nicht in mittelständischen Unternehmen und auch in der Großindustrie ist solche Technik noch selten. Ausnahme bilden hier Unternehmen mit sehr hoher Variantenvielfalt und hochautomatisierten Prozessen, wie beispielsweise in der Bestückung von Elektronikkomponenten (SMD). Auch wo abhängig von vorherigen Parametern gesteuert wird, z. B. Trocknungsgrad wird der Prozess davon abhängig gesteuert.

### *Technologielevel*

Es gibt in der Großindustrie bereits erste Anwendungen. Die Entwicklung ist jedoch noch nicht abgeschlossen.

### *Potenzial*

Vorteile dieser Technologie sind, dass alle Informationen (Qualität, Historie, Bearbeitungsinformationen) direkt dem Produkt zugeordnet werden und diesem folgen. Die Maschinen können sich automatisch auf das Produkt einstellen, die Beschäftigten bekommen die gesamte Historie zum Produkt angezeigt.

Die größten Vorteile bietet dieses System bei einer hohen Variantenanzahl und vielen Fertigungsaufträgen. Die Identifizierung des Produktes hilft auch Fehler zu vermeiden, indem das Produkt genau vorgibt wie es zu bearbeiten ist. Da in den meisten mittelständischen Unternehmen eine eher überschaubare Anzahl von Fertigungsaufträgen zu finden ist, besitzt das Thema für den Mittelstand nur eine geringe Bedeutung.

---

### *Defizit*

Es handelt sich um ein Zukunftsthema für Großindustrie und Forschung und wird erst mit sinkenden Kosten auch für den Mittelstand interessant werden.

### **Proaktiver Service (z. B. in der Instandhaltung)**

Wird ein Bedarf beim Kunden erkannt, so kann direkt und proaktiv ein Service angeboten werden um diesen Bedarf zu erfüllen.

### *Umsetzungsstand*

Eine Umsetzung auf dem Grad wie er mit Industrie 4.0 angestrebt wird gibt es auch in der Großindustrie noch nicht. Zum Teil werden die Maschinenbediener genutzt um diese Informationen zu liefern. Die Einführung ist jedoch auf dem Vormarsch, immer mehr Anlagenanbieter bauen immer mehr Sensordaten in ihre Maschinen mit ein, um auch selbstständig Services einleiten zu können. Aktuell jedoch ist jedoch eine präventive Instandhaltung auf Basis von Nutzungszeit oder eine reparaturorientierte Instandhaltung von vorherrschend.

### *Technologielevel*

Die benötigten Technologien wie Sensoren mit Internetverbindung und auch IT-Systeme sind bereits vorhanden. Es fehlt noch an der Umsetzung.

### *Potenzial*

Eine Zustandsorientierte Instandhaltung (*Predictive Maintenance*) verringert den Instandhaltungsaufwand, führt zu längeren Laufzeiten der Maschinen, höherer Verfügbarkeit und ermöglicht eine bessere Abstimmung mit der Produktion. Selbstüberwachung der Anlagen können Wartungsbedarfe melden und zum Beispiel den Zustand von Teilen oder überwachen Verbrauchswerte (z. B. Stromverbrauch) um daraus Rückschlüsse auf den Zustand der Anlage geben zu können und eine Wartung einzuleiten. Dies kann so weit führen, dass neben dem Techniker auch Ersatzteile bestellt werden.

### *Defizit*

Das Thema wird vor allem von den Anlagenherstellern selbst vorangetrieben. Diese können hierdurch die Kundenbindung noch weiter steigern und durch die zusätzlichen Dienstleistungen ggf. auch ihren Umsatz steigern.

## 11.6 Technologiesteckbriefe

### 11.6.1 Kommunikation

| <b>Technologie-<br/>steckbrief</b>         | <b>Kommunikation</b>   |                          |           |                |                                |   |                  |  |     |                          |  |   |                      |               |     |                      |  |     |                          |                             |   |                  |
|--|--|--------------------------|-----------|----------------|--------------------------------|---|------------------|--|-----|--------------------------|--|---|----------------------|---------------|-----|----------------------|--|-----|--------------------------|-----------------------------|---|------------------|
| <b>Beschreibung</b>                        | <p>Kommunikationstechnologien sind die Basis zur Vernetzung von CPS in einer Infrastruktur des Internet-der-Dinge. Drahtlose wie drahtgebundener Datenaustausch zwischen den einzelnen Teilnehmern sind dafür die Basis. Im Bereich der drahtlosen Kommunikation stehen die Basistechnologien der Funkvernetzung, z.B. WLAN, <i>Radio Frequency (RF)</i>, <i>Nearfield Communication (NFC)</i>, natürlich zur Verfügung. In Zukunft bestehen die Anforderungen in der notwendigen hohen Verfügbarkeit, Datentransferleistung und IT-Sicherheit dieser Netze. Auch im Bereich intelligenter und effizienter Kommunikationsprotokolle und –algorithmen besteht noch Bedarf, um Kommunikationsengpässe oder Störungen zu vermeiden, zum Beispiel bei der Funk-Kommunikation von 20.000, 50.000 oder mehr selbstorganisierten Behältern mit der autonomen Lagertechnik in einem intelligenten Behälterlager oder in der <i>Machine-to-Machine</i> Kommunikation.</p> |                          |           |                |                                |   |                  |  |     |                          |  |   |                      |               |     |                      |  |     |                          |                             |   |                  |
| <b>Technologien</b>                        | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Technologie</th> <th>TRL-Level</th> <th>Technologietyp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Echtzeitfähige Bus-Technologie</td> <td>9</td> <td>Basistechnologie</td> </tr> <tr> <td>Echtzeitfähige drahtlose Kommunikation</td> <td>1-6</td> <td>Schrittmachertechnologie</td> </tr> <tr> <td>Drahtgebundene Hochleistungs-Kommunikation</td> <td>9</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>IT-Sicherheit</td> <td>1-9</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>Selbstorganisierende Kommunikationsnetze</td> <td>1-6</td> <td>Schrittmachertechnologie</td> </tr> <tr> <td>Mobile Kommunikationskanäle</td> <td>9</td> <td>Basistechnologie</td> </tr> </tbody> </table>   | Technologie              | TRL-Level | Technologietyp | Echtzeitfähige Bus-Technologie | 9 | Basistechnologie | Echtzeitfähige drahtlose Kommunikation | 1-6 | Schrittmachertechnologie | Drahtgebundene Hochleistungs-Kommunikation | 9 | Schlüsseltechnologie | IT-Sicherheit | 1-9 | Schlüsseltechnologie | Selbstorganisierende Kommunikationsnetze | 1-6 | Schrittmachertechnologie | Mobile Kommunikationskanäle | 9 | Basistechnologie |
| Technologie                                | TRL-Level  | Technologietyp           |           |                |                                |   |                  |  |     |                          |  |   |                      |               |     |                      |  |     |                          |                             |   |                  |
| Echtzeitfähige Bus-Technologie             | 9  | Basistechnologie         |           |                |                                |   |                  |  |     |                          |  |   |                      |               |     |                      |  |     |                          |                             |   |                  |
| Echtzeitfähige drahtlose Kommunikation     | 1-6  | Schrittmachertechnologie |           |                |                                |   |                  |  |     |                          |  |   |                      |               |     |                      |  |     |                          |                             |   |                  |
| Drahtgebundene Hochleistungs-Kommunikation | 9  | Schlüsseltechnologie     |           |                |                                |   |                  |  |     |                          |  |   |                      |               |     |                      |  |     |                          |                             |   |                  |
| IT-Sicherheit                              | 1-9  | Schlüsseltechnologie     |           |                |                                |   |                  |  |     |                          |  |   |                      |               |     |                      |  |     |                          |                             |   |                  |
| Selbstorganisierende Kommunikationsnetze   | 1-6  | Schrittmachertechnologie |           |                |                                |   |                  |  |     |                          |  |   |                      |               |     |                      |  |     |                          |                             |   |                  |
| Mobile Kommunikationskanäle                | 9  | Basistechnologie         |           |                |                                |   |                  |  |     |                          |  |   |                      |               |     |                      |  |     |                          |                             |   |                  |
| <b>Anwendung</b>                           | <p>(Tele-)Kommunikation ist der technische Vorgang des Aussendens, Übermittels und Empfangens von Signalen mittels Telekommunikationsanlagen. Die einzelnen Technologien aus dem Technologiefeld Kommunikation finden deshalb überall dort Anwendung wo Daten bzw. Informationen ausgetauscht werden müssen. Auf der Ebene von CPS - die mobil und autonom agieren – sind deshalb die drahtlosen Kommunikationstechnologien wie WLAN und andere Funktechnologien von besonderer Bedeutung. Dezentral und lokal getroffenen Entscheidungen von CPS wie intelligente Behälter, Fahrerlose Transportfahrzeuge, Maschinen etc. benötigen dazu zukünftig sichere Informationen in Echtzeit.</p>   |                          |           |                |                                |   |                  |  |     |                          |  |   |                      |               |     |                      |  |     |                          |                             |   |                  |

## Quellen

- Acatech 2011: Cyber-Physical Systems Innovationsmotor für Mobilität, Gesundheit, Energie und Produktion. München
- Bauer, Wilhelm; Schlund, Sebastian; Marrenbach, Dirk; Ganschar, Oliver; BITKOM 2014: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (Hg.). Stuttgart
- Bundesministerium für Bildung und Forschung - Referat IT Systeme (Hg.) 2012: Zukunftsbild „Industrie 4.0“. Bonn
- Gausemeier, Jürgen; Dumitrescu, Roman; Jasperneite, Jürgen; Kühn, Arno; Trsek, Henning; it's OWL Clustermanagement GmbH (Hg.) 2014: Auf dem Weg zu Industrie 4.0: Lösungen aus dem Spitzencluster it's OWL. Paderborn
- Gneuss, Michael 2014: Industrie 4.0 - Die vierte industrielle Revolution, Berlin: Handelsblatt, Reflex Verlag
- Heuser, Lutz; Wahlster, Wolfgang (Hg.) 2011: Internet der Dienste. Berlin, Heidelberg: Springer
- IKT.NRW Cluster Informations- und Kommunikationstechnologie (Hg.) 2013: IKT.NRW Roadmap 2020. Nordrhein-Westfalen auf dem Weg zum digitalen Industrieland
- Lucke, Dominik; Görzig, David; Kacir, Marvin; Volkmann, Johannes; Maist, Christoph; Sachsenmaier, Marco; Rentschlar, Hannes; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Hg.) 2014: Strukturstudie Industrie 4.0 für Baden-Württemberg – Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie. Stuttgart
- VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (Hg.) 2014: Industrie 4.0 - CPS-basierte Automation, VDI/VDE Statusreport

## 11.6.2 Sensorik

| <b>Technologie-<br/>steckbrief</b>                            | <b>Sensorik</b>  |                          |           |                |                          |   |                      |   |   |                      |                                     |   |                          |              |     |                      |                               |   |                          |
|---|--|--------------------------|-----------|----------------|--------------------------|---|----------------------|---|---|----------------------|-------------------------------------|---|--------------------------|--------------|-----|----------------------|-------------------------------|---|--------------------------|
| <b>Beschreibung</b>   | <p>Eine Vielzahl der in Zukunft eingesetzten oder zu entwickelnden CPS werden mit Sensorik ausgestattet sein. Dabei haben sich in den letzten Jahren unterschiedliche Technologien im Sensorik-Bereich etabliert und es sind weitere auf dem Weg zur etablierten Schlüsseltechnologie. Sensorik wird in jedem CPS genutzt, um Informationen über den Zustand der Maschine oder der Umgebung sowie über die Prozessschritte und Werkstücke zu erlangen. Vor allem für die Technologiefelder Software und Aktorik stellt die Sensorik relevante Daten zur Ermittlung des aktuellen oder zukünftigen Verhaltens zur Verfügung. Das Feld "Eingebettet Systeme" ist eine gegenseitige Bedingung, da durch bspw. miniaturisierte Sensoren neue Hardware möglich wird</p>             |                          |           |                |                          |   |                      |   |   |                      |                                     |   |                          |              |     |                      |                               |   |                          |
| <b>Technologien</b>   | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Technologie</th> <th>TRL-Level</th> <th>Technologietyp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Miniaturisierte Sensorik</td> <td>2</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>Intelligente, konfigurierbare und re-konfigurierbare Sensorik</td> <td>2</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>Vernetzte bzw. vernetzbare Sensorik</td> <td>4</td> <td>Schrittmachertechnologie</td> </tr> <tr> <td>Sensorfusion</td> <td>4-9</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>Neuartige Sicherheitssensorik</td> <td>6</td> <td>Schrittmachertechnologie</td> </tr> </tbody> </table>  | Technologie              | TRL-Level | Technologietyp | Miniaturisierte Sensorik | 2 | Schlüsseltechnologie | Intelligente, konfigurierbare und re-konfigurierbare Sensorik | 2 | Schlüsseltechnologie | Vernetzte bzw. vernetzbare Sensorik | 4 | Schrittmachertechnologie | Sensorfusion | 4-9 | Schlüsseltechnologie | Neuartige Sicherheitssensorik | 6 | Schrittmachertechnologie |
| Technologie   | TRL-Level  | Technologietyp           |           |                |                          |   |                      |   |   |                      |                                     |   |                          |              |     |                      |                               |   |                          |
| Miniaturisierte Sensorik                                      | 2  | Schlüsseltechnologie     |           |                |                          |   |                      |   |   |                      |                                     |   |                          |              |     |                      |                               |   |                          |
| Intelligente, konfigurierbare und re-konfigurierbare Sensorik | 2  | Schlüsseltechnologie     |           |                |                          |   |                      |   |   |                      |                                     |   |                          |              |     |                      |                               |   |                          |
| Vernetzte bzw. vernetzbare Sensorik                           | 4  | Schrittmachertechnologie |           |                |                          |   |                      |   |   |                      |                                     |   |                          |              |     |                      |                               |   |                          |
| Sensorfusion  | 4-9  | Schlüsseltechnologie     |           |                |                          |   |                      |   |   |                      |                                     |   |                          |              |     |                      |                               |   |                          |
| Neuartige Sicherheitssensorik                                 | 6  | Schrittmachertechnologie |           |                |                          |   |                      |   |   |                      |                                     |   |                          |              |     |                      |                               |   |                          |
| <b>Anwendung</b>  | <p>Anwendungsgebiete sind unter anderem Wartungsarbeiten, Produktions- und Montageschritte und vielfältige Arbeiten in der Logistik. Alle Anwendungsgebiete besitzen die Gemeinsamkeit, dass der Mensch als sensorisches Multitalent in seinen Arbeitsschritten und in der Durchführung unterstützt oder sogar geleitet werden soll.</p>   |                          |           |                |                          |   |                      |   |   |                      |                                     |   |                          |              |     |                      |                               |   |                          |
| <b>Quellen</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bauer, Wilhelm; Schlund, Sebastian; Marrenbach, Dirk; Ganschar, Oliver; BITKOM 2014: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (Hg.). Stuttgart</li> <li>▪ Heuser, Lutz; Wahlster, Wolfgang (Hg.) 2011: Internet der Dienste. Berlin, Heidelberg: Springer</li> <li>▪ Kagermann, Henning; Wahlster, Wolfgang; Helbig, Johannes (Hg.); Forschungsunion (Hg.) 2012: Im Fokus: Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 - Handlungsempfehlungen zur Umsetzung, Bericht der Promotorengruppe Kommunikation. Hg. v. Henning Kagermann, Wolfgang Wahlster und Johannes Helbig. acatech - Deutsche Akademie der Technikwissenschaften e.V.. Berlin</li> </ul> |                          |           |                |                          |   |                      |   |   |                      |                                     |   |                          |              |     |                      |                               |   |                          |

---

|  |   |
|--|---|
|  | <ul style="list-style-type: none"><li data-bbox="432 246 1401 521">▪ Lucke, Dominik; Görzig, David; Kacir, Marvin; Volkmann, Johannes; Maist, Christoph; Sachsenmaier, Marco; Rentschlar, Hannes; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Hg.) 2014: Strukturstudie Industrie 4.0 für Baden-Württemberg – Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie. Stuttgart</li><li data-bbox="432 539 1401 633">▪ Ten Hompel, Michael; Henke, Michael 2014: Logistik 4.0. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik</li></ul> |
|--|---|

### 11.6.3 Eingebettete-Systeme

| <b>Technologie-<br/>steckbrief</b>   | <b>Eingebettete Systeme</b>   |                      |           |                |                                   |     |                      |                                      |     |                      |                   |     |                      |                       |   |                  |
|--------------------------------------|---|----------------------|-----------|----------------|-----------------------------------|-----|----------------------|--------------------------------------|-----|----------------------|-------------------|-----|----------------------|-----------------------|---|------------------|
| <b>Beschreibung</b>                  | <p>Das Technologiefeld "Eingebettete Systeme" führt die Entwicklung von Hardware, mit Sensorik und integrierte intelligenter Datenverarbeitungs- und Steuerungslogik zusammen und ist in diesem Sinne als eigenständige Technologie zu werten. Nicht nur im vorherrschenden Themenfeld des „Internet der Dinge“ spielen eingebettete Systeme seit dessen Definition eine Rolle, sondern auch im Kontext der cyber-physischen-Systeme. Um schnellstmöglich eine Vielzahl an Maschinen, Produkten aber auch einzelnen Bestandteilen eines CPS wie Aktorik und Sensorik in den Rahmen der Industrie 4.0 einbeziehen zu können, benötigen diese Objekte ein gewisses Maß an Intelligenz. Enge Verknüpfungen bestehen mit sämtlichen anderen Technologiefeldern, da die eingebetteten Systeme die Basis für Autonomie und Selbststeuerungsmechanismen</p>  |                      |           |                |                                   |     |                      |                                      |     |                      |                   |     |                      |                       |   |                  |
| <b>Technologien</b>                  | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Technologie</th> <th>TRL-Level</th> <th>Technologietyp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Intelligente eingebettete Systeme</td> <td>4-9</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>Miniaturisierte eingebettete Systeme</td> <td>1-6</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>Energy-Harvesting</td> <td>4-9</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>Identifikationsmittel</td> <td>9</td> <td>Basistechnologie</td> </tr> </tbody> </table>   | Technologie          | TRL-Level | Technologietyp | Intelligente eingebettete Systeme | 4-9 | Schlüsseltechnologie | Miniaturisierte eingebettete Systeme | 1-6 | Schlüsseltechnologie | Energy-Harvesting | 4-9 | Schlüsseltechnologie | Identifikationsmittel | 9 | Basistechnologie |
| Technologie                          | TRL-Level   | Technologietyp       |           |                |                                   |     |                      |                                      |     |                      |                   |     |                      |                       |   |                  |
| Intelligente eingebettete Systeme    | 4-9   | Schlüsseltechnologie |           |                |                                   |     |                      |                                      |     |                      |                   |     |                      |                       |   |                  |
| Miniaturisierte eingebettete Systeme | 1-6   | Schlüsseltechnologie |           |                |                                   |     |                      |                                      |     |                      |                   |     |                      |                       |   |                  |
| Energy-Harvesting                    | 4-9   | Schlüsseltechnologie |           |                |                                   |     |                      |                                      |     |                      |                   |     |                      |                       |   |                  |
| Identifikationsmittel                | 9   | Basistechnologie     |           |                |                                   |     |                      |                                      |     |                      |                   |     |                      |                       |   |                  |
| <b>Anwendung</b>                     | <p>Neben der Ausstattung von bisher passiven beteiligten Elementen innerhalb der Wertschöpfungskette, werden neuartige Eingebettete Systeme in sämtlichen I4.0-Komponenten (Sensorik, Aktorik, Kommunikationsmodulen) eingesetzt. Durch eine zunehmende Miniaturisierung bei gleichzeitiger Zunahme der Intelligenz jedes einzelnen Eingebetteten Systems, lassen sich Komponenten mit einem hohen Maß an Autonomie realisieren. Beispiel dafür ist die Integration von leistungsfähigen Mikrocontrollern und Digitalen Signalprozessoren in die Sensorik und Aktorik um intelligente Elemente zu erzeugen. Diese Eingebetteten Systeme erlauben mittels Technologien des Maschinellen Lernens beispielsweise eine Selbstadaption und –konfiguration auf Basis neuer Prozessinformationen oder selbständig erkannter Prozessänderungen. Wenn die Technologien des <i>Energy-Harvesting</i> in naher Zukunft eine ausreichende Menge von Energie auch für größere Module liefern können, sind autonome und komplett dezentral agierende Industrie 4.0 Komponenten denkbar.</p> |                      |           |                |                                   |     |                      |                                      |     |                      |                   |     |                      |                       |   |                  |
| <b>Quellen</b>                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lucke, Dominik; Görzig, David; Kacir, Marvin; Volkmann, Johannes; Maist, Christoph; Sachsenmaier, Marco; Rentschlar, Hannes; Fraunhofer-Institut für</li> </ul>  |                      |           |                |                                   |     |                      |                                      |     |                      |                   |     |                      |                       |   |                  |

---

|  |   |
|--|---|
|  | <p>Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Hg.) 2014: Strukturstudie Industrie 4.0 für Baden-Württemberg – Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie. Stuttgart</p> <ul style="list-style-type: none"><li>▪ Bauer, Wilhelm; Schlund, Sebastian; Marrenbach, Dirk; Ganschar, Oliver; BITKOM 2014: Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO (Hg.). Stuttgart</li><li>▪ Bundesministerium für Bildung und Forschung - Referat IT Systeme (Hg.) 2012: Zukunftsbild „Industrie 4.0“. Bonn</li></ul> |
|--|---|

### 11.6.4 Aktorik

| <b>Technologie-<br/>steckbrief</b> | <b>Aktorik</b>  |                          |  |             |           |                |                      |     |                      |                   |     |                          |                 |     |                      |
|------------------------------------|---|--------------------------|--|-------------|-----------|----------------|----------------------|-----|----------------------|-------------------|-----|--------------------------|-----------------|-----|----------------------|
| <b>Beschreibung</b>                | <p>Im Technologiefeld „Aktorik“ finden sich vorwiegend Technologien, welche CPS befähigen sich zu bewegen, sich auf Änderungen „motorisch“ einzustellen oder Dinge zu handhaben. Um auf die Umgebung, den veränderten Prozess oder den entsprechenden Arbeitsschritt reagieren zu können bzw. ihn auszuführen, müssen CPS mit Aktorik ausgestattet sein. Dieses Technologiefeld betrifft vorwiegend Motoren, die in Zukunft immer intelligenter werden. Intelligenz kann die Ausführung der Tätigkeit in Form einer intelligenten Motorregelung bedeuten oder die selbständige Aussage über einen möglichen aktuellen oder zukünftigen Defekt. Das Technologiefeld "Aktorik" besitzt enge Verknüpfungen mit dem Feldern Sensorik, Software, Hardware und Kommunikation</p>  |                          |  |             |           |                |                      |     |                      |                   |     |                          |                 |     |                      |
| <b>Technologien</b>                | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="432 954 903 999">Technologie</th> <th data-bbox="903 954 1078 999">TRL-Level</th> <th data-bbox="1078 954 1401 999">Technologietyp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="432 999 903 1043">Intelligente Aktoren</td> <td data-bbox="903 999 1078 1043">4-6</td> <td data-bbox="1078 999 1401 1043">Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1043 903 1088">Vernetzte Aktoren</td> <td data-bbox="903 1043 1078 1088">4-6</td> <td data-bbox="1078 1043 1401 1088">Schrittmachertechnologie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1088 903 1155">Sichere Aktoren</td> <td data-bbox="903 1088 1078 1155">4-6</td> <td data-bbox="1078 1088 1401 1155">Schlüsseltechnologie</td> </tr> </tbody> </table> |                          |  | Technologie | TRL-Level | Technologietyp | Intelligente Aktoren | 4-6 | Schlüsseltechnologie | Vernetzte Aktoren | 4-6 | Schrittmachertechnologie | Sichere Aktoren | 4-6 | Schlüsseltechnologie |
| Technologie                        | TRL-Level   | Technologietyp           |  |             |           |                |                      |     |                      |                   |     |                          |                 |     |                      |
| Intelligente Aktoren               | 4-6   | Schlüsseltechnologie     |  |             |           |                |                      |     |                      |                   |     |                          |                 |     |                      |
| Vernetzte Aktoren                  | 4-6   | Schrittmachertechnologie |  |             |           |                |                      |     |                      |                   |     |                          |                 |     |                      |
| Sichere Aktoren                    | 4-6   | Schlüsseltechnologie     |  |             |           |                |                      |     |                      |                   |     |                          |                 |     |                      |
| <b>Anwendung</b>                   | <p>Anwendungsgebiete sind unter anderem Antriebe aller Art, wie man sie in Fertigungsmaschine, Anlagenkomponenten (wie z.B. Pumpen), Handhabungstechnik und Robotern sowie in Fahrzeugen, Förder- und Lagertechnik findet.</p>  |                          |  |             |           |                |                      |     |                      |                   |     |                          |                 |     |                      |
| <b>Quellen</b>                     | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lucke, Dominik; Görzig, David; Kacir, Marvin; Volkmann, Johannes; Maist, Christoph; Sachsenmaier, Marco; Rentschlar, Hannes; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Hg.) 2014: Strukturstudie Industrie 4.0 für Baden-Württemberg – Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie. Stuttgart</li> </ul>   |                          |  |             |           |                |                      |     |                      |                   |     |                          |                 |     |                      |

