



Industrie 4.0

Foresight & Technikfolgenabschätzung zur gesellschaftlichen
Dimension der nächsten industriellen Revolution

Zusammenfassender Endbericht

Industrie 4.0

Foresight & Technikfolgenabschätzung zur
gesellschaftlichen Dimension der nächsten industriellen
Revolution

Zusammenfassender Endbericht

Institut für Technikfolgen-Abschätzung [ITA]
der Österreichischen Akademie der Wissenschaften

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Innovation Systems Department

Projektleitung: Georg Aichholzer [ITA] und Matthias Weber [AIT]

AutorInnen:

ITA Georg Aichholzer
Niklas Gudowsky
Florian Saurwein
AIT Wolfram Rhomberg
Matthias Weber
Beatrix Wepner

Literaturrecherche: Gloria Rose

Pilotstudie im Auftrag der Parlamentsdirektion

Wien, November 2015

IMPRESSUM

Medieninhaber:

Österreichische Akademie der Wissenschaften
Juristische Person öffentlichen Rechts (BGBl 569/1921 idF BGBl I 130/2003)
Dr. Ignaz Seipel-Platz 2, A-1010 Wien

Herausgeber:

Institut für Technikfolgen-Abschätzung (ITA)
Strohgasse 45/5, A-1030 Wien
www.oeaw.ac.at/ita

AIT Austrian Institute of Technology GmbH
Donau-City-Straße 1, A-1220 Wien
www.ait.ac.at

Dieser ITA-AIT Bericht erscheint in geringer Auflage im Druck und wird über das Internetportal „[epub.oeaw](http://epub.oeaw.ac.at)“ der Öffentlichkeit zur Verfügung gestellt:
epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte

ITA-Projektbericht Nr.: ITA-AIT-2

ISSN: 1819-1320

ISSN-online: 1818-6556

epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/ITA-AIT-2.pdf

© 2015 ITA – Alle Rechte vorbehalten

Inhalt

Inhalt	3
Glossar	5
Präambel	7
Zusammenfassung	9
1 Einleitung	13
1.1 Hintergrund	13
1.2 Zielsetzungen	14
1.3 Methodik und Vorgangsweise	15
1.4 Aufbau	16
2 Industrie 4.0 im Überblick	17
2.1 Chancen und Herausforderungen	17
2.2 Industrie 4.0-Initiativen in Österreich	21
2.3 Initiativen auf internationaler Ebene	24
3 Ausgewählte Wirkungsfelder	27
3.1 Auswahl	27
3.2 Aus- und Weiterbildung	28
3.2.1 Veränderungen und Herausforderungen	28
3.2.2 Zukünftige Anforderungen und Erfolgsvoraussetzungen	29
3.2.3 Handlungsbedarf und Handlungsfelder	31
3.3 Sicherheit	32
3.3.1 Veränderungen und Herausforderungen	32
3.3.2 Zukünftige Anforderungen und Erfolgsvoraussetzungen	34
3.3.3 Handlungsbedarfe und Handlungsfelder	36
4 Handlungsoptionen	39
4.1 Aus- und Weiterbildung	39
4.1.1 Förderliche Rahmenbedingungen	39
4.1.2 Reformen im Bildungssystem	40
4.1.3 Anpassung der Bildungsinhalte	41
4.1.4 Betriebliche Voraussetzungen	42
4.2 Sicherheit	42
4.2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen	43
4.2.2 Ausbau von wissenschaftlich- technologischen Kompetenzen	44
4.2.3 Schaffung von Strukturen und Organisationen zur Problembewältigung	45
4.2.4 Schaffung von Bewusstsein und Vertrauen in Sicherheitslösungen	46
5 Resümee	49
6 Literatur	51
Anhang	55

Glossar

5G	5. Generation des Mobilfunks
acatech	Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
AHS	Allgemeinbildende Höhere Schule
AIT	Austrian Institute of Technology
AK	Bundesarbeitskammer
AWS	Austria Wirtschaftsservice GmbH
BFI	Berufsförderungsinstitut
BHS	Berufsbildende höhere Schule
BMBWF	Bundesministerium für Bildung und Forschung (D)
BMVIT	Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie
BMWF	Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft
BMWi	Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (D)
CAIS	Cyber Attack Information System
CERT	Cyber Emergency Response Team
CIIS	Cyber Incident Information Sharing
CPPS	Cyber-Physical Production Systems
CPS	Cyber-Physical Systems
EC	Europäische Kommission
EFFRA	European Factories of the Future Research Association
EU	Europäische Union
F&E	Forschung und Entwicklung
F&TA	Foresight und Technology Assessment (für das Österreichische Parlament)
FEEI	Fachverband der Elektro- und Elektronik-Industrie
FFG	Österreichische Forschungsförderungsgesellschaft
FH	Fachhochschule
FMMI	Fachverband der Maschinen- und Metallwaren-Industrie
FTI	Forschung, Technologie und Innovation
HAK	Handelsakademie
HCCPPS	Humanzentrierte cyber-physikalische Produktionssysteme
HS	Hauptschule
HTL	Höhere Technische Lehranstalt
I 4.0	Industrie 4.0
ICS-CERT	Industrial Control Systems Cyber Emergency Response Team
IKT	Informations- und Kommunikationstechnologie

IoT	Internet of Things – Internet der Dinge
IPSO	Internet Protocol for Smart Objects
IT	Informationstechnologie
ITA	Institut für Technikfolgen-Abschätzung der Österreichischen Akademie der Wissenschaften
IV	Industriellenvereinigung
KET	Key enabling technologies – Schlüsseltechnologien
KIRAS	Österreichisches Förderungsprogramm für Sicherheitsforschung
KMU	Kleine und mittlere Unternehmen
M2M	Machine to Machine Communication – automatisierter Informationsaustausch zwischen Endgeräten
MEP	Manufacturing Extension Partnership (USA)
NIST	National Institute of Standards and Technology (USA)
NMS	Neue Mittelschule
NNMI	National Network for Manufacturing Innovation (USA)
PPP	Public Private Partnership – öffentlich-private Partnerschaft
PRO-GE	Produktionsgewerkschaft
RFID	Radio-Frequency Identification – automatisches und berührungsloses Identifizieren und Lokalisieren mit Radiowellen
STGB	Strafgesetzbuch
TUWin 4.0	Technische Universität Wien Industrie 4.0
Uni	Universität
VS	Volksschule
WIFI	Wirtschaftsförderungsinstitut
WSN	Wireless Sensor Networks – Sensornetz aus per Funk kommunizierenden Computern

Präambel

Das Pilotprojekt „Industrie 4.0: Foresight & Technikfolgenabschätzung zur gesellschaftlichen Dimension der nächsten industriellen Revolution“ wurde von der Direktion des österreichischen Parlaments in Auftrag gegeben und finanziert. Er ergänzt die parallel laufende Studie „Foresight und Technology Assessment für das österreichische Parlament“, in dem die Machbarkeit einer institutionalisierten Form der Unterstützung des Parlaments in Zukunftsfragen untersucht wird. Das Pilotprojekt Industrie 4.0 dient vor diesem Hintergrund als Versuch, Methoden des Foresight und Technology Assessment für das österreichische Parlament anhand eines ausgewählten Zukunftsthemas konkret nutzbar zu machen.

Das Pilotprojekt wurde von einem Projektbeirat begleitet, dem jeweils ein Mitglied der im FTI-Ausschuss des Parlaments vertretenen Klubs angehörte.

Die im vorliegenden Bericht vorgestellten Ergebnisse und Erkenntnisse wurden mittels Recherchen und in mehreren Workshops mit Ausschuss-Mitgliedern, Stakeholdern sowie ExpertInnen gewonnen. Sie wurden mit den Mitgliedern des Projektbeirats diskutiert, stellen aber keine konsensuale Position des Beirats dar, sondern spiegeln mitunter unterschiedliche Positionen wider. Dementsprechend sind die Ergebnisse des Pilotprojekts als Beitrag des Projektteams zu den weiteren parlamentarischen Debatten zur Thematik „Industrie 4.0“ zu verstehen.

Zusammenfassung

„Industrie 4.0“ (kurz I 4.0) – oft auch als „vierte industrielle Revolution“ bezeichnet – steht für eine neue Phase der industriellen Produktion. Sie ist charakterisiert durch umfassende digitale Vernetzung sowie zunehmende Selbststeuerung und -optimierung von industriellen Fertigungsprozessen über die ganze Wertschöpfungskette hinweg. Die technische Basis dafür liefert der kombinierte Einsatz einer Reihe von neuen Technologien im Rahmen sogenannter Cyber-Physischer Systeme (CPS) als Verschmelzung von materiellen und digitalen Elementen.

Von einer breitflächigen Umsetzung von I 4.0 wird eine Reihe positiver wirtschaftlicher Effekte erwartet: von Kostenreduktionen beim Ressourceneinsatz über Effizienz- und Produktivitätssteigerungen bis hin zu Qualitätsverbesserungen, zur Individualisierbarkeit von Produkten und insgesamt einer Steigerung der Wettbewerbsfähigkeit. Produktionslinien sollen sich selbstständig organisieren, an Nachfrageschwankungen anpassen und kundenspezifische Maßanfertigung ermöglichen, sodass auch bei kleiner Losgröße und hoher Variabilität rentabler als bisher produziert werden kann. Zugleich entstehen Potenziale für neue, datengetriebene Geschäftsmodelle und Dienstleistungen.

Die industrielle Sachgütererzeugung ist von zentraler Bedeutung für Wertschöpfung, Wirtschaftswachstum und Beschäftigung in Österreich und Europa. Mit I 4.0 wird auch die Hoffnung verknüpft, den Rückgang der Industriequote zu stoppen und diese auf ein höheres Niveau zu heben.

I 4.0 als Zukunftsvision ist bislang vor allem von Fragen technischer Entwicklung und Einschätzungen zu den erhofften wirtschaftlichen Effekten geprägt. Zusehends rücken auch mögliche gesellschaftliche Auswirkungen in den Blick. Bei Einführung auf breiter Linie ist etwa mit einer nachhaltigen Veränderung von Organisations- und Arbeitsstrukturen und Folgewirkungen auf betrieblicher, zwischenbetrieblicher und gesellschaftlicher Ebene zu rechnen. Hinsichtlich der konkreten sozialen Auswirkungen besteht jedoch noch hohe Ungewissheit.

Das Pilotprojekt „Industrie 4.0“ rückt deshalb die gesellschaftliche Dimension der erwarteten industriellen Umwälzung in den Mittelpunkt. Mit Hilfe von Foresight und Technikfolgenabschätzung untersuchte Chancen, Risiken und Herausforderungen zeigen sich in neun zentralen Feldern:

- *Beschäftigungseffekte* sind umstritten und es ist noch unklar, ob I 4.0 den Abbau industrieller Arbeitsplätze aufhalten bzw. kompensieren kann oder sogar beschleunigen wird.
- *Arbeitsorganisation*: hier bestehen prinzipiell Gestaltungsspielräume mit Ausstrahleffekten z.B. auf Qualifikation, Flexibilität, Arbeitszeiten.
- *Aus- und Weiterbildung*: Entwicklung und Betrieb komplexer Fertigungssysteme verlangen von Beschäftigten viele neue Kompetenzen.

Industrie 4.0

Vierte industrielle Revolution auf Basis Cyber-Physischer Systeme [CPS]

Hohe wirtschaftliche Erwartungen:

Verbesserte Produktivität und Ressourceneffizienz

Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit und Reindustrialisierung

Ungewissheit hinsichtlich sozialer Auswirkungen

Foresight und Technikfolgenabschätzung

Neun zentrale Wirkungsfelder

Überblick zu Chancen, Risiken und Herausforderungen

- *Gesundheit*: physischen Erleichterungen durch verstärkte Automation stehen neue psychische Belastungen gegenüber.
- *Ressourceneinsatz*: hinsichtlich Personaleinsatz besteht hohe Ungewissheit; beim Materialeinsatz werden Einsparungen erwartet.
- *Wirtschaft und Wettbewerb*: höhere Ressourceneffizienz und Flexibilität sowie neue Geschäftsmodelle stehen Kontrollproblemen in flexiblen Wertschöpfungsnetzen gegenüber.
- *Digitale Sicherheit* wird als erfolgskritisches Problem anerkannt, ist aber bislang noch weitgehend ungelöst.
- *Technische Standards* bilden die Voraussetzung für die notwendige Vernetzung und bestimmen damit die Durchsetzung von I 4.0.
- *Regulierung*: offene Fragen und Anpassungsbedarf beim Rechtsrahmen betreffen v.a. Haftung, Datenschutz, Arbeits- und Sozialrecht.

*Vertiefungsthemen:
Qualifizierung und
Sicherheit*

Vertiefende Analysen in zwei ausgewählten Wirkungsfeldern – Qualifizierung und Sicherheit – ergänzen den Überblick zu Chancen, Risiken und Herausforderungen in den neun Wirkungsfeldern. In beiden Feldern untersuchte aktuelle Veränderungen und zukünftige Anforderungen erlauben es, (politische) Handlungsoptionen zu identifizieren, die dazu beitragen können, Qualifizierung und Sicherheit für I 4.0 zu verbessern.

*Neue Anforderungen an
Fähigkeiten und
Kompetenzen*

Qualifizierung: I 4.0 ist mit einem umfassenden Wandel der Arbeitsprozesse und Anforderungen an die Beschäftigten verbunden. Entwicklung, Einführung, Betrieb und Kontrolle komplexer Fertigungsverfahren auf Basis datengetriebener Prozesse und neuer Geschäftsmodelle verlangen neue Qualifikationsprofile. Handlungsoptionen zur Sicherstellung einer adäquaten Qualifizierung für I 4.0 zeigen sich in vier Handlungsfeldern:

*Handlungsoptionen im
Bildungsbereich*

- *Förderliche Rahmenbedingungen*: politische Priorisierung von I 4.0 sowie Sensibilisierung im Bildungswesen, Bereitstellung und Lenkung von Fördermitteln, Initiierung und Koordination von Kooperationen, flankierende Regulierung (Arbeitsrecht, Datenschutz)
- *Reformen im Bildungssystem*: Verbesserungen bei Zugang, Durchlässigkeit und Verknüpfbarkeit von Bildungszweigen, neue Lehrangebote, Verstärkte Kombination von Theorie- und Praxisausbildung (Dualisierung), fokussierte Förderung der Fachkräfteausbildung im mittleren Bildungssegment (Lehre, BHS)
- *Anpassung der Bildungsinhalte*: digitale Basiskompetenzen, Stärkung fachspezifischer und multidisziplinärer Qualifikationen (Fertigung, Logistik, IT), Förderung überfachlicher Qualifikationen, u.a. soziale und kommunikative Kompetenzen
- *Betriebliche Voraussetzungen*: Förderung von Bildungs-, Innovations- und Partizipationskultur, Etablierung praxisnaher Lernumgebungen, Implementierung arbeitsplatznaher Weiterbildungsmöglichkeiten, Förderung des innerbetrieblichen Wissenstransfers.

*Erhebliche
Sicherheitsrisiken*

Security: Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung führen zu erheblichen Sicherheitsrisiken und Herausforderungen. Die Handlungsopti-

onen zur Etablierung und Gewährleistung hoher Sicherheitsstandards lassen sich ebenfalls in vier zentrale Handlungsfelder fassen:

- Nationaler und internationaler Rechtsrahmen: Schaffung von Rechtssicherheit, Sicherstellung von Praktikabilität, Stärkung von Akzeptanz, Verantwortlichkeit und Wettbewerb, Klärung von Haftungsfragen, Schutz sensibler Daten, Schaffung von Sicherheitsstandards, Engagement in internationalen Gremien
- Ausbau von wissenschaftlich-technologischen Kompetenzen: Schaffung von Investitionsanreizen, integrative Ansätze der Forschungs- und Innovationsförderung, ganzheitliche Qualifizierungs- und Fortbildungsprogramme, Bewusstseinsbildung zu Sicherheitsfragen bei Beschäftigten, Beratungsförderung zur Implementierung von I 4.0
- Schaffung von Organisationsstrukturen und Prozessen zur Problembewältigung: weiterer Ausbau einer leistungsfähigen IT-Infrastruktur, Weiterentwicklung von Strukturen und Organisationen zum frühzeitigen Informationsaustausch über Cyberangriffe, Evaluierung und Ausbau von Notfall- und Risikomanagementplänen, Einrichtung von Notfall-Einsatzteams und Durchführung von Notfallübungen
- Bewusstseinsbildung und Vertrauen in Sicherheitslösungen: klare und transparente rechtliche Regelungen, verlässliche Konzepte und Standards als Basis für gegenseitiges Vertrauen in vernetzten Systemen, Beseitigung von Unklarheiten bei grenzübergreifenden Regelungen, digitale Kompetenz als Kernthema in Schule und Aus-/Weiterbildung, vertrauenswürdige Labels und integrative Designprinzipien.

Handlungsoptionen im Sicherheitsbereich

Zusammenfassend deutet vieles darauf hin, dass unter dem Label I 4.0 bzw. verwandten Begriffen wie „Industrial Internet“ ein Innovations- und Rationalisierungsschub auf globaler Ebene in Gang gekommen ist, der industrielle Wertschöpfungsketten und damit Wirtschaften und Arbeiten grundlegend verändern wird. Digitalisierung und allgegenwärtige Vernetzung, Austausch und Generierung riesiger Datenmengen sowie neue Formen der Interaktionen zwischen Unternehmen, Menschen, Systemen und Maschinen sind wichtige Charakteristika dieser Entwicklung. Zugleich ist I 4.0 ein wichtiger Baustein im Zuge einer weitreichenden digitalen Transformation der Gesellschaft insgesamt. Österreich hat dabei die Möglichkeit, diese Entwicklung frühzeitig in einer sowohl wirtschaftlich erfolgreichen als auch sozial verträglichen Form mitzugestalten und davon zu profitieren. Dafür sind abgestimmte und gezielte Maßnahmen und Aktivitäten auf nationaler Ebene und – wenn möglich unter Mitgestaltung österreichischer Akteure – auf internationaler Ebene erforderlich. Erste Etappen dieses industriellen Wandels finden bereits statt; wohin er genau führen wird, ist aber noch weitgehend offen. Die Erwartungen sind sehr hoch, und ebenso das Risiko, dass sich diese nicht erfüllen. Ein Verständnis für die bestehende Ausgangsbasis, mögliche Chancen und Risiken und daraus entstehende Handlungsbedarfe ist daher essenziell.

Resümee

1 Einleitung

1.1 Hintergrund

Die Fähigkeit, international konkurrenzfähige Produkte herzustellen und Produktivitätssteigerung zu erzielen, ist zentral für das Wirtschaftswachstum eines industrialisierten, wissensbasierten Landes wie Österreich. Auch Europas wirtschaftliche Zukunft ist eng mit dem Erfolg der Industrie verknüpft. Die Sachgütererzeugung ist auch im 21. Jahrhundert eine unverzichtbare Basis für Beschäftigung und Wertschöpfung in Europa. Die EU Kommission setzte sich daher zum Ziel, den Wertschöpfungsanteil der Sachgütererzeugung von 15 % auf 20 % zu heben und so die Re-Industrialisierung Europas voranzutreiben.

Die Re-Industrialisierung Europas ist jedoch nur machbar, wenn es den europäischen Industrieunternehmen gelingt, sich an die Dynamik der globalen Nachfragemärkte und die zunehmende Individualisierung der Leistungsangebote anzupassen und entsprechende Investitionen zu tätigen. Diese Anpassungsfähigkeit erfordert einerseits eine hohe Flexibilität in der Leistungserstellung und andererseits eine hohe Wandlungsfähigkeit in Technologien, Prozessen, Ressourcen und Strukturen. Die Herstellung von Produkten in Europa ist dabei einem starken Kosten- und damit Effizienz- bzw. Produktivitätsdruck ausgesetzt.

