

# Handlungsempfehlungen „Zukünftige Rahmenbedingungen für die Industrie 4.0-Wirtschaft in Deutschland“

Stand: 12. Februar 2015



## Präambel:

Wir schreiben im Folgenden in der maskulinen Form, und zwar ausschließlich wegen der einfacheren Lesbarkeit: Wenn beispielsweise von Mitarbeitern die Rede ist, meinen wir selbstredend auch Mitarbeiterinnen.

Empfohlene Zitierweise:

GAUSEMEIER, J.; KLOCKE, F.: Industrie 4.0 – Internationaler Benchmark, Zukunftsoption und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung. Paderborn, Aachen, 2016

<b>Inhaltsverzeichnis</b>	<b>Seite</b>
<b>Akzeptanz fördern</b> .....	<b>4</b>
A1 Digital mündige Bürger .....	4
A2 Rationale Sicherheitsdebatte.....	4
A3 Risikoarm realisierbare Vernetzung .....	4
A4 Datentreuhände.....	4
A5 Digital Best Agers .....	5
A6 Flexibilisierungsausgleich Arbeitgeber- und Arbeitnehmerinteressen .....	5
A7 Kultur des Gewinnens .....	5
<b>Kompetenzen aufbauen</b> .....	<b>6</b>
K1 Digitale Souveränität .....	6
K2 Qualifikation »Industrial Security« .....	6
K3 Security by Design .....	6
K4 Resilience by Design .....	7
K5 Usability by Design .....	7
K6 Sustainability by Design .....	7
K7 Advanced Systems Engineering.....	8
K8 Interdisziplinäre Zusammenarbeit .....	8
K9 Kompetenz-Monitoring .....	9
K10 Industry Intelligence (Big Data) .....	9
K11 Facharbeiterprofile .....	9
K12 Infrastruktur für internationale Top-Talente .....	10
<b>Innovationssysteme verbessern</b> .....	<b>11</b>
I1 Schutz geistigen Eigentums .....	11
I2 Offenlegung von Schnittstellen.....	11
I3 Zugang zu Infrastrukturen .....	11
I4 Austauschmöglichkeiten für Start-Ups .....	12
I5 Spin-Offs aus Unternehmen .....	12
I6 Pioniergeist.....	12
I7 Venture Capital-Offensive Industrielle Produktion .....	12
<b>Kollaboration ermöglichen Geschäftsmodelle gestalten</b> .....	<b>14</b>
G1 Leitlinien für kollaborative Geschäftstätigkeiten.....	14
G2 Kollaborativer Technologietransfer.....	14
G3 Immaterielle Vermögensgüter .....	14
G4 Datenbestände .....	14
G5 Smart Service Entwicklungsmethodik .....	15

G6	Nutzenorientierung .....	15
G7	Vorrausschau .....	15
G8	Plattformen Industrial Content.....	16
<b>Kompetenz vermarkten Marke pflegen .....</b>		<b>17</b>
M1	Branding .....	17
M2	Reifegradbasierte Anbieterzertifizierung .....	17
M3	Gütesiegel .....	17
M4	Success Stories „Industrie 4.0“ .....	18
M5	Green- und Brownfield-Referenzfabriken .....	18
M6	Label ökologischer Footprint .....	18
M7	Gestaltung von Arbeitssystemen.....	19
M8	MMI-Standardkomponenten .....	19
M9	Ontologien für die Produktion.....	19
M10	Führend in Standardisierung .....	19

## **Akzeptanz fördern**

### **A1 Digital mündige Bürger**

Ziel ist der aufgeklärte Bürger, der die Vorteile und die Risiken der Digitalisierung erkennt und bewertet und entscheidet, welche Möglichkeiten und Dienste er nutzt. Grundlage ist eine »citizenship education« (bürgerschaftlichen Erziehung), die bereits im frühkindlichen Alter für Chancen und Gefahren von digitalen Systemen sensibilisiert und diese anhand von Anwendungsszenarien nachvollziehbar und überzeugend darstellt. Ergänzend bieten sich Aufklärungskampagnen insbesondere für »digital immigrants« an.

### **A2 Rationale Sicherheitsdebatte**

Übergeordnetes Ziel ist die Überwindung des sogenannten Privacy-Paradox, wonach ein Widerspruch zwischen der theoretischen Wertschätzung des Schutzes von persönlichen Daten und der gelebten Achtlosigkeit im Umgang mit der eigenen Privatsphäre herrscht. Dafür ist eine realistische und auf rationalen Argumenten basierende Sicherheitsdebatte in der Gesellschaft anzustoßen, die auch emotionale Akzeptanz fördert. Ähnlich wie bei der außenpolitischen Sicherheit bedarf es bei industrieller und IT-Sicherheit einer medialen Debatte, die sich mit realistischen Schutzmöglichkeiten auf allen Ebenen (technologisch, sozial, normativ) wie auch der Konkretisierung der Risiken befasst. Derzeit dominieren unrealistische Erwartungen an die Möglichkeiten der Sicherheitstechnologie. Das häufig anzutreffende Gefühl der Ohnmacht führt dazu, dass unkritische Handlungen aufgrund diffuser Ängste unterlassen, aber kritische Handlungen angesichts der Auffassung, „doch nichts anderes tun zu können“, ohne Sicherheitsvorkehrungen durchgeführt werden.