### 11.6.5 Mensch-Maschine-Schnittstelle

| <b>Technologie-<br/>steckbrief</b>       | <b>Mensch-Maschine-Schnittstelle</b>  |                          |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
|--|---|--------------------------|--|-------------|-----------|----------------|-----------------|-----|----------------------|-----------------|-----|----------------------|--------------------------|-----|------------------|---------------------------------------|-----|--------------------------|-------------|-----|----------------------|--------------------------------|-----|--------------------------|--|-----|--------------------------|-------------------------|-----|--------------------------|-------------------|-----|----------------------|-----------------|-----|----------------------|
| <b>Beschreibung</b>                      | <p>Trotz des hohen technologischen Wandels bei den produzierenden oder transportierenden Gewerken, steht der Mensch aufgrund seiner hohen Flexibilität und Wandlungsfähigkeit bei seinen auszuführenden Tätigkeiten im Vordergrund. Durch die zunehmende Komplexität der technischen Gewerke und der Prozesse, muss der Mensch in seiner Arbeit durch neue Technologien unterstützt werden. Das Technologiefeld "Mensch-Maschine-Schnittstelle" gruppiert Technologien, die dieses Ziel im Vordergrund haben. Das Feld ist eng mit den Feldern Sensorik, Kommunikation und Hardware verknüpft.</p>  |                          |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| <b>Technologien</b>                      | <table border="1"> <thead> <tr> <th data-bbox="432 866 903 904">Technologie</th> <th data-bbox="903 866 1070 904">TRL-Level</th> <th data-bbox="1070 866 1382 904">Technologietyp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td data-bbox="432 904 903 958">Sprachsteuerung</td> <td data-bbox="903 904 1070 958">4-9</td> <td data-bbox="1070 904 1382 958">Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 958 903 1012">Gestensteuerung</td> <td data-bbox="903 958 1070 1012">4-9</td> <td data-bbox="1070 958 1382 1012">Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1012 903 1066">Intuitive Bedienelemente</td> <td data-bbox="903 1012 1070 1066">7-9</td> <td data-bbox="1070 1012 1382 1066">Basistechnologie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1066 903 1120">Wahrnehmungsgesteuerte Schnittstellen</td> <td data-bbox="903 1066 1070 1120">4-9</td> <td data-bbox="1070 1066 1382 1120">Schrittmachertechnologie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1120 903 1173">Fernwartung</td> <td data-bbox="903 1120 1070 1173">1-9</td> <td data-bbox="1070 1120 1382 1173">Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1173 903 1227">Verhaltensmodelle des Menschen</td> <td data-bbox="903 1173 1070 1227">1-4</td> <td data-bbox="1070 1173 1382 1227">Schrittmachertechnologie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1227 903 1281">Kontextbasierte Informationspräsentation</td> <td data-bbox="903 1227 1070 1281">1-9</td> <td data-bbox="1070 1227 1382 1281">Schrittmachertechnologie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1281 903 1335">Semantik-Visualisierung</td> <td data-bbox="903 1281 1070 1335">1-9</td> <td data-bbox="1070 1281 1382 1335">Schrittmachertechnologie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1335 903 1388">Augmented-Reality</td> <td data-bbox="903 1335 1070 1388">1-7</td> <td data-bbox="1070 1335 1382 1388">Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td data-bbox="432 1388 903 1442">Virtual Reality</td> <td data-bbox="903 1388 1070 1442">1-9</td> <td data-bbox="1070 1388 1382 1442">Schlüsseltechnologie</td> </tr> </tbody> </table> |                          |  | Technologie | TRL-Level | Technologietyp | Sprachsteuerung | 4-9 | Schlüsseltechnologie | Gestensteuerung | 4-9 | Schlüsseltechnologie | Intuitive Bedienelemente | 7-9 | Basistechnologie | Wahrnehmungsgesteuerte Schnittstellen | 4-9 | Schrittmachertechnologie | Fernwartung | 1-9 | Schlüsseltechnologie | Verhaltensmodelle des Menschen | 1-4 | Schrittmachertechnologie | Kontextbasierte Informationspräsentation | 1-9 | Schrittmachertechnologie | Semantik-Visualisierung | 1-9 | Schrittmachertechnologie | Augmented-Reality | 1-7 | Schlüsseltechnologie | Virtual Reality | 1-9 | Schlüsseltechnologie |
| Technologie                              | TRL-Level   | Technologietyp           |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| Sprachsteuerung                          | 4-9   | Schlüsseltechnologie     |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| Gestensteuerung                          | 4-9   | Schlüsseltechnologie     |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| Intuitive Bedienelemente                 | 7-9   | Basistechnologie         |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| Wahrnehmungsgesteuerte Schnittstellen    | 4-9   | Schrittmachertechnologie |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| Fernwartung                              | 1-9   | Schlüsseltechnologie     |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| Verhaltensmodelle des Menschen           | 1-4   | Schrittmachertechnologie |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| Kontextbasierte Informationspräsentation | 1-9   | Schrittmachertechnologie |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| Semantik-Visualisierung                  | 1-9   | Schrittmachertechnologie |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| Augmented-Reality                        | 1-7   | Schlüsseltechnologie     |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| Virtual Reality                          | 1-9   | Schlüsseltechnologie     |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| <b>Anwendung</b>                         | <p>Anwendungsgebiete sind unter anderem Wartungsarbeiten, Produktions- und Montageschritte und vielfältige Arbeiten in der Logistik. Alle Anwendungsgebiete besitzen die Gemeinsamkeit, dass der Mensch als sensorisches Multitalent in seinen Arbeitsschritten und in der Durchführung unterstützt oder sogar geleitet werden soll.</p>  |                          |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |
| <b>Quellen</b>                           | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Lucke, Dominik; Görzig, David; Kacir, Marvin; Volkmann, Johannes; Maist, Christoph; Sachsenmaier, Marco; Rentschlar, Hannes; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Hg.) 2014: Strukturstudie Industrie 4.0 für Baden-Württemberg – Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie. Stuttgart</li> </ul>   |                          |  |             |           |                |                 |     |                      |                 |     |                      |                          |     |                  |                                       |     |                          |             |     |                      |                                |     |                          |  |     |                          |                         |     |                          |                   |     |                      |                 |     |                      |

### 11.6.6 Softwaresystemtechnik

| <b>Technologie-<br/>steckbrief</b>                     | <b>Softwaresystemtechnik</b>   |                          |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |
|--|--|--------------------------|--|-------------|-----------|----------------|-----------------------|-----|----------------------|---|-----|----------------------|---|-----|----------------------|--|-----|----------------------|---------------------------------|-----|------------------|------------|-----|------------------|---------------------|-----|--------------------------|--------------------------------------|-----|--------------------------|
| <b>Beschreibung</b>                                    | <p>Softwaresystemtechnik ist ein Technologiefeld, welches verschiedene Technologien gruppiert, die eine Datenverarbeitung ermöglichen, um Automatisierung oder Autonomie zu erzeugen. Dabei sind es auf der einen Seite Technologien, mit denen sich dezentrale Steuerung von CPS realisieren lassen, welches eines der Hauptziele der Industrie 4.0 ist, und zum anderen sind es Technologien, die eine Verarbeitung von großen Datenmengen oder eine Modularisierung von Software in der "Cloud" ermöglichen. Gerade im letzteren Technologiesektor werden in Zukunft eine Vielzahl neuer Geschäftsmodelle und Systemlösungen erwartet. Dieses Technologiefeld hat Schnittmengen mit allen anderen Technologiefeldern, da sowohl eine zunehmende Intelligenz der einzelnen Komponenten eines CPS als auch die Vernetzung von CPS und deren Komponenten in verschiedenen Formen aus Software bestehen oder die selbige beeinflussen bzw. steuern.</p> |                          |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |
| <b>Technologien</b>                                    | <table border="1"> <thead> <tr> <th>Technologie</th> <th>TRL-Level</th> <th>Technologietyp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Multi-Agenten-Systeme</td> <td>4-9</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>Maschinelles Lernen und Mustererkennung</td> <td>4-9</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>Big-Data Speicher- und Analyseverfahren</td> <td>4-9</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>Cloud-Computing (inkl. Speicher und Zugriffsverfahren)</td> <td>4-9</td> <td>Schlüsseltechnologie</td> </tr> <tr> <td>Web Services bzw. Cloud-Dienste</td> <td>4-9</td> <td>Basistechnologie</td> </tr> <tr> <td>Ontologien</td> <td>4-9</td> <td>Basistechnologie</td> </tr> <tr> <td>Simulationsumgebung</td> <td>1-6</td> <td>Schrittmachertechnologie</td> </tr> <tr> <td>Multikriterielle Situationsbewertung</td> <td>1-6</td> <td>Schrittmachertechnologie</td> </tr> </tbody> </table>                      |                          |  | Technologie | TRL-Level | Technologietyp | Multi-Agenten-Systeme | 4-9 | Schlüsseltechnologie | Maschinelles Lernen und Mustererkennung | 4-9 | Schlüsseltechnologie | Big-Data Speicher- und Analyseverfahren | 4-9 | Schlüsseltechnologie | Cloud-Computing (inkl. Speicher und Zugriffsverfahren) | 4-9 | Schlüsseltechnologie | Web Services bzw. Cloud-Dienste | 4-9 | Basistechnologie | Ontologien | 4-9 | Basistechnologie | Simulationsumgebung | 1-6 | Schrittmachertechnologie | Multikriterielle Situationsbewertung | 1-6 | Schrittmachertechnologie |
| Technologie  | TRL-Level  | Technologietyp           |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |
| Multi-Agenten-Systeme                                  | 4-9  | Schlüsseltechnologie     |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |
| Maschinelles Lernen und Mustererkennung                | 4-9  | Schlüsseltechnologie     |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |
| Big-Data Speicher- und Analyseverfahren                | 4-9  | Schlüsseltechnologie     |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |
| Cloud-Computing (inkl. Speicher und Zugriffsverfahren) | 4-9  | Schlüsseltechnologie     |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |
| Web Services bzw. Cloud-Dienste                        | 4-9  | Basistechnologie         |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |
| Ontologien   | 4-9  | Basistechnologie         |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |
| Simulationsumgebung                                    | 1-6  | Schrittmachertechnologie |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |
| Multikriterielle Situationsbewertung                   | 1-6  | Schrittmachertechnologie |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |
| <b>Anwendung</b>                                       | <p>Die Technologien Multi-Agenten-Systeme, Maschinelles Lernen sowie die Nutzung von Ontologien und Orchestrierungsverfahren unterstützen die Realisierung von dezentralen Steuerungen mit einem hohen Maß an Autonomie in der „Smart Factory“. Jede Produktionsanlage oder logistisches Gewerk, wird mit seinen Fähigkeiten virtuell modelliert und der Zusammenschluss der verschiedenen autonomen Maschinen kann durch Informationsaustausch und Adaptionen ein Gesamtziel effizient erreichen. Der Einbezug sämtlicher Partner der Wertschöpfungskette, erfolgt über die Technologien des Cloud-Computing und der Web-Services. Durch diese Technologien werden neue Geschäftsprozesse und –modelle möglich, welche die Integration von Informationen sämtli-</p>  |                          |  |             |           |                |                       |     |                      |   |     |                      |   |     |                      |  |     |                      |                                 |     |                  |            |     |                  |                     |     |                          |                                      |     |                          |

|                       |   |
|-----------------------|---|
|                       | <p>cher Partner der Wertschöpfungskette ermöglichen. Des Weiteren können aber auch die einzelnen Maschinen in der <i>Smart Factory</i> Dienste anbieten oder nutzen, um beispielsweise neue Wartungsmechanismen zu realisieren, automatische Konfigurationen zu nutzen oder neue Parameter anzulernen. Bei letzterem spielen Technologien der <i>Big-Data</i> Analyse eine große Rolle, damit aus allen verfügbaren Informationen explizite Aussagen auf einem höheren Abstraktionsgrad getroffen werden können, welche entweder die untere Ebene der Maschinensteuerung, die Produktionssteuerung oder sogar die Kunden- und Lieferantenbeziehungen beeinflussen</p>   |
| <p><b>Quellen</b></p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Bundesamt für Sicherheit und Informationstechnik 2010: Eckpunktepapier Sicherheitsempfehlungen für Cloud Computing Anbieter. Bonn</li> <li>▪ Bundesministerium für Bildung und Forschung - Referat IT Systeme (Hg.) 2012: Zukunftsbild „Industrie 4.0“. Bonn</li> <li>▪ Gausemeier, Jürgen; Dumitrescu, Roman; Jasperneite, Jürgen; Kühn, Arno; Trsek, Henning 2014: Der Spitzencluster it's OWL auf dem Weg zur Industrie 4.0. In: Zeitschrift für den wirtschaftlichen Fabrikbetrieb 109 (5). München</li> <li>▪ Gneuss, Michael 2014: Industrie 4.0 - Die vierte industrielle Revolution, Berlin: Handelsblatt, Reflex Verlag</li> <li>▪ Heuser, Lutz; Wahlster, Wolfgang (Hg.) 2011: Internet der Dienste. Berlin, Heidelberg: Springer</li> <li>▪ IKT.NRW Cluster Informations- und Kommunikationstechnologie (Hg.) 2013: IKT.NRW Roadmap 2020. Nordrhein-Westfalen auf dem Weg zum digitalen Industrieland</li> <li>▪ Lucke, Dominik; Görzig, David; Kacir, Marvin; Volkmann, Johannes; Maist, Christoph; Sachsenmaier, Marco; Rentschlar, Hannes; Fraunhofer-Institut für Produktionstechnik und Automatisierung IPA; Ministerium für Finanzen und Wirtschaft Baden-Württemberg (Hg.) 2014: Strukturstudie Industrie 4.0 für Baden-Württemberg – Baden-Württemberg auf dem Weg zu Industrie. Stuttgart</li> <li>▪ VDI/VDE-Gesellschaft Mess- und Automatisierungstechnik (Hg.) 2014: Industrie 4.0 - CPS-basierte Automation, VDI/VDE Statusreport</li> </ul> |

## 11.7 Liste der interviewten Experten

- Dr. David Jentsch, Fachgruppenleiter Fabrikplanung und Digitale Fabrik, IBF – TU Chemnitz
- Dr. Christan Krug, Technologieberater, VDI Technologiezentrum GmbH
- Dr. Sebastian Schlund, Leiter Competence Center Produktionsmanagement, Fraunhofer IAO
- Sebastian Rohr, Geschäftsführer Technik, accesses GmbH
- Sven Liess, Geschäftsführer, e-GITS GmbH
- Wolfgang Dorst, Bereichsleiter Industrie 4.0, BITKOM

---

## 11.8 Liste der Teilnehmer des Evaluierungsworkshops II

|                              |  |
|------------------------------|--|
| Kai Bonnen                   | Wirtschaftsförderung Krefeld   |
| Dr. Mikko Börkircher         | METALL NRW   |
| Dr. Jan Bornemeier           | VDI Technologiezentrum GmbH  |
| Dr. Jan Christopher Brandt   | VDI Technologiezentrum GmbH  |
| Nomo Braun                   | agiplan GmbH   |
| Stefan Braun                 | ZENIT GmbH   |
| Andreas Bresser              | Grey Rook Entertainment  |
| Dr. Franz Buellingen         | WIK GmbH   |
| Achim Conrads                | ZENIT GmbH   |
| Karl Doreth                  | Institut für Fertigungstechnik und Werkzeugmaschinen<br>Leibniz Universität Hannover |
| Dr. Peter Ebbesmeyer         | it's OWL Clustermanagement GmbH  |
| Markus Ermert                | DLR e.V.   |
| Geert-Jan Gorter             | catkin GmbH  |
| Michael Guth                 | ZENIT GmbH   |
| Karin Heegewaldt             | Landwirtschaftskammer NRW  |
| Dr. Tobias Hegmanns          | Fraunhofer IML   |
| Martin Hellmich              | Handwerkskammer Münster  |
| Prof. Dr. Jürgen Jasperneite | Fraunhofer IOSB-INA  |
| Georgios Karachos            | QUALIGON GmbH  |
| Prof. (h.c.) Reinhard Komar  | Institut für Designforschung   |
| Dr. Oliver Lehmkuhler        | MedizinTechnik.NRW GbR   |
| Stefan Lomberg               | Lomberg Engineering  |
| Gabriele Masthoff            | BVMW   |
| David Merbecks               | WVIS Wirtschaftsverband für Industrieservice   |
| Peter Mies                   | miguss Peter Mies GmbH   |
| Marc Neumann                 | Ruhr-Universität Bochum  |
| Dr. Jörg Niesenhaus          | Centigrade GmbH  |
| Dr. Sven Nußbaum             | Projektträger DLR  |
| Reinhard Pacejka             | FFG - österreichische Forschungsförderungsgesellschaft                               |
| Dr. Bernd Pötting            | IBS  |
| Christian Prasse             | Fraunhofer IML   |
| Dr. Jürgen Reckfort          | TAT International GmbH   |

|                               |   |
|-------------------------------|---|
| Prof. Dr. Robert Refflinghaus | RIF e.V.  |
| Prof. Dr. Wolfgang Ruge       | Kirnbauer Systementwicklung und EDV-Beratung GmbH         |
| Wolfgang Ruoff                | UBT - Wolfgang Ruoff & Partner                            |
| Doris Scheffler               | ZENIT GmbH  |
| Jörg Skorupinski              | CHE gemeinnütziges Centrum für Hochschulentwicklung gGmbH |
| Andreas Struwe                | Wirtschaftsförderung Krefeld                              |
| Christoph Taphorn             | agiplan GmbH  |
| Denise Wolter                 | agiplan GmbH  |
| Matthias Zrubek               | IHK Erfurt  |

## 11.9 Ländersteckbriefe Industrie 4.0 Förderung

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Land</b>                  | <b>USA</b>   |
| <b>Name der Initiativen:</b> | <i>Advanced Manufacturing Partnership (AMP), Smart Manufacturing Leadership Coalition, Cyber-Physical-Systems (CPS)</i>  |
| <b>Von wem initiiert?</b>    | Die amerikanische Regierung hat das zukünftige Potenzial von Cyber-Physischen-Systemen relativ früh erkannt und bereits einige Initiativen ins Leben gerufen. Beispielsweise wurde von ihr im Juni 2011 das <i>Advanced Manufacturing Partnership (AMP)</i> entwickelt und umgesetzt. Die Universitäten spielen in den USA bei der Erforschung von CPS eine wichtige Rolle. Diese reicht über die Zusammenarbeit verschiedener Universitäten bei Forschungsprojekten bis zur Gründung spezieller CPS-Labore. Des Weiteren engagieren sich im Bereich CPS auch industrielle Investoren. So existiert zum Beispiel eine Kooperation zwischen dem kanadischen VC-Unternehmen McRock und General Electric (GE).  |
| <b>Wer nimmt teil?</b>       | Die verschiedenen Initiativen sind jeweils für unterschiedliche Zielgruppen bestimmt. Während das CPS Programm ausschließlich für Universitäten und Forschungseinrichtungen zugänglich ist, fördert das AMP sowohl Industrie- als auch Forschungsakteure in verschiedenen Bereichen. Zusätzlich versuchen Veranstaltungen, wie die Ausstellung SmartAmerica, den Kontakt zwischen Wissenschaft und Industrie zu verbessern.  |
| <b>Was wird gemacht?</b>     | Das AMP ist ein branchenübergreifendes Förderprogramm. Inhaltlich geht es dabei sowohl um neue Materialien als auch um neue Fertigungstechnologien. Die Grundsäulen des Programms bestehen neben der generellen Unterstützung von <i>Advanced Manufacturing</i> aus der Umsetzung von Innovationen, dem Training von Personal und der Verbesserung des Business-Klimas. Die <i>National Science Foundation</i> , das <i>Department of Energy</i> und die NASA ermöglichen in staatlichen Forschungseinrichtungen Kontaktmöglichkeiten zwischen Industrie, Universitäten und anderen Forschungseinrichtungen. Durch diese Kooperation sollen neue Produkte oder neue Prozesse entwickelt und getestet werden. Ein weiterer wichtiger Fokus liegt auf der Entwicklung und Integration neuer Ausbildungsmodelle in Bereichen des <i>Advanced Manufacturing</i> , um die Industrie in diesem Bereich zu unterstützen. Darüber hinaus wird eine Verbesserung des Businessklimas erreicht, indem mittelständische Unternehmen Unterstützung bei der Anwendung neuer Technologien und der Vermarktung von neuen Produkten erhalten. Das CPS-Programm soll dazu beitragen, den Produktionsstandort USA |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>im Bereich <i>Smart Internet</i> zu stärken. Dies wird dadurch erreicht, dass pro Jahr 10 Durchbruch- 20 Synergie- und 2 Frontierprojekte gefördert werden. Die CPS-System Labore wie das AUTO-ID Center des Massachusetts Institute of Technology und das <i>Cyber-Physical-Systems Laboratory</i> der <i>University of California</i>, Los Angeles, gehören zu den weltweit führenden Forschungslaboratorien im Bereich IoT. Die Forschungsschwerpunkte reichen hier von Grundlagenforschung bis hin zu praktischen Anwendungen. Mit Hilfe von Konferenzen und Veranstaltungen vor einem breiten, landesweiten Publikum aus unterschiedlichen Sektoren sowie einer starken Öffentlichkeitsarbeit in Form von Presseauftritten oder Forschungs-reports wird versucht, die Forschungsergebnisse weiter zu verbessern und eine aktive Integration mit Politik und Industrie voranzutreiben.</p> |
| <p><b>Welches Vo-lumen hat die Initiative?</b></p> | <p>Für den Bereich der neuen Fertigungstechnologien stellt AMP in den nächsten Jahren ein Budget von 300 Millionen USD zur Verfügung. Für CPS stehen etwa 32 Millionen USD p.a. zur Verfügung. Das Budget der von der Industrie initiierten Kooperation hat ein etwas geringeres Volumen. Beispielsweise unterstützt GE einen 50 Mio. USD starken „<i>Industrial Internet Fund</i>“. Die Aufwendungen der großen Universitäten lassen sich im Rahmen der vorliegenden Studie nicht abschätzen, dürften aber ein signifikantes Volumen erreichen.</p>  |
| <p><b>Weiterführen-de Informa-tionen</b></p>       | <p><a href="http://www.manufacturing.gov/amp.html">http://www.manufacturing.gov/amp.html</a></p>  |