Auf dem Pfad der Re-Industrialisierung europäischer Wirtschaftsstandorte werden große Hoffnungen in die Digitalisierung und Vernetzung der industriellen Wertschöpfungsprozesse gesetzt. Eine Entwicklung, die als „Industrie 4.0“ (im Folgenden I 4.0) bezeichnet wird und ihren begrifflichen Ursprung in Deutschland hat. Als Vision einer möglichen vierten industriellen Revolution wird Industrie 4.0 gegenwärtig intensiv diskutiert und als große Chance, aber auch Herausforderung für Industrie und Produktionsstandorte in Industrieländern gesehen.

Mit dem Anspruch, ein qualitativ neuartiges Niveau von Produktionsautomatisierung zu erreichen, hebt sich I 4.0 von bisherigen Automatisierungskonzepten ab. Grundlage für I 4.0 sind vernetzte, echtzeitfähige und selbstoptimierende Produktionssysteme. Diese verschieben die Grenzen zwischen den Bereichen Produktion, Dienstleistungen und Konsum. Direkte und automatische Datenflüsse sollen Unternehmen in Echtzeit über digitale Netzwerke verbinden. Die Vernetzung von Dingen und Diensten wird über sogenannte Cyber-Physical Systems (CPS) koordiniert und soll über das Internet stattfinden. Diese virtuellen Systeme unterstützen die Interaktion und Kommunikation und „verschmelzen“ physische und digitale Systeme zu einem kohärenten, durchgängigen und flexiblen Wertschöpfungsnetzwerk. Das übergeordnete Ziel ist die durchgängige horizontale und vertikale Integration von Prozessschritten und Prozesshierarchien zum Zweck der Erhöhung von Produktivität, Ressourceneffizienz, Qualität und Flexibilität.

Wirtschaftliche Zukunft eng mit der Entwicklung der Industrie verbunden

Re-Industrialisierung Europas

Anforderungen an die Sachgütererzeugung als Basis für Wertschöpfung

Digitalisierung der Produktion

Vernetzt

Echtzeitfähig

Selbstoptimierend

Ausgestaltung der CPS hat Konsequenzen für die Produktionspraxis und die Beschäftigten

Die Modellierung der CPS und deren Systemarchitekturen sind mitentscheidend dafür, wie I 4.0-Netzwerklösungen in der Praxis ausgestaltet sind und welche Konsequenzen sich daraus für die Beschäftigten und die zukünftige Arbeit ergeben.

Weitreichende Auswirkungen

Aus europäischer und österreichischer Perspektive ist die Weiterentwicklung von Produktions- und Prozesstechnik sowie Informations- und Kommunikationstechnologie im Rahmen von I 4.0 zentral für die Sicherung des Wirtschaftsstandorts. Zudem werden auch positive Effekte auf den Ressourcen- und Energieverbrauch sowie auf die Umwelt gesehen. In den aktuellen Debatten rücken aber auch mögliche gesellschaftliche Auswirkungen von I 4.0 zusehends in den Blick. Denn bei einer breitflächigen Einführung von integrierten Produktionssystemen ist mit einer nachhaltigen Veränderung von Organisations- und Arbeitsstrukturen mit beträchtlichen Auswirkungen auf mehreren Ebenen zu rechnen.

Vielfältige Veränderungen in verschiedensten Wirkungsbereichen

Auf betrieblicher Ebene geht es um das Zusammenspiel technischer Neuerungen, notwendiger Standards, Schnittstellen und Sicherheitsanforderungen und damit einhergehender personeller und organisatorischer Veränderungen. Letzteres betrifft vor allem Arbeitsorganisation, Personaleinsatz, Qualifikationsanforderungen und Tätigkeitsprofile. Auswirkungen auf überbetrieblicher Ebene betreffen Veränderungen in der Wertschöpfungskette, Sicherheitsfragen, Planung, Produktion und Logistik. Auf gesellschaftlicher Ebene sind Arbeitsmarkt und (Berufs-)Bildungssystem unmittelbar betroffen. Daraus ergeben sich mögliche soziale Auswirkungen wie z. B. Einkommenschancen und Beschäftigungseffekte. Weitere Wirkungsdimensionen bilden Sicherheit, Umwelt und Energiebedarf, aber auch Kontextfaktoren wie Standort- und regulatorische Rahmenbedingungen (z. B. Arbeitsrecht, Datenschutz und Haftungsfragen).

1.2 Zielsetzungen

Um eine langfristige und gesellschaftlich nachhaltige Entwicklung von Industrie 4.0 zu gewährleisten, ist daher eine Auseinandersetzung mit folgenden Fragen geboten:

Gestaltung für nachhaltige Entwicklung

- Welche Auswirkungen sind von einer Einführung von I 4.0 auf betrieblicher, überbetrieblicher und gesellschaftlicher Ebene zu erwarten?
- Welche nicht intendierten, möglicherweise gesellschaftlich unerwünschten Folgen könnten mit bestimmten I 4.0-Entwicklungen einhergehen?
- Zeigen sich Spannungsfelder, die auf einen politischen Handlungsbedarf verweisen?
- Was wären gesellschaftlich wünschenswerte Zukünfte von I 4.0 aus der Perspektive unterschiedlicher Akteure?

Vor dem Hintergrund dieser Entwicklungen und Fragestellungen soll das Pilotprojekt I 4.0 für das österreichische Parlament den Handlungsbedarf und Gestaltungsoptionen für die Einführung und die praktische Umsetzung von I 4.0 untersuchen. Es gilt, eine Abschätzung der Auswirkungen der Veränderungstrends auf unterschiedlichen Ebenen vorzunehmen und einen Diskurs zwischen unterschiedlichen Akteuren und Stakeholdern anzustoßen, um unterschiedliche Erwartungen, Anforderungen und Innovationspfade auszuloten. Darauf aufbauend sollen politische Handlungsoptionen zur langfristigen gesellschaftsverträglichen Gestaltung von I 4.0 skizziert werden.

*Abschätzung der
Auswirkungen und
Gestaltungsoptionen*

1.3 Methodik und Vorgangsweise

Das Pilotprojekt I 4.0 wurde so konzipiert, dass einerseits auf das Wissen und die Positionen von Expertinnen/Experten und Stakeholdern zurückgegriffen, und andererseits ein regelmäßiger Austausch mit Parlamentarierinnen und Parlamentariern stattfinden konnte. Zu diesem Zweck wurde das Projekt von einem Projektbeirat, bestehend aus Vertreterinnen und Vertretern des FTI Ausschusses des Österreichischen Parlaments, begleitet. Ein Experten- und Stakeholder-Workshop stellte den Austausch mit der Fach-Community sicher.

*Projektbeirat von
ParlamentarierInnen*

Als Grundlage für das Projekt wurde vom Projektteam ein Hintergrundpapier erstellt, mit dem der aktuelle Stand der Debatte zum Thema I 4.0 abgebildet wurde¹. Aufbauend auf einer Charakterisierung von I 4.0 und damit verbundener Ziele und Nutzenerwartungen wurden zentrale Wirkungsdimensionen (Chancen und Risiken), kontroverse Thematiken und damit verbundene Herausforderungen zusammengefasst. Dabei wurde insbesondere auch die Situation in Österreich vor dem Hintergrund internationaler Entwicklungen beschrieben. Die wesentlichen Wirkungsfelder von I 4.0 wurden herausgearbeitet und dienten als Grundlage für die Auswahl von zwei Scherpunktthemen (Aus- und Weiterbildung, Sicherheit), die für eine vertiefende Auseinandersetzung seitens des österreichischen Parlaments besonders angebracht erschienen. Diese Diskussion wurde im Rahmen eines Workshops mit dem Projektbeirat am 4. Mai 2015 geführt.

*Kombination von
Hintergrundanalysen
und Workshops*

Als nächster Schritt fand am 14. Juni 2015 ein Experten- und Stakeholder Workshop mit rund 40 Teilnehmerinnen und Teilnehmern statt, der sich konzentriert mit den beiden ausgewählten Schwerpunktthemen auseinandersetzte. Ergänzend zum Hintergrundpapier gaben Einleitungsvorträge

¹ Aichholzer, G.; Rhomberg, W.; Gudowsky, N.; Saurwein, F.; Weber, M; Wepner, B. (2015) Industrie 4.0 – Hintergrundpapier für den 1. Workshop am 4. Mai 2015 (1. Zwischenbericht). Bericht-Nr. ITA-AIT-1; Wien; im Auftrag von: Österreichische Parlamentsdirektion, epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/ITA-AIT-1.pdf.

zu den beiden Schwerpunktthemen² wichtige Impulse für die nachfolgenden moderierten Diskussionen in den jeweiligen Arbeitsgruppen. Thematisiert wurden dabei neben den Charakteristiken und zukünftigen Anforderungen an „Security“ und „Qualifizierung“ auch die wesentlichen Einflussfaktoren, die die zukünftige Entwicklung von „Security“, bzw. „Qualifizierung“ bestimmen werden. Vor diesem Hintergrund wurden Hinweise für Handlungsbedarfe und -optionen erarbeitet. Die Liste der Teilnehmerinnen findet sich in Tabelle 1 im Anhang.

Bewertung von Handlungsfeldern und Handlungsoptionen

Eine erste Synthese der Ergebnisse dieses zweiten Workshops diente als Grundlage für einen weiteren Austausch mit dem Projektbeirat, der sich mit einer abschließenden Bewertung der identifizierten zentralen Handlungsfelder in Österreich und möglichen Handlungsoptionen der Politik befasste. Dieser dritte Workshop mit dem Projektbeirat fand am 14. September 2015 statt.

1.4 Aufbau

Auf der Grundlage der oben skizzierten Vorgehensweise wurde der vorliegende Endbericht erarbeitet. Er fasst die wesentlichen Ergebnisse des Projekts zusammen. Im nachfolgenden Kapitel 2 wird ein knapper Überblick über die aktuelle Entwicklung der I 4.0 Thematik gegeben. Dabei werden sowohl die Hoffnungen und Erwartungen herausgearbeitet, die derzeit mit I 4.0 verbunden werden, als auch eine Reihe von Herausforderungen, die mit großen Unsicherheiten und möglichen Risiken verknüpft sind. Außerdem werden in diesem Kapitel wichtige aktuelle Initiativen auf nationaler als auch auf internationaler Ebene im Kontext von I 4.0 zusammengefasst.

Kapitel 3 konzentriert sich auf die wesentlichen Ergebnisse zu den beiden ausgewählten Wirkungsfeldern „Aus- und Weiterbildung“ (Qualifizierung) und „Sicherheit“ (Security). Aktuelle Entwicklungen und sich abzeichnende Veränderungen dienen als Grundlage, um zukünftige Anforderungen und den Handlungsbedarf für verschiedene I 4.0 Akteure zu identifizieren.

Die Handlungsoptionen, die sich in den beiden Wirkungsfeldern primär für die Politik ergeben, sind in Kapitel 4 zusammengefasst. Ein kurzes Resümee samt Ausblick schließt den Bericht ab.

Im Anhang sind darüber hinaus eine tabellarische Übersicht über aktuelle Initiativen zu I 4.0 in Österreich und eine Zusammenstellung wichtiger komplementärer Dokumente des Pilotprojekts zu finden.

² Pfeiffer, S. (2015a): Industrie 4.0. Ausbildung und Qualifizierung, Vortrag beim Workshop „Zukünftige Herausforderungen von Industrie 4.0“, Wien, 24.6.2015; Leopold, H. (2015a): Sicherheit im elektronischen Universum. Bedrohungspotenziale und Gegenstrategien für die Sicherheit bei Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), Vortrag beim Workshop „Zukünftige Herausforderungen von Industrie 4.0“, Wien, 24.6.2015.

2 Industrie 4.0 im Überblick

2.1 Chancen und Herausforderungen

I 4.0 bezeichnet die vierte industrielle Revolution. Nach der Mechanisierung der Produktion durch Dampf- und Wasserkraft (Industrie 1.0) folgten die Elektrifizierung mit dem Ausbau der tayloristischen Fließbandproduktion (Industrie 2.0) und die automatisierte Massenfertigung mit Hilfe von Elektronik und numerischer Kontrolle (Industrie 3.0). Die digitale, intelligente, vernetzte und selbststeuernde Produktion definiert nun den vierten Schritt zu I 4.0. Ermöglicht wird dies durch die Verschmelzung von Produktionstechniken mit Informationstechnologien (IT) und Internet.

Vernetzte, sich selbst steuernde Produktion

Die mit I 4.0 einhergehenden Automatisierungsschritte können disruptiver Natur sein und daher ein breites Spektrum wirtschaftlicher und sozialer Herausforderungen nach sich ziehen (vgl. Hirsch-Kreinsen u. a., 2015). I 4.0 stellt auch jene Unternehmen vor neue Herausforderungen, die bereits seit vielen Jahrzehnten Erfahrung mit neuer Automatisierungstechnik haben. „Die qualitativ neue Anforderung besteht darin, wettbewerbsstaugliche I 4.0-Lösungen *und* gute – d. h. qualifizierte, lernförderliche und gesundheitserhaltende – Arbeit in der Produktion und im Engineering zu gestalten“ (Pfeiffer 2015b, 5).

Industrie 4.0 – Hoffnungsträger mit Ungewissheiten

Mit I 4.0 werden große Hoffnungen verknüpft, den Rückgang des Industrieanteils an der europäischen Wirtschaftsleistung zu stoppen bzw. umzukehren. Derzeit ist die Industrie direkt nur noch für rd. 15 % der Wirtschaftsleistung in der EU verantwortlich. Österreich zählt mit knapp 19 % noch zu den vergleichsweise industriestarken Ländern.

Re-Industrialisierung Europas?

Die Bedeutung der Industrie geht aber über ihren unmittelbaren Anteil an der Wirtschaftsleistung deutlich hinaus, weil sie gleichzeitig die Basis für wertschöpfungsstarke Dienstleistungen bildet. Zudem haben sich Länder mit einer starken industriellen Basis als resistenter gegen die krisenhaften Entwicklungen der letzten Jahre erwiesen. Vor diesem Hintergrund hat die Europäische Kommission das Ziel einer Re-Industrialisierung Europas formuliert. Diese ist jedoch nur erreichbar, wenn es den europäischen Ländern bzw. Industrieunternehmen gelingt, sich an die Dynamik der globalen Nachfragemärkte und die zunehmende Individualisierung der Produkt- und Leistungsangebote zeitnah anzupassen und entsprechende Investitionen zu tätigen.

Mit der raschen Digitalisierung und durchgehenden Vernetzung der Produktion entfaltet sich eine Dynamik, die es Österreich und den anderen europäischen Ländern durch erfolgreiches Andocken ermöglichen könnte, wieder auf einen Industrialisierungspfad zu gelangen. Derzeit ist diese Ent-

Deutschland, USA und China wichtige Player

wicklung noch in einer frühen Phase. Innerhalb Europas gilt Deutschland als Vorreiter, während auf globaler Ebene insbesondere die USA und China wichtige strategische Initiativen in Richtung fortgeschrittener Digitalisierung der Produktion setzen.

*Zahlreiche soziale
und wirtschaftliche
Auswirkungen*

Eine solche neue Phase der Industrialisierung und Automation wird in der öffentlichen Debatte zumeist mit großen neuen Chancen in Verbindung gebracht. Allerdings ist sie auch mit zahlreichen Herausforderungen verknüpft, die nicht übersehen werden sollten, wenn I 4.0 in einer sowohl wirtschaftlich erfolgreichen als auch sozial verträglichen Form Wirklichkeit werden soll. Die Auswirkungen von I 4.0 können weitreichender Natur sein und auf gesellschaftlicher Ebene den Arbeitsmarkt (Einkommenschancen, Beschäftigung) und das (Berufs-)Bildungssystem betreffen). Als weitere Wirkungsbereiche gelten Sicherheit, Umwelt und Energiebedarf, sowie Standort- und regulatorische Rahmenbedingungen (z. B. Arbeitsrecht, Datenschutz und Haftungsfragen).

**Digitale Vernetzung von Dingen und Diensten –
Cyber-Physical Systems [CPS]**

*Ziel: Produktivität und
Effizienz erhöhen*

Grundlage für I 4.0 sind vernetzte, echtzeitfähige und selbstoptimierende Produktionssysteme. Diese lockern die Grenzen zwischen den Bereichen Produktion, Dienstleistungen und Konsum, aber auch auf der individuellen Ebene zwischen Arbeit, Konsum, Dienstleistungen und Produktion. Direkte und automatische Datenflüsse sollen Unternehmen in Echtzeit über digitale Netzwerke verbinden. Die Vernetzung von Dingen und Diensten soll über das Internet stattfinden und wird über sogenannte Cyber-Physical Systems (CPS) organisiert. Diese virtuellen Systeme unterstützen die Interaktion und Kommunikation und „verschmelzen“ physische und digitale Systeme zu einem kohärenten, durchgängigen und flexiblen Wertschöpfungsnetzwerk. Das übergeordnete Ziel ist die durchgängige horizontale und vertikale Integration von Prozessschritten und Prozesshierarchien zum Zweck der Erhöhung von Produktivität, Ressourceneffizienz, Qualität und Flexibilität.

*Produktionssysteme
werden autonom*

I 4.0 in seiner endgültigen Ausprägung bedeutet ein in hohem Maße autonomes, sich selbst konfigurierendes, sensorgestütztes Produktionssystem. In diesem Produktionssystem kommunizieren Menschen, Maschinen, Anlagen, Roboter, Logistiksysteme, Werkstücke und Materialien mittels eingebauter Hard- und Software, internetbasierter Funktechnologien sowie neuer Schnittstellen miteinander. Maschinen und Anlagen sollen durch geschickte Selbstorganisation dafür sorgen, dass individuelle Kundenwünsche effizient erfüllt werden. Arbeitsabläufe verketteten sich selbstständig und steuern das dazu benötigte Material an die richtigen Stellen.

*„Intelligente“ Produkte
helfen bei ihrer eigenen
Herstellung*

Neben „Smart Factories“ entstehen auch „Smart Products“ die über das „Wissen“ ihres Herstellungsprozesses und künftigen Einsatzes verfügen und den Produktionsprozess aktiv unterstützen. Sie selbst informieren die Maschinen über ihren aktuellen Zustand und bekommen eine künstliche

Biografie, d. h. sie kennen ihre Vergangenheit, ihren aktuellen Zustand und ihren Zielzustand.

Positive wirtschaftliche Effekte werden erwartet ...

Potenziale für positive wirtschaftliche Effekte von I 4.0 werden de facto in allen Industriezweigen gesehen, wenngleich die Nutzenerwartungen je nach Branche unterschiedlich ausfallen. Eine Umfrage unter Industriebetrieben in Deutschland zeigt beispielsweise, dass die erwarteten Umsatzsteigerungen in Branchen mit komplexen (diskreten) Produkten und vielseitigen Kundenspezifikationen wie der Automobilindustrie, dem Maschinen- und Anlagenbau, der Elektro-/Elektronikindustrie sowie der IKT-Industrie deutlich höher ausfallen als etwa in der Prozessindustrie.

*Erwartungen je nach
Branche unterschiedlich*

Das I 4.0-Konzept erscheint bislang in erster Linie als ein zentrales Thema für die großen internationalen Leitbetriebe. Trotzdem geht es darüber hinaus auch für KMU um die Frage, inwieweit die Digitalisierung ihrer Produkte und Dienstleistungen und die Integration ihrer Wertschöpfungsketten eine zunehmend entscheidende Rolle für den wirtschaftlichen Erfolg spielen wird.