### **A3 Risikoarm realisierbare Vernetzung**

Risikoabschätzungen hinsichtlich der digitalen Vernetzung sind noch nicht hinreichend bekannt. Daher empfiehlt sich ein zweistufiges Vorgehen: Zunächst sollten kritische Systeme nur innerhalb der Fabrik vernetzt und nicht mit dem Internet verbunden werden. Zahlreiche Potentiale können in dieser Stufe bereits ausgeschöpft werden. Später, wenn sich ausreichende Sicherheitstechnologien etabliert haben und die Risiken bekannt sind, kann eine Kopplung mit externen Netzen angestrebt werden.

### **A4 Datentreuhände**

Zur Erfassung, Speicherung und Weitergabe von sensiblen Betriebsdaten, wie ergonomie- und arbeitschutz-bezogenen

Daten ist die Funktion Datentreuhänder zu schaffen. Die Daten dienen primär der Optimierung der Betriebsabläufe und der Harmonisierung der Arbeitswelt unter Aufsicht der Sozialpartner.

#### **A5 Digital Best Agers**

Ziel ist, sogenannte Best Agers länger im Arbeitsleben zu halten. Dafür ist ihnen der persönliche Nutzen von digitalen Systemen zu vermitteln und die Bereitschaft zu erzeugen, mit diesen Systemen zu arbeiten. Um das zu erreichen, bieten sich dedizierte Qualifizierungsmaßnahmen an.

#### **A6 Flexibilisierungsausgleich Arbeitgeber- und Arbeitnehmerinteressen**

Im Zuge der Flexibilisierungsmöglichkeiten durch Digitalisierung sind Modelle des Ausgleichs von Arbeitgeber- und Arbeitnehmerinteressen zu erarbeiten. Neue Flexibilisierungsformen wie der »Individual Availability Calendar« sollten systematisch eruiert, anhand von Fallbeispielen überzeugend verdeutlicht und zu übertragbaren Modellen aufbereitet werden.

#### **A7 Kultur des Gewinnens**

Wohlstand braucht Beschäftigung, Beschäftigung braucht Innovation, Innovation braucht Bildung. Oder: Gut ausgebildete Bürger gründen mit innovativen Ideen Unternehmen und sorgen damit für Beschäftigung und Wohlstand. Hierzu bedarf es einer Kultur des Gewinnens, in der Eingehen von unternehmerischen Wagnissen Anerkennung findet und Scheitern akzeptiert wird. Gute unternehmerische Handlungsweisen müssen definiert werden. Deren nachhaltige Einhaltung sollte eine gesellschaftliche Verurteilung des betroffenen Unternehmers verhindern.

## Kompetenzen aufbauen

### K1 Digitale Souveränität

In zentralen Technologiefeldern, Diensten und Plattformen sind eigene Fähigkeiten auf Spitzenniveau erforderlich (Anbietersouveränität). Gleichzeitig müssen Wirtschaft und Zivilgesellschaft selbstbestimmt zwischen alternativen Partnern entscheiden können (Anwendersouveränität). Hierfür sind ein Bedarfsprofil von Kompetenzen (Soft- und Hardwaretechnologien, konzeptuelle Forschung) und ein Angebotsprofil zu erstellen. Abhängigkeiten von zugekauften Technologien müssen identifiziert und der Grad der Nachprüfbarkeit dieser Technologien (etwa: offengelegte Verschlüsselungsverfahren versus »Black-Box« Chips) müssen ermittelt werden. Selbst entwickelte Sicherheitslösungen sind nicht notwendigerweise sicherer als verfügbare Lösungen, da diese bei mangelnder Kompetenz Sicherheitslücken aufweisen werden. Offene Sicherheitslösungen, die dem kritischen Blick der Fachöffentlichkeit unterliegen, haben in Fachkreisen einen besseren Ruf.

### K2 Qualifikation »Industrial Security«

»Industrial Security« ist weltweit Differenzierungsfaktor für Industrie 4.0-Lösungen. Derzeit mangelt es aber an entsprechend ausgebildeten Experten. Daher sollten Kompetenzzentren für »Industrial Security« forciert werden, die neben der Forschung insbesondere die Aus- und Weiterbildung in den Bereichen Anlagensicherheit (z.B. Verhinderung des physischen Zugangs zu kritischen Anlagenkomponenten), Netzwerksicherheit (z.B. Kontrollierte Schnittstellen zwischen Office- und Anlagennetzwerk) und Systemintegrität (z.B. in Automatisierungskomponenten integrierte Zugriffsschutzmechanismen) vereinen. Des Weiteren ist die Fähigkeit zu fördern, Bedrohungsanalysen durchzuführen und adäquate Schutzkonzeptionen zu erarbeiten. Basis dafür könnten Reifegradmodelle und Verfahren des Risikomanagements bilden, die auf den Aspekt »Industrial Security« ausprägen wären.