|                              |   |
|------------------------------|---|
| <b>Land</b>                  | <b>Finnland</b>   |
| <b>Name der Initiativen:</b> | Nationales <i>Internet of Things</i> Programm. Das "Programm" ist bislang eher als Projekt organisiert.   |
| <b>Von wem initiiert?</b>    | Die öffentliche Finanzierung für die F&E-Projekte, die im Programm umgesetzt werden, kommt von der staatlichen Forschungsförderungsagentur TEKES. Die Koordination liegt beim Ericsson Forschungszentrum, Finnland. Ebenfalls an der Koordination beteiligt ist DIGILE, eines der strategischen Innovationszentren in Finnland.   |
| <b>Wer nimmt teil?</b>       | Über 50 Organisationen: Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Universitäten. Über 350 Experten aus der Forschung und der Industrie sind beteiligt.<br><br>Darüber hinaus ist eine internationale Kooperation im Projekt angelegt (z. B. EU, USA, China).   |
| <b>Was wird gemacht?</b>     | Das industriepolitische Ziel des Programms ist es, die globale Wettbewerbsfähigkeit der finnischen Industrie zu stärken. Erreicht werden soll dies durch eine weltweite Vorreiterrolle bei der Entwicklung von IoT-Produkten, Dienstleistungen und Standards; diese wiederum soll aufbauen auf einem starken IoT-Ökosystem. Technologisch zielt das Programm auf den Aufbau eines gemeinsamen Instrumentenkastens für Hard- und Softwareentwicklungen ab, um ein Höchstmaß an Interoperabilität der einzelnen Elemente zu gewährleisten.<br><br>Der finnische IoT-Ansatz ist branchenbezogen deutlich weiter als der Industrie 4.0 Bezugsrahmen der vorliegenden Studie. So werden auch <i>smart Homes</i> , <i>smart City</i> und medizinische IoT-Anwendungen angegangen. Inhaltlich ist ein deutlicher IKT-Schwerpunkt erkennbar. Das bedeutet, dass der thematische Angang in der Regel über die IKT erfolgt (auch die Förderung kommt aus einem IKT-Programm). Darüber hinaus ist die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle ein wichtiges Element für das IoT-Ökosystem. Im Zentrum des Projekts steht eine strategische Forschungsagenda, die im Vorfeld des Projekts entwickelt wurde und die die Themen der zukünftigen F&E Projekte vorgibt.<br><br>Es gibt keinen Fokus auf mittelständische Unternehmen. Die Beteiligung insbesondere kleiner IKT-Unternehmen wird allerdings betont.<br><br>Das „ <i>Internet of Things</i> Programm“ selbst ist ein Projekt, das über die IKT Förderung in Finnland finanziert wird. Die Auswahl der einzelnen Projekte innerhalb des Programms erfolgt über Ausschreibungen. |

|   |  |
|---|--|
| <p><b>Welches Volumen hat die Initiative?</b></p> | <p>Das Gesamtbudget beläuft sich auf ca. 60 Mio. EUR für vier Jahre (Jan. 2012 – Dez. 2015) und wird sowohl aus öffentlichen als auch aus privaten Quellen gespeist.</p> |
| <p><b>Weiterführende Informationen</b></p>        | <p><a href="http://www.internetofthings.fi/">www.internetofthings.fi/</a></p>  |

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>Land</b>                  | <b>Österreich</b>  |
| <b>Name der Initiativen:</b> | <p>Im Jahre 2014 hat das Innovationsministerium (BMVIT) gemeinsam mit dem Wirtschaftsministerium (BMWFW) eine konzertierte horizontale Aktion zur Industrie 4.0 Thematik gestartet. Auf nationaler Ebene existieren allerdings keine eigenständigen Industrie 4.0 Forschungsprogramme. F&amp;E-Fördermaßnahmen zur Thematik sind in bestehende Schwerpunktprogramme eingewoben. Insbesondere in die Programme „Produktion der Zukunft“ und „IKT der Zukunft“. Fördermaßnahmen werden aber ebenso in themenoffenen Förderformaten angeboten wie zum Beispiel in der Dienstleistungsinitiative.</p> <p>Darüber hinaus gab es ebenfalls bereits 2014 in Oberösterreich innerhalb des Programms „Produktionsstandort OÖ 2050“ eine Ausschreibung mit dem Titel „Industrie 4.0“.</p>  |
| <b>Von wem initiiert?</b>    | Die Industrie 4.0 Aktivitäten in Österreich wurden staatlicherseits initiiert (national oder Bundesland). Die Forschungsprogramme werden von der nationalen Forschungsförderungsagentur (FFG) umgesetzt.   |
| <b>Wer nimmt teil?</b>       | Adressiert werden Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. Spezielle Maßnahmen für mittelständische Unternehmen wurden nicht identifiziert.   |
| <b>Was wird gemacht?</b>     | <p>In der horizontalen Aktion der beiden betroffenen Ministerien werden Industrie 4.0 Aktivitäten in Österreich durch verschiedene Förderinstrumente genutzt. Im Wesentlichen existieren drei Förderansätze:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Die Identifikation neuer Ideen, Forschung und Entwicklung, die im Wesentlichen über die beiden F&amp;E-Programme IKT bzw. Produktion der Zukunft läuft. Im Rahmen der Forschungsförderung wurden auch Stiftungsprofessuren geschaffen.</li> <li>2) Demonstration durch eine Pilotfabriken; die erste Fabrik soll unter Beteiligung der Technischen Universität Wien und verschiedener Unternehmen bereits 2015 fertiggestellt sein.</li> <li>3) Investitionsförderung für produzierende Unternehmen (für neue Maschinen, moderne Hard- und Software). Umgesetzt wird diese Säule über die AWS, die staatliche österreichische Förderbank.</li> </ol> <p>Ein weiterer Punkt in der Industrie 4.0 Initiative ist der Ausbau der Breitbandinfrastruktur. Hier wird Österreich in den nächsten Jahren 1 Mrd. EUR investieren (Breitbandmilliarde), um insbesondere Unternehmen in ländlichen Gebieten den</p> |

|   |  |
|---|--|
|   | <p>Breitbandzugang zu ermöglichen.</p> <p>Mit der spezifischen Ausschreibung Industrie 4.0 fördert das Land Oberösterreich Projekte im Bereich industrieller Produktionsprozesse sowie Projekte im Themenfeld Mobilität/Logistik. Darüber hinaus sollen vorhandene Kompetenzen in den für OÖ relevanten Themen gebündelt werden, um kritische Größen zu schaffen. Von Seiten der Industrie wird gefordert, die Aktivitäten des Bundes und der Länder sowie der Unternehmen zu vernetzen. Im Gespräch ist der Aufbau einer Industrie 4.0 Plattform.</p> |
| <p><b>Welches Volumen hat die Initiative?</b></p> | <p>Für die horizontale Aktion Industrie 4.0 in Österreich stehen in den Jahren 2015 und 2016 jeweils ca. 120 Mio. EUR für themenoffene und themenspezifische Formate in der FFG zur Verfügung. Dabei handelt es sich allerdings nicht in Gänze um zusätzliche Mittel, sondern zum großen Teil um eine Fokussierung bestehender Programme auf das Thema Industrie 4.0. Für die Ausschreibung in Oberösterreich standen 3 Mio. EUR zur Verfügung.</p>  |
| <p><b>Weiterführende Informationen</b></p>        | <p><a href="https://www.ffg.at/produktion">https://www.ffg.at/produktion</a><br/> <a href="https://www.ffg.at/iktderzukunft_gruppe">https://www.ffg.at/iktderzukunft_gruppe</a><br/> <a href="https://www.ffg.at/ooe2050-industrie4.0">https://www.ffg.at/ooe2050-industrie4.0</a></p>   |

## 11.10 Projektliste

Legende:

|   |                          |
|---|--------------------------|
| 1 | Fördermittelgeber        |
| 2 | Fördermittelvolumen in € |
| 3 | Projektvolumen           |
| 4 | Themenfeld 1             |
| 5 | Themenfeld 2             |

| 1. Autonomik für Industrie 4.0 <sup>83</sup> |  |  |   |                                       |
|--|--|--|---|---------------------------------------|
|  | Titel des Forschungsprojekts                                 | Kurzbeschreibung des Forschungsprogramms –bzw. projekts  |   |                                       |
| 1.1  |  | Autonomik für Industrie 4.0 ist ein Technologieprogramm des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie (BMWi). Mit dem Technologieprogramm „AUTONOMIK für Industrie 4.0“ sollen modernste I&K-Technologien mit der industriellen Produktion unter Nutzung von Innovationspotenzialen verzahnt und die Entwicklung innovativer Produkte beschleunigt werden. | 1 | BMWi                                  |
|  |  |  | 2 | 39.197.712 €                          |
|  |  |  | 3 |                                       |
|  |  |  | 4 |                                       |
|  |  |  | 5 |                                       |
| 1.2  | Verbundprojekt: GEMINI<br>Geschäftsmodelle für Industrie 4.0 | Ziel des Projekts GEMINI sind tragfähige Geschäftsmodelle im Kontext von Industrie 4.0. Das in GEMINI entstehende Instrumentarium ermöglicht den beteiligten Unternehmen und Organisationen, mit Hilfe von Methoden, Prozessen und IT-Werkzeugen individuelle Geschäftsmodelle zu entwickeln und umzusetzen.   | 1 | BMWi                                  |
|  |  |  | 2 | 2.281.977 €                           |
|  |  |  | 3 | 3.495.439 €                           |
|  |  |  | 4 | unternehmensübergreifende Optimierung |
|  |  |  | 5 |                                       |

<sup>83</sup> Übersicht vierte Spalte: 1= Fördermittelgeber, 2= Fördermittelvolumen in €, 3= Projektvolumen in €, 4= Themenfeld 1 AGI, 5= Themenfeld 2 AGI

|     |   |  |   |                                     |
|-----|---|--|---|-------------------------------------|
| 1.3 | Verbundprojekt:<br><i>SmartSite</i> - Smarte autonome Baumaschinen, Baustellenumgebungen und Bauprozesssteuerung für den intelligenten Straßenbau | Im Projekt SMARTSITE sollen deshalb offene und flexible Software-Plattformen für intelligente Baustellennetze, Bauprozesssteuerungen, autonome Baumaschinen und -anlagen entwickelt werden. Sie führen zu einer Automatisierung von bestehenden dezentralen Einzelsystemen und deren Vernetzung untereinander sowie mit der Baustellenumgebung auf Basis von einheitlichen Standards. Der verbesserte Informationstausch und die Informationsbereitstellung über die Baustellengrenze hinweg versprechen eine deutliche Verbesserung der Qualität und der ökonomischen sowie ökologischen Effizienz von Bauvorhaben. | 1 | BMWi                                |
|     |   |  | 2 | 2.955.508 €                         |
|     |   |  | 3 | 6.287.127 €                         |
|     |   |  | 4 | dezentralisierte Maschinensteuerung |
|     |   |  | 5 | Maschine-Maschine-Interaktion       |
| 1.4 | Verbundprojekt:<br>APPSist<br>Mobile Assistenzsysteme und Internetdienste in der intelligenten Produktion   | Im Projekt APPSist wird ein ganzheitlicher Ansatz für die Interaktion zwischen Mensch und Maschine in der Produktion entwickelt. Softwarebasierte Assistenzsysteme werden sich anhand spezifischer vorhandener Kompetenzen von Mitarbeitern automatisch auf deren Unterstützungsbedarf einstellen.   | 1 | BMWi                                |
|     |   |  | 2 | 3.665.086 €                         |
|     |   |  | 3 | 570.197 €                           |
|     |   |  | 4 | Assistenzsysteme                    |
|     |   |  | 5 | Mensch-Maschine-Interaktion         |
| 1.5 | Verbundprojekt:<br>InventAIRy<br>Inventur von Lagerbeständen mit autonomen Flugrobotern   | Ziel des Projekts InventAIRy ist ein System zur automatischen Lokalisierung und Inventarisierung von Lagerbeständen mit Hilfe autonomer Flugroboter. Die Sensorik des Systems sorgt dafür, dass der Flugroboter seine Umgebung selbständig wahrnehmen und analysieren kann, um darauf basierend durch ein Lager zu navigieren, logistische Objekte zu erfassen und eine Inventur durchzuführen. Das System soll sowohl für Innen- als auch Außenlager einsetzbar und leicht mit existierenden Lagerverwaltungssystemen vernetzbar sein.  | 1 | BMWi                                |
|     |   |  | 2 | 2.103.070 €                         |
|     |   |  | 3 | 2.945.770 €                         |
|     |   |  | 4 | Assistenzsysteme                    |
|     |   |  | 5 |                                     |

|     |  |   |   |                                 |
|-----|--|---|---|---------------------------------|
| 1.6 | Verbundprojekt:<br>MANUSERV<br>Planungs- und Entscheidungsunterstützung bei der Auswahl industrieller Serviceroboter | Im Rahmen des Projekts MANUSERV ein Planungs- und Entscheidungsunterstützungssystem entwickelt werden, das Anwender und Entwickler von Servicerobotik-Applikationen bei der Analyse und Beschreibung der Arbeitsprozesse, der Handlungsplanung, der Auswahl geeigneter Serviceroboter sowie der Bewertung, Kostenabschätzung, Realisierung und Programmierung einer Lösung unterstützt.   | 1 | BMW                             |
|     |  |   | 2 | 2.572.181 €                     |
|     |  |   | 3 | 3.981.477 €                     |
|     |  |   | 4 | Assistenzsysteme                |
|     |  |   | 5 |                                 |
| 1.7 | Verbundprojekt:<br>OPAK - Offene <i>Engineering</i> -Plattform für autonome Automatisierungskomponenten              | Das Projekt OPAK zielt auf die Entwicklung einer 3D-gestützten Engineering-Plattform für die intuitive Planung, Entwicklung und Inbetriebnahme von Produktionsanlagen. Dabei kann die Anlage zunächst herstellerunabhängig anhand rein funktionaler Beschreibungen von Standardkomponenten der Automatisierungstechnik geplant werden. Erst später erfolgt die Unterlegung durch konkrete Komponenten mit den gewünschten spezifischen Leistungsmerkmalen jeweiliger Anbieter.<br><br>Entwickeln und Betreiben einer Anlage soll künftig ein Assistenzsystem zur Verfügung gestellt werden, mit dem sie weniger abstrakt sondern über eine 3D-gestützte <i>Engineering</i> -Oberfläche planen, entwickeln, warten und erweitern können. | 1 | BMW                             |
|     |  |   | 2 | 2.763.264 €                     |
|     |  |   | 3 | 5.050.050 €                     |
|     |  |   | 4 | Assistenzsysteme                |
|     |  |   | 5 | Schnittstellen-Standardisierung |

|     |  |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|
| 1.8 | Verbundprojekt:<br>InSA<br>Schutz- und Sicherheitskonzepte für die Zusammenarbeit von Mensch und Roboter in gemeinsamen Arbeitsbereichen | Im Rahmen des Projekts InSA erarbeiten Forscher ein umfassendes Schutzmodell, das den Benutzer eines Roboters und dessen Kontext, seine Umgebung, seine Tätigkeiten und seine Interaktion einschließt. Das System registriert aktuelle Tätigkeiten und beurteilt anhand des Kontextes und der jeweiligen Situation das Gefährdungspotenzial, das z. B. für Mitarbeiter durch die Bewegungen eines Roboters entstehen kann. Ziel sind die technische Standardisierung solcher kontextorientierter Schutzsysteme und ihre Integration in intelligente Produktionsumgebungen. Damit soll die Wirtschaftlichkeit von Industrierobotern in gemischten Arbeitsumgebungen verbessert werden  | 1 | BMW   |
|     |  |   | 2 | 1.189.542 €   |
|     |  |   | 3 | 2.117.585 €   |
|     |  |   | 4 | unternehmensübergreifende Optimierung                       |
|     |  |   | 5 | Assistenzsysteme  |
| 1.9 | Verbundprojekt:<br>ReApp - Wiederverwendbare Roboterapplikationen für flexible Roboteranlagen basierend auf Industrial ROS Teilvorhaben  | Roboter sind per se frei programmierbar und bieten damit die benötigte Flexibilität. Die aufwendige, zeitraubende und somit teure Inbetriebnahme und Programmierung von Robotersystemen sorgt jedoch dafür, dass diese derzeit nur bei großen Stückzahlen wirtschaftlich eingesetzt werden können. Um dies zu ändern, soll in ReApp die Wirtschaftlichkeit und Flexibilität von roboterbasierten Automatisierungslösungen signifikant gesteigert werden. Hierzu werden standardisierte Schnittstellen definiert und Bibliotheken von Hardware- und Softwarekomponenten angelegt. Definiert werden auch eine Anwendungsschnittstelle sowie ein werkzeuggestützter Entwicklungsprozess. | 1 | BMW   |
|     |  |   | 2 | 4.791.656 €   |
|     |  |   | 3 | 6.604.518 €   |
|     |  |   | 4 | Schnittstellen-Standardisierung                             |
|     |  |   | 5 | Funktionalität für Produktionsanlagen und deren Komponenten |

|      |  |  |   |  |
|------|--|--|---|--|
| 1.10 | Verbundprojekt:<br>CoCoS<br><i>plug&amp;play</i> -<br>Vernetzung in der<br>Produktion  | CoCoS entwickelt eine intelligente Informations- und Kommunikationsinfrastruktur, die eigenständig in der Lage ist, unterschiedlichste Komponenten einer Produktionslinie zu erkennen – wie etwa Maschinen und auch Werkstücke – und miteinander zu vernetzen. Sie soll darüber hinaus die Kommunikationsbrücke zwischen Produktions-, Logistik- und anderen eingesetzten Managementsystemen bilden, die zukünftig dezentral und virtuell ausgelegt werden können. | 1 | BMW i  |
|      |  |  | 2 | 2.429.304 €  |
|      |  |  | 3 | 4.439.395 €  |
|      |  |  | 4 | Schnittstellen-<br>Entwicklung   |
|      |  |  | 5 | <i>plug&amp;play</i> Funk-<br>tionalität für Pro-<br>duktionsanlagen<br>und deren Kom-<br>ponenten |
| 1.11 | Verbundprojekt:<br>FTF <i>out of the box</i><br>Autonom han-<br>delnde fahrerlose<br>Transportfahr-<br>zeuge mit Sprach-<br>und Gestensteue-<br>rung | Im Projekt FTF <i>out of the box</i> werden FTF-Konzepte auf den Betrieb von autonom agierenden Gabelstaplern übertragen und weiterentwickelt. Autonome Gabelstapler sollen sich künftig in Lagerhallen allein zurechtfinden, sich ihre Umgebung einprägen, sich anhand von markanten Punkten orientieren und adaptiv auf Veränderungen reagieren. Darüber hinaus können ihnen von Lagermitarbeitern per Sprache und Gesten einfach Aufträge erteilt werden.       | 1 | BMW i  |
|      |  |  | 2 | 1.616.237  |
|      |  |  | 3 | 2.856.976 €  |
|      |  |  | 4 | Objekt- und Um-<br>feldererkennung   |
|      |  |  | 5 | Selbstorganisati-<br>on (Transportsy-<br>steme)  |

|      |  |   |   |  |
|------|--|---|---|--|
| 1.12 | Verbundprojekt:<br><i>SpeedFactory</i> - Autonomik für die Sportartikelindustrie   | Im Forschungsprojekt <i>SPEEDFACTORY</i> wird eine automatisierte Einzelstückfertigung entwickelt, in der Menschen und Roboter in gemeinsamer Arbeitsumgebung Sportartikel sowie Bezüge für Autositze produzieren. Diese können innerhalb kurzer Zeit vom Design bis zum finalen Produkt kostengünstig und flexibel hergestellt werden.<br><br>Im Projekt <i>SPEEDFACTORY</i> werden die jeweiligen Vorteile der unterschiedlichen Produktionsansätze in einem neuen Verfahren zusammengeführt. Ziel ist die industrielle Kleinstserienfertigung bis zur Losgröße 1. Unter Nutzung aktueller Technologien und optimaler Mensch-Roboter-Interaktionen sollen sehr kurze Taktzeiten mit höchster Flexibilität erreicht werden. Ziel ist eine Verminderung der Transaktionen über die Kontinente hinweg. Die Produktion von Mode- und Sportartikeln soll wieder verstärkt in Europa stattfinden. Die Wettbewerbsfähigkeit soll durch kürzere Logistikwege (physisch und informell) und damit schnellere Reaktion auf Kundenwünsche und Modetrends erhöht werden. | 1 | BMW i  |
|      |  |   | 2 | 3.363.103 €  |
|      |  |   | 3 | 6.041.295 €  |
|      |  |   | 4 | Mensch-Maschine-Interaktion  |
|      |  |   | 5 |  |
| 1.13 | Verbundprojekt:<br><i>CultLab3D</i> - Entwicklung eines mobilen Labors bestehend aus flexibel einsetzbaren, modularen Komponenten für die Akquise von 3D Geometrie- und Materialeigenschaften von Kulturgütern | Im Projekt <i>CultLab3D</i> werden Kulturgüter dreidimensional und in sehr hoher Qualität erfasst. Dabei geht es zum einen um die Entwicklung einer neuartigen Scan-Technologie in Form eines mobilen Digitalisierungslabors. Zum anderen soll eine Ontologie zur Erfassung und Klassifizierung von Kulturobjekten erstellt werden. Außerdem werden die digitalen 3D-Objekte über ihre Beschreibungen an digitale Bibliotheken angebunden. Die Qualität der Daten ist geeignet, um auch wissenschaftlichen Ansprüchen zu genügen, die bislang Originalvorlagen erfordern.   | 1 | BMW i  |
|      |  |   | 2 | 1.456.189 €  |
|      |  |   | 3 | 1.839.847 €  |
|      |  |   | 4 | Weiterverarbeitung/ Aufbereitung/ Dokumentation von Maschinen-/Prozess-/ Zustandsdaten |
|      |  |   | 5 |  |

|      |  |  |   |  |
|------|--|--|---|--|
| 1.14 | Verbundprojekt:<br><i>SMART FACE-Smart Micro Factory</i> für Elektrofahrzeuge mit schlanker Produktionsplanung         | Die Entwicklung einer dezentralen Produktionsplanung und -steuerung ist das Ziel von <i>SMART FACE</i> . Damit sollen die Fertigungsstrukturen an die Anforderungen der Kleinserienfertigung angepasst werden; Montageteile werden über eine netzwerkgestützte Anwendung individuell angefordert, Maschinen verteilen selbstorganisierend ihre Last. Eine zentrale Reihenfolgeplanung wird so überflüssig. Flexibilität, einfache Adaptierung und die bessere Reaktion auf unvorhergesehene Änderungen im Ablauf sind die Vorteile.<br><br>Damit auch die Produktion von Kleinstserien hochflexibel und wirtschaftlich wird, entwickelt das Projekt <i>SMART FACE</i> neue Ansätze für eine hochflexible Fertigungsplanung und -steuerung. Einzelne Fertigungsstufen werden bedarfsgerecht und stets zum richtigen Zeitpunkt mit Bauteilen und Materialien versorgt. Das schont Ressourcen und vermeidet Leerlauf. | 1 | BMW  |
|      |  |  | 2 | 2.683.071 €  |
|      |  |  | 3 | 4.929.644 €  |
|      |  |  | 4 | dezentralisierte Maschinensteuerung                                    |
|      |  |  | 5 | Selbstorganisation (Produktionsplanung und -steuerung)                 |
| 1.16 | Verbundprojekt:<br>InnoCyFer<br>Bionisch gesteuerte Fertigungssysteme für die Herstellung kundenindividueller Produkte | Im Projekt InnoCyFer wird eine webbasierte Open-Innovation-Plattform entwickelt, auf der Kunden selbständig und ohne spezifische Vorkenntnisse mit Hilfe eines Toolkits Produkte im Rahmen der technischen Machbarkeit individuell nach eigenen Vorstellungen gestalten können. Für die Fertigung der kundeninnovierten Produkte werden neuartige autonome Produktionsplanungs- und Steuerungsmethoden entwickelt, die sich an flexiblen und adaptiven Organisationsformen aus der Biologie orientieren. So können Aufträge kurzfristig eingeplant und Änderungswünsche bis in späte Phasen des Produktionsprozesses zugelassen werden.  | 1 | BMW  |
|      |  |  | 2 | 3.277.594 €  |
|      |  |  | 3 | 4.379.513 €  |
|      |  |  | 4 | Selbstorganisation (Produktionsplanung und -steuerung)                 |
|      |  |  | 5 | Wissensplattform für die Entwicklung intelligenter technischer Systeme |

| 2. AUTONOMIK - Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand <sup>84</sup> |  |  |   |                               |
|---|--|--|---|-------------------------------|
| 2.1   |  | Mit dem neuen Förderschwerpunkt „AUTONOMIK – Autonome und simulationsbasierte Systeme für den Mittelstand“ betritt das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie in dieser Hinsicht Neuland. Die angestrebten Entwicklungen umfassen u. a. Technologien aus den Bereichen Service-Robotik, Automatisierung, Objekterkennung, Lokalisierung, Identifizierung, Sensorik, (drahtlose) Kommunikation oder auch Mensch-Maschine-Schnittstellen. Zudem sollen zentrale Fragen der Gewährleistung, Haftung und Sicherheit autonomer Prozesse und Systeme behandelt werden. | 1 | BMW                           |
|   |  |  | 2 |                               |
|   |  |  | 3 |                               |
|   |  |  | 4 |                               |
|   |  |  | 5 |                               |
| 2.2   | DyCoNet - Entwicklung energieautarker, intelligenter Netzwerke von Ladungsträgern in der Luftfrachtindustrie | Bisher konnten Technologien wie GSM/UMTS und GPS für logistische Objekte, wie in diesem Fall den Luftfrachtcontainern, aufgrund ihrer aktiv sendenden GSM/UMTS-Komponenten nicht eingesetzt werden. Internationale gesetzliche Vorschriften erlauben keine aktiv sendenden Funkkomponenten während der Flugphasen. Bei DyCoNet werden sendende Funkkomponenten mit einem speziell entwickelten Gerät automatisch während aller Flugphasen sicher ausgeschaltet   | 1 | BMW                           |
|   |  |  | 2 | 1.598.288 €                   |
|   |  |  | 3 | 2.885.153 €                   |
|   |  |  | 4 | Track & Trace                 |
|   |  |  | 5 | Maschine-Maschine-Interaktion |