*Auch für KMU eine
Herausforderung*

Die positiven Erwartungen ergeben sich zum einen aus Kostenreduktionen für Ressourcen (finanzielle, humane und materielle), denen aber hohe Anfangsinvestitionen gegenüber stehen. Zum anderen wird von I 4.0 erwartet, dass die Optimierung von Effizienz und Produktivität während des Betriebes laufend stattfindet, und zwar sowohl innerhalb des Unternehmens als auch über das gesamte Wertschöpfungsnetzwerk. Durch individualisierte Produktion, Flexibilität und hohe Qualitätsstandards soll die Wettbewerbsfähigkeit in Hochlohnländern wie Deutschland und Österreich gesteigert werden. Die digitale Vernetzung eröffnet auch neue Möglichkeiten für Geschäftsmodelle und Dienstleistungen.

*Kostenreduktion
– aber hohe
Anfangsinvestitionen*

Zudem lässt der höhere Bedarf an zukunftsweisenden I 4.0 Anwendungen eine positive Marktentwicklung für die Fabrikusstatter erwarten. Österreich hat gute Voraussetzungen im Bereich intelligenter Produktions- und Prozesstechnologien, bedingt durch eine traditionell starke Maschinenbau- und Prozesssteuerungsindustrie, gepaart mit hoher Kompetenz im F&E Bereich. Die Herstellerindustrie ist bereits überdurchschnittlich exportorientiert und möchte ihre Exporte weiter steigern.

... aber es bestehen auch hohe Ungewissheiten in Bezug auf weitere Auswirkungen

Bei aller Euphorie über die Möglichkeiten, die I 4.0-Konzepte versprechen, besteht ein hohes Maß an Unsicherheit im Hinblick auf weitere Effekte, die eine Einführung von I 4.0 nach sich ziehen könnte:

- Zweifelsohne zählen die Auswirkungen von I 4.0 auf *Beschäftigung* zu den umstrittensten, und zwar sowohl in quantitativer als auch in qualitativer Hinsicht. Es ist bislang unklar, ob I 4.0 tatsächlich den Abbau industrieller Arbeitsplätze aufhalten kann oder sogar beschleunigen wird,

*Herausforderung
Beschäftigung*

- da nicht zuletzt auch eine Effizienzsteigerung in Bezug auf den Faktor Arbeit erhofft wird. Dem erwarteten Abbau einfacher manueller Tätigkeiten steht möglicherweise sektoral eine qualitative Anreicherung der Arbeitsaufgaben gegenüber.
- Herausforderung
Arbeitsorganisation**
- In Bezug auf *Arbeitsorganisation* eröffnet I 4.0 große Gestaltungsspielräume für Unternehmen. Es wird ein breites Spektrum unterschiedlicher Muster der Arbeitsorganisation durch I 4.0 erwartet, die durch zwei Pole begrenzt werden: einer Polarisierung von Aufgaben, Qualifikationen und Personaleinsatz (polarisierte Organisation) und einer größtmöglichen Offenheit und Flexibilität auf Basis hoher Qualifikation der Beschäftigten (Schwarm-Organisation). Die Gestaltung des Einsatzes und Verhältnisses von Mensch und Maschine kann Ausstrahlungseffekte auf Flexibilität und Arbeitszeiten haben, sowie das Spannungsfeld zwischen Eigenverantwortung und Entgrenzung neu definieren.
- Herausforderung
Aus- und Weiterbildung**
- I 4.0 zieht neue Anforderungen für *Aus- und Weiterbildung* sowie generell für die Qualifikation der Beschäftigten nach sich. Die Beherrschung komplexer Fertigungsverfahren und die Entwicklung und Kontrolle datengetriebener Prozesse und Geschäftsmodelle verlangen nach neuen Fähigkeiten und Qualifikationen; dies bedingt neue Anforderungen an Ausbildungsinhalte. Eine große Herausforderung wird in einem möglichen Mangel an adäquat qualifizierten Beschäftigten für die Einführung und den Betrieb der neuen Produktionssysteme gesehen, was die Frage nach den Konsequenzen für gering Qualifizierte nach sich zieht.
- Herausforderung
Gesundheit**
- Generell steigt mit dem Einsatz von CPS der Automatisierungsgrad und körperlich schwere Aufgaben können an Maschinen übertragen werden. Insofern kann I 4.0 dazu beitragen, negative Folgen für die *Gesundheit* von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmern zu vermeiden. Neue gesundheitliche Risiken sind bislang nur wenig erforscht; eine stärkere Verdichtung der Arbeit und höhere Verantwortung kann allerdings zu höheren psychischen Belastungen führen.
- Herausforderung
Ressourcen**
- Ein effizienterer *Ressourceneinsatz* wird als eines der zentralen Argumente für I 4.0 angesehen, auch wenn bisherige Abschätzungen ein hohes Maß an Unsicherheit aufweisen. Während in Bezug auf den Materialeinsatz von positiven Effekten ausgegangen werden kann, sind die erwarteten Konsequenzen für den Personaleinsatz in Unternehmen ambivalent.
- Herausforderung
Wettbewerb**
- Im Hinblick auf *Wirtschaft und Wettbewerb* werden ebenfalls zahlreiche positive Effekte erwartet, die sich aus der verbesserten Ressourceneffizienz, der höheren Flexibilität und den neuen digitalen Geschäftsmodellen ergeben. Die zunehmende Dezentralisierung in flexiblen Wertschöpfungsstrukturen zieht allerdings auch Kontrollprobleme nach sich, die bislang nur in Ansätzen verstanden sind.
- Herausforderung
Sicherheit**
- Digitale *Sicherheit* wird zwar als wichtige und erfolgskritische Problematik anerkannt, ist aber bislang als eine weitgehend ungelöste Frage anzusehen. Neben den technischen Sicherheitsaspekten der Vernetzung und Automatisierung gelten mangelndes Sicherheitsbewusstsein

und fehlende Akzeptanz von Cybersecurity-Lösungen als wichtige Ansatzpunkte für die Verbesserung der Sicherheit von I 4.0-Prozessen.

- Voraussetzung für die horizontale und vertikale Vernetzung sind klar definierte *technische Standards*, um einen reibungsfreien maschinen-, system- und software-übergreifenden Informationsaustausch zu ermöglichen. Die Etablierung derartiger Standards bestimmt daher die Möglichkeit und Geschwindigkeit, mit der sich I 4.0-Konzepte durchsetzen können.
- I 4.0 wirft neue Fragen in Bezug auf rechtliche Rahmenbedingungen und *Regulierung* auf. Bestehende Regulierungen können sich als Barrieren erweisen. Es kann aber auch ein Bedarf an neuen Regulierungen erwachsen, um Rechtsicherheit für I 4.0 zu schaffen oder Risiken zu reduzieren. Zu zentralen Bereichen, in denen durch I 4.0 ein Anpassungsbedarf entsteht, zählen Haftung und Datenschutz sowie Arbeits- und Sozialrecht.

Die hohen Erwartungen, die mit I 4.0 in Bezug auf das Ziel einer Re-Industrialisierung verbunden werden, sind daher vor dem Hintergrund der verschiedenen Sekundäreffekte und Unsicherheiten mit Vorsicht zu betrachten. Auch darf die Wirkung wichtiger Entwicklungen technologischer oder globaler Natur im Umfeld nicht aus den Augen verloren werden. Vertiefende Analysen sind erforderlich, um die Bandbreite an möglichen Auswirkungen, Chancen und Risiken sowie Handlungsoptionen besser abschätzen zu können. Allerdings sollte auch klar sein, dass es kaum noch um die Frage gehen kann, ob I 4.0-Konzepte die Wirtschaft der Zukunft prägen werden oder nicht, sondern dass es angesichts der globalen Entwicklungsdynamik vor allem um die Frage gehen sollte, wie und mit welchen strategischen Zielen und Begleitmaßnahmen die Entwicklung hin zu I 4.0 ausgestaltet werden kann.

*Herausforderung
Standardisierung*

*Herausforderung
Regulierung*

*Hohe Erwartungen mit
Vorsicht betrachten*

*Welche Entwicklung
von I 4.0 wollen wir
gestalten?*

*Vertiefende Analysen
zu bestimmten
Wirkungsfeldern
erforderlich*

2.2 Industrie 4.0-Initiativen in Österreich

In Österreich ging einer der ersten Anstöße zur Auseinandersetzung mit I 4.0 von der Initiative „TUWin 4.0“ aus, die im Frühjahr 2013 an der TU Wien gestartet wurde. Ende 2014 wurde auf Anregung der Industrie und auf Initiative des BMVIT zudem eine nationale „Plattform Industrie 4.0“ auf den Weg gebracht. Ende Juni 2015 wurde der Verein „Industrie 4.0 Österreich – die Plattform für intelligente Produktion“ gegründet. In der Plattform sollen bestehende und zukünftige Aktivitäten, Initiativen und Maßnahmen auf Bundes- und Landesebene vernetzt, abgestimmt und koordiniert werden. Gründungsmitglieder des Vereins sind das Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (BMVIT), die Industriellenvereinigung (IV), die Bundesarbeitskammer (AK), die Produktionsgewerkschaft (PRO-GE), der Fachverband der Maschinen- und Metallwaren-Industrie (FMMI) und der Fachverband der Elektro- und Elektronik-Industrie (FEEL).

*BMVIT initiiert Nationale
Plattform Industrie 4.0*

*Ziel: Konkurrenzfähige
Produktion und
qualitätsvolle
Beschäftigung*

Die Plattform soll einen Beitrag zur Sicherung bzw. Schaffung von konkurrenzfähiger Produktion und qualitätsvoller Beschäftigung auf hohem Niveau leisten und Österreich als zukunftsfähigen Produktionsstandort stärken. Zukünftige Entwicklungen und Innovationen in der industriellen Produktion (I 4.0) sollen bestmöglich für sämtliche Beteiligte genutzt und Risiken minimiert werden.

Vier Arbeitsgruppen der Plattform widmen sich den Themen „Mensch in der Produktion“, „Forschung, Entwicklung und Innovation“, „Kommunikation, Rahmenbedingungen und Analytik“ sowie „Regionale Strategien“.

*I 4.0 Stiftungs-
professuren und
Pilotfabriken als neue
Förderinstrumente*

Das BMVIT investierte seit 2004 insgesamt € 1 Mrd. für die Erforschung und Entwicklung von Technologien und Prozessen, die auch Grundlagen für I 4.0 bilden (Wiesmüller 2014). 2015/2016 sollen seitens des BMVIT rund € 250 Mio. an Förderungen in die Verbesserung der Leistungsfähigkeit der Industrie fließen (Zimmermann 2014, EC 2015a). Investiert werden die Mittel nicht nur in F&E Förderprogramme wie bspw. „Produktion der Zukunft“, „IKT der Zukunft“ und „FFG Basisprogramme“ sondern auch in I 4.0 Stiftungsprofessuren und I 4.0 Pilotfabriken.

Die erste dieser Pilotfabriken eröffnete Ende August 2015 im Technologiezentrum aspernIQ. Auf Initiative des BMVIT und mit Unterstützung der Stadt Wien entwickelt die Technische Universität Wien eine Fabrik, in der heimische Unternehmen experimentieren und Erfahrungen sammeln können, um sich so auf die Zukunft der Industrieproduktion einzustellen. Inhaltlich soll sich die Fabrik v.a. mit humanzentrierten cyber-physikalischen Produktionssystemen (HCCPPS) auseinandersetzen und schnell umsetzbare Lösungen für KMU identifizieren (Gerhard 2014). Die Pilotfabrik soll darüber hinaus auch als Lernlabor für die Aus- und Weiterbildung genutzt werden. Insgesamt werden bis 2017 4 Mio. Euro in die Pilotfabrik investiert. Die Hälfte davon wird vom BMVIT finanziert, den Rest investieren die TU Wien und beteiligte Unternehmen (TU Wien 2015). Bis 2017 soll die Pilotfabrik weiter wachsen: Die Wirtschaftsagentur Wien plant in unmittelbarer Nachbarschaft zum aktuellen Standort eine eigene Fabrikhalle für die Pilotfabrik zu errichten. Bis 2017 sollen drei weitere Pilotfabriken in anderen Teilen Österreichs eröffnet werden. Die Ausschreibung dazu plant das BMVIT für Ende 2016.

Im Herbst 2014 förderten BMVIT und die Marshallplanstiftung mit insgesamt € 5 Mio. drei Stiftungsprofessuren für Produktion und I 4.0. Jeweils eine in Tirol, der Steiermark und Wien (siehe Anhang). Sie sollen die Kooperation zwischen Wissenschaft und Industrie sowie das Ausbildungsangebot verbessern (BMVIT 2014b). Im Jahr 2015 wurden vier weitere Stiftungsprofessuren in den Bereichen Logistik, Data Science, Integration und Flexibilisierung und Leichtbau/Werkstoffe ausgeschrieben, die u.a. dem Thema I 4.0 gewidmet sind (FFG 2015).

*Breitbandmilliarde
beschleunigt Ausbau der
erforderlichen
Infrastruktur*

Darüber hinaus fördert die sogenannte Breitbandmilliarde den Ausbau des Hochgeschwindigkeitsinternets bis 2020, das eine Voraussetzung für die Vernetzung in I 4.0 bildet; 2015 sollen € 300 Mio. investiert werden (BMVIT 2014a).

Neben dem BMVIT ist auf nationaler Ebene auch das BMWFW in Sachen I 4.0 förderpolitisch und koordinativ tätig und unterstützt thematische Schwerpunktsetzungen in etlichen F&E Programmen, welche von der FFG und der AWS abgewickelt werden. Dazu zählt die Förderung von Projekten zu I 4.0 in den FFG Programmen „Dienstleistungsinitiative“, und „Forschungskompetenzen für die Wirtschaft“ mit insgesamt rd. € 15 Mio. an Fördermitteln für die Jahre 2014 und 2015, sowie „Research Studios Austria“ mit € 10,6 Mio. in der Ausschreibung Herbst 2015. Im AWS-Förderprogramm „proTrans – I 4.0“ stehen seitens des BMWFW für die Jahre 2014/15 rd. € 6 Mio. an Fördermitteln für I 4.0 Projekte zur Verfügung. Zudem wurden im Mehrjahresprogramm des ERP € 50 Mio. für Kredite im Schwerpunkt „Zukunft I 4.0“ reserviert. Weiters hat die Nationale Clusterplattform, welche vom BMWFW im Jahr 2008 initiiert wurde, Industrie/Produktion 4.0 als eigenen Schwerpunkt definiert und seit Sommer 2014 eine eigene Arbeitsgruppe „I 4.0 und innovative Dienstleistungen“ eingerichtet (BMWFW 2015).

*BMWFW setzt I 4.0
Schwerpunkte in
Förderprogrammen*

Aktivitäten zum Thema „Digitaler Wandel“ setzt gegenwärtig auch der Österreichische Bundesrat. Gemeinsam mit der Demokratieplattform „#besserentscheiden“ werden seit Sommer 2015 Ideen zum Thema „Digitaler Wandel und Politik“ gesammelt und begleitend in Diskussionsveranstaltungen erörtert. Im Mittelpunkt steht die Frage, welche rechtlichen und politischen Änderungen erforderlich sind, um den digitalen Wandel in Gesellschaft und Wirtschaft als Chance zu nutzen. Das Thema I 4.0 findet dabei explizit Erwähnung. Als konkretes Ergebnis aus diesem Prozess wird ein Grünbuch erarbeitet, welches zur Vorbereitung einer Bundesrats-Enquete dienen soll. Ende 2015 sollen seitens des Bundesrates konkrete Forderungen an die Bundesregierung und den Nationalrat beschlossen werden (#besserentscheiden 2015).

*Bundesrat erarbeitet
Grünbuch zum Thema
„Digitaler Wandel“*

Seitens der Industrie gibt es mit Unternehmen wie Infineon Austria, Siemens oder AT&S einige I 4.0-Vorreiter in Österreich. So wurde im September 2014 am Villacher Standort von Infineon mit der Errichtung des „Pilotraum I 4.0“ begonnen. Insgesamt werden bis 2017 € 290 Mio. in die Standorterweiterung sowie in dafür erforderliche Forschung und Entwicklung in Villach investiert. In diesem neuen Fabriksteil I 4.0 soll ein neues Konzept mit interagierenden automatisierten Fertigungssystemen und digitalen Informationstechnologien realisiert werden (Austria Innovativ 2014, economy austria 2014).

*Industrielle Vorreiter
pilotieren neue Konzepte*

Auf Ebene der Bundesländer gelten Oberösterreich, aber auch die Steiermark als Vorreiter bei I 4.0 Initiativen. Oberösterreich soll zur Modellregion I 4.0 ausgebaut werden (Wasserfaller 2014) und im Juli 2014 wurde die „Plattform I 4.0“ gegründet. Die Industriellenvereinigung sieht günstige Voraussetzungen in Oberösterreich für den Umstieg auf I 4.0, da die Schwerpunkte der klassischen Ingenieursdisziplinen, Logistik und IT schon vorhanden sind und nur noch vernetzt und ausgerichtet werden müssen (IV Oberösterreich 2013). Eben solches gelte für die „Innoregio Süd“, das Innovationsnetzwerk der Steiermark & Kärntens (IV 2014). Die Steiermark und Oberösterreich wollen gemeinsam eine Modellregion ein-

*Auch die Bundesländer
sind in Sachen I 4.0
vielfältig aktiv*

richten und auch in der regionalen Förderpolitik stärker kooperieren, um Kompetenzen von Leitbetrieben und Forschungseinrichtungen zusammenzutragen (Bast 2014). Für KMU wird großes Potenzial im Dienstleistungsbereich gesehen.

Ein Überblick über die wesentlichen I 4.0 Aktivitäten/Netzwerke auf Bundesländerebene gibt Tabelle 2 im Anhang (Industriemagazin 2015).

2.3 Initiativen auf internationaler Ebene

Eine der erklärten Prioritäten der Europäischen Kommission ist die Einrichtung eines einheitlichen digitalen Marktes, dazu gibt es derzeit 16 Initiativen (EC 2015f). Zusätzlich hat die Europäische Kommission die Digitalisierung der Industrie und eine entsprechende Innovationsstrategie für die europäische Sachgüterproduktion in jüngster Zeit zu einer hohen Priorität erklärt. Neben einer Reihe von EU-Initiativen³ laufen nationale Initiativen z. B. in Deutschland, Finnland, Polen, den Niederlanden, UK, Belgien, Frankreich, Portugal, Spanien, Griechenland, Italien und Österreich.

EU-Initiativen zur Digitalisierung der Produktion

EU-Initiativen sollen vor allem auch mit nationalen verknüpft werden (EC 2015a). Das *Strategische Policy Forum Digitales Unternehmertum* erarbeitete einen Plan für die digitale Transformation der europäischen Wirtschaft (EC 2015e). Eine EU-Task Force für Advanced Manufacturing soll einen Beitrag zur Modernisierung der Fertigungsunternehmen innerhalb der EU leisten. Advanced Manufacturing zählt zu einer der sechs Schlüsseltechnologien (Key Enabling Technologies, KETs), welche als Basis für Innovation in allen industriellen Branchen gelten. Die Europäische Kommission fördert Investitionen in KETs und für KMU den Zugang zu KETs-Technologieplattformen (EC 2015b, c, d). Die Entwicklung innovativer Technologien innerhalb der Fertigungsindustrie wird durch die European Factories of the Future Research Association (EFFRA) gefördert, eine Gründung durch die Technologie-Plattform MANUFUTURE und zentrale Industrieverbände. EFFRA errichtete die öffentlich-private Partnerschaft „Factories of the Future PPP“ mit dem Ziel, europäische KMU in der Anpassung an den globalen Wettbewerbsdruck durch die Entwicklung von Schlüsseltechnologien zu unterstützen (Günther 2014).

Automatisierter Datenaustausch als Indikator für Umsetzung

Indikatoren für Digitalisierungsfortschritte sind z. B. der automatisierte Datenaustausch zwischen produzierenden Unternehmen, Zulieferern und Kunden oder die Verwendung von RFID-Technologie⁴. Dazu gibt es in Europa auch viele Bemühungen von Industrie, Wissenschaft und Politik, um die Bereiche M2M (Machine to Machine), WSN (Wireless Sensor Networks) und RFID (Radio-Frequency Identification) im Rahmen von Inter-

³ Als Beispiele sei auf Application PPPs, I4MS, Smart Anything Everywhere – SAE, ICT PPPs verwiesen.