### K3 Security by Design

Security (»Angriffssicherheit«) bezeichnet den Schutz eines Objektes vor der Umgebung, d.h. die Immunität bzw. Sicherung vor Spionage, Überwachung, Manipulation, Sabotage und Ausfällen (Störungen). Ziel ist eine dedizierte Entwicklungsmethodik bestehend aus einem ausprägbaren Vorgehensmodell, Spezifikationstechniken, Risikometrie- und Modellierungstechniken (Maße der Sicherheit, Analyse von Sicherheit, Systemtheorie der Sicherheit), Analyseverfahren

und Lösungsmustern zur durchgehenden Berücksichtigung des Designaspekts Security. Diese Entwicklungsmethodik ist als integraler Teil der propagierten Forschungsaktivität Advanced Systems Engineering zu verstehen (vgl. Handlungsempfehlung K7).

#### **K4 Resilience by Design**

Resilience (Resilienz) ist die Funktion eines Systems auch bei Störungen zuverlässig aufrechtzuerhalten oder möglichst rasch in einen funktionsfähigen Zustand zurückzuführen. Ziel ist eine dedizierte Entwicklungsmethodik bestehend aus einem ausprägbaren Vorgehensmodell, Spezifikationstechniken, Modellierungs- und Simulationstechniken, Analyseverfahren (z.B. Metriken und Indikatoren zur Bewertung von Verwundbarkeit und Resilienz) und Lösungsmustern zur durchgehenden Berücksichtigung des Designaspekts Resilience. Es gilt den langfristigen Mehrwert von Resilienz für die Gesellschaft aufzeigen, Anreize für Unternehmen zu schaffen, deren Resilienz zu erhöhen und Meldepflichten im Sinne eines Frühwarnsystems einzuführen. Resilience Engineering ist als Fachgebiet zu etablieren. Die entsprechende Entwicklungsmethodik ist als integraler Teil der propagierten Forschungsaktivität Advanced Systems Engineering zu verstehen (vgl. Handlungsempfehlung K7).

#### **K5 Usability by Design**

Usability (»Benutzerfreundlichkeit«) bezeichnet die Effektivität und Effizienz der Mensch-Maschine-Interaktion sowie das Ausmaß der Zufriedenheit, mit denen Benutzer spezifizierte Ziele in vorgegebener Umgebung erreichen. Faktoren, die dazu beitragen sind einfache Erlernbarkeit (intuitive Verständlichkeit), Aufgabenangemessenheit, Berücksichtigung von Vorwissen oder Stereotypen des Verhaltens (Erwartungskonformität) sowie Fehlerrobustheit. Dabei sind länderspezifische Anforderungen und unterschiedliche Ausbildungsstände zu berücksichtigen. Ziel ist eine dedizierte Entwicklungsmethodik bestehend aus einem ausprägbaren Vorgehensmodell, Spezifikationstechniken, Modellierungstechniken, Analyseverfahren und Lösungsmustern (z.B. analog zum Consumer-Bereich die Einbindung von Usability-Experten in das operative Entwicklungsteam) zur durchgehenden Berücksichtigung des Designaspekts Usability. Diese Entwicklungsmethodik ist als integraler Teil der propagierten Forschungsaktivität Advanced Systems Engineering zu verstehen (vgl. Handlungsempfehlung K7).

#### **K6 Sustainability by Design**

Die Entwicklung von technischen und sozio-technischen Systemen muss sich am Leitbild der nachhaltigen Entwick-

lung (Sustainability) orientieren, wobei neben der ökologischen Dimension auch die ökonomische und die soziale Dimension ins Kalkül zu ziehen sind. Daraus ergibt sich für deutsche Erzeugnisse eine Möglichkeit zur Differenzierung im globalen Wettbewerb, wenngleich diese Karte in den meisten Exportmärkten erst mittel- und langfristig sticht. Ziel ist, die Nachhaltigkeit als wesentlichen Aspekt beim Entwurf technischer und sozio-technischer Systeme einzuführen. Die entsprechende dedizierte Entwicklungsmethodik ist als integraler Teil der propagierten Forschungsaktivität Advanced Systems Engineering zu verstehen (vgl. Handlungsempfehlung K7). Die Voraussetzungen, auf dem Gebiet der nachhaltigen Entwicklung einen Wettbewerbsvorteil zu erarbeiten, sind sehr gut: Bereits heute nimmt Deutschland bei der Gestaltung nachhaltiger Systeme eine führende Stellung ein; in Ergänzung dazu eröffnen sich durch Industrie 4.0-Technologien neue Perspektiven zur Förderung der Nachhaltigkeit, wie Reduzierung des Ressourceneinsatz durch Big Data-Analysen.

### **K7 Advanced Systems Engineering**

Ziel ist eine neue Schule des Entwurfs multidisziplinärer komplexer technischer und auch soziotechnischer Systeme, wie Geschäftsmodelle, die beispielsweise auf Kombinationen von Sach- (Smart Products) und Dienstleistungen (Smart Services) beruhen, und Wertschöpfungsnetzwerke. Dies erfordert neue Ausdrucksmittel (Beschreibungstechniken), Modellierungstechniken, Vorgehensmodelle sowie entsprechende Programme für Aus- und Weiterbildung. Eine wichtige Rolle spielen dabei Lösungsmuster, deren Mächtigkeit für die Systemgestaltung in unterschiedlichen Anwendungen, wie Softwareentwicklung, Entwicklung maschinenbaulicher Erzeugnisse und Entwicklung von Geschäftsmodellen deutlich wird. Die angestrebte Entwurfsschule soll dedizierte Entwicklungsmethodiken für die Aspekte Security, Sustainability, Usability und Resilience integrieren.