<sup>84</sup> Übersicht vierte Spalte: 1= Fördermittelgeber, 2= Fördermittelvolumen in €, 3= Projektvolumen in €, 4= Themenfeld 1 AG1, 5= Themenfeld 2 AG1

|     |   |  |   |                                     |
|-----|---|--|---|-------------------------------------|
| 2.3 | simKMU - Entwicklung unternehmensübergreifender, prozessintegrierter und internetbasierter Simulationsdienstleistungen für mittelständische Unternehmen | Das Projekt simKMU will kostengünstige, überschaubare und praxisgerechte Simulationslösungen für mittelständische Unternehmen entwickeln.  | 1 | BMW i                               |
|     |   |  | 2 | 4.733.588 €                         |
|     |   |  | 3 | 8.791.052 €                         |
|     |   |  | 4 | produktionsbegleitende Simulation   |
|     |   |  | 5 | Simulation in der Fabrikplanung     |
| 2.4 | viEMA - Vernetzte, Informationsbasierte Einlern- und Ausführungsstrategien f. autonome Montagearbeitsabläufe  | Das Projekt viEMA verfolgt ein skalierbares, roboter- und sensorgestütztes Montagekonzept: Zu Beginn eines Produktanlaufs wird zunächst am Handplatz der Montageprozess manuell und bedarfsgesteuert durchgeführt. Bei Stückzahlerrhöhung wird an diesen Handplatz ein flexibler Montageroboter angedockt, eine Art Montagezelle, und damit die Stückzahl erhöht. Bei Stückzahlrückgang wird dann wieder auf manuelle Montage umgestellt   | 1 | BMW i                               |
|     |   |  | 2 | 1.872.913 €                         |
|     |   |  | 3 | 3.401.643 €                         |
|     |   |  | 4 | Mensch-Maschine-Interaktion         |
|     |   |  | 5 | wandlungsfähige Produktionslogistik |
| 2.5 | SmartOR - Innovative Kommunikations- und Netzwerkarchitekturen für den modular adaptierbaren integrierten OP-Saal der Zukunft                           | Ziel des smartOR-Projektes ist die Entwicklung innovativer Netzwerk-Konzepte für eine modulare, flexible Integration von Systemen im Operationssaal. Basierend auf offenen Standards unter Gewährleistung eines effektiven Risikomanagements sowie einer effizienten Mensch-Maschine-Interaktion soll die technische Umsetzbarkeit von herstellerübergreifend vernetzten Medizinsystemen gezeigt werden. Dies betrifft insbesondere die modulare Vernetzung von Bildgebung, computergestützter Navigation, mechatronischen Instrumenten und Monitoring. Die Entwicklung geeigneter Konzepte und Lösungen zur Erhöhung der Benutzerfreundlichkeit und -akzeptanz modular aufgebauter Arbeitssysteme sind weitere Projektschwerpunkte. | 1 | BMW i                               |
|     |   |  | 2 | 2.159.771 €                         |
|     |   |  | 3 | 2.470.986 €                         |
|     |   |  | 4 | Mensch-Maschine-Interaktion         |
|     |   |  | 5 | Schnittstellen-Standardisierung     |

|     |  |  |   |                                 |
|-----|--|--|---|---------------------------------|
| 2.6 | Rorarob-Schweißaufgabenassistenz für Rohr- und Rahmenkonstruktionen durch ein Robotersystem  | Ziel des Projekts Rorarob ist die Entwicklung eines prototypischen Hardware- und Software-Assistenzsystems (Mehrrobotersystem) zur Bearbeitung von Schweißaufgaben in der Rohr- und Rahmenfertigung, das sich an konkreten Markterfordernissen orientiert.   | 1 | BMW i                           |
|     |  |  | 2 | 1.377.615 €                     |
|     |  |  | 3 | 2.075.916 €                     |
|     |  |  | 4 | Mensch-Maschine-Interaktion     |
|     |  |  | 5 | Assistenzsysteme                |
| 2.7 | RoboGasinspector - Simulationsgestützter Entwurf und Evaluation eines Mensch-Maschine-Systems mit autonomen mobilen Inspektionsrobotern zur IR-optischen Gasleckferndetektion und -ortung in technischen Anlagen | Das Projekt RoboGasInspector verfolgt das Ziel, ein innovatives Mensch-Maschine-System mit intelligenten, kooperierenden und mit Gasfernmess-technik ausgestatteten Inspektionsrobotern zu entwickeln, das frühzeitig Lecks entdecken kann. In diesem System kann die Überwachung von Anlagen sowie die Ortung von Lecks weitgehend autonom von mobilen Robotern bewältigt werden, die zugleich die Auswertung der gemessenen Daten und die Dokumentation der Inspektionen übernehmen. | 1 | BMW i                           |
|     |  |  | 2 | 2.069.481 €                     |
|     |  |  | 3 | 2.721.711 €                     |
|     |  |  | 4 | Mensch-Maschine-Interaktion     |
|     |  |  | 5 | Selbstdiagnose                  |
| 2.8 | RAN - RFID-based Automotive Network – Die Prozesse in der Automobilindustrie transparent und optimal steuern   | Im Projekt RAN (RFID-based Automotive Network) soll mit standardisierten Prozessen unter Einsatz modernster RFID-Technik die Möglichkeit eines effizienten Informationsaustausches mit Hilfe eines Infobrokerkonzeptes für die gesamte Automobilindustrie geschaffen werden. Es geht darum, erstmals branchenweit eine Einigung über standardisierte Methoden zu erzielen, die alle an der Wertschöpfung beteiligten Unternehmen mit einbezieht.                                       | 1 | BMW i                           |
|     |  |  | 2 | 20.977.013 €                    |
|     |  |  | 3 | 40.108.456 €                    |
|     |  |  | 4 | Track & Trace                   |
|     |  |  | 5 | Schnittstellen-Standardisierung |

|      |   |  |   |   |
|------|---|--|---|---|
| 2.9  | LUPO - Leistungs-<br>fähigkeitsbeurtei-<br>lung unabhängiger<br>Produktions-<br>objekte         | LUPO will diese „Anprobe“ auch für den Einsatz<br>neuer<br>Technologien in der Produktion einführen. Das<br>Projekt entwickelt ein Verfahren, das den Einsatz<br>autonomer Technologien noch vor der realen<br>Anpassung der Prozessumgebung auf ihre Wirt-<br>schaftlichkeit untersucht.  | 1 | BMW i   |
|      |   |  | 2 | 2.454.219 €   |
|      |   |  | 3 | 3.418.042 €   |
|      |   |  | 4 | Simulation auto-<br>nomer Technolo-<br>gien               |
|      |   |  | 5 |   |
| 2.10 | SaLSa- Sichere<br>autonome Logi-<br>stik- und Trans-<br>portfahrzeuge im<br>Außenbereich        | Um eine nahtlose Integration in den gesamten<br>Materialfluss und einen hohen Automatisie-<br>rungsgrad zu erreichen, werden in diesem Pro-<br>jekt autonome Transportfahrzeuge entwickelt,<br>die sich erstmals auch außerhalb von Produk-<br>tions- und Lagerhallen in einer gemeinsamen<br>Arbeitsumgebung mit klassischen personenge-<br>führten Fahrzeugen und Fußgängern sicher und<br>gleichzeitig schnell bewegen. | 1 | BMW i   |
|      |   |  | 2 | 3.045.907 €   |
|      |   |  | 3 | 4.566.334 €   |
|      |   |  | 4 | Selbstorganisati-<br>on (Transportsy-<br>steme)           |
|      |   |  | 5 |   |
| 2.11 | Marion - Mobile<br>autonome, koope-<br>rative Roboter in<br>komplexen Wert-<br>schöpfungsketten | Ziel des Projekts ist eine Roboterisierung von<br>Arbeitsprozessen mit autonomen Fahrzeugen<br>unter Berücksichtigung des gesamten Wert-<br>schöpfungsprozesses und der Kooperation aller<br>beteiligten Maschinen. Somit können vormals<br>weitgehend unabhängig agierende Einheiten<br>nun ein gemeinsames Ziel verfolgen.   | 1 | BMW i   |
|      |   |  | 2 | 1.970.696 €   |
|      |   |  | 3 | 8.004.560 €   |
|      |   |  | 4 | Selbstorganisati-<br>on (Transportsy-<br>steme)           |
|      |   |  | 5 |   |
| 2.12 | AutoBauLog -<br>autonome Steue-<br>rung in der<br>Baustellenlogistik                            | AutoBauLog will sämtliche Baumaschinen einer<br>Großbaustelle im Tiefbau so intelligent vernet-<br>zen, dass sie künftig ihre Situation im Zusam-<br>menhang mit den ihnen übertragenen Aufgaben<br>wahrnehmen, bewerten und optimieren können.<br>Dazu werden sie in die Lage versetzt, als weit-<br>gehend eigenständige und zielgesteuerte Ein-<br>heiten zu handeln.   | 1 | BMW i   |
|      |   |  | 2 | 3.401.092 €   |
|      |   |  | 3 | 6.096.609 €   |
|      |   |  | 4 | Maschine-<br>Maschine-<br>Interaktion                     |
|      |   |  | 5 | Interaktive Visua-<br>lisierungssyste-<br>me (AR, VR, MR) |

|      |   |  |   |  |
|------|---|--|---|--|
| 2.13 | AGILITA - Agile Produktionslogistik und Transportanlagen  | Im Projekt „AGILITA – Agile Produktionslogistik und Transportanlagen“ wird ein flexibles und effizientes Materialflusssystem für den Produktionseinsatz in mittelständischen Unternehmen entwickelt.   | 1 | BMW  |
|      |   |  | 2 | 950.486 €  |
|      |   |  | 3 | 1.783.212 €  |
|      |   |  | 4 | wandlungsfähige Produktionslogistik  |
|      |   |  | 5 |  |
| 2.14 | AutASS - Autonome Antriebstechnik durch Sensorfusion für die intelligente, simulationsbasierte Überwachung & Steuerung von Produktionsanlagen | Das Projekt AutASS will einen permanenten "Gesundheits-Check" für Maschinen entwickeln. Ziel von AutASS ist die Integration sensorischer Funktionen in elektrische Antriebssysteme, wie etwa Elektromotoren.   | 1 | BMW  |
|      |   |  | 2 | 2.854.725 €  |
|      |   |  | 3 | 4.228.412 €  |
|      |   |  | 4 | Selbstdiagnose   |
|      |   |  | 5 | Entwicklung von Sensortechnik  |
| 2.15 | AutoPnP - <i>plug&amp;play</i> für Automatisierungssysteme  | <i>Plug&amp;play</i> für robotische Systeme heißt das Ziel des Projekts AutoPnP, also die einfache, kostengünstige Integration verschiedener Hard- und Softwarekomponenten in bestehende Systeme, um Roboter an ihre neue Aufgabe anzupassen. Dazu soll eine offene Software-Infrastruktur entwickelt werden, in die neue Komponenten wie Prozessoren, Sensoren und Aktoren unkompliziert ebenso integriert werden können wie neue Software-Module. Außerdem geht es darum, dass mehrere Service-Roboter ihr Zusammenspiel, z. B. in einer Produktionsstraße, möglichst autonom organisieren sollen. | 1 | BMW  |
|      |   |  | 2 | 2.764.983 €  |
|      |   |  | 3 | 4.448.198 €  |
|      |   |  | 4 | Schnittstellen-Standardisierung  |
|      |   |  | 5 | <i>plug&amp;play</i> Funktionalität für Produktionsanlagen und deren Komponenten |

### 3. Forschung für die Produktion von morgen<sup>85</sup>

|     |  |   |   |  |
|-----|--|---|---|--|
| 3.1 |  | <p>Das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) fördert mit der Programmlinie "Forschung für die Produktion von morgen" kooperative vorwettbewerbliche Forschungsvorhaben zur Stärkung der Produktion in Deutschland. Die Sicherung der Innovationsführerschaft deutscher Unternehmen im Bereich des Maschinen- und Anlagenbaus ist dabei ein wichtiges Ziel. Forschung in und mit mittelständischen Unternehmen wird besonders gefördert.</p> <p>Es sollen Hersteller von Produktionsanlagen und deren Zulieferer dabei unterstützt werden, Forschung und Entwicklung für Produktionsanlagen für Wachstumsmärkte durchzuführen.</p> <p>Unterstützt werden die Forschung und Entwicklung in Bezug auf Produktionsanlagen und deren Komponenten sowie Handhabungs-, Verkettungs- und Automatisierungslösungen innerhalb der Produktionsanlage.</p> | 1 | BMBF   |
|     |  |   | 2 |  |
|     |  |   | 3 |  |
|     |  |   | 4 |  |
|     |  |   | 5 |  |
| 3.2 | <p>Industrie 4.0 Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung (INIBENZHAP)</p> | <p>Ziel des Forschungsvorhabens INBENZHAP ist, diese Wissenslücke zu schließen, um Zukunftsoptionen darzulegen und entsprechende Handlungsempfehlungen für Politik, Industrie, Wissenschaft und Verbände zu geben. Dazu sollen Chancen und Risiken für den Produktionsstandort Deutschland identifiziert sowie Hebel zur Erschließung der erkannten Erfolgspotenziale ermittelt werden.</p>   | 1 | BMBF   |
|     |  |   | 2 | 961.000 €  |
|     |  |   | 3 | 961.000 €  |
|     |  |   | 4 | Wissensplattform für die Entwicklung intelligenter technischer Systeme |
|     |  |   | 5 |  |

<sup>85</sup> Übersicht vierte Spalte: 1= Fördermittelgeber, 2= Fördermittelvolumen in €, 3= Projektvolumen in €, 4= Themenfeld 1 AG1, 5= Themenfeld 2 AG1

|     |  |   |   |  |
|-----|--|---|---|--|
| 3.3 | <i>Integrated Simulation System for Laser Surface Treatment of Complex Parts</i><br>(ERANET-MANUNET-Sim4SurfT) | Ziel des Forschungsprojektes Sim4SurfT ist die Entwicklung einer innovativen softwaregestützten Technologie für das Laserhärten die eine intelligente Vernetzung von Programmier- und Fertigungsabläufen für geometrisch komplexe Formwerkzeuge ermöglicht.   | 1 | BMBF   |
|     |  |   | 2 | 396.000 €  |
|     |  |   | 3 | 980.000 €  |
|     |  |   | 4 | Selbstkonfiguration (Maschinen)                        |
|     |  |   | 5 | produktionsbegleitende Simulation                      |
| 3.4 | Intelligente Inbetriebnahme von Maschinen und verketteten Anlagen<br>(SecurePLUGand WORK)                      | Eine der Grundideen Cyber-Physischer-Systeme in der Produktion ist es, dass sich einzelne Komponenten, wie z.B. Spindeln, Kugelgewindetriebe oder Feldgeräte, sowie Maschinen und Anlagen, selbstständig unter Nutzung von Mechanismen der Selbstkonfiguration in die Produktion integrieren, ohne dass ein Ingenieur oder Softwareentwickler eingreift. Dieses Prinzip wird als " <i>plug&amp;work</i> " bezeichnet. Flexibilität bezogen auf die "mechanischen" Bestandteile einer Fabrik, z.B. durch standardisierte Steckverbindungen existiert bereits. Die informationstechnischen Schnittstellen jedoch, wie z.B. Konfigurationsroutinen und Kommunikationsprotokolle erfüllen bislang nicht die Anforderungen an Sicherheit, Verfügbarkeit und Echtzeitfähigkeiten in der Produktion. Die Sicherheit in Form von Security muss dabei integriert betrachtet werden, um <i>Know-how</i> zu schützen und das Eindringen Unbefugter in das Firmennetz zu verhindert.<br><br>Im Forschungsprojekt CyProS werden Methoden und Werkzeuge zur Entwicklung und zum Betrieb von Cyber-physischen Produktionssystemen (CPS) erarbeitet, welche zu einer besseren Beherrschung der Komplexität in Produktion und Logistik führen. | 1 | BMBF   |
|     |  |   | 2 | 2.337.000 €  |
|     |  |   | 3 | 4.234.000 €  |
|     |  |   | 4 | Mensch-Maschine-Interaktion                            |
|     |  |   | 5 | Selbstorganisation (Produktionsplanung und -steuerung) |

|     |  |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|
| 3.5 | <i>Augmented Reality System for Guidance</i><br>(ERANET-MANUNET-ARSGuide)                    | Das Forschungsprojekt ARS Guide hat das Ziel, eine Software für die industrielle Wartung zu entwickeln, um Produktinformationen aus unterschiedlichen Quellen in eine <i>Augmented Reality</i> Benutzeroberfläche zu integrieren.   | 1 | BMBF  |
|     |  |   | 2 | 254.000 €                                       |
|     |  |   | 3 | 550.000 €                                       |
|     |  |   | 4 | Interaktive Visualisierungssysteme (AR, VR, MR) |
|     |  |   | 5 |   |
| 3.6 | <i>Energy efficient building for industrial environment</i><br>(ETANET-MANUNET-MANUbuilding) | Das Forschungsprojekt MANUbuilding hat zum Ziel, durch intelligente Verknüpfung von individualisierten und flexiblen Fertigungsprozessen im Zusammenspiel mit einer entsprechenden Gebäudeautomatisierung wesentliche Energieeinsparungen zu ermöglichen.   | 1 | BMBF  |
|     |  |   | 2 | 305.000 €                                       |
|     |  |   | 3 | 1.374.000 €                                     |
|     |  |   | 4 | fertigungsprozessgesteuerte TGA                 |
|     |  |   | 5 |   |
| 3.7 | Development and Ramp up of automated Laser Assembly (ERANET-Manunet-DeLas)                   | Das Forschungsprojekt DeLas hat zum Ziel, eine innovative softwareunterstützte Entwicklungsumgebung für Abläufe in der flexibel automatisierten Präzisionsmontage am Beispiel optischer Komponenten und Laser zu erarbeiten. Damit wird die bestehende Lücke zwischen der Produktentwicklung, der zugehörigen Montageanlagenplanung und -inbetriebnahme sowie der Prozessautomatisierung in der Mikromontage geschlossen. | 1 | BMBF  |
|     |  |   | 2 | 916.000 €                                       |
|     |  |   | 3 | 2.320.000 €                                     |
|     |  |   | 4 | Fabrikplanung für cyber-physische Systeme       |
|     |  |   | 5 |   |
| 3.8 | Modellbasierter Entwicklungsprozess cybertonischer Produkte und Produktionssysteme (mecPro2) | Im Forschungsprojekt mecPro2 werden, branchenunabhängig, ein Entwicklungsprozess für hochkomplexe Cyber-Physische-Systeme und die damit verbundenen Softwarewerkzeuge erarbeitet. Hierbei werden diese Systeme nicht nur in Form von Produkten, sondern ebenfalls in Form von Produktionssystemen betrachtet.   | 1 | BMBF  |
|     |  |   | 2 | 2.503.000 €                                     |
|     |  |   | 3 | 4.364.000 €                                     |
|     |  |   | 4 | Fabrikplanung für cyber-physische Systeme       |
|     |  |   | 5 |   |

|      |  |  |   |   |
|------|--|--|---|---|
| 3.9  | Robustheit durch Integration, Interaktion, Interpretation und Intelligenz (RobIN 4.0)  | Das Ziel des Forschungsprojekts Robin 4.0, ist es Informationsflüsse parallel zu den produktiven Materialflüssen in der Umformtechnik zu ermöglichen. Dadurch kann eine bessere Prozessrobustheit bzw. Produktionssicherheit erreicht und die Produktivität prozessübergreifend gesteigert werden.   | 1 | BMBF  |
|      |  |  | 2 | 2.191.000 €   |
|      |  |  | 3 | 3.799.000 €   |
|      |  |  | 4 | Entwicklung von Sensortechnik   |
|      |  |  | 5 | Selbstorganisation (Produktionsplanung und -steuerung)                              |
| 3.10 | Ressourcen-cockpit für Sozio-Cyber-Physische-Systeme in der Produktion, Wartung und Instandhaltung (SCPS)  | Das Projekt SCPS entwickelt ein sogenanntes Ressourcen-Cockpit, das für die Instandhaltung und Fernwartung relevante Datenströme der Produkte und Produktionsressourcen zusammenführt und den mobilen Mitarbeiter - zum Beispiel auf einem Tablet- zur Verfügung stellt. Das Ressourcen-Cockpit erstellt automatisiert und dynamisch eine Übersicht der anstehenden Aufgaben, notwendigen und freien Ressourcen, Maschinenzustände und Termine und ist an verschiedenen Nutzerrollen anpassbar ( z. B Instandhalter, Disponent, Entscheider) | 1 | BMBF  |
|      |  |  | 2 | 2.983.000 €   |
|      |  |  | 3 | 5.090.000 €   |
|      |  |  | 4 | Weiterverarbeitung/Aufbereitung/Dokumentation von Maschinen-/Prozess-/Zustandsdaten |
|      |  |  | 5 | Mensch-Maschine-Interaktion   |
| 3.11 | Unternehmensübergreifendes Lebenszyklusmanagement für Werkzeuge in der <i>Cloud</i> mittels eindeutiger Kennzeichnung und Identifikation (ToolCloud) | Ziel des Forschungsprojekts ToolCloud ist es, die werkzeugindividuellen Betriebs- und Korrekturdaten für alle Beteiligten in digitaler Form permanent zur Verfügung zu halten. Damit kann eine Reduktion oder gar Eliminierung der manuellen Eingaben und händischen Dokumentationen in der gesamten <i>Werkzeug-Supply-Chain</i> erreicht werden.   | 1 | BMBF  |
|      |  |  | 2 | 1.467.000 €   |
|      |  |  | 3 | 2.567.000 €   |
|      |  |  | 4 | Weiterverarbeitung/Aufbereitung/Dokumentation von Maschinen-                        |
|      |  |  | 5 |   |