⁴ Der Anteil der Unternehmen mit automatisiertem Datenaustausch liegt in den Mitgliedstaaten in einer Bandbreite von 8 % in Rumänien, 18 % in Österreich bis 26 % in Dänemark (Eurostat 2014)

net of Things (IoT)-Initiativen zu fördern⁵ (Gubbi et al. 2013; IERC 2015). Zum Stand der Umsetzung von I 4.0 auf internationaler Ebene mangelt es aber noch an soliden und vergleichbaren Daten⁶.

Nach Gründung durch Industrieverbände 2013 übernahmen 2015 zwei Bundesministerien – BM für Bildung und Forschung sowie BM für Wirtschaft und Energie – die Koordination der deutschen Plattform I 4.0. Sie stellen insgesamt € 200 Mio. an Forschungsgeldern zur Verfügung. Schwerpunkte liegen auf KMU, Standards, IT-Sicherheit und Qualifikation (BMW 2014, 2015; BMBF 2015a; BMBF 2015b). Derzeit laufen etliche I 4.0 Projekte und Initiativen auf Länderebene, z.B. in Baden-Württemberg, Bayern und Thüringen sowie in Regionalverbänden (Plattform I 4.0, 2015). Die Fraunhofer-Gesellschaft hat den international offenen Datenraum „Industrial Data Space“ gegründet. Durch die Einhaltung gemeinsamer Standards bekommen Unternehmen Zugang, der ihnen dabei helfen soll, sichere Lösungen für die Digitalisierung und sich verändernde Produktions- und Geschäftsprozesse zu finden (Fraunhofer 2015). Bis 2016 sollen in Deutschland vier Demonstrations- und Pilotanwendungen für Industrie 4.0 entstanden sein (Schneider 2014a). Die Breite der deutschen Industrieunternehmen und damit KMU stehen Industrie 4.0 aber auch kritisch gegenüber (acatech 2013, DB 2014).

Großbritannien und Deutschland fördern gemeinsam mit € 100 Mio. die Entwicklung eines schnelleren mobilen Internetzugangs (5G) (BBC 2014), eine Grundlage für IoT. In Coventry entstand durch Siemens und Hewlett-Packard 2014 eine erste digitale Fabrik (Nathan 2014). Das Innovationszentrum für hochwertige Produktion versucht Unternehmen zu unterstützen um I 4.0 Anwendungen zur Marktreife zu bringen (Catapult 2015).

Vorläufig lässt sich der Umsetzungsfortschritt v. a. anhand der Entwicklung strategischer Förderprogramme und Innovationsplattformen verfolgen. In den USA, China, Südkorea, Japan und Australien gibt es große Initiativen von Industrie und Regierungen, um das IoT weiterzuentwickeln; dazu gehören auch Smart City-Initiativen, Smart Grid-Programme mit Smart Metering-Technologien und die Einführung des Breitbandinternets (acatech 2013; Gubbi et al. 2013; Shin 2014; GSA 2014, Yanrong et al. 2014). Seit 2008 arbeitet die IPSO Alliance mit über sechzig Mitglieds-

*Deutschland: Plattform
Industrie 4.0*

*Vier Demonstrations-
fabriken bis 2016*

KMU mit Vorbehalten

*Erste digitale Fabrik in
Großbritannien*

*Förderprogramme
international*

⁵ Es sei an dieser Stelle nur auf ausgewählte Beispiele verwiesen. Neben mehreren großen in den Rahmenprogrammen geförderten Forschungsprojekten zu IoT (z.B. CASAGRAS2, IoT-A) forscht auch das European Research Cluster on the Internet of Things (IERC) zu zukünftigen IoT Lösungen. Andere Initiativen entwickeln große Testumgebungen in Spanien, England, Deutschland, Serbien und Australien (IoT-Initiative, Smart Santander-Projekt). Im italienischen Projekt Netergit werden neue Ansätze für IoT-Infrastrukturen erforscht (Shin 2014). 2015 richtete Spanien „Startup boot camp“ ein, um IoT-orientierte Unternehmen und Innovationen zu fördern.

⁶ Zu möglichen Indikatoren für Umsetzung auf Unternehmensebene zählen: vermehrter Einsatz von Informationstechnologien, Modellierungen und Simulationen, automatisierter Datenaustausch zwischen Produktionsunternehmen, innovatives Management globaler Lieferketten oder erhöhte Flexibilität der Fertigung (Shipp et al. 2012)

unternehmen daran, das Internetprotokoll als Grundlage für die Kommunikation von intelligenten Objekten zu etablieren.

*Cyber Physical Systems
als US-Version von
Industrie 4.0*

In den USA hat die Obama-Administration 2011 über \$ 500 Mio. in die Advanced Manufacturing Partnership investiert (White House 2011). Im Jahr 2013 wurde die Finanzierung von Projekten zu Advanced Manufacturing erhöht und ein „National Network for Manufacturing Innovation“ (NNMI) etabliert (Kurfuss 2014). Insgesamt standen für das Jahr 2013 \$ 2,2 Mrd. zur Modernisierung der Fertigungsindustrie zur Verfügung (Sabo 2015). Das NIST (National Institute of Standards and Technology) leitet das Advanced Manufacturing National Program mit dem Ziel, Technologien in der Fertigungsindustrie durchzusetzen. Hierzu wurde ein Rahmen für die Standardisierung von Systemen entwickelt (NIST 2015). Seit 2009 fördert die National Science Foundation Projekte zu „Cyber-Physical Systems“ (Hinrichsen & Jasperneite 2013). Auch in den USA wird die Einbindung von KMU als zentral für die Umsetzung von I 4.0 gesehen, vor allem über die Schirmorganisation Manufacturing Extension Partnership (MEP).

*China:
weltweit größter
M2M Markt*

China macht große Fortschritte im Bereich des IoT und steht nach Ansicht mancher Experten in dieser Hinsicht vor Europa und den USA. Asien verfügt über 50 Mio. Machine to Machine (M2M)-Verbindungen, mehr als ein Viertel des weltweiten M2M-Markts im Jahr 2013, und hat zurzeit den größten regionalen M2M-Markt (GSMA 2014). China verfolgt den „National IoT Plan“ des Ministeriums für Industrie und Informationstechnologie (Shin 2014). Zentrale Themen sind Smart Grid, intelligenter Transport, Smart Logistik, Smart Home, Industriesteuerung und Automation, Gesundheitspflege und Verteidigung. 2014 wurde ein mit € 7,5 Mrd. dotierter Smart City-Fonds angekündigt (CBR 2014). Zur Entwicklung eines schnelleren mobilen Internets (5G bis 2020) trafen die Europäische Kommission und China eine Abmachung, bei der europäische Telekommunikationsfirmen besseren Zugang zum chinesischen Markt und zu chinesischer Forschungsförderung bekommen sollen (EC 2015g).

3 Ausgewählte Wirkungsfelder

3.1 Auswahl

Der Auftrag für das Pilotprojekt Industrie 4.0 sah vor, neben einem Überblick über die wichtigsten gesellschaftlichen Wirkungsfelder eine vertiefte Auseinandersetzung mit zwei dieser Felder zu leisten, um die Bandbreite an möglichen Auswirkungen, Chancen und Risiken sowie Handlungsoptionen besser abschätzen zu können. Die Auswahl wurde auf der Grundlage eines ersten Vorschlags seitens des Projektteams durch die Mitglieder des Projektbeirats getroffen.

Zu den wesentlichen Auswahlkriterien zählten zum einen die erwartete Reichweite gesellschaftlicher Folgewirkungen durch I 4.0 im jeweiligen Themenbereich und zum anderen der Grad an Ungewissheit in Bezug auf zukünftige Herausforderungen und Spannungsfelder, und damit auch der Klärungsbedarf hinsichtlich möglicher Gestaltungsoptionen. Besonderer Klärungsbedarf wurde anhand dieser Kriterien in den Bereichen Arbeit und Beschäftigung, Aus- und Weiterbildung, Safety und Security, sowie neue Geschäftsmodelle gesehen. Die Entscheidung der Mitglieder des FTI-Ausschusses fiel nach einer individuellen Prioritätenreihung auf die Auswahl von Aus- und Weiterbildung und Sicherheit als Wirkungsfelder für die vertiefende Untersuchung:

- **Aus- und Weiterbildung:** Der Themenkomplex Aus- und Weiterbildung bzw. Qualifizierung bedarf wegen seiner weitreichenden gesellschaftlichen Folgewirkungen einer vertieften Untersuchung. Denn mit der Einführung integrierter Produktionssysteme dürfte ein nachhaltiger Wandel im Verhältnis von Mensch und Maschinen, für Organisations- und Arbeitsstrukturen und damit auch für Qualifizierungsanforderungen einhergehen, dessen Folgewirkungen noch kaum absehbar sind. Zudem prallen im Bereich der Aus- und Weiterbildung besonders widersprüchlich und heterogen eingeschätzte Perspektiven aufeinander. Bei der Bearbeitung des Schwerpunktthemas Aus- und Weiterbildung gilt es Verknüpfungen zum Thema Arbeit und Beschäftigung herzustellen.
- **Sicherheit:** Die Auswirkungen auf Sicherheit im Sinne von Security verdienen eine vertiefende Beleuchtung, weil Industrie 4.0 aufgrund von Automatisierung und Vernetzung eine neue Qualität von Abhängigkeiten und Risiken für Produktionssysteme sowie sensible Personen- und Unternehmensdaten entstehen lässt. Ohne eine Gewährleistung entsprechender Sicherheitsstandards wäre eine weitreichende Realisierung von Industrie 4.0-Lösungen fragwürdig.

*Weiterer Klärungsbedarf
in den Bereichen:*

Neue Geschäftsmodelle

*Arbeit und
Beschäftigung*

Aus- und Weiterbildung

Safety und Security

3.2 Aus- und Weiterbildung

3.2.1 Veränderungen und Herausforderungen

Als systemische Innovation bedingt Industrie 4.0 einen umfassenden Wandel der Arbeitsprozesse und Anforderungen an die Beschäftigten. Für den Übergang zu I 4.0 und den erfolgreichen Betrieb von digital vernetzten, selbstgesteuerten Produktionssystemen werden daher geeignete Qualifikationen und damit Aus- und Weiterbildung eine zentrale Rolle spielen. Entwicklung, Einführung, Betrieb und Kontrolle komplexer Fertigungsverfahren auf Basis datengetriebener Prozesse und neuer Geschäftsmodelle verlangen neue Fähigkeiten und Kompetenzen (PwC 2014; Wiesmüller 2014; Fidler 2015). Herausforderungen bestehen vor allem in der Bewältigung eines möglichen Mangels an adäquat qualifizierten Beschäftigten für die Einführung und den Betrieb der neuen Produktionssysteme. Damit stehen auch die Aus- und Weiterbildungsangebote der unterschiedlichen Bildungsstufen auf dem Prüfstand.

Neue Qualifikationsanforderungen und zunehmender Bedarf an technischen Qualifikationen

Die Konvergenz von mechanischen, elektronischen und softwarebasierten Komponenten, die neue Rolle umfassender Datenanalyse, der vermehrte Einsatz von Robotik, die signifikant steigende Komplexität sowie der dynamische Wandel von I 4.0-Systemen bedingen stark veränderte Anforderungen. Generell wird in den Anwendungsfeldern von I 4.0 technischen Qualifikationen eine verstärkte Bedeutung zukommen. Dazu zählen v.a. höhere IKT-Kenntnisse, Kompetenzen zur Gestaltung komplexer Innovationsprozesse und zur interdisziplinären Entwicklung von Produktionssystemen (IT- und Fertigungstechnik) sowie Fähigkeiten zur Kommunikation mit Maschinen und vernetzten Systemen. Prognostiziert wird ein steigender Bedarf an mathematischen, naturwissenschaftlichen und technischen Vorkenntnissen, an Softwareentwicklern und Datenanalysten (PwC 2014, 37f.) sowie an Fachkräften im Bereich Operational Technology (Dirnberger 2015). Die Fähigkeit, Interaktionen zwischen virtuellen und realen Systemen zu organisieren und zu koordinieren gewinnt an Bedeutung (acatech 2013, 55-56; Ovtcharova et al. 2014, 56).

Verschränkung von Fach- und Erfahrungswissen

Zentrale Herausforderung ist es dabei, die Offline- und die Online-Seite von CPS in deren Gestaltung und im täglichen Betrieb aufeinander beziehen zu können (Pfeiffer 2015b, 34). Theoretisch-fachliche Kompetenzen mit Erfahrung und Praxiswissen lösungsorientiert zu verknüpfen wird daher ein sehr hoher Stellenwert zukommen.

Lernbereitschaft, Projektsteuerung, Kommunikation, soziale Kompetenzen

Zum anderen gewinnen überfachliche Schlüsselqualifikationen an Bedeutung, die dabei helfen, den Umstellungsprozess zu bewältigen und für einen reibungslosen Systembetrieb zu sorgen. Dazu zählen Lernbereitschaft, Teamfähigkeit, Flexibilität, Problemanalyse- und Problemlösungsfähigkeiten, sowie Management- und Projektsteuerungskompetenzen. Mit zunehmender Interdisziplinarität, Vernetzung und Kommunikation steigt auch der Bedarf an sozialen Fähigkeiten (acatech 2013, 55; Hirsch-Kreinsen 2014a, 38; Ovtcharova et al. 2014, 50), an Überblicks-

wissen und Verständnis für das Zusammenspiel aller Akteure im Produktionsprozess (acatech 2013, 59).

Insgesamt sind Aus- und Weiterbildungsangebote der unterschiedlichen Stufen gefordert, auf den veränderten Qualifikationsbedarf zu reagieren. Der arbeitsplatznahe Weiterbildung, einer lernförderlichen Arbeitsorganisation und dem Einsatz digitaler Lerntechnologien (e-learning, blended learning, augmented learning) wird dabei eine besondere Bedeutung v. a. im Rahmen der (betrieblichen) Weiterbildung beigemessen (acatech 2013, 59; Kärcher 2014, 25; Spath, et al. 2013, 126). Zugleich geht es um die Innovationsfähigkeit des gesamten Qualifizierungssystems.

In sozialer Hinsicht stellen sich Herausforderungen aufgrund des sich verschärfenden Problems der Beschäftigung von Pflichtschulabgängerinnen und ungelernten Arbeitskräften. Weiters gilt es, eine neue Distanz zu digitalisierten Arbeitsprozessen zu vermeiden und den Qualifizierungsdruck v. a. für ältere, digital weniger versierte Beschäftigte in verträglicher Weise zu gestalten.

Potenziale für
arbeitsplatznahe
Weiterbildung

Soziale
Herausforderungen im
Umstellungsprozess

3.2.2 Zukünftige Anforderungen und Erfolgsvoraussetzungen

Die Zielvorstellung in Bezug auf Qualifizierung für Industrie 4.0 lässt sich mit Blick auf die nächsten 15 Jahre durch folgende im Workshop mit externen Experten und Expertinnen sowie Stakeholdern erarbeiteten „Vision“ zusammenfassen:

Das Arbeitskräfteangebot und die vorhandenen Bildungsangebote für Industrie 4.0 entsprechen im Jahr 2030 der Nachfrage bzw. die Qualifizierungsangebote für I 4.0-Berufe werden von den Menschen angenommen und nachgefragt. Das bedeutet, dass die qualifikatorischen Voraussetzungen für eine breite Systemeinführung von I 4.0 zügig ausgebaut und in spätestens 10-15 Jahren in vollem Umfang gegeben sind. Der Qualifikationsbedarf wird durch das Bildungssystem abgedeckt, das bestehende Arbeitskräftepotential ist entsprechend den Anforderungen in einer I 4.0 Umwelt qualifiziert. Das bedeutet konkret, dass neue und andere Anforderungen an Qualifizierung, welche durch eine Einführung von I 4.0 entstehen, adressiert und bewältigt sind. Die Gestaltung des Übergangs im Qualifikations- und Bildungssystem in Richtung I 4.0 ist gelungen.

Vision 2030

Um diese Vision zu erreichen, sollen laut den konsultierten ExpertInnen seitens des Qualifikations- und Bildungssystems folgende Anforderungen und Erfolgsvoraussetzungen erfüllt sein:

Als grundsätzliches Gestaltungsprinzip soll der Mensch in zukünftigen I 4.0 Wertschöpfungsnetzwerken (weiterhin) im Mittelpunkt stehen und die fortschreitende Digitalisierung der Wirtschaft durch gesellschaftlichen Nutzen und soziale Inklusion gekennzeichnet sein: Mitbestimmung und Beteiligung der Beschäftigten sollen bei Technologieentwicklung und -einsatz für I 4.0 gelebt werden, d.h. entsprechende innerbetriebliche Be-

Soziale Anforderungen
und Mitbestimmung

teiligungs- und Entwicklungsprozesse bei der Ausgestaltung der I 4.0-Implementierung und Qualifizierungsangebote stattfinden.

Eine solche Vorgehensweise lasse Qualifizierungsbedarfe konkreter bestimmen und habe einen hohen Einfluss auf den Qualifizierungserfolg in zukünftigen I 4.0-Wertschöpfungsnetzwerken (Stichwort: Akzeptanz). Zugleich bestimme eine aktive Beteiligung der Beschäftigten auch die Chance, das Verhältnis von Mensch und Maschine sozial verträglich zu gestalten. Dies könne dem Trend einer Entwicklung in Richtung „blended workforce“ entgegen wirken. Global-ökonomische Strategien drängen dabei auf eine Kombination aus Menschen und Robotern mit möglichst hoher Austauschbarkeit. Daraus zeichnet sich ein gewisses soziales Spannungsfeld ab.

I 4.0 im Bildungs- und Qualifikationssystem

Es gibt mehrere generelle sowie spezifische Anforderungen an das zukünftige Qualifikationssystem für I 4.0. Es werden politische Entscheidungen erforderlich, in welche Richtung und auf welche nationalen Schwerpunkte fokussiert sich Qualifizierungsangebote entwickeln sollen. Dazu gehören sektorspezifische Angebote genauso wie auch ein möglichst offener Zugang zu den unterschiedlichen Qualifizierungsmöglichkeiten.

Im Speziellen soll die Qualifizierung für I 4.0 auf unterschiedlichen Spezialisierungsebenen stattfinden und in allen Stufen des Bildungssystems, sowohl im schulischen Bereich (VS, HS, NMS, HTL/HAK, AHS), im universitären Bereich (Uni und FH) als auch im Bereich der Erwachsenenbildung (z.B. WIFI, BFI) verankert sein.

Studiengänge für neue Berufsbilder

Im Zuge dessen sollen Studiengänge für neue Berufsbilder entstehen. Bspw. wird die Entwicklung von I 4.0-Standards und Normen Auswirkungen auf Qualifikationsanforderungen und zukünftige Berufsbilder haben. Gleichzeitig sollen sich die Lehrinhalte für I 4.0 vermehrt auch an wirtschaftlichen Berufsbildern orientieren, indem beispielsweise neben technischen Prozessinnovationen auch neue Geschäftsmodelle in den Vordergrund rücken. Hinzu kommt die Qualifizierung abseits der etablierten Bildungseinrichtungen wie der Erwerb von entsprechend beglaubigtem Wissen und Qualifikation, z.B. über das Internet.

Gezielte Allokation von Fördermitteln

Auf dem Weg zu einer Verbesserung der Qualifizierung für I 4.0 haben die Bereitstellung betrieblicher und öffentlicher Ressourcen (Geld, Personal, Zeit) sowie die Rahmenbedingungen (z.B. die Entwicklung der Arbeitskosten) zentrale Auswirkungen auf den Aufbau, die Verfügbarkeit und die Nutzung von Qualifizierungsmöglichkeiten. Im Einzelnen gehören dazu öffentliche Fördermittel und deren gezielte Steuerung (Allokationsentscheidungen), Budgets für Innovation, Bildung und Qualifizierung, sowie die Bereitstellung von Zeit für Aus- und Weiterbildung in den Betrieben.