### **K8 Interdisziplinäre Zusammenarbeit**

Die im Zuge der Digitalisierung entstehenden intelligenten technischen und sozio-technischen Systeme beruhen auf dem symbiotischen Zusammenwirken mehrerer Fachdisziplinen – Ingenieurwissenschaften, Informatik, angewandte Naturwissenschaften, Wirtschaftswissenschaften und Sozialwissenschaften. Mehr denn je kommt es auf die Kommunikation und Kooperation der involvierten Fachleute auf dem Weg zum Innovationserfolg an. Ziel ist, die entsprechenden Mechanismen und Hebel erfolgreicher Zusammenarbeit zu erkennen und Instrumente zur Verstärkung der Kollaborationsproduktivität zu erarbeiten und zu



validieren. Die Bandbreite erstreckt sich dabei von Ausdrucksmitteln für die interdisziplinäre Zusammenarbeit (fachgebietsübergreifende Spezifikationstechniken), über Reformen und Innovationen der Aus- und Weiterbildung bis zu Modellen zur Überwindung von Defiziten in der Sozialkompetenz und des häufig anzutreffenden Widerwillens strukturiert zu arbeiten.

## **K9 Kompetenz-Monitoring**

Ziel ist es, im Sinne eines Frühwarnsystems drohende technologierelevante Kompetenzlücken in Deutschland zu identifizieren und Gegenmaßnahmen abzuleiten. Grundlage ist ein Beobachtungssystem, das einen Gesamtüberblick zu den in Deutschland vorhandenen Technik-Kompetenzen und der zukünftigen Entwicklung von innovationsrelevanten Kompetenzbedarfen sowie deren Erfolgspotentiale ermöglicht. Als breit angelegter und kontinuierlicher Multi-Stakeholder-Prozess kann ein Kompetenz-Monitoring zur Formulierung von Handlungsempfehlungen zur strategischen Absicherung und Ausschöpfung der Wertschöpfungspotentiale in Deutschland dienen.

## **K10 Industry Intelligence (Big Data)**

Im Zuge der Verwirklichung des Konzepts »Cyber-Physical-Systems« eröffnen sich erhebliche Nutzenpotentiale durch den Einsatz von Datenanalysen (Big Data), beispielsweise im Bereich der Produktionsprogrammplanung und zur Förderung der Eigenschaften von intelligenten technischen Systemen, wie Anpassungsfähigkeit und Robustheit. Das erfordert in der Industrie entsprechende Kompetenzen, die in enger Zusammenarbeit mit einschlägigen Instituten aufzubauen sind. Dafür bieten sich Maßnahmen wie Weiterbildungs- und Trainingsprogramme an.

## **K11 Facharbeiterprofile**

Die Digitalisierung der industriellen Wertschöpfung verändert die Kompetenzprofile der Facharbeiter. Für die gängigen Ausbildungsberufe, wie z.B. Mechatroniker, sind die bestehenden Kompetenzprofile mit den künftig relevanten abzugleichen. Ggf. sind auf der Grundlage des bewährten dualen Systems die Kompetenzprofile für diese Ausbildungsberufe weiterzuentwickeln, bzw. sind in Ergänzung neue Ausbildungsberufe zu kreieren.

## **K12 Infrastruktur für internationale Top-Talente**

Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen, die wesentlichen Anteil am Erfolg der deutschen Industrie haben und vielfach in ländlichen Regionen liegen, die nicht im Fokus internationaler Top-Talente sind, sind auf hochqualifizierte Fachkräfte und Top-Talente aus dem Ausland angewiesen. Ziel ist ein Bündel von Maßnahmen zur Steigerung der Attraktivität kleinerer und mittlerer Unternehmen für Fachkräfte und Talente aus den nationalen Zentren und dem Ausland. Dazu zählen Maßnahmen zur Förderung der Willkommenskultur, internationale Kindergärten und Schulen, Unterstützung bei Behördengängen etc.

## **Innovationssysteme verbessern**

### **I1 Schutz geistigen Eigentums**

Der Schutz des geistigen Eigentums wird über Schutzrechte wie Patente, Marken oder Geschmacksmuster gewährleistet. Diese Schutzformen werden neuen Formen der Zusammenarbeit bei der Generierung von Innovationen nicht gerecht. Beispielsweise verlieren Patente durch Open Source an Bedeutung. Ferner hat die Anmeldung von Patenten durch die Globalisierung kaum beherrschbare Dimensionen angenommen. Einrichtungen zum Schutz geistigen Eigentums (Patente, Marken etc.) müssen an die Rahmenbedingungen der Digitalisierung und Globalisierung angepasst werden. Neben den gewachsenen Strukturen der Patentämter sind neue Formen des Schutzes geistigen Eigentums zu etablieren. Unter anderem sind klare Richtlinien für die Verteilung des Anteils an Erfindungen in Crowdsourcing-Netzwerken sowie Urheberrechte an automatisch generierten Daten zu erarbeiten.