|      |  |  |   |  |
|------|--|--|---|--|
| 3.12 | Industrielle Cloudbasierte Steuerungsplattform für eine Produktion mit Cyber-Physischen Systemen (pCASSO)                              | Das Ziel des Forschungsprojekts pCASSO ist die Bereitstellung einer skalierbaren Steuerungsplattform für Cyber-Physische-Systeme in industriellen Produktionen. Dies bietet skalierbare Rechenleistung, die abhängig von der Komplexität der Algorithmen automatisch zur Verfügung gestellt wird. Die monolithische Steuerungstechnik wird aufgebrochen und in die <i>Cloud</i> verlagert. Dabei müssen die strengen Anforderungen der Produktionstechnik, wie Echtzeitfähigkeit, Verfügbarkeit und Sicherheit, weiterhin erfüllt werden können. Zusätzlich verbessern sich die Skalierbarkeit und Wandlungsfähigkeit bei gleichzeitiger Kostenreduzierung, etwa durch Einsparung von Teilen der Steuerungshardware. | 1 | BMBF   |
|      |  |  | 2 | 2.299.000 €  |
|      |  |  | 3 | 4.100.000 €  |
|      |  |  | 4 | dezentralisierte Maschinensteuerung (cloudbasiert)               |
|      |  |  | 5 |  |
| 3.13 | <i>Cyber System Connector</i> - Maschinendokumentation intelligent erstellen und nutzen (CSC)  | Ziel des Forschungsprojekts CSC ist es, eine aktuelle technische Dokumentation durch ein virtuelles Abbild der Anlagen über den gesamten Produktionsentstehungsprozess zu gewährleisten. Der sogenannte <i>Cyber System Connector</i> (CSC) bildet dabei die Schnittstelle für jede eingebundene Systemkomponente einer Maschine und Anlage. Jede Änderung der Anlage und damit der technischen Dokumentation, wird in ein virtuelles Abbild der Anlage zurückgespielt. Somit existiert stets zur realen Anlage ein äquivalentes virtuelles Abbild der Anlage.   | 1 | BMBF   |
|      |  |  | 2 | 2.097.000 €  |
|      |  |  | 3 | 4.018.000 €  |
|      |  |  | 4 | Aufbereitung/Dokumentation von Maschinen-/Prozess-/Zustandsdaten |
|      |  |  | 5 |  |
| 3.14 | Flexible Vernetzung flexibler <i>Engineering Apps</i> (eApps) zur Maximierung der Maschinen- und Anlagenperformance (eApps4Production) | Das Forschungsprojekt eApps4Production hat zum Ziel, Informationen und Wissen aus realen Zustands- und Prozessdaten der Cyber-Physischen Systeme in der Produktion auf einer Plattform nutzbar zu machen. Diese wird förderativ gestaltet. So können Dienste und Anwendungen von verschiedenen Teilnehmern gemeinsam für kooperative Aktivitäten genutzt werden.   | 1 | BMBF   |
|      |  |  | 2 | 2.044.000 €  |
|      |  |  | 3 | 3.656.000 €  |
|      |  |  | 4 | Weiterverarbeitung/ Aufbereitung/ Dokumentation von Maschinen-   |
|      |  |  | 5 |  |

|      |  |  |   |  |
|------|--|--|---|--|
| 3.15 | SmartTool - Intelligente Werkzeuge für die vernetzte Fertigung von morgen (Smart-Tool)                                   | Ziel des Projekts SmartTool ist es, ein CPS zu entwickeln, das aus einem intelligenten Werkzeugsystem und dessen Interaktionspartnern im Werkzeugkreislauf, wie der Bearbeitungsmaschine oder dem Werkzeugmessgerät besteht. Das intelligente Werkzeugsystem ist dabei die Kerninnovation des Projektes.   | 1 | BMBF   |
|      |  |  | 2 | 1.939.000 €  |
|      |  |  | 3 | 3.443.000 €  |
|      |  |  | 4 | Selbstkonfiguration (Maschinen)                        |
|      |  |  | 5 |  |
| 3.16 | Vernetzte, kognitive Produktionssysteme (netkoPs)  | Im Forschungsprojekt netkoPs wird ein neuartiges, dezentral gesteuertes Materialflusssystem für die Produktion entwickelt. Dadurch soll es zukünftig möglich sein, dass Maschinen, Handhabungs- und Transportsysteme intelligent agieren und sich an den kognitiven Fähigkeiten des Menschen orientieren.  | 1 | BMBF   |
|      |  |  | 2 | 1.643.000 €  |
|      |  |  | 3 | 3.072.000 €  |
|      |  |  | 4 | Selbstorganisation (Transportsysteme)                  |
|      |  |  | 5 |  |
| 3.17 | Kleinskaliges Autonomes Redundantes Intralogistik-System in der Produktion (KARIS PRO)                                   | Mit dem Forschungsprojekt KARIS PRO wird ein Paradigmenwechsel verfolgt, der die Vorteile von Wandlungsfähigkeit bei gleichzeitiger Kosteneffizienz vereint. Grundprinzip hierbei ist der Einsatz redundanter, baugleicher Einzelelemente, welche selbstständig navigieren und Ladungsträger transportieren. Darüber hinaus soll das System die Notwendigkeit der Anpassung aufgrund von Änderungen im Produktionssystem erkennen, Alternativen simulieren und sich selbst umbauen.            | 1 | BMBF   |
|      |  |  | 2 | 2.738.000 €  |
|      |  |  | 3 | 5.057.000 €  |
|      |  |  | 4 | Selbstorganisation (Transportsysteme)                  |
|      |  |  | 5 | produktionsbegleitende Simulation                      |
| 3.18 | Hochauflösende Produktionssteuerung auf Basis kybernetischer Unterstützungssysteme und intelligenter Sensorik (ProSense) | Ziel des Forschungsprojektes ProSense ist eine Produktionssteuerung auf Basis selbststeuernder Unterstützungssysteme und intelligenter Sensorik. Die Steuerungssysteme sollen auf Basis von detaillierten, online erfassten Daten aus der Produktion, kombiniert mit einer intelligenten Visualisierung, den Menschen als Entscheider optimal bei der Planung und Steuerung der Produktion unterstützen, um damit die Ziele der Unternehmen, wie z.B. die Liefertreue, deutlich zu verbessern. | 1 | BMBF   |
|      |  |  | 2 | 3.100.000 €  |
|      |  |  | 3 | 6.120.000 €  |
|      |  |  | 4 | Selbstorganisation (Produktionsplanung und -steuerung) |
|      |  |  | 5 | Mensch-Maschine-Interaktion                            |

|      |   |   |   |  |
|------|---|---|---|--|
| 3.19 | Metamorphose zu intelligenten und vernetzten Fabrik (MetamoFAB)                                     | Ziel des Forschungsprojekts MetamoFAB ist, in bestehenden Betrieben die Metamorphose zu intelligenten und vernetzten Fabriken zu ermöglichen. Gemäß der Vision von CPS können dadurch signifikante Produktivitäts- und Flexibilitätssteigerungen erreicht werden.   | 1 | BMBF   |
|      |   |   | 2 | 2.453.000 €  |
|      |   |   | 3 | 4.500.000 €  |
|      |   |   | 4 | Selbstorganisation (Produktionsplanung und             |
|      |   |   | 5 | produktionsbegleitende Simulation                      |
| 3.20 | Selbstorganisierte Kapazitätsflexibilität in Cyber-Physical-Systems (KapaflexCy)                    | Im Forschungsprojekt KapaflexCy wird eine selbstorganisierte Kapazitätssteuerung entwickelt, die es Unternehmen erlaubt, ihre Produktionskapazitäten gemeinsam mit den ausführenden Mitarbeitern hochflexibel, kurzfristig, und unternehmensübergreifend zu steuern. Die heute üblichen vertikalen Anweisungskaskaden "von oben nach unten" werden ersetzt durch horizontalen Entscheidungen in und zwischen Arbeitsgruppen.    | 1 | BMBF   |
|      |   |   | 2 | 2.699.000 €  |
|      |   |   | 3 | 5.246.000 €  |
|      |   |   | 4 | Selbstorganisation (Produktionsplanung und -steuerung) |
|      |   |   | 5 |  |
| 3.21 | Bauteilgerechte Maschinenkonfiguration in der Fertigung durch Cyber-Physische Zusatzmodule (BaZmod) | Das Forschungsprojekt BaZMod entwickelt einen integrierten Lösungsansatz für die Kommunikation zwischen Maschine, Steuerung und Produktionsumgebung. Durch die Entwicklung geeigneter Cyber-Physischer Zusatzmodule wird eine Selbstkonfiguration im Sinne von <i>plug&amp;produce</i> ermöglicht. Hierfür wird ein internationaler Standard für die relevanten Schnittstellen im Bereich der spanenden Bearbeitung angestrebt. | 1 | BMBF   |
|      |   |   | 2 | 2.190.000 €  |
|      |   |   | 3 | 4.018.000 €  |
|      |   |   | 4 | Schnittstellen-Standardisierung                        |
|      |   |   | 5 | Selbstkonfiguration (Maschinen)                        |

| <b>4. Spitzencluster-Wettbewerb<sup>86</sup></b> |   |  |   |                                 |
|--|---|--|---|---------------------------------|
| 4.1  |   | Der Spitzencluster Ws OWL soll eine führende Rolle im globalen Wettbewerb für Intelligente Technische Systeme spielen. In Kooperation von Technologieführern und Spitzenforschungseinrichtungen entsteht eine Technologieplattform, die für Wachstum und Beschäftigung in der Region sorgt und einen Beitrag zur Sicherung der Produktion am Standort Deutschland leistet. | 1 | BMBF                            |
|  |   |  | 2 |                                 |
|  |   |  | 3 |                                 |
|  |   |  | 4 |                                 |
|  |   |  | 5 |                                 |
| 4.2  | Intelligente vernetzte Systeme für automatisierte Geldkreisläufe (itsOWL-InervSA) | Ziel des Projekts itsOWL-InervSA ist die Entwicklung einer neuen Hardware, die Fehler beim automatischen Sortieren und Prüfen der Banknoten vermeidet. Darüber hinaus wird eine Software konzipiert, mit der Manipulationsversuche an Geldautomaten frühzeitig erkannt und verhindert werden können.   | 1 | BMBF                            |
|  |   |  | 2 | 932.000 €                       |
|  |   |  | 3 | 3.084.000 €                     |
|  |   |  | 4 | Selbstkonfiguration (Maschinen) |
|  |   |  | 5 | Assistenzsysteme                |
| 4.3  | Intelligente Herstellung zuverlässiger Kupferbondverbindungen (itOWL-InCuB)       | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-InCuB ist die Entwicklung von selbstoptimierenden Verfahren, um unter variablen Produktionsbedingungen zuverlässige Kupferbondverbindungen herstellen zu können. Die Bondmaschine soll die Fähigkeit erhalten, sich automatisch an veränderte Bedingungen anzupassen.   | 1 | BMBF                            |
|  |   |  | 2 | 356.000 €                       |
|  |   |  | 3 | 1.157.000 €                     |
|  |   |  | 4 | selbstoptimierende Prozesse     |
|  |   |  | 5 | Selbstkonfiguration (Maschinen) |

<sup>86</sup> Übersicht vierte Spalte: 1= Fördermittelgeber, 2= Fördermittelvolumen in €, 3= Projektvolumen in €, 4= Themenfeld 1 AG1, 5= Themenfeld 2 AG1

|     |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|
| 4.4 | Aktorbasierte Systeme für eine selbstoptimierende intelligente Scheinwerfer-technologie (itsOWL-ASSIST) | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-ASSIST ist die Entwicklung eines Scheinwerfersystems, das Umfeld- und Fahrzeugdaten analysiert und eigenständig die optimale Scheinwerfereinstellung und damit die Ausleuchtung des jeweiligen Verkehrsraums mechanisch regelt.  | 1 | BMBF  |
|     |   |   | 2 | 298.000 €   |
|     |   |   | 3 | 960.000 €   |
|     |   |   | 4 | selbstoptimierende Prozesse   |
|     |   |   | 5 | Weiterverarbeitung/ Aufbereitung/ Dokumentation von Maschinen-/ Prozess-/ Zustandsdaten |
| 4.5 | Intelligente Verarbeitung von Großbauteilen mit großen Toleranzen (itsOWL-IVGT)                         | Ziel des Projekts itsOWL-IVGT ist die Entwicklung eines intelligenten Schweißroboters, der Großbauteile mit großen Toleranzen zuverlässig bearbeitet. Durch innovative Erkennungs- und Steuerungstechnik soll der Roboter die individuellen Eigenschaften des Bauteils überprüfen und die Position des Roboterarms eigenständig darauf anpassen.  | 1 | BMBF  |
|     |   |   | 2 | 623.000 €   |
|     |   |   | 3 | 1.993.000 €   |
|     |   |   | 4 | Selbstkonfiguration (Maschinen)   |
|     |   |   | 5 | Entwicklung von Sensortechnik   |
| 4.6 | Effiziente selbst-einstellende Lader für Elektrofahrzeuge (itsOWL-ELA)                                  | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-ELA ist die Entwicklung eines Ladegeräts für Elektrofahrzeuge, das sich abhängig von Eingangsspannung und Batteriezustand stets selbsttätig auf den Arbeitspunkt mit dem geringstmöglichen Energieverlust einstellt. Die Leistungsfähigkeit des Ladegeräts soll erhöht, das Bauvolumen und Gewicht reduziert sowie eine eigenständige Anpassung an unterschiedliche Bedingungen ermöglicht werden. | 1 | BMBF  |
|     |   |   | 2 | 289.000 €   |
|     |   |   | 3 | 938.000 €   |
|     |   |   | 4 | selbstoptimierende Prozesse   |
|     |   |   | 5 |   |

|     |  |   |   |  |
|-----|--|---|---|--|
| 4.7 | Querschnittsprojekt Intelligente Vernetzung (itsOWL-IV)  | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-IV ist die Erarbeitung von <i>plug&amp;play</i> -Funktionalitäten für intelligente Geräte, Maschinen und Produktionsanlagen, indem Hard- und Softwarekomponenten entwickelt und auf einer Plattform bereitgestellt werden. Dabei sollen vor allem die Anforderungen des Zusammenwirkens unterschiedlicher Komponenten, die Verlässlichkeit und die Integrationsfähigkeit in ressourceneffiziente Geräte berücksichtigt werden. | 1 | BMBF   |
|     |  |   | 2 | 1.750.000 €  |
|     |  |   | 3 | 1.750.000 €  |
|     |  |   | 4 | <i>plug&amp;play</i> Funktionalität für Produktionsanlagen und deren Komponenten |
|     |  |   | 5 |  |
| 4.8 | Intelligentes autonomes Gefahrstofflager und Entnahmeterminal mit sensorbasiertem Condition-Monitoring (ItsOWL-Igel) | Ziel des Projekts itsOWL-Igel ist die Entwicklung eines intelligenten Frühwarnsystems für Gefahrstofflager. Darüber hinaus wird ein intelligenter Gefahrstoffautomat entwickelt, der ähnlich wie ein Kaffeeautomat die sichere Entnahme von flüssigen Gefahrstoffen ermöglicht.   | 1 | BMBF   |
|     |  |   | 2 | 697.000 €  |
|     |  |   | 3 | 2.246.000 €  |
|     |  |   | 4 | Mensch-Maschine-Interaktion  |
|     |  |   | 5 | Entwicklung von Sensortechnik  |
| 4.9 | Querschnittsprojekt Mensch-Maschine-Interaktion (itsOWL-MMI)   | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-MMI ist die Entwicklung innovativer Methoden und Verfahren für intuitive Bedienschnittstellen von Produkten und Produktionssystemen. Unternehmen erhalten dadurch kompetente Unterstützung, um die Technologien der MMI in die maschinenbaulichen Systeme von morgen zu integrieren und deren Benutzerfreundlichkeit zu steigern   | 1 | BMBF   |
|     |  |   | 2 | 1.775.000 €  |
|     |  |   | 3 | 1.775.000 €  |
|     |  |   | 4 | Mensch-Maschine-Interaktion  |
|     |  |   | 5 |  |

|      |   |  |   |  |
|------|---|--|---|--|
| 4.10 | Nachhaltigkeits-<br>maßnahme Vor-<br>bereitung Techno-<br>logietransfer<br>(itsOWL-TTvor) | Ziel der Nachhaltigkeitsmaßnahme itsOWL-TTvor ist die Entwicklung eines Transferkonzepts, in dem Rahmenbedingungen, Transferprozess sowie passende Transferinstrumente und -mechanismen erarbeitet werden sollen. Zudem werden notwendige Informations- und Kommunikationsmaßnahmen gestaltet, um Unternehmen die Wirkungen der Technologieplattform zu verdeutlichen und um konkrete Transferprojekte planen zu können. Das Transferkonzept wird gemeinsam mit den Verantwortlichen der Querschnittsprojekte und den beteiligten Transferpartnern erarbeitet. | 1 | BMBF   |
|      |   |  | 2 | 247.000 €  |
|      |   |  | 3 | 248.000 €  |
|      |   |  | 4 | Assistenzsysteme   |
|      |   |  | 5 |  |
| 4.11 | Nachhaltigkeits-<br>maßnahme Bil-<br>dungsmotor it's<br>OWL (itsOWL-<br>BiMo)             | Ziel der Nachhaltigkeitsmaßnahme itsOWL-BiMo ist die Entwicklung neuer Weiterbildungsangebote und Instrumente, um Fachkräfte zu qualifizieren und für eine berufliche Laufbahn in Ost-WestfalenLippe zu motivieren. Die Angebote werden gemeinsam mit zahlreichen Partnern für unterschiedliche Zielgruppen bedarfsorientiert erarbeitet und umgesetzt.  | 1 | BMBF   |
|      |   |  | 2 | 500.000 €  |
|      |   |  | 3 | 500.000 €  |
|      |   |  | 4 | Mitarbeiterwei-<br>terbildung bezüg-<br>lich intelligenter<br>Systeme                  |
|      |   |  | 5 |  |
| 4.12 | Nachhaltigkeits-<br>maßnahme Prä-<br>vention gegen<br>Produktpiraterie<br>(itsOWL-3P)     | Ziel der Nachhaltigkeitsmaßnahme itsOWL-3P ist die Sensibilisierung der Clusterunternehmen hinsichtlich der Bedrohungen durch Produktpiraterie sowie die Entwicklung eines Instrumentariums für den präventiven Schutz von intelligenten Produkten, das aus einem Verfahren zur Erkennung von Bedrohungspotenzialen, Schutzstrategien und einer Technologie-Schutzmaßnahmen-Datenbank besteht.   | 1 | BMBF   |
|      |   |  | 2 | 816.000 €  |
|      |   |  | 3 | 1.032.000 €  |
|      |   |  | 4 | Wissensplattform<br>für die Entwick-<br>lung intelligenter<br>technischer Sy-<br>steme |
|      |   |  | 5 |  |

|      |  |   |   |  |
|------|--|---|---|--|
| 4.13 | <i>Scientific Automation</i> - Integration von ingenieurwissenschaftlichen Erkenntnissen in die Standardautomatisierung (itsOWL-ScAut) | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-ScAut ist eine <i>Scientific Automation</i> Plattform für die Entwicklung und den echtzeitfähigen Betrieb intelligenter Produktionssysteme. Kern der Plattform sind wiederverwendbare Lösungselemente, die sowohl als Hardware- als auch als Softwarekomponenten Technologien der Automatisierungstechnik bereitstellen, die für eine nachhaltige Produktion erforderlich sind.  | 1 | BMBF   |
|      |  |   | 2 | 5.757.000 €  |
|      |  |   | 3 | 5.757.000 €  |
|      |  |   | 4 | Wissensplattform für die Entwicklung intelligenter technischer Systeme |
|      |  |   | 5 |  |
| 4.14 | Nachhaltigkeitsmaßnahme Vorausschau - Die Zukunft vorausdenken und gestalten (itsOWL-VorZug)   | Ziel der Nachhaltigkeitsmaßnahme itsOWL-VorZug ist die Entwicklung einer Datenbank und Plattform, damit Unternehmen wirkungsvoll und effizient Vorausschau betreiben und daraus die erforderlichen Schlüsse für zukünftige Geschäfts-, Produkt- und Technologiestrategien auf dem Gebiet der Intelligenten Technischen Systeme ziehen können. Dabei werden vorhandene Methoden der Vorausschau, wie Szenario-Analysen und Frühaufklärung, an die spezifischen Anforderungen des Clusters angepasst. | 1 | BMBF   |
|      |  |   | 2 | 920.000 €  |
|      |  |   | 3 | 1.435.000 €  |
|      |  |   | 4 | Wissensplattform für die Entwicklung intelligenter technischer Systeme |
|      |  |   | 5 |  |
| 4.15 | Nachhaltigkeitsmaßnahmen<br>Marktorientierung - Technische Leistungsvorteile in Nutzenvorteile transformieren (itsOWL-MarktLab)        | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-MarktLab ist die Entwicklung einer Methodik, mit der Kundenpräferenzen für neuartige technische Lösungen erhoben werden können, die noch nicht real existieren: das MarktLab, Unternehmen erhalten so praxisorientierte Hilfestellungen, um technologische Vorteile in Nutzenvorteile zu überführen und bereits im Innovationsprozess notwendige Anpassungen vornehmen zu können.  | 1 | BMBF   |
|      |  |   | 2 | 518.000 €  |
|      |  |   | 3 | 518.000 €  |
|      |  |   | 4 | Wissensplattform für die Entwicklung intelligenter technischer Systeme |
|      |  |   | 5 |  |