Duale und betriebliche Aus- und Weiterbildung

Der dualen und betrieblichen Aus-/Weiterbildung kommt in einer I 4.0-Zukunft laut ExpertInnen und Stakeholdern ein zentraler Stellenwert zu. Dabei gelte ein durchgängig duales Prinzip von Theorie und Praxis auf allen Bildungsstufen als zukunftsweisend. Es soll durch modularen Aufbau und Orientierung an individuellen Stärken und Interessen gekennzeichnet

sein. Die Ausbildung zu und Sensibilisierung für I 4.0 soll dabei auch direkt in den Betrieben lebenslang und berufsbegleitend stattfinden.

Voraussetzung dafür seien agile und schlanke betriebliche Innovationskulturen sowie lern- und emanzipationsförderliche Arbeitsplätze in den Industriebetrieben. Die arbeitsplatzbezogene Qualifizierung für I 4.0 schließt mit ein, dass betriebliche Weiterbildung fix in den Unternehmen verankert und interdisziplinär ist, anerkannt und zertifiziert wird. Der (innerbetriebliche) Wissenstransfer soll abteilungs-, domänen- und generationenübergreifend stattfinden. Dabei komme Leitbetrieben im Bereich betrieblicher Aus- und Weiterbildung ein besonderer Stellenwert zu. Um diese herum sollen sich Unternehmenscluster bilden, in welchen Ausbildungspfade und -möglichkeiten entwickelt und ausprobiert werden.

*Betriebliche
Innovationskultur*

Weiters seien Wissensaufbau und -transfer verstärkt in branchen- und akteurübergreifenden I 4.0-Netzwerken und Clustern zu organisieren und Kooperationen zwischen Unternehmen und Bildungseinrichtungen zu forcieren. Nicht zuletzt soll gewährleistet sein, dass KMU nicht nur als Zulieferer, sondern auch als Bildungspartner in I 4.0-Wertschöpfungsnetzwerke integriert sind.

*Vernetzung und
Integration für I 4.0*

Schließlich gelte es, IT-Basiskompetenzen breiter in der Bevölkerung zu verankern. Der bewusste Umgang mit der digitalen Realität soll neben Schreiben, Lesen und Rechnen als vierte Kulturtechnik etabliert und die digitale Kompetenz integraler Bestandteil der schulischen Lehr- und Lerninhalte sein. Die Frühförderung im digitalen Bereich soll auch dazu beitragen, dass sich der Frauenanteil in MINT-Studien deutlich erhöht.

„Digital Natives“ für I 4.0

3.2.3 Handlungsbedarf und Handlungsfelder

An den Veränderungen im Industriesektor und den daraus resultierenden Anforderungen an die Qualifizierung lässt sich der breitgefächerte Handlungsbedarf ablesen. Es zeichnen sich *vier zentrale Handlungsfelder* ab, in denen auf Herausforderungen reagiert und die Weichen für eine adäquate Qualifizierung für I 4.0 gestellt werden können: (1) Förderliche Rahmenbedingungen, (2) Reformen im Bildungssystem, (3) Anpassung der Bildungsinhalte, (4) Betriebliche Voraussetzungen.

- (1) Qualifizierung, Bildung und Weiterbildung für I 4.0 bedürfen förderlicher Rahmenbedingungen durch die Politik. Dazu zählen eine politische Priorisierung des Themas I 4.0, Fördermittel für I 4.0-bezogene Ausbildungsaufgaben, Koordinations- und Kooperationsplattformen für relevante Akteure, sowie ein unterstützender Regulierungsrahmen (z.B. betreffend Datenschutz, Mitbestimmung).
- (2) Ein großes und zentrales Handlungsfeld stellen I 4.0-bezogene Reformen im Bildungssystem dar, um die Leistungsfähigkeit für die Aus- und Weiterbildung von Fachkräften für I 4.0 zu erhöhen. Dies erfordert institutionelle Reformen zur Verbesserung des Zugangs zu Bildung und den verschiedenen Angeboten, die für I 4.0 erforderliche

*Politische Rahmen-
bedingungen*

*Reformen im
Bildungssystem*

Ausbildung der Lehrkräfte und Etablierung neuer Lehrangebote, eine stärkere Durchlässigkeit und Verknüpfbarkeit unterschiedlicher Aus- und Weiterbildungszweige sowie eine Stärkung dualer Ausbildungswege sowie die gezielte Förderung I 4.0-gerechter Qualifizierung im mittleren Berufsbildungssegment (Lehre, BHS).

Anpassung der Bildungsinhalte

- (3) Entwicklung und Betrieb automatisierter, vernetzter Produktionsverfahren verlangen spezielle, vielfach neue Fähigkeiten und Kompetenzen. Aus- und Weiterbildungsinhalte bedürfen entsprechender Anpassung und Ergänzung. Es geht dabei sowohl um diverse fachliche Qualifikationen wie IT/IKT-Wissen und Fertigungs-Knowhow als auch um multidisziplinäre Qualifikationen an den Schnittstellen der involvierten Fachrichtungen. Ebenso steigt der Bedarf an überfachlichen und sozialen Kompetenzen (Management, Kommunikation, Kooperation) sowie an Überblickswissen, um den Anforderungen steigender Komplexität in vernetzten Wertschöpfungsstrukturen Rechnung zu tragen.

Betriebliche Voraussetzungen

- (4) Neben der Politik und den Bildungseinrichtungen spielen die Betriebe eine zentrale Rolle für eine I 4.0-gerechte Qualifizierung. Es geht dabei um eine Förderung der Bildungs-, Innovations- und Partizipationskultur und der betrieblichen Aus- und Weiterbildung für I 4.0. Betriebe können praxisnahe moderne Lernumgebungen und Lehrinhalte anbieten und diese verstärkt direkt am Arbeitsplatz mittels technischer Unterstützung vermitteln.

Die Schaffung adäquater politischer Rahmenbedingungen, die Basisausbildung und Reformen im Bildungssystem werden primär als öffentliche Aufgaben verstanden (Staat, öffentliche Bildungsträger). Private Akteure (Unternehmen, private Bildungsträger) spielen vor allem für die bedarfsorientierte (Weiter-)Qualifizierung eine wichtige Rolle. Qualifizierungsprogramme privater Anbieter können seitens der öffentlichen Hand finanziell unterstützt und ggf. auf Qualität kontrolliert werden. Umgekehrt sollen das Know-how und die Anforderungen der Industrie auch in Reformen der politischen Rahmenbedingungen und in die Anpassungen bei Ausbildungsinhalten öffentlicher Bildungsträger einfließen. I 4.0 profitiert daher generell von engen Kooperationen zwischen Wirtschaft und Staat.

3.3 Sicherheit

3.3.1 Veränderungen und Herausforderungen

Mit der wachsenden Abhängigkeit von elektronischen Technologien und Infrastrukturen steigt die Anfälligkeit für unterschiedlichste Bedrohungen aus dem Cyberspace. Dabei verlassen wir uns in hohem Maße auf autonom agierende IT-Systeme. Industrie 4.0 ist damit beispielhaft für andere Bereiche, in denen vernetzte IT-Systeme an Bedeutung gewinnen. Zentrale Charakteristika der Digitalisierung der Produktion sind eine betriebs-

übergreifende Vernetzung von Prozessen, Produktionsanlagen, Komponenten und Akteuren der Wertschöpfungskette. Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung führen zu erheblichen Sicherheitsrisiken und damit Herausforderungen auf betrieblicher und zwischenbetrieblicher Ebene.

Generell gilt die Sicherheitsfrage noch als weitgehend ungelöst und als erfolgskritischer Faktor für Industrie 4.0 (acatech 2013, 50). Viele der aktuell im Einsatz befindlichen Systeme wurden für Offline-Umgebungen entwickelt. Durch die Vernetzung über das Internet steigen die Angreifbarkeit und die Verletzlichkeit/Störanfälligkeit der Systeme an. Daraus ergeben sich Herausforderungen für die Sicherstellung der Betriebs- und Produktsicherheit (Safety) sowie der Angriffssicherheit für Systeme, Informationen und Daten (Security) (vgl. TÜV 2014, 9f; Weidner 2014, 11).

Safety-Risiken bei Industrie 4.0 können einerseits z. B. durch steigende Automatisierung bedingt sein. Dazu zählen Gefahren für Menschen und Umgebung die von autonom handelnden technischen Systemen ausgehen können. Andererseits spielen sensorgestützter Systeme (bspw. optische Qualitätsinspektionen⁷) bei der Qualitätssicherung von intelligenten Prozessen und Produkten eine wegweisende Rolle und helfen somit, *Safety-Risiken* in komplexen I 4.0 Produktionssystemen zu minimieren. *Security-Risiken* werden durch die steigende Vernetzung begünstigt. Dazu zählen zum einen die gezielte Störung oder Zerstörung von Systemen durch Manipulation von außen, die z. B. zu Betriebsausfällen oder -verzögerungen führen kann. Zum anderen steigen die vielfältigen Risiken im Bereich Datensicherheit. Gefährdet sind sensible Unternehmensinformationen (Industriespionage und Piraterie) ebenso wie (persönliche) Daten bzw. die Privatsphäre von Beschäftigten und Kunden. Im Weiteren wird der Schwerpunkt insbesondere auf die Security-Aspekte gelegt.

Besondere Brisanz birgt die umfassende Vernetzung bzw. Digitalisierung, weil eine unzureichende IT-Sicherheit nicht nur einzelne Unternehmenssysteme bedroht, sondern von entscheidender Bedeutung für die wirtschaftliche Entwicklung insgesamt ist. Komplexität und die Abhängigkeit der Systemkomponenten von I 4.0 Lösungen untereinander, führt bei Fehlfunktionen und Störungen leicht zu Kettenreaktionen. Zunehmende Komplexität führt zu einem sinkenden Systemverständnis und Kontrollverlusten; dem steht jedoch eine Professionalisierung von Cyber-Attacken gegenüber. Sicherheitsanforderungen für den Schutz elektronischer Systeme können nicht mehr mit einfachen technischen Ansätzen erfüllt werden, da Angreifende vielfältige Motivationslagen haben und komplexere Angriffsmethoden verwenden. Einzelne technische Werkzeuge, Prozesse, Organisationsstrukturen und Verhaltensmaßnahmen müssen übergreifend im gesamten System betrachtet werden (Leopold, 2015b).

Sicherheit: weitgehend ungelöste Frage und erfolgskritischer Faktor

Betriebs- und Produktsicherheit

Angriffssicherheit

Datenschutz und Recht auf Privatsphäre

Fokus auf Security-Aspekte

Kontrollverlust in immer komplexeren IT-Systemen steht einer Professionalisierung von Cyber-Attacken gegenüber

⁷ Unter anderem weist Österreich eine hohe F&E-Kompetenz im Bereich der optischen Qualitätssicherung auf. Das Potenzial für Technologieentwicklung in diesem sicherheitskritischen I 4.0 Segment ist ausgeprägt.

**Mangelndes
Sicherheitsbewusstsein
und mangelnde
Vorsorge**

Als Gründe für Sicherheitsrisiken gelten mangelndes Sicherheitsbewusstsein, ungenügende Sicherheitsvorsorge (z. B. Sicherheitslücken in Systemarchitekturen), erschwerter Schutz durch fehlende Standardisierung, unklare Kosten-Nutzen-Relationen bei Investitionen in die Sicherheit und die fehlende Akzeptanz von Cybersecurity-Lösungen seitens der Anwender (z. B. aufgrund sinkender Benutzerfreundlichkeit).

Exemplarisch für weitere relevante Themen im Schnittbereich von Industrie 4.0 und Sicherheit stehen Themen wie der Schutz von Produkten und Maschinendaten (Industrial Rights Management), Piraterieschutz (für Anwendungen im Bereich Bewegungssteuerung) und Trusted Core Network (Hardwarebasierte Sicherheit für industrielle IT-Netze).⁸

Herausforderungen

Zusammenfassend bestehen vor allem Herausforderungen hinsichtlich der Entwicklung integrierter Sicherheitskonzepte, -architekturen und -standards, sowie sicherer Migrationsstrategien von Altsystemen zu I 4.0-Lösungen. Dabei kann Sicherheit nicht isoliert betrachtet werden und steht in Verbindung mit Fragen (1) fehlender standardisierter Betriebssystem-Plattformen, (2) der Benutzerfreundlichkeit und Wirtschaftlichkeit, (3) des Schutzes personenbezogener Daten, (4) informierter und qualifizierter Beschäftigter, (5) der Akzeptanz sowie (6) des Problembewusstseins für die Anwendung von Cybersecuritylösungen bei Führungspersonal und MitarbeiterInnen. Daher fordert beispielsweise acatech (2013) eine proaktive Herangehensweise, um Sicherheit in der Industrie 4.0 zu gewährleisten.

3.3.2 Zukünftige Anforderungen und Erfolgsvoraussetzungen

Die in den nächsten 15 Jahren zu realisierende Sicherheitsvision beschrieben externe Experten und Expertinnen sowie Stakeholder im zweiten Workshop folgendermaßen:

Vision 2030

2030 sind übergreifende internationale IT-Sicherheitsstandards vorhanden, die dezentralisierte, globale und hochsichere Produktionsnetzwerke ermöglichen. Es existieren klare Regelungen zum Schutz von persönlichen Daten, geistigen Eigentumsrechten und zur Big Data Verwendung. Es wurde ein breites Bewusstsein für IT-Sicherheit in der Gesellschaft geschaffen, was dazu geführt hat, dass es sehr viel weniger vermeidbare Sicherheitslücken gibt. Durch europäische Kooperationen wurden Sicherheitslösungen entwickelt, die höchstes Vertrauen genießen.

Aus dieser Vision leiten sich eine Reihe konkreter Anforderungen ab:

**Rechtliche
Rahmenbedingungen
und Standardisierung**

- (1) Die Entwicklung von übergreifenden Standards im gesamten Wertschöpfungsnetzwerk: Die vollständige und automatisierte Vernetzung zwischen Unternehmen kann nur gelingen, wenn die vernetzten Endpunkte sich gegenseitig als sicher erkennen und ihre Ver-

⁸ Siehe www.sit.fraunhofer.de/de/industrie-40/.

trauenswürdigkeit automatisiert bewerten können. Das setzt die Zertifizierung der Produkte, Prozesse und Maschinen hinsichtlich ihrer Sicherheitseigenschaften voraus. Außerdem gilt eine aktive Rolle Österreichs bei der Normung und Entwicklung von sicheren IKT Systemen als erstrebenswert.

- (2) Als ebenso wichtig werden der Schutz von Persönlichkeits- und geistigen Eigentumsrechten sowie klare Regelungen zur Big-Data Verwendung erachtet: Es gibt sowohl mehrere generelle als auch spezifischere Anforderungen an dezentralisierte, globale und hochsichere Produktionsnetzwerke. Generell sind Kontrollierbarkeit, Transparenz und Robustheit wichtig, während als spezifischere Punkte Resilienz und die Nutzung fortgeschrittener Kryptografie hervorzuheben sind. Außerdem treten Spannungsfelder in den Blick, wie zum Beispiel zwischen Open Source- und proprietären Systemen, die nur vom Hersteller voll einsehbar sind.
- (3) Herausforderungen beim Ausbau der Breitbandinfrastruktur: Ein hinreichend schneller und flächendeckender Zugang zu einer leistungsfähigen IT-Breitbandinfrastruktur wird als Grundvoraussetzung für eine sichere Nutzung von I 4.0 Lösungen angesehen. Zukünftige höhere Vernetzung in Produktionsstätten machen neue Technologieentwicklungen notwendig, welche über die bestehende Breitbandtechnik hinausgehen und welche unter dem Stichwort „5G“ zusammengefasst werden.⁹ Fragen der Systemarchitektur sind dabei für die Gewährleistung eines hohen Sicherheitsniveaus von großer Bedeutung. Daneben gilt es eine Reihe weiterer Anforderungen an eine effektive Breitbandinfrastruktur, die viele Anwender erreicht, zu erfüllen: Einfachheit, Skalierbarkeit, Verfügbarkeit und Bezahlbarkeit.
- (4) Integrierte Sicherheitslösungen: Die Etablierung übergreifender europäischer Sicherheitslösungen wird als wichtige Voraussetzung für die Realisierung sicherer I 4.0 Wertschöpfungsnetzwerke angesehen. Dies erfordert eine kollektive gesellschaftliche Anstrengung und die Etablierung von weitgreifenden Kooperationen zwischen Netzbetreibern, Service-Anbietern, Herstellern von IT-Equipment, Systemintegratoren, der IT-Security-Forschung sowie von politischen Verantwortungsträgern, um neue Werkzeuge, Methoden und gemeinsame Standards zu etablieren.
- (5) Gesellschaftliche Anforderungen: Um die Sicherheit zukünftiger Produktionsnetzwerke gewährleisten zu können, müssen bestimmte gesellschaftliche Anforderungen erfüllt sein. So ist beispielsweise erst noch ein breites Bewusstsein für (IT-)Sicherheit in der Bevölkerung, aber auch bei Unternehmensvertretern zu schaffen, unter anderem durch von vornherein eingebauten Datenschutz bei Produkten und Prozessen (Privacy by Design). Weiter müsse klar sein, dass die

Zukünftige
Produktionsnetzwerke

IT-Breitband-
infrastruktur

Kooperationen

Gesellschaftliche
Anforderungen

⁹ Siehe dazu auch Kapitel 2.3; Entwicklung von 5G Technologien in China in Kooperation mit europäischen Telekommunikationsfirmen oder auch zu laufenden F&E Förderaktivitäten in Deutschland und Großbritannien

Letztverantwortung für die Gewährleistung von Sicherheit immer beim Menschen liegt und schon heute oft menschliches Fehlverhalten die Ursache von Sicherheitslücken ist.

*Sicherung eines
wettbewerbsfähigen
Standorts*

- (6) Wettbewerbsfähigkeit des Standorts: Die Sicherung der Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes Österreich erfordert die Kooperation aller relevanten Akteure, um eine kritische Masse an Kompetenz bei IT-Security zu realisieren. Mit einem Reservoir an akademischen und industriellen Fachkräften, gekoppelt mit verfügbaren Technologien durch potente Unternehmen am Wirtschaftsstandort, werden sich zudem auch neue IT-getriebene Wirtschaftsbereiche am globalen Markt erfolgreich positionieren können.

*Schaffung von
Vertrauen in
Sicherheitslösungen*

- (7) Vertrauen und Bewusstseinsbildung: Vertrauen in Sicherheitslösungen muss geschaffen werden, zum einen durch rechtliche Rahmenbedingungen, zum anderen durch verstärkte Bewusstseinsbildung bei allen Akteuren sowie den Aufbau von digitalen Kompetenzen und Systemen, die sicherheitsaffiner gestaltet sind (Security by Design). Trotz unterschiedlicher Vorstellungen müssen Kooperationen gelingen, um einerseits wettbewerbsfähig zu sein, jedoch auch um Vertrauen in Sicherheitslösungen zu erlangen.

IT-Security und der Schutz kritischer Infrastrukturen ist somit eine gesellschaftliche Anstrengung, welche durch die Politik, die Industrie sowie Forschung und Entwicklung zusammen vorangetrieben werden muss.