### **I2 Offenlegung von Schnittstellen**

Ausschreibungen von geförderten Projekten im Bereich Industrie 4.0 legen bereits jetzt Wert auf die Veröffentlichung der Schnittstellen, die für die Interaktion der Systeme der Verbundpartner entwickelt wurden. Während die Entwicklungen jedes Verbundpartners berechtigterweise zu schützen ist, sind die entwickelten Schnittstellen zwischen Systemen der Verbundpartner in einer breitenwirksamen Form offenzulegen. Die Veröffentlichung von Schnittstellen muss durch eine definierte Zuständigkeit für die Pflege und Weiterentwicklung (z.B. Release-Management) ergänzt werden. Es liegt daher nahe, die Bewilligung von Fördermitteln für Projekte, die auch Schnittstellen zum Gegenstand haben, davon abhängig zu machen, ob ein überzeugendes Konzept für die Zeit nach der Veröffentlichung der Schnittstellen existiert.

### **I3 Zugang zu Infrastrukturen**

Die Eintrittsbarrieren von Start-Ups in kostenintensive Bereiche wie die Produktion sind deutlich höher als in Bereiche wie e-Commerce, wo Infrastruktur günstiger ist und gegebenenfalls gemietet werden kann. Zu einem Industrie 4.0-Start-Up-Ökosystem gehören nicht nur Bürogebäude sowie Zugang zu Servern und dem Internet, sondern auch Produktionsumgebungen, an denen z.B. innovative Datenanalysetechniken pilotiert werden können. Entsprechende Einrichtungen sollten Start-Ups kostengünstig zur Verfügung stehen.

#### **I4 Austauschmöglichkeiten für Start-Ups**

Innovative Start-Ups haben z.B. mit Datenanalysetechnologien schon in mehreren Ländern (insb. Skandinavien, USA) Mehrwert für etablierte Firmen geschaffen. Für Kooperationen zwischen großen Unternehmen auf der einen Seite und Start-Ups auf der anderen Seite sind Erfolgsbeispiele zu dokumentieren und klare Rahmenbedingungen zu definieren. Auf Plattformen können nach den Grundsätzen des Konzepts Open Innovation entsprechende Kooperationen gestaltet werden. Dies sollte flankiert werden durch eine Untersuchung von Kooperationsmöglichkeiten zwischen Start-Ups und KMU, um eine Breitenwirkung in den etablierten Mittelstand zu fördern.

#### **I5 Spin-Offs aus Unternehmen**

Ziel ist, dass technologieorientierte Unternehmen Geschäftsgründungen ihrer Mitarbeiter unterstützen. Dadurch würde die Konsequenz einer gescheiterten Ausgründung für den Entrepreneur reduziert. Gleichzeitig partizipiert das Ursprungsunternehmen an einer erfolgreichen Geschäftsgründung ohne sein Stammgeschäft zu vernachlässigen. Unternehmen sollten systematisch Potentiale für Geschäftsgründungen von Mitarbeitern analysieren und ggf. aktiv als Kapitalgeber im Sinne einer Beteiligung fungieren. Ferner sind Unternehmen Geschäftsgründern Rückkehroptionen ermöglichen. Außerdem sollten Unternehmen für Entrepreneure flexible Arbeits- und Gehaltsmodelle entwickeln, um u.a. eine Grundsicherung für die Transformation vom Angestellten zum Unternehmer zu ermöglichen.

#### **I6 Pioniergeist**

Derzeitige Anreizsysteme in der Arbeitswelt sind überwiegend risikoavers ausgelegt; Wagnisse werden wesentlich weniger honoriert als überschaubare konventionelle Ziele und deren sichere Erreichung. Durch Anreizsysteme, die vertretbare Wagnisse honorieren, kann der Pioniergeist der Arbeitnehmer gestärkt werden. Die Anreizsysteme der Unternehmen sind nicht nur auf die klassische Zielvereinbarung und -erreichung auszulegen. Vielmehr müssen sie Mitarbeitern auch für vertretbare Wagnisse eine geeignete Entschädigung bieten. Hierzu sind eine Risikoklassifizierung von Zielen sowie Richtlinien für einen „gewissenhaften Zielerreichungsversuch“ zu definieren.

#### **I7 Venture Capital-Offensive Industrielle Produktion**

Für die Start-Up-Finanzierung werden die Phasen Seed Stage Capital (z.B. Startkapital für F&E), Early Stage Capital (z.B. Kapital für den Aufbau von Produktionskapazitäten) und Later Stage Capital (z.B. Kapital für den Ausbau der

Produktions- und Vertriebskapazitäten) unterschieden. In Europa ist derzeit mit der Ausnahme von Skandinavien nicht beobachtbar, dass Start-Ups zu großen Unternehmen heranwachsen. Ein Grund hierfür ist der Mangel an Venture Capital (VC) primär in der Phase Early Stage Capital. Dies gilt insbesondere im produzierenden Bereich. Zielführend ist ein Ökosystem europäischer VC-Firmen mit Management- und Branchenexpertise in der Produktion. Hierfür kann Kapital etwa von staatlichen Stellen oder Versorgungskassen zur Verfügung gestellt werden. Branchenexpertise könnte beispielsweise von Verbänden eingebracht werden.