|      |  |   |   |   |
|------|--|---|---|---|
| 4.16 | Nachhaltigkeitsmaßnahme Akzeptanz gewährleisten - Technik sozial- und humanverträglich gestalten (itsOWL-TA) | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-TA ist die Entwicklung von Handlungsempfehlungen und Beratungsangeboten für eine human- und sozialverträgliche Technikgestaltung. Unternehmen werden sensibilisiert, Aspekte, wie Gemeinwohl und Nutzerfreundlichkeit, bei der Entwicklung von intelligenten Produkten und Produktionssystemen zu berücksichtigen.   | 1 | BMBF  |
|      |  |   | 2 | 500.000 €   |
|      |  |   | 3 | 500.000 €   |
|      |  |   | 4 | Mitarbeiterweiterbildung bezüglich intelligenter Systeme  |
|      |  |   | 5 |   |
| 4.17 | Reichweitenerweiterung elektrisch angetriebener Fahrzeuge (itsOWL-ReelaF)                                    | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-ReelaF ist die Entwicklung von intelligenten Ladekonzepten, Bordnetzen, Heiz- und Kühlkonzepten sowie eines intelligenten Energiemanagements für Elektro- und Hybridfahrzeuge. Dadurch soll die Energieeffizienz optimiert und die Reichweite dieser Fahrzeuge signifikant erweitert werden.   | 1 | BMBF  |
|      |  |   | 2 | 1.458.000 €   |
|      |  |   | 3 | 4.730.000 €   |
|      |  |   | 4 | Energiemanagement   |
|      |  |   | 5 |   |
| 4.18 | Querschnittsprojekt Energieeffizienz in intelligenten technischen Systemen (itsOWL-EE)                       | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-EE ist die Entwicklung eines Instrumentariums für die effiziente und bedarfsgerechte Wandlung, Steuerung und Verteilung von Energie in der Produktion. Dabei geht es insbesondere um die Energiewandlung, das Energiemanagement in Anlagen und Geräten, die Stromversorgung der Unternehmen, die Effizienzsteigerung von Soft- und Hardwarekomponenten sowie die Ent- und Erwärmung. | 1 | BMBF  |
|      |  |   | 2 | 1.765.000 €   |
|      |  |   | 3 | 1.765.000 €   |
|      |  |   | 4 | Energiemanagement   |
|      |  |   | 5 |   |
| 4.19 | Konzeption modellbasierter Benutzungsschnittstellen für verteilte Selbstbedienungssysteme (itsOWL-KoMoS)     | Ziel des Projekts itsOWL-KoMoS ist die Entwicklung einer Software- und Hardwarearchitektur sowie von Softwareinstrumenten, mit denen die Verknüpfung von mobilen Endgeräten mit Selbstbedienungsterminals über benutzergerechte Schnittstellen und Bedienkonzepte effizient möglich ist.  | 1 | BMBF  |
|      |  |   | 2 | 418.000 €   |
|      |  |   | 3 | 1.348.000 €   |
|      |  |   | 4 | Instrumente zur Entwicklung von Selbstbedienungsterminals |
|      |  |   | 5 |   |

|      |  |   |   |   |
|------|--|---|---|---|
| 4.20 | Innovative Automatisierungsgeräte durch Industrial IT (itsOWL-InnovIT)                               | Ziel des Projekts itsOWL-InnovIT ist die Entwicklung eines modellbasierten Entwurfsverfahrens für dezentrale Komponenten der Automatisierungstechnik in Produktionsanlagen, um Fertigungsprozesse flexibel und effizient zu gestalten.  | 1 | BMBF  |
|      |  |   | 2 | 178.000 €   |
|      |  |   | 3 | 579.000 €   |
|      |  |   | 4 | Entwicklungsverfahren für dezentrale Komponenten in der Anlagen-Automatisierung |
|      |  |   | 5 |   |
| 4.21 | Energiemanagement in Smart-Grids am Beispiel eines Wäschetrockners (itsOWL-EMWaTro)                  | Ziel des Projekts itsOWL-EMWaTro ist die Entwicklung von flexiblen Hausgeräten am Beispiel eines Wäschetrockners, der auf schwankende Stromverfügbarkeit und -preise reagiert und seine Prozessabläufe selbständig anpasst. Darüber hinaus wird ein innovatives Energiemanagementsystem für private Haushalte entwickelt. Es ermittelt das Optimum aus Energieverbrauch, Kosten und Zeit automatisch und komfortabel. | 1 | BMBF  |
|      |  |   | 2 | 375.000 €   |
|      |  |   | 3 | 1.160.000 €   |
|      |  |   | 4 | Energiemanagement   |
|      |  |   | 5 |   |
| 4.22 | Intelligente Antriebs- und Steuerungstechnik für die energieeffiziente Intralogistik (itsOWL-IASI)   | Ziel des Forschungsprojektes itsOWL-IASI ist die Entwicklung eines intelligenten Baukastensystems für effiziente Antriebslösungen, um für jeden Antriebsprozess im Warenlager die ökologisch und ökonomisch optimale Lösung bereit zu stellen. Darüber hinaus soll ein intelligentes Lastmanagement konzipiert werden, um eine gleichmäßige Auslastung des Versorgungsnetzes zu gewährleisten.                        | 1 | BMBF  |
|      |  |   | 2 | 1.318.000 €   |
|      |  |   | 3 | 4.261.000 €   |
|      |  |   | 4 | Energiemanagement   |
|      |  |   | 5 | Baukastensystem für Antriebslösungen im Warenlager                              |
| 4.23 | Architekturentwicklung eines KMU-Microgrids mit intelligenten Leistungstellern (itsOWL-KMUmicrogrid) | Ziel des Projekts itsOWL-KMUmicrogrid ist die Entwicklung eines Microgrid-Demonstrators für die Energieversorgung eines industriellen KMU. Dieses Modellkraftwerk auf dem Gelände von AEG koppelt Komponenten wie beispielsweise Energiequellen und -speicher über intelligente Leistungssteller, d. h. Geräte zur flexiblen Steuerung von Strom und Spannung, und sorgt für ein                                      | 1 | BMBF  |
|      |  |   | 2 | 455.000 €   |
|      |  |   | 3 | 1.575.000 €   |
|      |  |   | 4 | dezentrale Energieversorgung  |
|      |  |   | 5 | Energiemanagement   |

|      |   |   |   |  |
|------|---|---|---|--|
|      |   | vorausschauendes Energiemanagement.   |   |  |
| 4.24 | Querschnittsprojekt Systems Engineering (itsOWL-SE)   | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-SE ist die Erarbeitung eines Instrumentariums für die fachdisziplinübergreifende Entwicklung intelligenter Produkte und Produktionssysteme. Dabei geht es um eine ganzheitliche Methodik sowie die Bereitstellung von Werkzeugen und Erfahrungswissen.   | 1 | BMBF   |
|      |   |   | 2 | 1.885.000 €  |
|      |   |   | 3 | 2.123.000 €  |
|      |   |   | 4 | Wissensplattform für die Entwicklung intelligenter technischer Systeme |
|      |   |   | 5 |  |
| 4.25 | Automation für wandlungsfähige Produktionstechnik (itsOWL-AWaPro)   | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-AWaPro ist die Entwicklung von intelligenten Komponenten der Automatisierungstechnik für Maschinen und Anlagen, wie Steuerung, Bediengeräte und Feldgeräte. Darüber hinaus wird eine Software für den intelligenten Entwurf und die Bedienung erarbeitet. Dabei werden die Komponenten und die Software mit Funktionen der Selbstoptimierung ausgestattet. | 1 | BMBF   |
|      |   |   | 2 | 682.000 €  |
|      |   |   | 3 | 2.200.000 €  |
|      |   |   | 4 | Selbstkonfiguration (Maschinen)  |
|      |   |   | 5 | selbstoptimierende Prozesse  |
| 4.26 | Intelligente Arbeitsvorbereitung auf Basis virtueller Werkzeugmaschinen (itsOWL-InVorMa)                                      | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-InVorMa ist die Entwicklung einer Dienstleistungsplattform zur optimierten Arbeitsvorbereitung auf der Basis von virtuellen Werkzeugmaschinen. Schwerpunkte sind das virtuelle Einrichten der Maschine, die Auftragsverteilung und die Aufbereitung von Expertenwissen.  | 1 | BMBF   |
|      |   |   | 2 | 1.554.000 €  |
|      |   |   | 3 | 4.707.000 €  |
|      |   |   | 4 | Assistenzsysteme   |
|      |   |   | 5 | Produktionsbegleitende Simulation                                      |
| 4.27 | Modellierung und Laufzeit-Unterstützung für hybride Wertschöpfung bei teilautonomen und mobilen Landmaschinen (itsOWL-RuMorS) | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-RuMorS ist die Entwicklung einer Software, mit der sich unterschiedliche Landmaschinen selbständig an die jeweiligen Erntebedingungen anpassen können und die einzelnen Prozesse und Akteure intelligent vernetzt werden.  | 1 | BMBF   |
|      |   |   | 2 | 387.000 €  |
|      |   |   | 3 | 1.260.000 €  |
|      |   |   | 4 | Selbstkonfiguration (Maschinen)  |
|      |   |   | 5 |  |

|      |   |   |   |                                 |
|------|---|---|---|---------------------------------|
| 4.28 | Intelligenter und optimierter Teig-Knetprozess (itsOWL-InoTeK)  | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-InoTeK ist daher zum einen die Neugestaltung des Knethakens und zum anderen die Selbstoptimierung des Knetprozesses. Dafür müssen die maschinentechnischen Voraussetzungen geschaffen werden, so dass die Maschine den Teig wie ein Bäcker fühlt und knetet.   | 1 | BMBF                            |
|      |   |   | 2 | 395.000 €                       |
|      |   |   | 3 | 1.132.000 €                     |
|      |   |   | 4 | Selbstkonfiguration (Maschinen) |
|      |   |   | 5 | selbstoptimierende Prozesse     |
| 4.29 | Neuartiger selbst-optimierter Vorschub für das Hochleistungsbohren von direkt angetriebenen Werkzeugen im mechatronischen CNC-Systembaukasten (itsOWL-NoVHow) | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-NoVHow ist die Entwicklung von selbstoptimierenden, intelligenten Antrieben für die Möbelproduktion, die einen individuellen Einsatz jeder einzelnen Bohrspindel und eine Anpassung an das zu bearbeitende Holzbauteil ermöglichen.  | 1 | BMBF                            |
|      |   |   | 2 | 363.000 €                       |
|      |   |   | 3 | 1.175.000 €                     |
|      |   |   | 4 | Selbstkonfiguration (Maschinen) |
|      |   |   | 5 | selbstoptimierende Prozesse     |
| 4.30 | Ressourceneffiziente Selbstoptimierende Wäscherei (itsOWL-ReSerW)   | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-ReSerW ist die erhebliche Verbesserung der Ressourceneffizienz industrieller Wäschereien. Durch Methoden und Verfahren der Selbstoptimierung soll insbesondere der Bedarf an Energie deutlich reduziert werden. Der ökologische und der ökonomische Nutzen soll dadurch maßgeblich gesteigert werden.  | 1 | BMBF                            |
|      |   |   | 2 | 1.636.000 €                     |
|      |   |   | 3 | 4.729.000 €                     |
|      |   |   | 4 | selbstoptimierende Prozesse     |
|      |   |   | 5 | Energiemanagement               |
| 4.31 | Selbstkorrigierende Fertigungsprozesse (itsOWL-SelfXPro)  | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-SelfXPro ist die Implementierung von Technologien der Selbstoptimierung in Umformprozesse, wie das Stanz-Biegen und das Walzprofilieren, indem Methoden und Hardwarekomponenten entwickelt werden. Die Schwerpunkte liegen auf der Prozesssicherheit, der Automatisierung des Einrichtens und Rüstens sowie der Produktivität der Maschinen. | 1 | BMBF                            |
|      |   |   | 2 | 1.016.000 €                     |
|      |   |   | 3 | 3.305.000 €                     |
|      |   |   | 4 | Selbstkonfiguration (Maschinen) |
|      |   |   | 5 | selbstoptimierende Prozesse     |

|      |  |  |   |                                 |
|------|--|--|---|---------------------------------|
| 4.32 | Flexibles Montagekonzept durch autonome mechatronische Fertigungskomponenten (itsOWL-FlexiMon) | Ziel des Forschungsprojekts itsOWL-FlexiMon ist die Entwicklung eines integrierten Konzepts für eine flexible Montage, in dem neuartige Verfahren und Methoden der Mensch-Maschine Interaktion, des maschinellen Lernens und der Automatisierungstechnik integriert werden. Flexible mechatronische Komponenten sollen dabei in Fertigungslinien dynamisch kombiniert werden, ohne dass eine manuelle Programmierung vor Ort erforderlich ist. | 1 | BMBF                            |
|      |  |  | 2 | 558.000 €                       |
|      |  |  | 3 | 1.820.000 €                     |
|      |  |  | 4 | Selbstkonfiguration (Maschinen) |
|      |  |  | 5 | Mensch-Maschine-Interaktion     |

| 5. IKT 2020 <sup>87</sup> |  |  |   |      |
|---------------------------|--|--|---|------|
| 5.1                       |  | <p>Mit dem Programm „IKT 2020 – Forschung für Innovationen“ stellt das Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) die programmatischen Weichen für die Forschungsförderung im Bereich der Informations- und Kommunikationstechnologie. Die Fördermaßnahme ist als lernendes Programm konzipiert, das sich flexibel auf aktuelle Entwicklungen ausrichtet.</p> <p>Dieses Programm ist ein sogenanntes Fachprogramm. Diese Programme haben zum Ziel, in ausgewählten Bereichen einen im internationalen Maßstab hohen Leistungsstand von Forschung und Entwicklung zu gewährleisten.</p> <p>Die Forschungsförderung wird auf in Deutschland starke Anwendungsfelder/Branchen ausgerichtet, in denen Innovationen in hohem Maße IKT-getrieben sind. Neben der IKT-Wirtschaft selbst sind dies Automobil, Maschinenbau, Medizin, Logistik und Energie.</p> | 1 | BMBF |
|                           |  |  | 2 |      |
|                           |  |  | 3 |      |
|                           |  |  | 4 |      |
|                           |  |  | 5 |      |

<sup>87</sup> Übersicht vierte Spalte: 1= Fördermittelgeber, 2= Fördermittelvolumen in €, 3= Projektvolumen in €, 4= Themenfeld 1 AG1, 5= Themenfeld 2 AG1

|     |  |   |   |  |
|-----|--|---|---|--|
| 5.2 | Multicore-Systeme bei eingebetteten Systemen (ARAMIS)                                | Das Projekt ARAMIS hat das Ziel, den breiten Einsatz von <i>Embedded Multicore</i> -Systemen auch für sicherheitskritische Bereiche vorzubereiten. In ARAMIS sind dazu alle notwendigen Kompetenzen vereinigt: Anwender, deren Zulieferer, Hard- und Softwarehersteller und die auf den relevanten Gebieten renommierten Forschungseinrichtungen. Ziel ist die allgemeine Lösung, die sich in allen Bereichen, d.h. im Automobil, im Flugzeug, aber auch im Maschinen- und Anlagenbau einsetzen lässt. Die Leistungsfähigkeit der entwickelten Architekturen und Methoden wird jeweils durch Demonstratoren nachgewiesen. | 1 | BMBF   |
|     |  |   | 2 | 21.469.000 €   |
|     |  |   | 3 | 36.786.000 €   |
|     |  |   | 4 | Werkzeugentwicklung für die Programmierung eingebetteter Systeme |
|     |  |   | 5 |  |
| 5.3 | Neue Werkzeuge für die Software-Entwicklung Eingebetteter Systeme (SPES 2020_XTCore) | Im Projekt SPES 2020_XTCore beschäftigen sich 18 Partner aus Wirtschaft und Wissenschaft mit der nahtlosen und werkzeugtechnischen Integration von Modellierungs- und Analysetechniken für softwarebasierte eingebettete Systeme. Das Projekt nimmt konkrete Anforderungen der Industrie als Forschungsfragestellungen auf und bereitet Ergebnisse so auf, dass sie als Werkzeug in der industriellen Praxis angewendet werden können.  | 1 | BMBF   |
|     |  |   | 2 | 14.924.000 €   |
|     |  |   | 3 | 25.068.000 €   |
|     |  |   | 4 | Werkzeugentwicklung für die Programmierung eingebetteter Systeme |
|     |  |   | 5 |  |

|     |   |  |   |   |
|-----|---|--|---|---|
| 5.4 | SmART <i>Assistance for Humans in Production Systems</i> (SmARPro)                                      | Das Forschungsvorhaben SmARPro verfolgt das Ziel eines umfassend vernetzten Betriebs. Dazu wird eine modulare, systemübergreifende Unternehmenssoftware-Lösung entwickelt, die im Produktionsablauf Daten in Abhängigkeit vom jeweiligen Arbeitskontext standardisiert erfasst und aufbereitet, bevor sie in einer systemübergreifenden Daten- und Dienstplattform gespeichert und aufgabenbezogen bereitgestellt werden. Auf dem Markt erhältliche tragbare Geräte wie Datenbrillen oder Tabet-PC's, sollen durch Anwendungen mit so genannter erweiterter Realität den Mitarbeiter in die Lage versetzen, die Eigenschaften der ihn umgebenden Maschinen und Objekte sichtbar zu machen. | 1 | BMBF  |
|     |   |  | 2 | 2.571.000 €   |
|     |   |  | 3 | 5.137.000 €   |
|     |   |  | 4 | Weiterverarbeitung/ Aufbereitung/ Dokumentation von Maschinen-/ Prozess-/ Zustandsdaten |
|     |   |  | 5 | Interaktive Visualisierungssysteme (AR, VR, MR)   |
| 5.5 | Synchrone Produktion durch teilautonome Planung und humanzentrierte Entscheidungsunterstützung (SOPHIE) | Ziel des Projektes ist es, die digitale Welt der Fabrikplanung mit der realen Welt in der Produktion zu verknüpfen, um kundenzentrierte Produktionsprozesse zu flexibilisieren und effizienter zu gestalten. Damit sollen Entscheidungsträger mit virtuellen Techniken, wie der <i>Augmented</i> (AR) und <i>Virtual Reality</i> (VR) befähigt werden, geplante und reale Abläufe direkt in der Produktion abzugleichen und Eingriffe in den realen Prozessablauf durch virtuelle Simulation abzusichern.  | 1 | BMBF  |
|     |   |  | 2 | 2.706.000 €   |
|     |   |  | 3 | 5.172.000 €   |
|     |   |  | 4 | produktionsbegleitende Simulation   |
|     |   |  | 5 | Interaktive Visualisierungssysteme (AR, VR, MR)   |

|     |   |   |   |   |
|-----|---|---|---|---|
| 5.6 | Ressourcenschonung durch kontextaktivierte M2M-Kommunikation (RES-COM)        | Das Gesamtziel des Projektes RES-COM ist die systematische Entwicklung der technologischen Basis zur vorrausschauenden Ressourcenschonung durch Kommunikation der Maschinen untereinander (M2M) auf Grundlage des Internets der Dinge. Verschiedene technologische Einzelaspekte sollen gebündelt und über das Projekt hinaus für Produktion und Wartung sowie andere Bereiche erschlossen werden. Zu den nach außen sichtbaren Ergebnissen zählen zunächst Schnittstellen, Protokolle und Datenmodelle bis hin zu internationalen W3C-Standards.   | 1 | BMBF  |
|     |   |   | 2 | 9.539.000 €                                     |
|     |   |   | 3 | 15.176.000 €                                    |
|     |   |   | 4 | Maschine-Maschine-Interaktion                   |
|     |   |   | 5 | Entwicklung von Sensortechnik                   |
| 5.7 | Angewandte Referenzarchitektur für Virtuelle Dienste und Anwendungen (ARVIDA) | Ziel des Verbundvorhabens ARVIDA ist es, die Interoperabilität von Software-Komponenten für Virtuelle Technologien (VT) zu verbessern. Das Vorhaben zielt nicht alleine auf interaktive Visualisierungssysteme wie <i>Augmented Reality</i> (AR), <i>Virtual Reality</i> (VR) und <i>Mixed Reality</i> (MR) ab, sondern auch auf spezielle Simulationskomponenten, wie z.B. virtuelle Menschenmodelle, <i>Motion-Capturing</i> -Systeme und Analysenmodule. Die Schwerpunkte liegen auf der Erstellung einer dienstorientierten Referenzarchitektur für VT sowie auf Forschungsarbeiten zu marklosem Tracking und zur Umfeld Erkennung. | 1 | BMBF  |
|     |   |   | 2 | 13.624.000 €                                    |
|     |   |   | 3 | 26.446.000 €                                    |
|     |   |   | 4 | Interaktive Visualisierungssysteme (AR, VR, MR) |
|     |   |   | 5 | Objekt- und Umfelderkennung                     |

|     |   |   |   |  |
|-----|---|---|---|--|
| 5.8 | Effiziente Fehlersimulation mit virtuellen Prototypen zur Qualifikation intelligenter <i>Motion-Control</i> -Systeme in der Industrieautomatisierung (EffektiV) | EffektiV betrachtet alle relevanten Komponenten entlang der Wertschöpfungskette. Damit können zukünftig frühzeitige und umfassende Aussagen über das Systemverhalten im Fehlerfall gemacht werden und bereits in die Produktentwicklung einfließen. Möglich wird sogar eine frühzeitige und umfassende Betrachtung aller relevanten Fehlerszenarien. Iterationen mit kostspieligen Nachbesserungen, eingeschränkte Funktionalität oder gar die Gefährdung des Produkterfolgs mit der einhergehenden Beeinträchtigung der Wettbewerbsfähigkeit können so vermieden werden. EffektiV ermöglicht so eine Erhöhung der Innovationsgeschwindigkeit und damit einen zusätzlichen Wettbewerbsvorteil auf dem Gebiet sicherheitssensibler Systeme.                      | 1 | BMBF   |
|     |   |   | 2 | 706.800 €  |
|     |   |   | 3 | 11.657.000 €   |
|     |   |   | 4 | frühzeitige Fehlererkennung für Industrie 4.0 - eingebettete Systeme |
|     |   |   | 5 |  |
| 5.9 | Cyber-Physikalische-IT-Systeme zur Komplexitätsbeherrschung einer neuen Generation multiadaptiver Fabriken (SmartF-IT)  | Zur Realisierung einer intelligenten, anpassungsfähigen (multiadaptiven) Fabrik - der " <i>Smart Factory</i> "- sollen im Vorhaben "SmartF-IT" CPS in die Produktionstechnik integriert werden, um ganzheitliche Produktionssysteme (sogenannte <i>Cyber-Physical-Production-Systems</i> , CPPS) entwickeln zu können. Im Vordergrund stehen einzelne Produktionseinheiten, im Fokus steht der Einsatz von IT-Verfahren. Damit lassen sich Agilität und Multiadaptivität als wesentliche Merkmale der <i>Smart Factory</i> realisieren. Beide dieser Merkmale für eine schnelle, flexible Anpassung von Systemen sind zudem in Garant dafür, dass das entstehende Modell möglichst leicht an die Bedarfe der Mitarbeiter in der Produktion anpassbar sein wird. | 1 | BMBF   |
|     |   |   | 2 | 7.644.000 €  |
|     |   |   | 3 | 10.418.000 €   |
|     |   |   | 4 | Entwicklung von IT-Methoden für multiadaptive Fabriken               |
|     |   |   | 5 |  |

## 6. Industrie 4.0 – Forschung auf dem betrieblichen Hallenboden<sup>88</sup>

|     |  |  |   |      |
|-----|--|--|---|------|
| 6.1 |  | Zielsetzung der Förderung ist es deshalb, mit geeigneten Maßnahmen deutsche Industrieunternehmen in die Lage zu versetzen, bis 2020 nicht nur Leitanbieter für Cyber-Physische-Produktionssysteme (CPPS) zu werden, sondern diese CPPS-Lösungen zur vernetzten Produktion auch breit in den deutschen Mittelstand einzuführen. | 1 | BMBF |
|     |  |  | 2 |      |
|     |  |  | 3 |      |
|     |  |  | 4 |      |
|     |  |  | 5 |      |

<sup>88</sup> Übersicht vierte Spalte: 1= Fördermittelgeber, 2= Fördermittelvolumen in €, 3= Projektvolumen in €, 4= Themenfeld 1 AG1, 5= Themenfeld 2 AG1