3.3.3 Handlungsbedarfe und Handlungsfelder

Aus den Anforderungen und Entwicklungen hinsichtlich digitaler Vernetzung von Industrie und Gesellschaft lassen sich folgende Handlungsfelder im Bereich Security ableiten, innerhalb derer mehrere Handlungsoptionen vorstellbar wären: (1) Rechtliche Rahmenbedingungen und internationaler Rechtsrahmen, (2) Standardisierung, (3) Ausbau von wissenschaftlich-technologischen Kompetenzen, (4) Schaffung von Strukturen und Organisationen zur Problembewältigung, (5) Schaffung von Bewusstsein und Vertrauen in Sicherheitslösungen.

*Internationaler
Rechtsrahmen für
Datenschutz, Privat-
sphäre und Big Data*

- (1) Die Sicherheit zukünftiger Produktionsnetzwerke ist in hohem Maße von der Entwicklung eines internationalen Rechtsrahmens für Datenschutz, Schutz der Privatsphäre und Big Data abhängig (OECD 2015, 209-238). Dieser Rahmen kann durch Maßnahmen geschaffen bzw. ausgebaut werden, die zum Beispiel geistige Eigentumsrechte unter multiplen Akteuren regeln, oder eine Anpassung der Gesetzeslage im Bereich Cyber Crime beinhalten (STGB Novelle). Auch müssten Haftungsfragen geregelt werden (z.B. Definition „Generalunternehmen“). Ob rechtliche Rahmenbedingungen auf europäischer und internationaler Ebene geschaffen werden können, beeinflusst maßgeblich die Sicherheit von I 4.0. Essentiell wird eine Zusammenarbeit von Behörden und der Wirtschaft beim Datenaustausch

gesehen, speziell auch hinsichtlich des Schutzes kritischer Infrastruktur.

- (2) Der Schaffung internationaler Regelungen, z.B. zu Cyber-Security, und vor allem der Vereinheitlichung von Sicherheitsstandards wird sehr hohe Bedeutung beigemessen. Da Security auch stark von einer weitreichenden Normierung bzw. Standardisierung abhängt, sollten zumindest EU-weit gemeinsame Standards geschaffen werden, insbesondere für kritische Infrastruktur. De facto ist es derzeit so, dass der Technologievorsprung einiger weniger Unternehmen Standards setzt, die öffentliche Normierungen übertreffen. Die Zusammenarbeit zentraler Akteure aus Politik, Wirtschaft und Zivilgesellschaft ist hierfür unerlässlich. Solche Standards könnten als Open Source Lösungen zur Verfügung gestellt werden.
- (3) Die Schaffung bzw. der Ausbau von nationaler technologischer Kompetenz ist eminent wichtig. Im Bildungssektor gäbe es mehrere Ansätze, vom Ausbau des Informatik-Unterrichts über digitale Kompetenz als Fach an der Grundschule bis zur Aus- und Weiterbildung in gänzlich neuen Berufsfeldern bzw. Spezialisierungen. Insgesamt sollte die Integration von Security und Datenschutzthemen aber auch Risikomanagement im Bildungs- und Ausbildungsbereich stärkere Berücksichtigung finden, um zu einer Erhöhung der Technologiekompetenz beizutragen. Auch könnten Maßnahmen wie vertrauenswürdige Labels zur Erhöhung des Bewusstseins und des Vertrauens in IT-Sicherheit beitragen.
- (4) Es werden Strukturen und Organisationen benötigt, um einerseits den Informations- und Wissensaustausch über neue Bedrohungen und Erfahrungen im Umgang mit Security-Lösungen zu verbessern und andererseits um rasch und effektiv auf Security-Probleme reagieren zu können. Hierfür wurden in Österreich mit der Etablierung des Industrial System Cyber Emergency Response Team (ICS-CERT) erste wichtige Maßnahmen gesetzt. Flankierend sind hierzu aber auch neue Methoden zu etablieren, um unbekannte Angriffe identifizieren, bewerten und bekämpfen zu können. Derartige Strukturen und Managementprozesse sind zudem wichtig, um das Vertrauen in die Fähigkeit mit Bedrohungen umzugehen, und damit auch in I 4.0 Systeme generell, zu stärken.
- (5) Der Grad des Vertrauens von Nutzern in Sicherheitslösungen gilt als weiterer Schlüsselfaktor. Hier könnten vertrauenswürdige Labels zur Erhöhung des Vertrauens beitragen, aber auch eine weitgreifende Durchsetzung von Designprinzipien in der Entwicklung neuer Technologien, welche Sicherheit von vornherein gewährleisten, Privatsphäre schützen und Technologie sehr anwenderfreundlich machen. Klare rechtliche und insbesondere grenzübergreifende Regelungen, Gütesiegel und Zertifizierungen können zu einer Stärkung des Vertrauens in vernetzte digitale Systeme beitragen. Grundsatzfragen der Ethik und Freiheit in Opposition zu Sicherheit müssen offen diskutiert und geklärt werden.

*Weitreichende
Standardisierung
erforderlich, zumindest
in Europa*

*Bildung: digitale
Kompetenz*

*Strukturen und
Organisationen*

*Schaffung von
Vertrauen*

4 Handlungsoptionen

4.1 Aus- und Weiterbildung

Die Förderung der Qualifizierung für I 4.0 kann in vier Handlungsfeldern ansetzen: bei den politischen Rahmenbedingungen, im Bildungssystem, bei den Bildungsinhalten und in den Betrieben. In allen vier Handlungsfeldern bieten sich verschiedene Optionen und Maßnahmen zur Verbesserung der Qualifizierung für I 4.0 an.

4.1.1 Förderliche Rahmenbedingungen

Politische Priorisierung, Förderung und Regulierung

Förderlich für eine erfolgreiche Gestaltung von I 4.0 sind eine politische Priorisierung des Themas sowie die Sensibilisierung für I 4.0 für alle Ebenen des Bildungssystems. Auf einem stärkeren Bewusstsein für I 4.0 aufbauend, lassen sich Qualifizierungsstrategien entwickeln.

Aus politischer Perspektive umfassen solche Strategien v.a. die Definition von Ausbildungszielen und -schwerpunkten sowie die gezielte Steuerung von Fördermitteln in Richtung I 4.0 im Ausbildungsbereich.

Förderpolitik umfasst des Weiteren die Etablierung von Plattformen zur Kooperation und Koordination zwischen den relevanten I 4.0 Stakeholdern. Dafür geeignet sind z.B. Lenkungsgruppen, Industriecluster und Pilotfabriken, deren Einrichtung öffentlich initiiert und unterstützt werden kann.

Organisatorisch und inhaltlich geht es im Qualifizierungsbereich um die Abstimmung von Ausbildungsanforderungen zwischen Industrie, Staat und Bildungseinrichtungen. Idealtypisch erfolgt eine kooperative Erstellung von Qualifizierungsangeboten (Lehrgängen und Lehrplänen), die an Zielstellungen der Politik und den praktischen Anforderungen der Industrie orientiert sind. Hilfreich dafür sind Kooperationsplattformen, die von der Politik initiiert, mit den relevanten Stakeholdergruppen besetzt und mit konkreten Aufgaben betraut werden können (z.B. Roadmaps für Reformen der Aus- und Weiterbildung, Qualitätssicherung und Evaluierung, Verzeichnis der einschlägigen Qualifizierungsangebote).

Qualifizierung für I 4.0 kann politisch auch durch regulatorische Maßnahmen gelenkt werden. Beispielsweise sind Rechtsansprüche auf Qualifizierung (jährliche Weiterbildungszeiten) und betriebliche Mitbestimmung Bereiche, die eine fortgesetzte politische Diskussion erfordern. Zudem erfolgt Weiterbildung immer öfter abseits etablierter Bildungspfade. Die „Anerkennungspolitik“ muss alternativen Qualifizierungsmöglichkeiten verstärkt Rechnung tragen (z.B. Zertifizierung).

*Bewusstsein und
Priorisierung von I 4.0
in Politik und
Bildungswesen*

*Steuerung von
Fördermitteln in
Richtung I 4.0*

*Initiierung von
Kooperationen und
Erfahrungsaustausch*

*Kooperative
Entwicklung der
Qualifizierungsangebote*

*Regulatorische
Maßnahmen zur
Stärkung von
Mitbestimmung*

4.1.2 Reformen im Bildungssystem

Institutionelle Reformen und Fokus auf das mittlere Qualifizierungssegment

Als Ziel für das Bildungssystem gilt die Hebung der Leistungsfähigkeit für die Ausbildung von I 4.0 Fachkräften. Qualifizierung soll in allen Stufen und unterschiedlichen Spezialisierungsbereichen des Bildungssystems verankert sein. Dies erfordert institutionelle Reformen sowie eine gezielte Förderung von I 4.0 insbesondere im mittleren Qualifizierungssegment.

*Förderung von Zugang
zu Bildung und
Verbreiterung der
Qualifizierung*

Mit institutionellen Reformen soll die Anzahl qualifizierter Fachkräfte erhöht werden. Hilfreich dafür sind die Förderung des Zugangs zu Bildung, der Ausgleich von ungleichen Startbedingungen und die Verringerung der Selektivität im Bildungssystem. Eine Verbreiterung der Qualifizierung im technischen Bereich kann durch eine Förderung des Frauenanteils und die Nutzung der Potenziale zuziehender Fachkräfte gesteigert werden.

Lehrangebote

In institutioneller Hinsicht erfordert die Verschmelzung von Mechanik, Elektronik und Informatik bei I 4.0 entsprechende Reaktionen im Lehrangebot. Studiengänge speziell zur Qualifizierung für I 4.0 sind zu entwickeln, zu genehmigen und ausreichend zu finanzieren. Zum einen bestehen Möglichkeiten zur Etablierung neuer interdisziplinärer Qualifizierungsangebote an der Schnittstelle mehrerer Disziplinen (z.B. Maschinenbau, Elektrotechnik technische Informatik, Industrieinformatik). Zum anderen können bereits existierende, aber institutionell getrennte Ausbildungsgänge systematisch verknüpft werden.

*Förderung der
Durchlässigkeit und
Verknüpfbarkeit
zwischen
Ausbildungswegen*

Weiters soll die Durchlässigkeit und Verknüpfbarkeit zwischen Ausbildungswegen (Lehre, AHS/BHS, Studium) erleichtert werden, um dem Bedarf an Fachkräften und multidisziplinären Qualifikationen besser gerecht zu werden. Hilfreich dafür sind eine verstärkte Modularisierung der Bildungsangebote sowie kompakte zertifizierte, kombinierbare Qualifikationsmodule. Zudem wird der Verknüpfung von Theorie und Praxis für die Ausbildung für I 4.0 große Bedeutung beigemessen. Die Umsetzung kann durch die Förderung „dualer“ Ausbildungsmodelle mit Theorie- und Praxisorientierung von Grundschule über Lehre und BHS bis zur Universität erfolgen.

*Forcierung von I 4.0
im mittleren
Bildungssegment*

Generell profitiert I 4.0 von einem Up-skilling in allen Bevölkerungs- und Bildungsschichten. Vor allem das „mittlere Qualifizierungssegment“ (Lehre, BHS) fungiert jedoch praktisch als wichtiger Träger von I 4.0. Im Rahmen differenzierter Qualifizierungsansätze wird deshalb die sehr gezielte Förderung von I 4.0 im mittleren Qualifizierungssegment empfohlen, z.B. durch die Etablierung einschlägiger Ausbildungsgänge und die Verankerung von I 4.0-Inhalten in Lehrberufe und BHS-Lehrpläne. Zudem profitiert I 4.0 von einer Aufwertung der Lehre, kombiniert mit Matura im technischen Bereich, sowie von kompakten zertifizierten Qualifikationen, die im laufenden Betrieb „on-the-Job“ erworben werden können.

4.1.3 Anpassung der Bildungsinhalte

Förderung fachspezifischer und überfachlicher Kompetenzen

Zur Verbesserung der Qualifizierung für I 4.0 sollten Ausbildungsinhalte verstärkt an die Erfordernisse der digitalen Welt und der automatisierten, vernetzten Fertigungsprozesse angepasst werden.

Die Verbesserung „fachspezifischer“ Qualifikationen für I 4.0 umfasst als Grundlage die verstärkte Förderung naturwissenschaftlicher, mathematischer und technischer Vorkenntnisse sowie die Vermittlung digitaler Basiskompetenzen ab der Grundschule („digitale Grundausbildung“).

In späteren Ausbildungsphasen geht es u.a. um die Vermittlung von multidisziplinären Qualifikationen (z.B. IT-Wissen plus Fertigungs-Know-how). Bedarf besteht an Kompetenzen zur Entwicklung und Steuerung datengetriebener Fertigungsprozesse und Geschäftsmodelle, sowie an Know-how in Bereichen wie IT-Sicherheit, Datenschutz, Automation, Big Data-Analyse sowie Produktions- und Logistikprozesse. Empfohlen wird z.B. eine Öffnung und bessere Verzahnung der Ingenieurwissenschaften mit Informatik, Logistik und Betriebswirtschaft. Lücken können beispielsweise durch informationstechnische Lehrangebote im Ingenieursstudium geschlossen werden. Neben etablierten und einschlägig relevanten Berufsbildern wie Produktionsplaner, Automatisierungstechniker, Prüf- und Zertifizierungsdienstleister, Mechatroniker können neue Berufsbilder gefördert werden, wie z.B. Data-Scientist, Data-Analyst oder Produktionsinformatiker.

Steigender Bedarf besteht für Kompetenzen zur Entwicklung, Steuerung und Kontrolle der Interaktion zwischen virtuellen und realen Systemen. Dazu zählen u.a. Wissen über (Produktions-)Abläufe und das Zusammenspiel verschiedener Akteure in komplexen, vernetzten Fertigungs- und Geschäftsprozessen. Die Vermittlung von Qualifikationen sind dabei den Erfordernissen der jeweiligen Anwendungsgebiete anzupassen. Je nach Sektor bestehen unterschiedliche Netzwerke und Verfahren die entsprechend unterschiedliche Qualifikationsprofile erfordern.

Neben fachlichen Qualifikationen, verlangt I 4.0 auch „überfachliche“ Qualifikationen, um den erhöhten Innovationsbedarf, der verstärkten Vernetzung und der steigenden Komplexität Rechnung zu tragen. Für Führungsfunktionen empfohlen wird z.B. die Förderung von vernetztem Denken und Agieren, von Fähigkeiten zur Initiierung und Gestaltung von Innovationsprozessen, Kompetenzen zum Management in vernetzten Wertschöpfungsstrukturen sowie Methodenkompetenzen zur Gestaltung von Beteiligungsprozessen. Bei den Beschäftigten geht es um die Förderung von sozialen und kommunikativen Kompetenzen zum kooperativen Betrieb von I 4.0-Produktionssystemen, um die Förderung von Flexibilität und Handlungskompetenz bei rasch wechselnden Anforderungen, und um die Förderung der Bereitschaft zur laufenden Weiterqualifizierung (lebenslanges Lernen), z.B. um technikinduzierte Qualifikationsverluste zu verhindern.

Förderung der digitalen Grundausbildung

Förderung multidisziplinärer Qualifikationen

Verzahnung von Informations- und Produktionstechnik

Kompetenzen zur Kontrolle der Interaktion zwischen virtuellen und realen Systemen

Förderung „überfachlicher“ Qualifikationen

4.1.4 Betriebliche Voraussetzungen

Innovations- und Beteiligungskultur und Förderung von Weiterbildung

Als viertes Handlungsfeld für die Qualifizierung für I 4.0 gelten die Betriebe selbst. In den Unternehmen geht es um die Förderung einer Bildungs-, Innovations- und Partizipationskultur sowie um die Verbesserung der betrieblichen Aus- und Weiterbildung für I 4.0.

*Etablierung
bildungsfreundlicher
Unternehmenskulturen*

Förderlich für Qualifizierung ist eine aus- und weiterbildungsfreundliche Unternehmenskultur und Arbeitsorganisation. Führungsstil und Führungskonzepte, Arbeitsplätze, Arbeitszeiten und Gratifikationen sollen Aus- und Weiterbildung nicht blockieren sondern unterstützen.

*Förderung der
Mitbestimmung*

Zielführend ist zudem eine positive Innovations- und Partizipationskultur, in der Innovationsprozesse und Weiterbildungskonzepte unter Beteiligung der Beschäftigten entwickelt werden. Darüber hinaus können Unternehmen Anreize für die Teilnahme an I 4.0 bezogener Weiterbildung setzen und den Qualifizierungsdruck für z.B. ältere Mitarbeitende sozial verträglich gestalten. Weiters können Betriebe zur Planung und zum Aufbau praxisnaher Lernumgebungen beitragen (Lernfabriken, Unternehmenspraktika).

*Förderung der
arbeitsplatznahen
[Weiter-]Qualifizierung*

Im Zuge des verstärkten Kosten- und Optimierungsdrucks können Betriebe immer seltener auf Mitarbeitende verzichten und lange bildungsbedingte Abwesenheiten in Kauf nehmen. Von großer Bedeutung ist daher die Förderung der arbeitsplatznahen (Weiter-)Qualifizierung (Training-on-the-Job), z.B. mittels Assistenzsystemen, e-Learning und Blended Learning.

*Förderung des
innerbetrieblichen
Wissenstransfers*

Schließlich können Betriebe Wissensressourcen der Mitarbeitenden für den innerbetrieblichen Wissenstransfer nutzen. Vor dem Hintergrund der Anforderungen für I 4.0 bietet sich dabei z.B. die Einrichtung abteilungsübergreifender Qualifizierungsgruppen an (z.B. IT, Fertigung, Logistik). Auch das Erfahrungswissen der älteren Mitarbeitenden und die technische Versiertheit jüngerer Arbeitnehmer können als Ressourcen für den innerbetrieblichen Wissenstransfer verstärkt produktiv genutzt und kombiniert werden.

4.2 Sicherheit

Die Stärkung von Security in I 4.0 kann in vier dafür relevanten Handlungsfeldern ansetzen: beim nationalen und internationalen Rechtsrahmen, beim Ausbau von wissenschaftlicher und technologischer Kompetenz, bei der Schaffung neuer Strukturen und durch Bewusstseinsbildung. In allen vier Handlungsfeldern bieten sich verschiedene Optionen und Maßnahmen zur Verbesserung der Sicherheit für I 4.0 an.

4.2.1 Rechtliche Rahmenbedingungen

[Inter-]nationaler Rechtsrahmen und Standardisierung

Adäquate regulatorische Rahmenbedingungen sollen Rechtssicherheit herstellen, die Praktikabilität der Regelungen sicherstellen und Akzeptanz, Verantwortlichkeit (z. B. Haftung) und Wettbewerb (z. B. Abbau von Handelsbarrieren) stärken. Eine grundsätzliche Herausforderung für den Rechtsstaat ist dabei die hohe Entwicklungsdynamik im technischen Bereich. Schnelle Innovationszyklen führen zu einem fortwährenden Anpassungsbedarf und einem chronischen Vollzugsdefizit. Dabei werden neue Ansätze angeregt, welche die Prüfung der Rechtsverträglichkeit einer Technologie bereits vor und während deren Entwicklung vorsehen (acatech 2013, 27).

*Geeigneter
rechtlicher Rahmen*

Insgesamt gelten die rechtlichen Herausforderungen in Bezug auf Industrie 4.0 als erheblich. Ihre Lösung stellt einen kritischen Erfolgsfaktor dar. „Lösung“ bedeutet dabei nicht notwendigerweise immer ein Tätigwerden des Gesetzgebers. Vielmehr ist häufig ein Instrumentenmix gefordert, der aus rechtlichen, technischen und politischen Komponenten bestehen muss (acatech 2013, 65).

Generell muss man jedoch konstatieren, dass aufgrund des internationalen Charakters weitere Bereiche der Sicherheitsproblematik der Beitrag, der seitens der österreichischen Politik zu diesen globalen Entwicklungen geleistet werden kann, ein bescheidener sein wird. Österreichische Akteure können sich in internationalen Gremien engagieren und so zur Schaffung förderlicher Rahmenbedingungen für Security in I 4.0 beitragen.