## **Kollaboration ermöglichen Geschäftsmodelle gestalten**

### **G1 Leitlinien für kollaborative Geschäftstätigkeiten**

Im Zuge der Digitalisierung ergeben sich neue Formen der kollaborativ-kompetitiven Zusammenarbeit (»Co-opetition«). Unternehmensübergreifende Aktivitäten, wie beispielsweise die Verlagerung von Produktionsressourcen oder die Verteilung von Entwicklungsaufgaben, werden vermehrt ad-hoc und ohne langwierige Vertragsverhandlungen stattfinden. Ziel sind Leitlinien zur Gestaltung derartiger Wertschöpfungssysteme. Zu flankieren wäre das durch eine Methodik zur Entwicklung von Geschäftsmodellen, Fallbeispielen (Best Practices) und international anerkannte Musterverträge.

### **G2 Kollaborativer Technologietransfer**

Ziel ist eine »Matchmaker«-Plattform, die Technologieanbieter und -nachfrager zusammenbringt. Diese Plattform geht über eine klassische Kunde-Entwickler-Beziehung hinaus. Technologieanbieter finden Nachfrager ähnlich zu Kickstarter (Kickstarter bzw. kickstarter.com ist eine US-amerikanische Internetplattform zur Projektfinanzierung über Crowdfunding.). Nachfrager finden Technologiekompetenzen ähnlich zu Open Innovation-Portalen. Hierdurch werden sowohl Investitionsrisiken insbesondere für KMU sowie Rentabilitätsrisiken für einzelne Unternehmen minimiert.

### **G3 Immaterielle Vermögensgüter**

Unternehmen müssen Klarheit darüber gewinnen, welche immateriellen Vermögensgüter (Patente, Knowhow, Daten, etc.) vorhanden sind, welche Rolle diese für die Wettbewerbsposition aufweisen, welchen Aufwand deren Schutz verursacht und ob der offene Umgang damit neue Möglichkeiten eröffnet. Um dies zu erreichen, ist ein Verfahren zur Bestandsaufnahme und Bewertung notwendig.

### **G4 Datenbestände**

In industriellen Wertschöpfungsnetzwerken und in der Anwendung von Industrieerzeugnissen entstehen große und vielfältige Datenbestände, die oft Perspektiven für nutzenbringende Marktleistungen eröffnen. Vor diesem Hintergrund ist es das Ziel, Methoden zur Analyse der Potentiale zur Nutzung und Verwertung dieser Datenbestände zu entwickeln sowie entsprechende Fallbeispiele aufzubereiten.

## **G5 Smart Service Entwicklungsmethodik**

Heute ist weithin anerkannt, dass sog. Smart Services erhebliche Geschäftspotentiale aufweisen. Wie solche Dienste konkret zu ermitteln und auszugestalten sind, ist insbesondere in kleinen und mittleren Unternehmen nicht bekannt. Ziel ist eine Entwicklungsmethodik für Smart Services, die im Kern aus einem ausprägbaren Vorgehensmodell sowie aus Service- und Gestaltungsmustern besteht. Ausgangspunkt sollten die zurückliegenden Forschungsarbeiten in den Bereichen Service-Engineering und Entwicklung von hybriden Leistungsbündeln sowie die musterbasierte Geschäftsmodellentwicklung bilden. Diese Entwicklungsmethodik ist als integraler Teil der propagierten Forschungsaktivität Advanced Systems Engineering zu verstehen (vgl. Handlungsempfehlung K7).

## **G6 Nutzenorientierung**

Industrie 4.0-Lösungen werden sich nur dann im Markt durchsetzen, wenn der angebotene Technologievorteil Nutzen stiftet und dieser vom Nachfrager auch wahrgenommen wird. In diesem Sinne ist in Innovationsprojekten die Nutzenorientierung zu stärken. Ansatzpunkte dafür sind das frühzeitige Erkennen von bislang unerkannten Kundenbedürfnissen bzw. Marktanforderungen sowie die daraus resultierende Definition des sog. Nutzenversprechens im Rahmen der Geschäftsmodellentwicklung. Es ist sicherzustellen, dass die grundsätzlichen Partialmodelle eines Geschäftsmodells (Wertschöpfungsmodell, Kundenmodell und Finanzmodell) auf die Erfüllung des Nutzenversprechens und auf die Erzielung eines Gewinns ausgerichtet werden. Diese Denkweise ist insbesondere in kleine und mittlere Unternehmen zu transferieren.

## **G7 Vorausschau**

Erfolgreiche strategische Führung beruht wesentlich auf der Fähigkeit Entwicklungen von Märkten, Technologien und Geschäftsumfeldern (Branche, Zulieferer, Komplementäre, Politik und Gesellschaft) zu antizipieren, um künftige Geschäftspotentiale, aber auch Bedrohungen für das Geschäft von heute frühzeitig zu erkennen. Während große Unternehmen hier gut aufgestellt sind, ist diese Fähigkeit in kleinen und mittleren Unternehmen kaum ausgeprägt; man verlässt sich auf seine Reaktionsschnelligkeit und seine Intuition beim Treffen von strategischen Entscheidungen. Ziel ist ein Instrumentarium zur systematischen Vorausschau, und entsprechender Dienste, die es kleinen und mittleren Unternehmen ermöglichen, Vorausschau kostengünstig zu betreiben und wirkungsvoll in die Unternehmensführungs-

prozesse zu integrieren. Ein zentraler Punkt ist, dass Unternehmen mit ähnlichen Merkmalsausprägungen vorwettbewerblich kooperieren und insbesondere relevante Marktdaten und denkbare Entwicklungen von Märkten, Technologien und Geschäftsumfeldern gemeinsam erarbeiten und regelmäßig aktualisieren.