**7. Use Cases i.d. Industrie; Quelle: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung u. Logistik<sup>89</sup>**

|     |   |   |   |                                       |
|-----|---|---|---|---------------------------------------|
| 7.1 | Use Case Production: Von CIM über <i>Lean Production</i> zu Industrie 4.0 | Umsetzung von Industrie 4.0 bei SEW-EURODRIVE (Antriebstechnik) anhand von Prozess- und wertstromorientierter Unternehmensgestaltung. Unter den Gesichtspunkten der Industrie 4.0 werden bisher getrennte Funktionen wie Fertigung, Montage und Logistik intelligent miteinander verzahnt und verschmelzen so zu einem Gesamtsystem. Ein Hauptaugenmerk liegt dabei auf fahrerlosen Transportsystemen.  | 1 | Eigenfinanzierung                     |
|     |   |   | 2 |                                       |
|     |   |   | 3 |                                       |
|     |   |   | 4 | unternehmensübergreifende Optimierung |
|     |   |   | 5 |                                       |
| 7.2 | Use Case: Wandlungsfähige Produktionssysteme für den Automobilbau         | Einzug von Industrie 4.0 in die Automobilindustrie.   | 1 | Eigenfinanzierung                     |
|     |   |   | 2 |                                       |
|     |   |   | 3 |                                       |
|     |   |   | 4 |                                       |
|     |   |   | 5 |                                       |
| 7.3 | Use Case: Industrie 4.0 im Siemens Elektronik Werk Amberg                 | Aus der zunehmenden weltweiten Automatisierung leiten sich Herausforderungen für innovative Lösungen bei Produkt und Produktionstechnologie ab. Eine solche Herausforderung ist z.B. die steigende Varianz und zunehmende Individualisierung der Produkte. Um den Herausforderungen besser zu begegnen, haben wir für die Kommunikation mit unseren Mitarbeitern und Geschäftspartnern unsere Vision und Strategie formuliert, die wir kontinuierlich in Gesprächen und Vorträgen nutzen und an verschiedenen Stellen des Werkes sichtbar machen. Mit dieser Formulierung möchten wir die Orientierung aller Mitarbeiter im täglichen Handeln verbessern. | 1 | Eigenfinanzierung                     |
|     |   |   | 2 |                                       |
|     |   |   | 3 |                                       |
|     |   |   | 4 |                                       |
|     |   |   | 5 |                                       |

<sup>89</sup> Übersicht vierte Spalte: 1= Fördermittelgeber, 2= Fördermittelvolumen in €, 3= Projektvolumen in €, 4= Themenfeld 1 AG1, 5= Themenfeld 2 AG1

|     |  |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|
| 7.4 | <i>Use Case:</i> Agentenbasierte dynamische Rekonfiguration von vernetzten intelligenten Produktionsanlagen - Evolution statt Revolution | Die agentenbasierte dynamische Rekonfiguration von vernetzten intelligenten Produktionsanlagen beschreibt die Motivation von Industrie 4.0 für eine verteilte Produktion und setzt die Ziele am Beispiel einer Joghurtproduktion um. Der Demonstrator zeigt exemplarisch die informationstechnische Kopplung und Vernetzung räumlich getrennter Produktionsanlagen.                         | 1 | Eigenfinanzierung   |
|     |  |   | 2 |   |
|     |  |   | 3 |   |
|     |  |   | 4 | Schnittstellen-Standardisierung   |
|     |  |   | 5 | Schnittstellen-Entwicklung  |
| 7.5 | <i>Use Case:</i> <i>Enabling</i> Industrie 4.0 - Chancen und Nutzen für die Prozessindustrie   | Aufzeigen des Stellenwerts von Industrie 4.0 in der Prozessindustrie aufgrund neuer Strategien z.B. in der Flexibilisierung der Produktion oder der Wartungsunterstützung. Insbesondere Thematisierung der Datenaggregation in der Verfahrenstechnik anhand von Vernetzungsarchitekturen und Austauschformate, sowie Fehlerdetektion und -diagnose mittels <i>Data Mining</i> -Algorithmen. | 1 | Eigenfinanzierung   |
|     |  |   | 2 |   |
|     |  |   | 3 |   |
|     |  |   | 4 | Weiterverarbeitung/Aufbereitung/Dokumentation von Maschinen-/Prozess-/Zustandsdaten |
|     |  |   | 5 | Big Data  |
| 7.6 | <i>Use Case:</i> Konzepte und Anwendungsfälle für die intelligente Fabrik  | Erarbeitung einer Referenzarchitektur für die intelligente Fabrik aufgrund zunehmender Komplexität von Produktionssystemen, insbesondere die Betrachtung Verwendung der Lemgoer Modellfabrik als Umsetzungsplattform von Industrie 4.0  | 1 | Eigenfinanzierung   |
|     |  |   | 2 |   |
|     |  |   | 3 |   |
|     |  |   | 4 | Simulation autonomer Technologien   |
|     |  |   | 5 |   |

| 8. Horizon 2020 <sup>90</sup> |              |   |   |  |
|-------------------------------|--------------|---|---|--|
| 8.1                           | Horizon 2020 | <p>Horizont 2020 ist das Rahmenprogramm der Europäischen Union für Forschung und Innovation. Als Förderprogramm zielt es darauf ab, EU-weit eine wissens- und innovationsgestützte Gesellschaft und eine wettbewerbsfähige Wirtschaft aufzubauen sowie gleichzeitig zu einer nachhaltigen Entwicklung beizutragen. Um gezielt in die Gesellschaft wirken zu können, setzt das Programm Schwerpunkte und enthält einen umfassenden Maßnahmenkatalog. Horizont 2020 – Das Rahmenprogramm für Forschung und Innovation (Laufzeit 2014-2020) ist das Hauptinstrument der Europäischen Union zur Förderung von Wissenschaft, technologischer Entwicklung und Innovation. Es setzt das bisherige 7. Forschungsrahmenprogramm (7. FRP) fort und integriert zudem die wichtigen Teile des früheren Rahmenprogramms für Wettbewerbsfähigkeit und Innovation (CIP) sowie erstmalig das Europäische Innovations- und Technologieinstitut (EIT). Das Rahmenprogramm deckt ein breites thematisches Spektrum von der Grundlagenforschung bis zu marktnahen Innovationsmaßnahmen ab. Im Vordergrund stehen dabei Kooperationen in Schlüsselbereichen wie z.B. der biomedizinischen, naturwissenschaftlich-technischen, industriellen oder sozioökonomischen Forschung. Fördermittel stehen auch für die themenoffene Förderung exzellenter Forscher, Mobilitätsmaßnahmen, die Entwicklung von Forschungsinfrastrukturen, die Einbeziehung von mittelständischen Unternehmen</p> | 1 | Europäische Kommission                               |
|                               |              |   | 2 |  |
|                               |              |   | 3 |  |
|                               |              |   | 4 | Entwicklung von anpassungsfähigen Cloud-Technologien |
|                               |              |   | 5 |  |

<sup>90</sup> Übersicht vierte Spalte: 1= Fördermittelgeber, 2= Fördermittelvolumen in €, 3= Projektvolumen in €, 4= Themenfeld 1 AG1, 5= Themenfeld 2 AG1

|     |  |   |   |  |
|-----|--|---|---|--|
|     |  | sowie die internationale Zusammenarbeit zur Verfügung.  |   |  |
| 8.2 | ICT-09-2014: Tools and Methods for Software Development    | The quality levels required for complex and critical systems for example in terms of reliability, resilience and automatic adaptation, still represent a major challenge given current software development methods and tools. Breakthroughs in this area could significantly improve the growth and competitiveness of the European industry and encourage faster innovation cycles. They could also foster a more competitive EU software industry, especially in the sector of large and interoperable software systems for industrial and public sector applications.   | 1 | Europäische Kommission                     |
|     |  |   | 2 |  |
|     |  |   | 3 |  |
|     |  |   | 4 | keine Industrie 4.0 Thema im engeren Sinne |
|     |  |   | 5 |  |
| 8.3 | ICT-15-2014: Big data and Open Data Innovation and take-up | The activities supported under this topic address the general technological and systemic data challenges that concern entire value chains and/or bridge across borders, languages, industries and sectors. The aim is to improve the ability of European companies to build innovative multilingual data products and services, in order to turn large data volumes into semantically interoperable data assets and knowledge. The horizontal activities within LEIT on data, relevant for a wide range of sectors, will be complemented in the H2020 Societal Challenges by data-related activities addressing specific areas. | 1 | Europäische Kommission                     |
|     |  |   | 2 |  |
|     |  |   | 3 |  |
|     |  |   | 4 | <i>Big-Data</i>                            |
|     |  |   | 5 |  |

|     |  |   |   |                        |
|-----|--|---|---|------------------------|
| 8.4 | MG-3.3-2014:<br>Global competitiveness of automotive supply chain management | The market environment for the European automotive sector is characterized by weak economic growth, limited investments and declining sales of new vehicles in the mature markets. The accelerating introduction of electrified and other alternatively fuelled vehicles puts an additional challenge to the European automotive industry, in particular to its related supply chain. As a consequence production and supply strategies need to contemplate a mix of new products combined with innovative services, able to respond to customer needs in a flexible way. In the area of electrified vehicles this requires specific designs and the introduction of new technologies and service innovation for vehicles (e.g. electric batteries, e-components and systems, integration of high pressure CNG and H2 tanks and supply components) in manufacturing chains which must be matched by innovative production methods and processes in order to make them affordable and competitive compared with conventional cars. | 1 | Europäische Kommission |
|     |  |   | 2 | 341.000.000 €          |
|     |  |   | 3 |                        |
|     |  |   | 4 |                        |
|     |  |   | 5 |                        |
| 8.5 | MG-6.2-2014: Destressing the supply chain                                    | The challenge for industry is to overcome the stress caused through dealing with the increasing length, complexity and vulnerability of supply chains while enhancing the performance, quality and knowledge needed to plan seamless transports of goods. To this end, a better understanding is needed of the technological and operational opportunities that 'slow steaming' and synchromodal operations and other relevant concepts provide.  | 1 | Europäische Kommission |
|     |  |   | 2 | 341.000.000 €          |
|     |  |   | 3 |                        |
|     |  |   | 4 |                        |
|     |  |   | 5 |                        |

|     |  |   |   |                        |
|-----|--|---|---|------------------------|
| 8.6 | MG-6.1-2014: Fostering synergies alongside the supply chain (including e.commerce) | The global challenge is to find the right business models for a number of separate activities that when brought together can foster synergies that satisfy the seemingly mutually exclusive objectives of decoupling the growth of urban and inter-urban freight transport demand from its consequences on traffic and the environment. This can be done by horizontal collaboration between retail, distribution, logistics, traffic management, vehicles and their users whilst exploiting synergies from the vertical integration downstream to the customer in a more intelligent chain. Moreover, mutually compatible collaboration should not be restricted to inter-urban/urban relations and enhanced regional logistics is necessary where joint use of regional logistic platforms, the set-up of new transport structures/networks (like consolidated rail cargo; improved trans-shipment terminals especially for rail, etc.), multi-level logistics, ecological supply chain design including modal shift, are all considered. | 1 | Europäische Kommission |
|     |  |   | 2 | 341.000.000 €          |
|     |  |   | 3 |                        |
|     |  |   | 4 |                        |
|     |  |   | 5 |                        |

|     |  |   |   |                        |
|-----|--|---|---|------------------------|
| 8.7 | H2020-FoF-201 4-CALL FOR FACTORIES OF THE FUTURE | <p>The 'Factories of the Future' public-private-partnership (PPP) under Horizon 2020 is centred on the priorities of 'Factories of the Future 2020', an ambitious and far-sighted strategic multi-annual research roadmap produced by EFFRA. 'Factories of the Future 2020' is the basis for research call topics and the overall direction of research in the 'Factories of the Future' public-private partnership under Horizon 2020</p> <p>The roadmap was developed over a period of 24 months through working meetings including discussions with the European Commission within the 'Factories of the Future' public-private partnership Ad-hoc Industrial Advisory Group (AIAG) and close consultations with representatives of companies and RTOs organised in other related European technology platforms. Folgende Calls gehören zu Factories of the future</p> <p>FoF-201 4:-Process optimisation of manufacturing assets-Manufacturing processes for complex structures and geometries with efficient use of material-global energy and other resources efficiency in manufacturing enterprises - Developing smart factories that are attractive to workers-Innovative Product-Service design using manufacturing intelligence-Symbiotic human-robot collaboration for safe and dynamic multi-modal manufacturing systems-Support for the enhancement of the impact of FoF PPP projects</p> | 1 | Europäische Kommission |
|     |  |   | 2 | 120.580.000 €          |
|     |  |   | 3 |                        |
|     |  |   | 4 |                        |
|     |  |   | 5 |                        |

|     |   |  |   |                        |
|-----|---|--|---|------------------------|
| 8.8 | H2020-FoF-2015-<br>CALL FOR THE<br>FACTORIES OF<br>THE FUTURE | Folgende Calls gehören zu <i>Factories of the future</i> FoF-201 5: ICT-enabled modelling, simulation, analytics and forecasting technologies-ICT Innovation for Manufacturing SMEs (I4MS)- Manufacturing of custom made parts for personalised products-Flexible production Systems based on integrated tools for rapid reconfiguration of machinery and robots-Industrial technologies for advanced joining and assembly processes for multi-materials-Re-use and remanufacturing technologies and equipment for sustainable product lifecycle management-Integrated design and management of production machinery and processes | 1 | Europäische Kommission |
|     |   |  | 2 | 143.170.000 €          |
|     |   |  | 3 |                        |
|     |   |  | 4 |                        |
|     |   |  | 5 |                        |

| 9. 7. EU-Forschungsrahmenprogramm <sup>91</sup> |         |  |   |                        |
|---|---------|--|---|------------------------|
| 9.1   |         | Ziel des EU-Forschungsrahmenprogramms ist es, die wissenschaftlichen und technologischen Grundlagen der Industrie der Gemeinschaft zu stärken und die Entwicklung ihrer internationalen Wettbewerbsfähigkeit zu fördern so wie alle Forschungsmaßnahmen zu unterstützen, die für erforderlich gehalten werden. Im Vordergrund steht dabei die Schaffung eines Europäischen Forschungsraums durch eine verstärkte und effizientere Bündelung europäischer Forschungsanstrengungen und -kapazitäten. Die Verwaltung der EU- Forschungsrahmenprogramme erfolgt zentral aus Brüssel. | 1 | Europäische Kommission |
|   |         |  | 2 | ca.<br>54.000.000.000  |
|   |         |  | 3 |                        |
|   |         |  | 4 |                        |
|   |         |  | 5 |                        |
| 9.2   | FLSPACE | FLSPACE will develop a multi-domain collaboration and integration service, based on FI-WARE core platform and Future-Internet technologies, enabling radically new business collaboration opportunities between actors in a supply chain and software service providers. The objective of the FLSPACE open call was to involve new partners that are developing a set of applications demonstrating the usefulness of FLSPACE features when building and using applications for the Agri-Food, Transport and Logistic sectors.   | 1 | Europäische Kommission |
|   |         |  | 2 |                        |
|   |         |  | 3 |                        |
|   |         |  | 4 | <i>Cloud</i>           |
|   |         |  | 5 | <i>Big-Data</i>        |

<sup>91</sup> Übersicht vierte Spalte: 1= Fördermittelgeber, 2= Fördermittelvolumen in €, 3= Projektvolumen in €, 4= Themenfeld 1 AG1, 5= Themenfeld 2 AG1

|     |  |   |   |                                      |
|-----|--|---|---|--------------------------------------|
| 9.3 | EMPRIC "Exploration Modelling and Perceiving Robotics for Inventory Control" | Though completely automated robotic warehousing solutions already exist, including autonomous mechanical transport of goods for warehouse transactions, they suit only huge installations with large transaction volumes, leaving out ample sectors of the supply chain to which a manned warehouse operation is actually the most cost-efficient way of functioning. The scope of the project is the application of research in the robotics domain leading to new solutions for the introduction of affordable robot teams in the automation of non-manipulative inventory control tasks, aiming at the integration of emerging robotic technologies widening robotics market space by tackling operational complexities at small and medium warehouse scales, avoiding disruption of traditional working methodologies. Our project will integrate and advance the latest technologies for robotic team exploration, automatic 3D whole environment modelling, spatial reasoning and object segmentation complementing visually and auto-ID part number matching. Advanced interfaces will be provided for mission definition and control. | 1 | Europäische Kommission               |
|     |  |   | 2 |                                      |
|     |  |   | 3 |                                      |
|     |  |   | 4 | Automatisierung in der Intralogistik |
|     |  |   | 5 |                                      |

|     |  |  |   |  |
|-----|--|--|---|--|
| 9.4 | A mobile robots based automation system for distribution centres (ROBOMATIC) | <p>The objectives of the project are: 1.To deliver a revolutionary distribution centre automation system based upon beyond state-of-the art RMUs, aiming at rapid take-up and operational deployment of this technology within the EU logistics industry.</p> <p>2.To significantly improve the performance of the material handling process in Distribution Centres (DCs), in terms of labour productivity, operational costs, return-on-investment (ROI), flexibility, reliability and carbon footprint.</p> <p>3.To test/demonstrate the value proposition of this mobile unit, through the implementation of pilots, with adequate dispersion as regards geographical criteria and operational settings. The proposed platform will be evaluated with real users during a 20-month period. The pilot application schemes will be applied in chosen companies (leading technology-savy DCs in the EU) and will cover a broad variety of merchandise, packaging, warehouse sizes etc. During the course of the pilot implementation a fleet of 6 RMU prototypes will be deployed in three DCs. The fleet will travel from DC to DC in order to cover all pilots at a reasonable cost. Pilots will not only be deployed for validation/demonstration purposes but also to prove the feasibility of the uptake scenarios of the whole solution at different operational settings and contexts.</p> | 1 | Europäische Kommission                             |
|     |  |  | 2 |  |
|     |  |  | 3 |  |
|     |  |  | 4 | Automatisierung in der Intralogistik               |
|     |  |  | 5 | Baukastensystem für Antriebslösungen im Warenlager |

|     |  |  |   |                               |
|-----|--|--|---|-------------------------------|
| 9.5 | ICT-2007.3.7 -<br><i>Network embedded and control systems</i><br><b>Flexible Wireless Automation in Real-Time Environments</b>   | The project Flexible Wireless Automation in Real-Time Environment aims to implement a novel platform, which will have a real-time communication based on WLAN (IEEE 802.11). This novel secure middleware between the physical communication and the application will be designed with special respect to security, flexibility and mobile, real-time enabled nodes that can roam between the Access Points of the system. This and the conjunction with localization services will enable the dynamically reconfigurable factory of the future, seizing new market opportunities with revolutionary new possibilities for applications. The interfaces to the applications will be open, allowing third party development in a secure and predictable factory automation network. The outcome of the project will open possibilities for more efficient production processes and plants due to its flexibility and scalability. Moreover it is likely that this proposed project will influence science as well as the market due to the savings for (re-)cabling and maintenance as well as new opportunities as factory wide maps of goods. | 1 | Europäische Kommission        |
|     |  |  | 2 | 2.900.000 €                   |
|     |  |  | 3 | 3.846.000 €                   |
|     |  |  | 4 | Internet der Dinge            |
|     |  |  | 5 | Cloud                         |
| 9.6 | FoF-ICT-2011.7.1 -<br>Smart Factories: Energy-aware, agile manufacturing and customisation<br><b>X-act Infiltration of intelligent and cooperative robotic systems in European production facilities</b> | X-act aims to increase the infiltration of intelligent and cooperative robotic systems in European, "robot resistant" production facilities. The project proposes the enhancement of dual arm robots for cooperative use with human operators and will bring the robots to a maturity level that allows the introduction in industry, not as experimental equipment but as well proven and reliable production technologies. A demonstration in automotive will involve the dexterous assembly of flexible parts. A second demonstration will focus on disassembling, reworking and reassembling electrical devices  | 1 | Europäische Kommission        |
|     |  |  | 2 | 3.213.000 €                   |
|     |  |  | 3 | 4.846.000 €                   |
|     |  |  | 4 | Maschine-Maschine-Interaktion |
|     |  |  | 5 |                               |

|     |  |   |   |                        |
|-----|--|---|---|------------------------|
| 9.7 | FoF-ICT-2011.7.3 - Virtual Factories and enterprises<br><b>Manufacturing Service Ecosystem</b> | VISION: "By 2015, novel service-oriented management methodologies and the Future Internet universal business infrastructure will enable European virtual factories and enterprises to self-organize in distributed, autonomous, interoperable, non-hierarchical innovation ecosystems of tangible and intangible manufacturing assets, to be virtually described, on-the-fly composed and dynamically delivered as a Service, end-to-end along the globalised value chain. "The first Grand Challenge for MSEE project is to make SSME (Service Science Management and Engineering) evolve towards Manufacturing Systems and Factories of the Future, i.e. from a methodological viewpoint to adapt, modify, extend SSME concepts so that they could be applicable to traditionally product-oriented enterprises; from an implementation viewpoint to instantiate Future Internet service oriented architectures and platforms for global manufacturing service systems. The second Grand Challenge for MSEE project is to transform current manufacturing hierarchical supply chains into manufacturing open ecosystems, i.e. on the one side to define and implement business processes and policies to support collaborative innovation in a secure industrial environment; on the other side to define a new collaborative architecture for ESA (Enterprise Software and Applications), to support business-IT interaction and distributed decision making in virtual factories and enterprises. The synthesis of the two Grand Challenges above in industrial business scenarios and their full adoption in some European test cases will result in new Virtual Factory Industrial Models, where service orientation and collaborative innovation will support a new renaissance | 1 | Europäische Kommission |
|     |  |   | 2 | 9.870.000 €            |
|     |  |   | 3 | 15.207.000 €           |
|     |  |   | 4 | Selbstorganisation     |
|     |  |   | 5 | Selbstoptimierung      |

|     |  |   |   |                        |
|-----|--|---|---|------------------------|
|     |  | of Europe in the global manufacturing context.  |   |                        |
| 9.8 | FP7-ICT-2011-8<br>Mobile and wireless communications Enablers for Twenty-twenty (2020) Information Society | In 2020, mobile and wireless traffic volume is expected to increase thousand-fold over 2010 figures. Moreover, an increase in the number of wirelessly-connected devices to counts in the tens of billions will have a profound impact on society. Massive machine communication, forming the basis for the Internet of Things, will make our everyday life more efficient, comfortable and safer, through a wide range of applications including traffic safety and medical services. The variety of applications and traffic types originating from or reaching mobile, WLAN, and sensor networks, will be significantly larger than today, and will result in more diverse requirements on services, devices and networks.<br><br>METIS is set up by leading global players to prepare the migration from today's mobile systems, focused on human communications, towards tomorrow's multi-purpose global communication infrastructure, serving humans and things.<br><br>The main objective of METIS is to lay the foundation for, and to generate a European consensus on this future global mobile and wireless communications system. METIS will provide valuable and timely contributions to pre-standardisation and regulation processes, and ensure European leadership in mobile and wireless communications.<br><br>METIS will provide fundamentally new solutions which fit the needs beyond 2020. Research will be conducted on network topologies, radio links, multi-node, and spectrum usage techniques. Horizontal topics will be used to integrate the research results into a system concept that provides the necessary flexibility, versatility and scalability at a low cost. The METIS concept will be evaluated, and a roadmap will | 1 | Europäische Kommission |
|     |  |   | 2 | 15.885.000 €           |
|     |  |   | 3 | 26.754.000 €           |
|     |  |   | 4 | <i>Big-Data</i>        |
|     |  |   | 5 |                        |

|     |  |   |   |   |
|-----|--|---|---|---|
|     |  | be generated.\n\nMETIS is a strong European consortium, completed by selected non-European partners to ensure global harmonisation. The consortium gathers major telecommunication stakeholders; vendors, operators and academic researchers, together with a new partner from the automotive industry to provide new insights  |   |   |
| 9.9 | FP 7 - Energy<br><br>ENERGY.2013.7.11<br><br>- Development and validation of methods and tools for network integration of distributed renewable resources<br><br><b>DREAM</b> (Distributed Renewable resources Exploitation in electric grids through Advanced heterarchical Management) | The DREAM project will lay the foundations for a novel heterarchical management approach of complex electrical power grids, providing new mechanisms for consumer involvement in economical and ecological electricity use as well as stable and cost effective integration of distributed renewable resources.<br><br>Die Zielsetzung von DREAM (Distributed Renewable resources Exploitation in electric grids through Advanced heterarchical Management) liegt in der Erforschung neuer Steuerungsverfahren für die Verwaltung von Energienetzen, damit diese flexibler und störungsresistenter werden.<br><br>Die technische Machbarkeit und die wirtschaftliche Relevanz der entwickelten Verfahren werden in zwei Demonstratoren – einer Computer-Simulation und mehrerer Piloten, die auf realen Anwendungsszenarien basieren – veranschaulicht. | 1 | Europäische Kommission                        |
|     |  |   | 2 | 3.750.000 €                                   |
|     |  |   | 3 | 5.937.550 €                                   |
|     |  |   | 4 | keine Industrie<br>4.0 Thema im engeren Sinne |
|     |  |   | 5 |   |