Der Trend zu Industrie 4.0 hat verschiedene Implikationen für die rechtlichen Rahmenbedingungen. Zu zentralen Bereichen, in denen durch Industrie 4.0 ein Anpassungsbedarf entsteht, zählen Haftung und Datenschutz sowie Arbeits- und Sozialrecht. Systeme werden mit zunehmender Vernetzung und damit auch Offenheit immer verletzlicher, was zu einem Bedarf an Klärung der Fragen hinsichtlich der Haftung für Schäden an Maschinen, Produkten, Vermögenswerten und Menschen führt.

Haftungsfragen

Voraussetzung für die Akzeptanz einer Öffnung ist der Schutz sensibler Unternehmensdaten (Know-how Schutz; Schutz vor Produktpiraterie), die in vernetzten Systemen digital vorliegen und zwischen Unternehmen und Maschinen ausgetauscht werden. Auch der Schutz personenbezogener Daten zur Wahrung von Privatsphäre muss rechtlich klar geregelt werden, da hier in I 4.0 Umgebungen erhöhte Anforderungen gestellt werden – beispielsweise aufgrund der technischen Möglichkeiten in intelligenten Fabriken Informationen zum Gesundheitszustand oder die Qualität der Aufgabenerfüllung der Beschäftigten zu erfassen und auszuwerten (acatech 2013, 64).

*Schutz von
Unternehmensdaten*

*Schutz der Daten von
Beschäftigten und
Kunden*

Für ein adäquates Schutzniveau sind technische Schutzmaßnahmen und rechtliche Schutzvorkehrungen unverzichtbar. Standardisierungen werden als Querschnittsthema gesehen, das sowohl von öffentlicher als auch von

privater Seite behandelt werden muss. Insbesondere ist hier ein starker Schulterschluss der Industrie mit anderen relevanten Akteuren gefragt.

4.2.2 Ausbau von wissenschaftlich-technologischen Kompetenzen

Förderung integrativer Ansätze

Förderungen und Investitionsanreize können die Etablierung sicherer IT-Systeme unterstützen. Gefördert werden könnten beispielsweise die Entwicklung von sozio-technischen Lösungen, Qualifizierung und Beratung sowie Kompetenzausbau als Voraussetzung für einen bewussten Umgang mit Security-Risiken.

*Integrativer Ansatz
verknüpft technische
Lösungen und sozial-
wissenschaftliches
Know-How*

Hinsichtlich Förderungen ist ein integrativer Ansatz gefragt, der neben technologischen Lösungen auch sozial- und geisteswissenschaftliche Betrachtungen einbezieht, wie es im Sicherheitsbereich bereits im KIRAS-Programm¹⁰ gefordert wird. Abzielen muss eine entsprechende Förderung auf die Verknüpfung von Themen aus der Industrie mit digitaler Kompetenz und Sicherheitsaspekten. Das Thema Security soll über die bestehenden Forschungsprogramme explizite Berücksichtigung erfahren. Schwerpunkte der Förderungen können beispielsweise Leitprojekte zum Aufbau nationaler technologischer Kompetenz für die Verknüpfung von I 4.0 mit Security sein, oder spezifisch auf die Entwicklung neuer Methoden und Werkzeuge abzielen, um unbekannte Angriffe zu identifizieren.

*Bewusstseinsbildung für
IT-Sicherheit und klare
rechtliche Regelungen*

Als unbedingter Schwerpunkt wird der Aufbau von technologischer Kompetenz gesehen, der durch geeignete Qualifizierungs- und Fortbildungsprogramme unterstützt werden kann, um MitarbeiterInnen für den Umgang mit neuen technischen Systemen vorzubereiten. Da die Sicherheit von Systemen vor allem von der menschlichen Bedienung abhängt, sollte entsprechende Bewusstseinsbildung zu einem zentralen Thema bei Unternehmen sowie Privatpersonen werden. Klare rechtliche Regelungen können in diesem Zusammenhang die Sicherheit der Systeme und insbesondere die Vertrauensbildung unterstützen und sollten innerhalb der Bildungsprogramme transparent kommuniziert werden. Der Kompetenzausbau muss ebenso einen ganzheitlichen Ansatz verfolgen, und zwar unter Einbeziehung von Datenschutzthemen oder Risikomanagement. Dies wird eine enge Zusammenarbeit der involvierten Fachrichtungen erfordern. Auch werden überfachliche und soziale Kompetenzen in Zukunft stärker gefragt werden, um der steigenden Komplexität gewachsen zu sein.

*Beratung für
Unternehmen zur
Umsetzung der
digitalen Zukunft*

Neben entsprechenden Fort- und Ausbildungsprogrammen wäre auch die Förderung von Beratungen zielführend, um Industrie und Wirtschaft bei der Begleitung zu I 4.0 zu unterstützen. Die Umsetzung der digitalen Zukunft wird in Unternehmen robuste Strategien erfordern, um Schritt für

¹⁰ www.kiras.at.

Schritt mit den neuen Anforderungen und Entwicklungen mithalten zu können. Hilfestellung für und Strukturierung von Beratungen könnten zielgerichtet unterstützt werden, um einheitliche Standards zu etablieren.

4.2.3 Schaffung von Strukturen und Organisationen zur Problembewältigung

Informationsaustausch und Risikomanagement

Die Hauptgrundlage für Industrie 4.0 ist der schnelle sichere Datenaustausch zwischen vernetzten Produktionssystemen. Dies erfordert den (bereits stattfindenden) Ausbau der bestehenden IT-Infrastruktur, wie z.B. der Kommunikationsnetze mit einer flächendeckend zur Verfügung stehenden hohen Bandbreite um Ausfallsicherheit und damit Qualität garantieren zu können.

*Frühzeitiger
Informationsaustausch
über Cyberangriffe*

Um darüber hinaus rasch und effektiv mit potenziell auftretenden Security-Problemen umzugehen und Sicherheitsmaßnahmen zu implementieren, bedarf es Strukturen und Organisationen, die einen übergreifenden Austausch von Informationen über Vorfälle von Cyberangriffen zur besseren Abwehr und zur effizienten Analyse der aktuellen Bedrohungslage ermöglichen. Um über sogenannte *Cyber Incident Information* Systeme (CIIS) unbekannte Angriffe zu identifizieren, muss ein frühzeitiger und effektiver Informationsaustausch ermöglicht werden. Dies steigert die Widerstandsfähigkeit von Systemen gegenüber Cyberangriffen in sensiblen Bereichen, z.B. bei kritischen Infrastrukturen. Frühzeitiger Informationsaustausch zwischen Unternehmen sowie zwischen den zuständigen Einheiten in öffentlichen Organisationen (z.B. innerhalb von Ministerien) unterstützt die Analyse und potentielle Vorwarnung anderer Stakeholder des Systems. Diesbezüglich werden in Österreich beispielsweise derzeit die Grundlagen für Methoden und Werkzeuge eines *Cyber Attack Information System* (CAIS) erforscht¹¹.

Zusätzliche Sicherheitsrisiken entstehen durch technisches Fehlverhalten oder höhere Gewalt (für ersteres siehe 4.2.4). Höhere Gewalt, wie etwa Terrorangriffe oder starke elektromagnetische Strahlung, z.B. bei Sonnenstürmen kann zu großflächigen Ausfällen von IT-Systemen führen. Um IT-Infrastruktur effektiv zu schützen oder nach einem Vorfall höherer Gewalt schnell wieder funktionsfähig machen zu können, bedarf es der Evaluierung bestehender Risiko- und Notfallmanagementpläne und deren weiterer Ausarbeitung. Hier ist insbesondere auf den dringend notwendigen Austausch zwischen verschiedenen (Regierungs-)

*Evaluierung und Ausbau
von Notfall- und Risiko-
Management-Plänen*

¹¹ CAIS: ait.ac.at/research-services/research-services-digital-safety-security/ict-security/referenzprojekte/cais-cyber-attack-information-system/.

Organisationen und gesellschaftlichen Akteuren, etwa aus Wirtschaft oder NGOs hinzuweisen¹².

Notfallübungen
Notfall-Einsatzteam
Koordinierung von
Cyber-Sicherheit

Ein weiteres Beispiel für den vorausschauenden Umgang mit Bedrohungen für IT-Sicherheit sind großangelegte Notfallübungen, bei denen Cyberangriffe simuliert werden und damit bei Beurteilung und Bewältigung verschiedenster Notfälle unterstützt¹³. Eine weitere Möglichkeit wäre der Ausbau des bestehenden Cyber Emergency Response Team (CERT) Austria¹⁴, das nach dem Vorbild des US-amerikanischen ICS-CERT (*The Industrial Control Systems Cyber Emergency Response Team*) eine spezielle Task Force für das Risikomanagement von industriellen Kontrollsystemen etablieren könnte¹⁵. Auch in Deutschland besteht eine Koordinierungsinitiative, die *Allianz für Cyber-Sicherheit*, die sich auf Cyber-Security in Unternehmen und Behörden konzentriert und vom Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (BSI) geleitet wird¹⁶.

4.2.4 Schaffung von Bewusstsein und Vertrauen in Sicherheitslösungen

Transparenz und digitale Kompetenz

Vertrauensbildung in
vernetzte Systeme

Aufgrund der zunehmenden Vernetzung und Zusammenarbeit unterschiedlichster Partner ist starkes Vertrauen in den jeweils anderen und Systeme erforderlich, da der am wenigsten sichere Partner die Sicherheit des gesamten Netzwerkes bestimmt. Verlässliche Konzepte, klare rechtliche Regelungen und Standards sind die Basis dieses Vertrauens. Im Rahmen von neuen Ausbildungskonzepten sollen zielgruppenspezifische Security-Awareness-Trainings sowie die Erstellung und Durchsetzung von Sicherheitsrichtlinien maßgeblich beitragen (VDMA 2013)

Unklarheit bei
grenzübergreifenden
Regelungen

Insbesondere Unsicherheit durch Unübersichtlichkeit in rechtlicher Hinsicht, sowie unklare grenzübergreifende Regelungen sind nicht förderlich für den Aufbau von Vertrauen in digitale und stark vernetzte Systeme. Gemeinsame Bemühungen müssen Sektor und Länder übergreifend erfolgen, private und öffentliche Akteure einbeziehen, um europaweite, internationale Regelungen anzustreben. Das Bewusstsein für diese Rege-

¹²Diesbezüglich werden derzeit Handlungsempfehlungen erarbeitet: oeaw.ac.at/ita/de/projekte/digitaler-stillstand/ueberblick.

¹³Schutzübung für Computerbasierte Unternehmensübergreifende Disaster Logistik (SCUDO), in Österreich 2014 erstmals durchgeführt: digita-les.oesterreich.gv.at/DocView.axd?CobId=58898 ja.

¹⁴Computer Emergency Response Team (CERT) Austria, cert.at.

¹⁵ICS-CERT, angesiedelt am Department of Homeland Security's Office of Cyber-security and Communications: ics-cert.us-cert.gov/.

¹⁶Derzeit beteiligen sich nahezu 1363 Institutionen, über 96 aktive Partner und mehr als 41 Multiplikatoren an der Allianz für Cyber-Sicherheit in Deutschland: allianz-fuer-cybersicherheit.de/ACS/DE/Informationspool/Materialien/CSC/csc.html.

lungen muss im Rahmen von Aus- und Weiterbildungen geschaffen werden, Transparenz und klare Kommunikation von Gesetzen und Haftbarkeiten sind unabdinglich.

Im Bildungssektor gäbe es mehrere Ansätze, vom Ausbau des Informatik-Unterrichts über digitale Kompetenz als Fach an der Grundschule zur Aus- und Weiterbildung in gänzlich neuen Berufsfeldern bzw. Spezialisierungen. Insgesamt sollte die Integration von Security und Datenschutzthemen in Ausbildungs- und Qualifizierungsmaßnahmen zu einer erhöhten Technologiekompetenz führen.

Auch könnten Maßnahmen wie vertrauenswürdige Labels zur Erhöhung des Bewusstseins und des Vertrauens in IT-Sicherheit beitragen. Bei der Entwicklung von neuen Technologien, welche Sicherheit von vornherein gewährleisten, sollen neue (Sicherheits-)Designprinzipien durchgesetzt werden, die End-User bereits in die Entwicklungen einbeziehen und durch Integration mehr Einsicht in die Systeme gewährleisten und das Vertrauen erhöhen.

Digitale Kompetenz als Schulfach und in Aus- und Weiterbildung

Vertrauenswürdige Labels und integrative Designprinzipien

5 Resümee

In den führenden Industriestaaten steht eine neue Stufe der Modernisierung der Produktionssysteme mit der Vision einer umfassenden digitalen Vernetzung auf der Tagesordnung. Im deutschsprachigen Raum wurde dafür „Industrie 4.0“ zum Leitbegriff, international auch Bezeichnungen wie „Industrial Internet“, „Advanced Manufacturing“ oder „Smart Factories“. Wesentliche Triebkräfte sind ein großes Angebot an neuen Technologien, der verschärfte globale Wettbewerb bei der Vermarktung industriell und gewerblich erzeugter Produkte sowie der angestrebte Ausbau der Industriequote unter dem Signum einer Re-Industrialisierung EU-Europas. Herzstück der Vision von Industrie 4.0 bildet die Vernetzung industrieller Wertschöpfungsketten zu cyber-physischen Systemen (CPS) auf Basis des Internet der Dinge und Dienste. Darin kommunizieren Menschen, Maschinen, Anlagen, Roboter, Logistiksysteme, Werkstücke und Materialien mittels eingebauter Hard- und Software, internetbasierter Funktechnologien sowie neuer Schnittstellen miteinander und ermöglichen ein neues Niveau dezentraler, selbststeuernder, flexibler Produktion.

*Vernetzung von
Wertschöpfungsketten
als Herzstück von I 4.0*

I 4.0 ist ein zunächst vor allem von Industrieverbänden und deren Leitbetrieben, der IT-Industrie und IT-Consultingunternehmen mit enormer Öffentlichkeitswirkung vorangetriebenes, heute von der Industrie- und Innovationspolitik aufgegriffenes Projekt. An seine Umsetzung knüpft sich das Versprechen eines hohen wirtschaftlichen Nutzens: eine Steigerung von Produktivität, Ressourceneffizienz, Flexibilität, Wertschöpfung und längerfristig auch positive Beschäftigungseffekte. Des Weiteren soll I 4.0 zu einer Aufwertung von Arbeitsaufgaben und einer Unterstützung nachhaltiger Entwicklung beitragen. Dem stehen allerdings auch Befürchtungen gegenüber: der entscheidend steigende Automatisierungsgrad könnte bei flächendeckender Umstellung mehr Arbeitsplätze kosten als neue entstehen lassen; Arbeit könnte psychisch belastender und zu Restfunktionen degradiert werden; die zunehmende Digitalisierung und Vernetzung führt zu Kontrollverlusten und Sicherheitsrisiken.

*Industrieverbände,
Leitbetriebe und
Consultingunternehmen
forcieren I 4.0*

Da die Visionen und Potenziale von I 4.0 bis dato nur in Teilbereichen und dabei v. a. in industriellen Leitbetrieben umgesetzt wurden, besteht heute über die tatsächlichen Auswirkungen einer Realisierung in der Breite große Ungewissheit. Sicher ist dagegen, dass es in absehbarer Zeit zu erheblichen Veränderungen der Fertigungslandschaft samt den vor- und nachgelagerten Bereichen der gesamten Wertschöpfungskette kommen wird. Dies legt nicht nur die skizzierte Konstellation von Triebkräften nahe, sondern dies verdeutlichen auch schon weitgehend vorexerzierte neue Geschäftsmodelle und Trends der Digitalisierung und Virtualisierung im Dienstleistungssektor. Der Pfad Richtung I 4.0 ist bereits beschritten, die digitale Vernetzung wird auch die industrielle Zukunft prägen. Wo dieser Pfad aber genau hinführen und ob er zu einer hochrangigen Straße ausgebaut wird und wie diese Straße verlaufen wird, ist noch weitgehend offen. Es ist daher jedenfalls erforderlich, sich voraus-

*Große Ungewissheit
über tatsächliche
Auswirkungen*

*Wandel der
Fertigungslandschaft
im Kommen*

schauend mit der Bandbreite an möglichen Auswirkungen, Chancen und Risiken sowie sich abzeichnenden Herausforderungen auseinanderzusetzen, um daraus mögliche Gestaltungsoptionen für eine wünschenswerte Entwicklung von I 4.0 abzuleiten. Im zentralen Teil dieses Papiers wurde damit anhand der beiden Wirkungsfelder Qualifizierung und Sicherheit begonnen.

*Vorrausschauende,
aktive Gestaltung
notwendig und möglich*

In Österreich sind die Voraussetzungen, I 4.0 zu realisieren, grundsätzlich als günstig einzuschätzen. Trotzdem steht der Fertigungssektor als Ganzes erst am Beginn, sich des Themas anzunehmen. Umso mehr besteht die Chance, die anlaufende aktive Gestaltung zu intensivieren und durch die Verbesserung der Rahmenbedingungen seitens der Politik zu unterstützen, um eine möglichst positive Entwicklung von I 4.0 im Interesse aller Betroffenen zu gewährleisten.