### **G8 Plattformen Industrial Content**

Deutschland verfügt über hervorragende Expertise und Ressourcen im Produktionssektor. Dazu zählen künftig vor allem auch Produkt- und Produktionsdaten. Diese werden als Industrial Content bezeichnet. Im Zuge der Digitalisierung werden Daten zu einer profitablen Ware und die Informationsgenerierung aus Daten zu einem profitablen Geschäft. Ein Großteil des Geschäfts mit Industrial Content wird über Internetplattformen abgewickelt, die als Knotenpunkt für den Datentransfer und als Marktplatz von Angebot und Nachfrage dienen können. Ziel ist, deutsche Unternehmen als Betreiber dieser Plattformen zu positionieren. Dies eröffnet sehr Erfolg versprechende Geschäftspotentiale für neue Unternehmen, aber auch für Unternehmen in klassischen Branchen wie dem Maschinenbau. Des Weiteren könnte dadurch die führende Wettbewerbsposition der deutschen Produktionsunternehmen gefestigt und ausgebaut werden.



## **Kompetenz vermarkten Marke pflegen**

### **M1 Branding**

Industrie 4.0 hat sich weltweit als Marke etabliert. Deutsche Anbieter von Industrie 4.0-Lösungen können hiervon profitieren, wenn die Assoziationen zu Industrie 4.0 in den Zielmärkten weiterhin so positiv sind. Daher bietet sich eine Marketingstrategie an, die beschreibt, wer mit welchen Zielen und Mitteln welche Zielgruppen anspricht, wie die vielschichtigen Initiativen und Aktivitäten in Deutschland zu orchestrieren sind und wie eine wirkungsvolle und schlanke Arbeitsorganisation zur Umsetzung der Marketingstrategie zu gestalten ist.

### **M2 Reifegradbasierte Anbieterzertifizierung**

Im Zuge des Industrie 4.0-Hype treten auch Anbieter auf den Plan, deren Marktleistung nicht die erforderliche Qualität aufweist und die Kompetenzdefizite haben. Zur Wahrung des mit Industrie 4.0 verbundenen sehr hohen Qualitäts- und Kompetenzniveaus ist eine Anbieterzertifizierung erforderlich. Diese soll durch unabhängige Zertifizierungsstellen durchgeführt werden und auf einem Reifegradmodell basieren. Das zu entwickelnde Reifegradmodell soll klar definierte Reifegradniveaus sowie präzise Ertüchtigungsprogramme enthalten, die einem Anbieter ermöglichen, auf das nächst höhere Niveau zu gelangen.

### **M3 Gütesiegel**

Auf dem Weg zu Industrie 4.0 werden sich neue Standards etablieren und die Produktion sowie produktionsnahe Bereiche revolutionieren. Derzeit zeichnet ein hoher Wettbewerb in der Standardisierung ab; welche Standards sich am Ende durchsetzen ist ungewiss. Unternehmen stellt dies vor eine Herausforderung: Rüsten sie ihre Produktionssysteme heute mit den falschen Standards aus, sind ihre Investitionen morgen verloren. Hieraus können mittelfristig eine Zurückhaltung bei Investitionen und schließlich ein Stocken bei der Umsetzung von Industrie 4.0 folgen. Ziel ist daher, ein Gütesiegel mit dem Arbeitstitel „Ready for Industrie 4.0“. Es drückt aus, ob die im Markt erhältlichen Produkte den Anforderungen von Industrie 4.0 gerecht werden. Mit dem Gütesiegel ausgezeichnete Produkte sind Industrie 4.0-kompatibel und langfristig Upgrade-fähig. Die Erteilung des Standards erfolgt durch eine unabhängige Zertifizierungsstelle. Für die Zertifizierung müssen interoperable Standards definiert werden, die individuell anpassbar sind.

#### **M4 Success Stories „Industrie 4.0“**

Derzeit beruhen die hohen Erwartungen an den Nutzen, die Wirtschaftlichkeit und schließlich die strategischen Vorteilhaftigkeit von Industrie 4.0 mehr auf Vermutungen denn auf allgemein verfügbaren überzeugenden Fallbeispielen. Andererseits scheint es in Unternehmen Implementierungen zu geben, die das Potential von Success Stories aufweisen. Ziel ist es, diese Anwendungen – wenn auch in abstrahierter Form – zu aussagekräftigen Success Stories aufzubereiten sowie forciert neue Success Stories zu schaffen. In diesem Zusammenhang ist besonders herauszuarbeiten, wie man zu derartigen Anwendungen kommt und ob es übertragbare, bzw. ausprägbare Lösungsmuster für Industrie 4.0 gibt. Auch hier bietet sich ein Wechselspiel mit der Handlungsempfehlung Advanced Systems Engineering an.