## 10. microTec Südwest<sup>92</sup>

| 10. microTec Südwest <sup>92</sup> |           |   |   |                               |
|------------------------------------|-----------|---|---|-------------------------------|
| 10.1                               | Chip-BSZ  | Chip BSZ erzeugt eine integrierte Energieversorgung für miniaturisierte Systeme. In einem ASIC werden stabilisierte Energiequelle, Datenvorverarbeitung und -management, sowie Sensorik und Funkschnittstellen vereint. Dieser Chip kann als Grundkomponente in <i>Smart Systems</i> integriert werden.   | 1 | BMBF                          |
|                                    |           |   | 2 | 1.326.720 €                   |
|                                    |           |   | 3 | 2.653.440 €                   |
|                                    |           |   | 4 | Entwicklung von Sensortechnik |
|                                    |           |   | 5 | Schnittstellen-Entwicklung    |
| 10.2                               | EASYS-WSN | Projektziel sind Entwicklung, Einsatz und Verbreitung von kleinsten, energieautonomen, zeitsynchronisierten Funksensor-Systemen sowie deren „lebenslange“ Integration in Maschinen und Anlagen in Verbindung mit neuartigen Analyse- und Regelungskonzepten unter konsequentem Einsatz neuester mikrosystemtechnischer Lösungen. Durch die Veredelung heutiger Produkte zu intelligenten, energieeffizienten Maschinen-Systemen werden internationale Zukunftsmärkte von der Halbleiter- und Photovoltaik- bis in die Schwer-Industrie erschlossen. | 1 | BMBF                          |
|                                    |           |   | 2 | 903.758 €                     |
|                                    |           |   | 3 | 1.807.516 €                   |
|                                    |           |   | 4 | Entwicklung von Sensortechnik |
|                                    |           |   | 5 |                               |

<sup>92</sup> Übersicht vierte Spalte: 1= Fördermittelgeber, 2= Fördermittelvolumen in €, 3= Projektvolumen in €, 4= Themenfeld 1 AG1, 5= Themenfeld 2 AG1

|      |          |   |   |                             |
|------|----------|---|---|-----------------------------|
| 10.3 | eCults   | <p>In der Intralogistik besteht der Wunsch Waren und Transporter zu lokalisieren um die Effizienz weiter zu steigern. Die Ortsinformationen werden beispielsweise für die Überwachung und autonome Navigation des Warentransports eingesetzt. Für das Lokalisierungssystem werden vernetzte, energieautarke, autonome Sensorsysteme entwickelt. Dadurch ergeben sich neue Anwendungsmöglichkeiten sowohl in den Leuchttürmen Mobilität und Gesundheit, als auch in der Automatisierungstechnik und stellt damit in exzellenter Weise eine Cross-Industrie-Innovation dar. Die im vorliegenden Projekt entwickelten <i>Energy-Harvester</i> für <i>Indoor</i>-Umgebungen können auch auf anderen Sensoren zum Einsatz kommen. Hersteller und Entwickler von Mikrosensorik profitieren hiervon unmittelbar.</p> | 1 | BMBF                        |
|      |          |   | 2 | 883.249 €                   |
|      |          |   | 3 | 1.766.498 €                 |
|      |          |   | 4 | <i>Track &amp; Trace</i>    |
|      |          |   | 5 |                             |
| 10.4 | INSERO3D | <p>Gesamtziel des Projektes ist die Erarbeitung technologischer Lösungen zur intelligenten optischen Positionierung von Servicerobotern im Raum bzw. zum Interaktionsobjekt. Durch die Arbeiten im Bereich der Mensch-Technik-Kooperation werden im Cluster MicroTEC Südwest zentrale neue Kernkompetenzen aufgebaut, die für die weitere strategische Clusterentwicklung hohe Relevanz gewinnen können. NSERO3D zeigt die wichtige Rolle der Mikrosystemtechnik in der intelligenten Mensch-Technik-Kooperation auf und positioniert den Cluster als zentrale Kompetenz in diesem Bedarfsfeld.</p>   | 1 | BMBF                        |
|      |          |   | 2 | 993.991 €                   |
|      |          |   | 3 | 1.987.982 €                 |
|      |          |   | 4 | Mensch-Maschine-Interaktion |
|      |          |   | 5 |                             |

|      |         |   |   |  |
|------|---------|---|---|--|
| 10.5 | ITAS    | Schwerpunkt die Entwicklung von Integrations-technologien für autonome Sensormodule mit dem Fokus auf Miniaturisierung, Energieeffizienz und der kabellosen Kommunikation sowie der Aufbau einer Technologieplattform! Die Aufgabenstellung umfasst dabei die Bereitstellung von Schlüsselbausteinen für eine Technologieplattform zur Realisierung von autonomen Sensormodulen in unterschiedlichsten Anwendungen. Es werden sowohl die Sensorik, Elektronik, Datenverarbeitung und drahtlose Datenübertragung, das Energiemanagement und die Energieversorgung adressiert.  | 1 | BMBF   |
|      |         |   | 2 | 960.799 €  |
|      |         |   | 3 | 1.921.597 €  |
|      |         |   | 4 | Entwicklung von Sensortechnik                              |
|      |         |   | 5 | Wissensplattform für die Entwicklung intelligenter Systeme |
| 10.6 | Minergy | Minergy entwickelt semi-aktive RFID-Sensorsysteme. Die RFID-Technik stellt den Datenaustausch und die periodische Energiezufuhr sicher, eine integrierter Brennstoffzellenakkumulator wandelt und speichert die RFID-Energie und stellt diese bedarfsgerecht dem Sensorsystem zur Verfügung und ermöglicht so ein energieautarkes Arbeiten.<br><br>Ziel sind modular fernabfragbare energieautarke RFID-Sensorsysteme. Die Modularität des Multichipaufbaus ermöglicht die einfache Integration unterschiedlicher Sensorik wie Lage, Schock, Feuchte, Temperatur und Gaskonzentration. Es werden Anwendungen im Bereich der Logistik erschlossen. | 1 | BMBF   |
|      |         |   | 2 | 915.202 €  |
|      |         |   | 3 | 1.830.404 €  |
|      |         |   | 4 | Entwicklung von Sensortechnik                              |
|      |         |   | 5 | Energiemanagement  |

|      |            |  |   |                               |
|------|------------|--|---|-------------------------------|
| 10.7 | SENS-RFID  | RFID-basierte energieautarke Gassensensorik für Logistik - Im Rahmen des Projektes werden innovative fernabfragbare Gassensoren auf flexiblen Trägern entwickelt. Die Datenabfrage wird über Implementierung eines „ <i>ultra low power</i> “- RFID Standards ausgeführt. Zur Energieerzeugung werden innovative Thermogeneratoren eingesetzt, dabei wird die Entwicklung von kleineren, dabei aber leistungsstärkeren Thermogeneratoren vorangetrieben.   | 1 | BMBF                          |
|      |            |  | 2 | 543.702 €                     |
|      |            |  | 3 | 1.087.404 €                   |
|      |            |  | 4 | Entwicklung von Sensortechnik |
|      |            |  | 5 |                               |
| 10.8 | Smart Wake | Das Projekt bettet sich in das übergeordnete Leitthema „Integrationsplattform SSI“ ein. Der in diesem Projekt einzusetzende <i>Wake-Up</i> Empfänger deckt die Schwerpunkte „Aktive und passive Funksensorik“, „drahtlos kommunizierende Bausteine“, „eingebettete Mikrosysteme“ und „intelligente autonome Systeme“ ab.   | 1 | BMBF                          |
|      |            |  | 2 | 560.728 €                     |
|      |            |  | 3 | 1.121.456 €                   |
|      |            |  | 4 | Entwicklung von Sensortechnik |
|      |            |  | 5 | Schnittstellen-Entwicklung    |
| 10.9 | smartWT    | Intelligentes und prozessunterstützendes Werkstückträgersystem zur Steigerung von Qualität und Rückverfolgbarkeit in mikrotechnischen Produktionsprozessen.<br><br>Konfigurierbare Sensor- und Aktorplattform mit Energiespeicher, Energie- und Datenmanagementsystem, kurzreichweitigen Funknetzwerk zu Sensoren und Aktoren, langreichweitigem Funknetz zur Zellensteuerung. Autarkes produktionstaugliches Gesamtsystem durch berührungslose Energieübertragung. Sicherung internationaler Wettbewerbsfähigkeit und Schaffung von Arbeitsplätzen durch die angestrebte Steigerung von Qualität und Effektivität in der Produktion. Darstellung der Leistungs- und Innovationsfähigkeit von Microtec Südwest auf Komponenten- und Systemebene anhand der geplanten smartWT-Demonstratoren. | 1 | BMBF                          |
|      |            |  | 2 | 1.826.844 €                   |
|      |            |  | 3 | 3.653.688 €                   |
|      |            |  | 4 | Entwicklung von Sensortechnik |
|      |            |  | 5 |                               |

|       |            |  |   |                                  |
|-------|------------|--|---|----------------------------------|
| 10.10 | TexVital   | Energieautarke, textilintegrierte Sensorsysteme:<br>Ziel des Projekts ist die Entwicklung von Bekleidungs-<br>systemen mit textilintegrierter Erfassung von<br>EKG/Puls, Blutdruck, Atmung, Sauerstoffsättigung,<br>Aktivität und Lage mit Auswertung und Übertra-<br>gung in ein übergeordnetes Melde- und Informati-<br>onssystem.   | 1 | BMBF                             |
|       |            |  | 2 | 905.507 €                        |
|       |            |  | 3 | 1.811.014 €                      |
|       |            |  | 4 | Entwicklung von<br>Sensortechnik |
|       |            |  | 5 |                                  |
| 10.11 | TorqueSENS | Radarbasierte Drehmomentmessung mit OFW-<br>Resonatoren: TorqueSense beschäftigt sich mit<br>energieautarktem Monitoring von Maschinenzu-<br>ständen über innovative Sensoren für die in-situ-<br>Erfassung von Dehnung/ Stauchung/ Drehmo-<br>ment.   | 1 | BMBF                             |
|       |            |  | 2 | 345.149 €                        |
|       |            |  | 3 | 690.298 €                        |
|       |            |  | 4 | Entwicklung von<br>Sensortechnik |
|       |            |  | 5 |                                  |
| 10.12 | RTFIR      | „RTFIR“ entwickelt eine neue, kosteneffiziente<br>Fertigungstechnik und Technologieplattform für<br>ungekühlte mikromechanische Ferninfrarot (FIR)-<br>Bildsensoren und erschließt so diesen Schlüssel-<br>komponenten für hochaufgelöste Wärmebilder<br>neue Massenanwendungen. Im Vordergrund steht<br>als Treiber die hochvolumige Anwendung in zu-<br>künftigen intelligenten Kfz-Nachtsichtsystemen zur<br>Verbesserung der Sicherheit von Lebewesen im<br>Straßenverkehr.  | 1 | BMBF                             |
|       |            |  | 2 | 2.346.455 €                      |
|       |            |  | 3 | 4.692.910 €                      |
|       |            |  | 4 | Entwicklung von<br>Sensortechnik |
|       |            |  | 5 |                                  |
| 10.13 | SiC-Tech   | Das Projekt SiC-Tech entwickelt robuste Mikro-<br>sensoren für den Einsatz im Abgasstrang von Ver-<br>brennungs-motoren zur Steigerung der Ressour-<br>ceneffizienz und Reduktion der Umweltbelastung.<br>Ziel des Projektes ist die Entwicklung und Bereit-<br>stellung kostengünstiger, robuster Sensoren für<br>den Einsatz unter rauen Umgebungs-<br>bedingungen, die zum einen verbesserte Konzep-<br>te für Verbrennungsmotoren ermöglichen und zum<br>anderen die zuverlässige Überwachung emissi-<br>onsrelevanter Bauteile im Abgasstrang gewähr-<br>leisten. | 1 | BMBF                             |
|       |            |  | 2 | 3.180.087 €                      |
|       |            |  | 3 | 6.360.174 €                      |
|       |            |  | 4 | Entwicklung von<br>Sensortechnik |
|       |            |  | 5 |                                  |

## 11.10 Ansichten der Webseite und des Quick Checks

### Einstiegsseite



### Infoportal



# Infoportal – Unternehmensbereich Produktion

Home | Infoportal | Quick Check | Forschungsdar

## Industrie 4.0 für den Mittelstand

Hier finden Sie die Ergebnisse der Studie: "Erschließen der Potenziale der Anwendungen von „Industrie 4.0“ im Mittelstand“ im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

Infoportal  
Unternehmensbereiche

### Produktion

Unter Produktion werden sämtliche Bearbeitungsprozesse am Produkt zusammengefasst. Dabei kann grob zwischen der Teilefertigung und der Montage unterschieden werden. Ebenfalls dem Unternehmensbereich Produktion zugeordnet sind die Auftragsabwicklung sowie die Planung und Steuerung der Produktion.

**Bereichsziele höchste Priorität**

- +++ Einholung/Erhöhung der Produktqualität (Reduzieren von Nacharbeit und Ausschuss)
- +++ Reduzierung von Beständen und Durchlaufzeiten

**Bereichsziele mittlere Priorität**

- ++ Hohe Auslastung/optimaler Beschäftigtereinsatz
- ++ Erhöhung der Liefertreue

**Bereichsziele niedrigere Priorität**

- + Mengen-/Varianten-Flexibilität
- + umweltfreundliche/nachhaltige Produktion

**Herausforderungen**

- | steigende Qualitätsanforderungen
- | hoher Kostendruck
- | Beherrschung der Komplexität

**Industrie 4.0 Anwendungen und Zugehörigkeit zu Funktionsbereichen**

Assistenzsysteme
Dezentralisierung

Datenerfassung
Selbstorganisation

Vernetzung /Integration

Basistechnologie    Schlüsseltechnologie    Schrittmachertechnologie

| Wertschöpfungspotenzial  | Autonome Planung der Produktion                                    | Anbieter von Produktionsservices | PPS-Software |
|--|--|----------------------------------|--------------|
| Synchronische Arbeitsanordnungen<br>Prozess- und Umgebungsdaten        | Erfassung von Produktdaten   |                                  |              |
| Anpassung an Produkt und<br>Umfeld<br>Wartungs- und Qualitätsdaten     | Vernetzung mit<br>Produktentwicklung<br>Plug and Produce Maschinen |                                  |              |
| Austausch von Technologieblöcken<br>Erfassung von<br>Änderungswünschen |  |                                  |              |

Umsetzungsstand

Inhaltliche Erarbeitung durch **agiplan** **Fraunhofer IPA** **ZENIT**

# Infoportal – Funktionsbereich Assistenzsysteme

Home | Infoportal | Quick Check | Forschungsdior

## Industrie 4.0 für den Mittelstand

Hier finden Sie die Ergebnisse der Studie: "Erschließen der Potenziale der Anwendungen von 'Industrie 4.0' im Mittelstand" im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

### Infoportal Industrie 4.0 Funktionsbereiche

#### Assistenzsysteme

Ziel von Assistenzsystemen ist es, dem Beschäftigten möglichst einfach und schnell, jederzeit und überall die Informationen zur Verfügung zu stellen, die er gerade benötigt. Im Funktionsbereich Assistenzsysteme werden alle Technologien zusammengefasst, welche die Beschäftigten bei der Ausführung ihrer Arbeit unterstützen und ihnen ermöglichen sich auf ihre Kernkompetenzen zu konzentrieren.

Dies sind insbesondere Technologien zur Informationsbereitstellung wie Visualisierungssysteme, mobile Endgeräte, Tablets und Datenbrillen oder Hilfsmittel, die Berechnungen vornehmen bzw. motorisch unterstützen. Dabei reicht die Spannweite von der einfachen Anzeige von Arbeitsanweisungen über die visuelle oder multimediale Unterstützung (z. B. bei Picklistensystemen) bis hin zur kontextsensitiven Augmented Reality für den Beschäftigten.

#### Leitfrage

Durch was werden die Mitarbeiter bei ihrer Arbeit unterstützt, so dass sie sich auf ihre Kernkompetenz konzentrieren können?

#### Chancen

- » Beschleunigung der Einarbeitungsprozessen
- » Verbesserung der Produktivität
- » Erhöhung der Prozess- und Produktqualität
- » Vereinfachung der Variantenbeherrschung
- » Fehlerreduktion/-vermeidung
- » Erhöhung der Arbeitssicherheit
- » Kostensenkung durch Consumer-Produkte
- » Verbesserung der Ergonomie

#### Schlagnworte

- » Visualisierung, Augmented Reality
- » Mobile Endgeräte
- » Mensch-Maschine Interaktion
- » 3D-Druck/ Scan
- » Simulation (Produkt, Produktion)

#### Risiken

- » Fehlende Akzeptanz der Beschäftigten
- » Hohe Abhängigkeit von der IT
- » Hoher Betriebs- und Pflegeaufwand
- » Keine einheitlichen Standards / mangelnde Kompatibilität von verschiedenen Assistenzsystemen
- » Geringe Anwendungsflexibilität
- » Weiterbildungsaufwendungen » Ogf. Mitbestimmungspflichtige Systeme

#### Industrie 4.0 Anwendungen und Zugehörigkeit zu den Unternehmensbereichen



## Quick Check – Auswahl der Prioritäten

Home | Infoportal | Quick Check | Forschungsergebnisse

### Industrie 4.0 für den Mittelstand

Hier finden Sie die Ergebnisse der Studie: "Erschließen der Potenziale der Anwendungen von 'Industrie 4.0' im Mittelstand" im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

**Quick Check Industrie 4.0**  
Wie kann Industrie 4.0 zum Erreichen von Unternehmenszielen beitragen?

Der Quick Check Industrie 4.0 ermöglicht Ihnen als Unternehmer mehrere Chancen auszuwählen und zu gewichten. Auf Basis dieser Auswahl erhalten Sie einen Überblick über die Industrie 4.0 Funktionsbereiche, die zur Ausschöpfung der Chancen relevant sind. Im Infoportal haben Sie zusätzlich die Möglichkeit, genauer herauszufinden, welche Anwendungen zu einem Funktionsbereich gehören.

**Wählen Sie maximal 5 Prioritäten aus! 2**

| Aufwand reduzieren   | Flexibilität erhöhen   | Transparenz schaffen   |  |
|--|--|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>Mitarbeiter-Produktivität erhöhen</li> <li>Vereinfachte Planung und Steuerung</li> <li>Aufwand in IH und QM senken</li> <li style="background-color: #f9e79f;">Ressourcenverbrauch senken</li> <li>Bearbeitungsprozesse verbessern, stabilisieren, absichern</li> </ul>             | <ul style="list-style-type: none"> <li>Auslastung erhöhen</li> <li style="background-color: #f9e79f;">Nutzen der Potenziale und des Wissens der Mitarbeiter</li> <li>Schnelles Anlernen neuer Mitarbeiter</li> <li>Einfache Integration neuer Maschinen</li> <li>Erhöhung der Varianten- und Mengenflexibilität</li> </ul>               | <ul style="list-style-type: none"> <li>Zusammenarbeit mit Kunden, Lieferanten und Partnern verbessern</li> <li>Abstimmung zwischen den Unternehmensbereichen</li> <li>Produktionszusammenhänge</li> <li>Übersichtliche Datenstruktur ohne redundante Daten</li> <li>Variantenbeherrschung</li> </ul> |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li style="background-color: #2c4e64; color: white;">Attraktivität steigern</li> <li>Abwechslungsreiche Aufgaben</li> <li>Flexible Arbeitszeiten</li> <li>Hohe Arbeitssicherheit</li> <li>Verringerung der Belastung</li> <li>Anpassung der Arbeitsplätze an die Mitarbeiter</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li style="background-color: #2c4e64; color: white;">Kundenzufriedenheit</li> <li>Zusätzliche, neue Services anbieten</li> <li>Neue Geschäftsmodelle (Leistung statt Produkte anbieten)</li> <li>Hoher Servicegrad</li> <li>Hohe Produktqualität</li> <li>Ausweitung des Leistungsangebots</li> </ul> |  |  |

Sobald Sie alle Daten eingegeben haben, beenden Sie die Eingabe durch Klick auf Auswertung.

**Auswertung der Daten** >

Inhaltliche Erarbeitung durch

## Quick Check – Auswertung der Prioritäten

Home | Infoportal | Quick Check | Forschungsgrad

### Industrie 4.0 für den Mittelstand

Hier finden Sie die Ergebnisse der Studie: "Erschließen der Potenziale der Anwendungen von 'Industrie 4.0' im Mittelstand" im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

#### Quick Check Industrie 4.0

Wie kann Industrie 4.0 zum Erreichen von Unternehmenszielen beitragen?

Auf Basis Ihrer Auswahl erhalten Sie einen Überblick über die Industrie 4.0 Funktionsbereiche, die zur Ausschöpfung der unternehmerischen Chancen relevant sind. Im Infoportal zu den Industrie 4.0 Funktionsbereichen und Anwendungen haben Sie zusätzlich die Möglichkeit, genauer herauszufinden, welche Anwendungen dazu gehören, welches Wertschöpfungspotenzial in ihnen steckt und wie hoch der Umsetzungsstand pro Anwendung ist.

#### Industrie 4.0 Funktionsbereiche

Potenzial von 14.0 Funktionsbereichen

Unter **Datenerfassung** und -verarbeitung bilden die Grundlage für Industrie 4.0. Der Funktionsbereich **Datenerfassung** und -verarbeitung umfasst die Erhebung und Auswertung von Daten zu Prozessen, Qualität, Produkten, Beschäftigten sowie deren Umfeld. Zentral für Industrie 4.0 ist die IT-basierte **Datenerfassung** von Kunden-, Produkt-, Produktions- und Nutzungsdaten.

Klicken Sie auf den Balken, um mehr zu erfahren!



Inhaltliche Erarbeitung durch

# Forschungsradar

Home | Infoportal | Quick Check | Forschungsradar

## Industrie 4.0 für den Mittelstand

Hier finden Sie die Ergebnisse der Studie: "Erschließen der Potenziale der Anwendungen von 'Industrie 4.0' im Mittelstand" im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie.