6 Literatur

- acatech (2013). Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Frankfurt/Main
- Aichholzer, G.; Rhomberg, W.; Gudowsky, N.; Saurwein, F.; Weber, M; Wepner, B. (2015) Industrie 4.0 – Hintergrundpapier für den 1. Workshop am 4. Mai 2015 (1. Zwischenbericht). Bericht-Nr. ITA-AIT-1; Wien; im Auftrag von: Österreichische Parlamentsdirektion, epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/ITA-AIT-1.pdf, entnommen am 24.11.2015
- Austria Innovativ (2014). Infineon Austria wächst zweistellig und setzt Industrie 4.0 als Vorreiter in Österreich um. <http://www.austriainnovativ.at/Infineon-Austria-waechst-zweistellig-und-setzt-Industrie-4-0-als-Vorreiter-in-OEsterreich-um.834.0.html>, entnommen am 24.11.2015
- Bast, H. (2014). Industrie 4.0: Oberösterreich und Steiermark planen Modellregion. <http://wirtschaftsblatt.at/home/nachrichten/oesterreich/steiermark/4623523/Industrie-40-Oberoesterreich-und-Steiermark-planen-Modellregion>, entnommen am 24.11.2015
- BBC (2014) 'Internet of things' to get £45m funding boost. <http://www.bbc.com/news/business-26504696>, entnommen am 24.11.2015
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2015a). Startschuss zur Gründung der Plattform Industrie 4.0. <http://www.bmbf.de/press/3755.php>, entnommen am 24.11.2015
- BMBF – Bundesministerium für Bildung und Forschung (2015b). Zukunftsprojekt Industrie 4.0. <https://www.bmbf.de/de/zukunftsprojekt-industrie-4-0-848.html>, entnommen am 24.11.2015
- BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2014 a). Stöger: Beim Breitbandausbau ziehen alle an einem Strang. <http://www.bmvit.gv.at/presse/aktuell/nvm/2014/1006OTS0148.html>, entnommen am 24.11.2015
- BMVIT – Bundesministerium für Verkehr, Innovation und Technologie (2014 b). Stöger: Drei heimische Universitäten erhalten Stiftungsprofessur für Produktion und Industrie 4.0. <http://www.bmvit.gv.at/presse/aktuell/nvm/2014/0917OTS0068.html>, entnommen am 24.11.2015
- BMWFV – Bundesministerium für Wissenschaft, Forschung und Wirtschaft (2015). I 4.0 und digitale Produktion. Wien.
- BMWi – Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (Hrsg.) (2014). Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0. http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/zukunft-der-arbeit-in-industrie-4-0,property=pdf,bereich=bmwi,sprache=einzel_artikel_ansicht&id=60310, entnommen am 24.11.2015
- BMWi - Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015). Umbau des IT-Gipfels zur übergreifenden Dialogplattform für die Umsetzung der Digitalen Agenda. <http://www.bmwi.de/DE/Presse/pressemitteilungen,did=647164.html>, entnommen am 24.11.2015
- Catapult (2015) High Value Manufacturing (HVM) Catapult. <https://hvm.catapult.org.uk/about-us/>, entnommen am 24.11.2015
- CBR – China Business Review (2014). Smart City Development in China. <http://www.chinabusinessreview.com/smart-city-development-in-china/>, entnommen am 24.11.2015

- DB – Deutsche Bank (2014). Industry 4.0: Upgrading of Germany's industrial capabilities on the horizon. https://www.dbresearch.com/PROD/DBR_INTERNET_EN-PROD/PROD000000000333571/Industry+4_0:+Upgrading+of+Germany%E2%80%99s+industrial+capabilities+on+the+horizon.PDF, entnommen am 24.11.2015
- Dirnberger, H. (2015). Ubiquitous Computing in Automatisierung und Industrial IT-Mark Weiser Computer des 21th Jahrhunderts in der Automatisierungstechnik. CMG-AE Tagung „Industrie 4.0: Revolutionäre Anforderungen an die IT oder Business as Usual?“ Wien am 24.02.2015
- EC – Europäische Kommission (2015a). Innovation in Digital Manufacturing. Report from the Workshop on Innovation in Digital Manufacturing. <https://ec.europa.eu/digital-agenda/en/news/european-co-operation-innovation-digital-manufacturing>, entnommen am 24.11.2015
- EC – Europäische Kommission (2015b). Key Enabling Technologies. http://ec.europa.eu/growth/industry/key-enabling-technologies/index_en.htm, entnommen am 24.11.2015
- EC – Europäische Kommission (2015c). Advanced Manufacturing. http://ec.europa.eu/growth/industry/innovation/advanced-manufacturing/index_en.htm, entnommen am 24.11.2015
- EC – Europäische Kommission (2015d). EU Actions. http://ec.europa.eu/growth/industry/key-enabling-technologies/eu-actions/index_en.htm, entnommen am 24.11.2015
- EC – Europäische Kommission (2015e). Digital Transformation of European Industry and Enterprises. http://ec.europa.eu/growth/tools-databases/newsroom/cf/itemdetail.cfm?item_id=8188&lang=de, entnommen am 24.11.2015
- EC – Europäische Kommission (2015f). Digital Single Market. http://ec.europa.eu/priorities/digital-single-market/index_en.htm, entnommen am 24.11.2015
- EC – Europäische Kommission (2015g) The EU and China signed a key partnership on 5G, our tomorrow's communication networks. http://europa.eu/rapid/press-release_IP-15-5715_en.htm, entnommen am 24.11.2015
- Economy Austria (2014). Infineon Austria: Industrie 4.0 Vorreiter und zweistelliges Wachstum. <http://www.economyaustria.at/wirtschaft/infineon-austria-industrie-40-vorreiter-und-zweistelliges-wachstum>, entnommen am 24.11.2015
- Eurostat (2014). Unternehmen, deren Geschäftsprozesse automatisch mit denen ihrer Zulieferer und/oder Kunden verbunden sind. <http://ec.europa.eu/eurostat/web/products-datasets/-/tin00115>, entnommen 24.11.2015
- FFG (2015). Interessensbekundung 2. Ausschreibung Stiftungsprofessur – bis 13.2.2015 möglich. <https://www.ffg.at/stiftungsprofessur/2015>, entnommen am 19.03.2015
- Fidler, F. (2015). Entwarnung: „Keine Angst vor Industrie 4.0“. Industrie 4.0 und die Folgen. 5. Teil, Berufsbilder im Wandel, Der Standard, 21./22.März.
- Fraunhofer (2015). Fraunhofer und Bundesregierung ebnen den Weg für den Industrial Data Space. <http://www.fraunhofer.de/de/presse/presseinformationen/2015/Februar/industrial-data-space.html>, entnommen am 24.11.2015
- Gerhard, D. (2014). TUWin 4.0 – One Stop Shop für Industrie 4.0. Vortrag am 4.11.2014.
- GSA – Government of South Australia (2014). State Govt, Adelaide City plug in to Internet of Things Innovation Hub. <http://www.statedevelopment.sa.gov.au/news-releases/all-news-updates/state-govt-adelaide-city-plug-in-to-internet-of-things-innovation-hub>, entnommen am 24.11.2015

- GSMA (2014). GSMA: Connected Living. How China is set for global M2M Leadership. <http://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/2014/06/china-report.pdf>, entnommen am 24.11.2015
- Gubbi, J., Buyya, R., Marusic, S., Palaniswami, M. (2013). Internet of Things (IoT): A vision, architectural elements, and future directions. In: Future Generation Computer Systems, 29 (7): 1645-1660
- Günther, G., Salzburgresearch (2014). Industrie 4.0: Internationale Initiativen und Programme. http://www.iv-salzburg.at/dokumente/703/140_Top09_Guentner_International_Handout.pdf, entnommen am 24.11.2015
- Hinrichsen, S. & Jasperneite, J. (2013). Industrie 4.0 – Begriff, Stand der Umsetzung und kritische Würdigung. In: Betriebspraxis & Arbeitsforschung 216
- Hirsch-Kreinsen, H. (2014a). Entwicklungsperspektiven von Produktionsarbeit. In: BMWi (Hg.). Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0: 37-42.
- Hirsch-Kreinsen, H.; Ittermann, P.; Niehaus, J. (Hg.) (2015). Digitalisierung industrieller Arbeit. Die Vision Industrie 4.0 und ihre sozialen Herausforderungen. Berlin: Edition Sigma.
- Industriemagazin (2015). Vollvernetzt. Ausgabe 09/2015. Wien.
- IV – Industriellenvereinigung (2014). Smart Production & Services: Die Steiermark ist bereit! <http://www.iv-net.at/lg/stmk/b642>, entnommen am 24.11.2015
- IV Oberösterreich – Industriellenvereinigung Oberösterreich (2013). Produktion der Zukunft.
- Kärcher, B. (2014). Alternative Wege in die Industrie 4.0 – Möglichkeiten und Grenzen. In: BMWi (Hg.). Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0: 19-25
- Kurfuss, T. (2014). Industry 4.0: Manufacturing in the United States. Bridges, Vol. 42, December 2014/Feature
- Leopold, H. (2015a): Sicherheit im elektronischen Universum. Bedrohungspotenziale und Gegenstrategien für die Sicherheit bei Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), Vortrag beim Workshop „Zukünftige Herausforderungen von Industrie 4.0“, Wien, 24.6.2015
- Leopold, H. (2015b): Sicherheit im elektronischen Universum. Neue Bedrohungspotenziale brauchen effektive Gegenstrategien und eine gemeinsame gesellschaftliche Anstrengung, Hintergrundpapier, AIT: Wien, September 2015
- Nathan, S. (2014). Understanding Industry 4.0: Factories go digital. In: Engineer (Online Edition), 2. <http://www.theengineer.co.uk/manufacturing/automation/understanding-industry-40-factories-go-digital/1019373.article>, entnommen am 24.11.2015
- NIST (2015). Draft Framework 'Cyber Physical Systems'. <http://www.nist.gov/el/nist-releases-draft-framework-cyber-physical-systems-developers.cfm>, entnommen am 24.11.2015
- OECD – Organisation for Economic Co-operation and Development (2015): OECD Digital Economy Outlook 2015, Paris: OECD
- Ovtcharova, J. et al. (2014). Innovation braucht Resourceful Humans Aufbruch in eine neue Arbeitskultur durch Virtual Engineering. In: BMWi (Hg.). Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0: 50-57
- Pfeiffer, S. (2015a): Industrie 4.0. Ausbildung und Qualifizierung, Vortrag beim Workshop „Zukünftige Herausforderungen von Industrie 4.0“, Wien, 24.6.2015
- Pfeiffer, S. (2015b): Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung. Vertiefungspapier im Auftrag des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung (ITA), Wien, Juli 2015

- Plattform Industrie 4.0 (2015). Projekte und Initiativen. <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/In-der-Praxis/ProjektInitiativen/projekte-und-initiativen.html;jsessionid=58D8C23AC46108A70E00120D14B50F46>, entnommen am 24.11.2015
- PwC – Strategy& PwC (2014). Industrie 4.0 – Chancen und Herausforderungen der vierten industriellen Revolution. <http://www.strategyand.pwc.com/media/file/Industrie-4-0.pdf>, entnommen am 24.11.2015
- Sabo, F. (2015). Industry 4.0 – A comparison of the status in Europe and the USA. Thesis FH Kufstein, http://www.marshallplan.at/images/FHKufstein_SaboFilip.pdf, entnommen am 24.11.2015
- Schneider, H. (2014 a). Industrielle Produktion neu denken – Die Fabrik der Zukunft (ent)steht in Chemnitz. In: Dresdner Transferbrief 2
- Shin, D. (2014). A socio-technical framework for Internet-of-Things design: A human-centered design for the Internet of Things. In: Telematics and Informatics, 31: 519-531
- Shipp, S., Gupta, N., Lal, B., Scott, J., Weber, C., Finnin, M., Blake, M., Newsome, S., Thomas, S. (2012). Emerging global trends in advanced manufacturing. Institute for Defense Analyses, DTIC Document. http://www.wilsoncenter.org/sites/default/files/Emerging_Global_Trends_in_Advanced_Manufacturing.pdf, entnommen am 24.11.2015
- Spath, D., Ganschar, O., Gerlach, S., Hämmerle, M., Krause, T., Schlund, S. (2013). Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0. Fraunhofer IAO, Fraunhofer Verlag, <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/images/iao-news/produktionsarbeit-der-zukunft.pdf>, entnommen am 24.11.2015
- TU Wien (2015). Österreichs erste Pilotfabrik eröffnet in der Seestadt Aspern, www.tuwien.ac.at/aktuelles/news_detail/article/9629/, entnommen am 24.11.2015
- TÜV Austria Group (2014). Industrie 4.0: Bedrohung oder Chance? In: TÜV Austria Times, 1/2014: 4-7. http://www.tuev.at/start/download/Dokumente/TUVTIMES/2014/tuv-austria-times-012014_Screen.pdf, entnommen am 24.11.2015
- VDMA(2013). VDMA Studie Status Quo der Security in Produktion und Automation 2013/2014; <http://pks.vdma.org/article/-/articleview/2717338>, entnommen am 24.11.2015
- Wasserfaller, M. (2014). Revolution in der Produktion. APA-Science Dossier. https://science.apa.at/dossier/Revolution_in_der_Produktion/SCI_20141030_SCI59932815220982648, entnommen am 24.11.2015
- Weidner, M. (2014). „IT-Security: Eine notwendige Voraussetzung“. Interview, in: TÜV Austria Group (2014): TÜV Austria Times, 1/2014: 10-11 http://www.tuev.at/start/download/Dokumente/TUVTIMES/2014/tuv-austria-times-012014_Screen.pdf, entnommen am 19.03.2015
- Wiesmüller, M. (2014). Arbeitssystemgestaltung im Spannungsfeld zwischen Organisation und Mensch-Technik-Interaktion – das Beispiel Robotik. In: BMWi (Hg.). Zukunft der Arbeit in Industrie 4.0: 72-77
- Yanrong, K., Lei, Z., Cai, C., Yuming, G., Hao, L., Ying, C., Whyte, J., Hart, T. (2014). EU – China Smart and Green City Cooperation „Comparative Study of Smart Cities in Europe and China” – White Paper – prepared for Ministry of Industry and Information Technology (MIIT), DG CNECT, EU Commission. http://euchina-ict.eu/wp-content/uploads/2015/01/Smart_City_report_draft-White-Paper_-_March-2014.pdf, entnommen am 24.11.2015
- Zimmermann (2014). Production of the Future: Advanced Manufacturing in Austria. Bridges, 42, December 2014/Feature

Anhang

Tabelle 1 Liste der Teilnehmer und Teilnehmerinnen am 2. Workshop „Zukünftige Herausforderungen von Industrie 4.0“ am 24.06.2015, Palais Epstein, Wien

Name	Organisation
Georg Aichholzer	ÖAW / ITA
Walter Asperl	FPÖ
Maria Bendl	BMWWF
Andreas Brich	BMW
Gerhard Deimek	FPÖ
Herbert Dirnberger	Cyber Security Austria
Brigitte Ecker	Institut für höhere Studien (IHS)
Brigitte Egelhofer	BMWWF
Rouven Ertlschweiger	Team Stronach*
Christian Faymann	WIFI Österreich
Franz Fidler	FH St. Pölten
Elisabeth Fink-Klein	Die Grünen
Alois Frank	WIFI Wien
Clara Fritsch	gpa Gewerkschaft der Privatangestellten
Niklas Gudowsky	ÖAW / ITA
Wolfgang Haidinger	IV Industriellenvereinigung
Eva-Maria Himmelbauer	ÖVP
Rolf-Dieter Kargl	Research Institute AG & Co KG
Georg Krause*	SAP
Andreas Krisch	VIBE Verein für Internet-Benutzer Österreichs
Daniel Lehner	SPÖ
Ilse Leidl-Krapfenbauer	AK Wien
Helmut Leopold	AIT
Ruperta Lichtenecker	Die Grünen
Gerhard Malainer	Team Stronach*
Klaus Ortner	TÜV Austria Services
Peissl Walter	ÖAW / ITA
Sabine Pfeiffer	Universität Hohenheim
Reinhard Posch	Digitales Österreich, BKA
Christoph Raber	BMWWF
Christian Rechberger	SPÖ / ProGe Produktionsgewerkschaft
Michael Reder	Fronius International GmbH
Wolfram Rhomberg	AIT
Birgit Schatz	Die Grünen
Nikolaus Scherak	NEOS
Michael Schiller	WK Wien

Name	Organisation
Stefan Schnöll	ÖVP (Junge ÖVP)
Reinhold Schöfnagel	BMWWF
Albert Steinhauser	Die Grünen
Friedrich Szukitsch	Szukitsch Software Development
Hannes Walter	EVOLARIS NEXT LEVEL GMBH
Matthias Weber	AIT
Lucas Weigerstorfer	ÖVP (Parlamentsklub)
Beatrix Wepner	AIT
Michael Wiesmüller	BMVIT
Rainer Wimmer	ProGe Produktionsgewerkschaft
Nurten Yilmaz	SPÖ

* zum Zeitpunkt des Workshops

Tabelle 2: Aktivitäten zu Industrie 4.0 in Österreich

Bundesland	I 4.0 Aktivitäten	Träger	beteiligt	Ziele (Budget)
Burgenland	Programm FTI-Strategie 2025 (Eisenstadt)	Wirtschaft Burgenland	Industrie, Wirtschaftskammer Burgenland	Anhebung der F&E-Quote im Bereich intelligente Fertigung
Kärnten	Pilotraum I 4.0 (Villach)	Infineon Österreich	Infineon	Pilotbetrieb einer Fertigung auf Basis modernster cyber-physischer Systeme
	Plattform für I 4.0 (avisiert; Villach)	Land Kärnten	IV Kärnten, Leitbetriebe	Stärkung regionaler „hidden champions“
Niederösterreich	Projekt Enterprise 4.0 (St. Pölten)	ecoplus Clusterinitiativen Mechatronik und Kunststoff	IV Niederösterreich, Wirtschaftskammer	Ausbau digitaler Innovationskraft
	Bachelor-Studium Smart-Engineering (St. Pölten)	FH St. Pölten	Nationale & internationale Industriepartner	Verständnis intelligenter Informationsflüsse
Oberösterreich	Programm Produktionsstandort 2050	Land Oberösterreich (Abwicklung: FFG)	OÖ Kooperationspartner aus Wirtschaft & Forschung	Digitalisierung der Fabrik, Automatisierung im Leichtbau (3 Mio. Euro)
	Plattform I 4.0	Land Oberösterreich	u.a. Rübiger, Fill, Voestalpine AG, Greiner, JKU, FH OÖ	Vertiefung in Vernetzungsthemen
Salzburg	Qualifizierungsnetzwerk I 4.0	Research Studios Austria	Salzburger & oberösterreichische Unternehmen	Vernetzung in zukunftsrelevanten Technologiefeldern
Steiermark	Stiftungsprofessur I 4.0: Hochleistungswerkstoffe (Leoben)	Montanuniversität Leoben	Voestalpine AG, Ebner Industrieofenbau	Neuartige Legierungs- und Verarbeitungs-konzepte für verbesserte Stahlgüter
	Programm Smart Production & Services	Land Steiermark (Abwicklung: SFG)	IV Steiermark	Impulse durch neue Arbeits- und Produktionsformen (max. 1,5 Mio. Euro)

Bundesland	I 4.0 Aktivitäten	Träger	beteiligt	Ziele (Budget)
Tirol	Stiftungsprofessur I 4.0: Advanced Manufacturing	Universität Innsbruck	u.a. Getzner Textil, Fussenegger, Grabher, Benninger, Alge, Schoeller	Neue Produktionstechniken für flexible technische Textilien, Leichtbaustrukturen und Sensoren
	F&E Plattform Tirol	IV Tirol, Innsbruck	u.a. Siemens, Jenbacher	Stärkung des Forschungs- und Innovationsraums Tirol
Vorarlberg	I 4.0-Netzwerk Vorarlberg	Wirtschaftsstandort Vorarlberg	u.a. Wirtschaftskammer Vorarlberg	Technologie-transfer
Wien	Verein I 4.0 Österreich – Plattform für Intelligente Produktion (national)	BMVIT	Siemens (Vorstand), PROGE, FMMI, FEEI, AK, IV	Schaffung neuer Wachstums- und Beschäftigungsmöglichkeiten
	Pilotfabrik I 4.0	TU Wien	u.a. Atos, Bosch, EMCO, evolaris, Festo, GGW Gruber, IGM Robotersysteme, Jungheinrich, plasmo Industrietechnik, SAP Österreich, Siemens AG Österreich, Zetes Austria, ZOLLER	Gesteigerte Maschinenintelligenz und Mensch-Maschine Szenarien (rd. 2 Mio. Euro)
	Stiftungsprofessur I 4.0: Produktionsforschung	TU Wien	u.a. Hörbiger, Metal Essence, Geberit, GW St. Pölten, VOITH, Indat, Test-Fuchs, Miraplast, Research Tub, FFMI, FCIÖ	Hohe Varianz an Fertigungsverfahren bei geringen Losgrößen

Quelle: *Industriemagazin (2015). Vollvernetzt. Ausgabe 09/2015. Wien.*

Tabelle 3: Liste komplementärer, im Pilotprojekt erstellter Dokumente

Kurztitel	Referenz
Hintergrundpapier (1. Zwischenbericht)	Aichholzer, G.; Rhomberg, W.; Gudowsky, N.; Saurwein, F.; Weber, M; Wepner, B. (2015): Industrie 4.0 – Hintergrundpapier für den 1. Workshop am 4. Mai 2015 (1. Zwischenbericht). Bericht-Nr. ITA-AIT-1; Wien; im Auftrag von: Österreichische Parlamentsdirektion, epub.oeaw.ac.at/ita/ita-projektberichte/ITA-AIT-1.pdf
Vertiefungspapier zum Wirkungsfeld Qualifizierung	Pfeiffer, S. (2015b): Auswirkungen von Industrie 4.0 auf Aus- und Weiterbildung. Vertiefungspapier im Auftrag des Instituts für Technikfolgen-Abschätzung (ITA), Wien, Juli 2015, epub.oeaw.ac.at/ita/ita-manuscript/ita_15_03.pdf
Vertiefungspapier zum Wirkungsfeld Sicherheit	Leopold, H. (2015b): Sicherheit im elektronischen Universum. Neue Bedrohungspotenziale brauchen effektive Gegenstrategien und eine gemeinsame gesellschaftliche Anstrengung, Hintergrundpapier, AIT: Wien, September 2015, epub.oeaw.ac.at/ita/ita-papers/Industrie4-0_Security.pdf