#### **M5 Green- und Brownfield-Referenzfabriken**

Potentiellen Anwendern von Industrie 4.0, die heute gut organisierte, effiziente Produktionssysteme haben, fällt es schwer, Anknüpfungspunkte zur digitalen Transformation zu erkennen. Referenzfabriken sind eine erfolgsversprechende Möglichkeit, dieses Defizit zu überwinden. Dafür bieten sich zwei Ansätze an: 1) Sog. Greenfield-Referenzfabriken verdeutlichen, wie auf Industrie 4.0 beruhende Produktionssysteme idealtypisch aufzubauen und in neue Wertschöpfungsnetzwerke zu integrieren sind. 2) Sog. Brownfield-Referenzfabriken adressieren die Herausforderung, dass Unternehmen Industrie 4.0 auf der Basis der heute erfolgreichen Produktionssysteme schrittweise im Sinne einer evolutionären Entwicklung einführen wollen. Diese Referenzfabriken vermitteln die Ansatzpunkte, die Lösungen und die Methodik, die zu diesen Lösungen führt, für die Gestaltung der angestrebten evolutionären Entwicklung.

#### **M6 Label ökologischer Footprint**

Das Bewusstsein für nachhaltige Produkte und Produktion steigt weltweit. Für Endkunden ist jedoch nicht zu überblicken, welche Ressourcen ein Produkt über den gesamten Produktlebenszyklus – von der Herstellung bis zum Recycling – verbraucht. Daher bietet sich ein Label an, das den gesamten sog. ökologischen Footprint eines Produktes kennzeichnet. Dieses Label geht weit über die Aussagen zum Energieverbrauch eines Energieeffizienzlabels hinaus. In Hinblick auf die Verwirklichung des Labels ist es notwendig, Sensoren in die Produkte und die im Lebenszyklus zu durchlaufenden Prozesse zu integrieren, um belastbare Daten zu gewinnen und die Basis für die Optimierung zu schaffen. Ferner liegt es nahe, die ökologische Dimension um die

ökonomische Dimension und die soziale Dimension zu ergänzen.

### **M7 Gestaltung von Arbeitssystemen**

Deutsche Unternehmen und arbeitswissenschaftliche Forschungseinrichtungen haben eine hohe Kompetenz in der ergonomischen Gestaltung von Arbeitssystemen. Vor dem Hintergrund der Bestrebungen zur Humanisierung der Arbeitswelt und zur Ausschöpfung von Rationalisierungspotentialen sowie des demographischen Wandels hat das Thema Ergonomie das Potential für ein wesentliches Differenzierungsmerkmal des Industrie 4.0-Angebots deutscher Unternehmen. Ziel ist, dieses Differenzierungspotential auszuschöpfen. Ansatzpunkte dafür wären sensorbasierte Systeme zur Optimierung der Ergonomie am Arbeitsplatz, kollaborative Roboter zur Entlastung der Werker bei der Handhabung von Lasten und Datenanalysen zur Gestaltung von Arbeitsplätzen.

### **M8 MMI-Standardkomponenten**

Der Einsatz von Standardkomponenten bei der Gestaltung der Mensch-Maschine-Interaktion in Industrie 4.0-Lösungen kann erheblich Zeit und Geld sparen und gleichzeitig einen hohen Grad an Usability ermöglichen. Ziel ist ein leistungsfähiges und ein weitgehend zukunftsrobustes Angebot von MMI-Standardkomponenten (Tablets, Datenbrillen etc.) sowie entsprechender Dienste, das die Anforderungen der industriellen Produktion erfüllt. Zunächst sind diese Anforderungen zu ermitteln. Ferner ist zu prüfen, ob aus der sehr hohen Entwicklungsdynamik der Unterhaltungselektronik Nutzen gezogen werden kann, indem diese Technologien adoptiert bzw. adaptiert werden.

### **M9 Ontologien für die Produktion**

Die deutsche Produktionskompetenz ist weltweit anerkannt. Industrie 4.0 hat das Potential deutsche Standards international durchzusetzen, wie dies beispielsweise durch ERP-Systeme mit Aspekten der Betriebslehre geschehen ist. Zentral dabei war die Entwicklung und Anwendung von Ontologien. Für die Produktion gibt es derzeit noch keine allgemein verfügbaren Ontologien. Diese müssen entwickelt und für semantische Analysen zur Optimierung der Produktionssysteme angewendet werden. Die internationale Anwendung dieser Ontologien würde einem Quasi-Standard gleichkommen.

### **M10 Führend in Standardisierung**

Standards sind notwendige Bedingung für die Umsetzung von

Industrie 4.0. Auf dem Weg zu Industrie 4.0 werden sich neue Standards etablieren und die Produktion sowie produktionsnahe Bereiche revolutionieren. Derzeit zeichnet sich ein hoher Wettbewerb in der Standardisierung ab; welche Standards sich am Ende durchsetzen ist ungewiss. Ausgehend von klar definierten übergeordneten strategischen Zielen ist das Engagement in der internationalen Standardisierung zu gestalten. Erfolg versprechend sind der verstärkte Einsatz von industriegeführten Interessenskoalitionen (z.B. Testbeds) sowie branchenübergreifende Integrationsplattformen.

Testbed: Unternehmensgetriebene Plattformen zur frühzeitigen Erprobung von Konzepten und Technologien in der realen Umgebung.