

Industrie 4.0

Zehn Thesen aus Sicht der Innovationsforschung

Ansprechpartner:
Dr. Thomas Reiß
Leiter Competence Center Neue Technologien
Fraunhofer ISI
Breslauer Str. 48
76139 Karlsruhe
Telefon: 0721 6809-160
E-Mail: thomas.reiss@isi.fraunhofer.de

Karlsruhe, Dezember 2015

Inhaltsverzeichnis

Vorbemerkung.....	1
Hintergrund: Die aktuelle Industrie-4.0-Agenda in Deutschland.....	1
Die Industrie-4.0-Agenda aus Sicht der Innovationsforschung	2
Die zehn Thesen	4
Die Thesen im Überblick	14

Hinweis: Alle maskulinen Personen- und Funktionsbezeichnungen beziehen sich in gleicher Weise auf alle Geschlechter.

Vorbemerkung

Dieses Thesenpapier ist das Resultat eines Diskussionsprozesses von Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern des Fraunhofer ISI, die sich in unterschiedlichen Projekt- und Analysekontexten mit dem Thema Industrie 4.0 befassen. Im internen Erfahrungsaustausch zeigte sich, dass die Innovationsperspektive – und insbesondere die systemische Innovationssicht, die bei einem Thema mit derartiger Reichweite dringend erforderlich ist – bisher noch nicht besonders ausgeprägt ist. Unsere Thesen verstehen sich deshalb als Denkanstöße, mit denen wir die aktuelle Diskussion zu Industrie 4.0 erweitern wollen, um das Thema in der wissenschaftlichen und forschungspolitischen Debatte, aber auch mit Blick auf die praktische Umsetzung in der Wirtschaft voranzubringen.

Hintergrund: Die aktuelle Industrie-4.0-Agenda in Deutschland

Industrie 4.0 konzentriert sich in der aktuellen Diskussion in Deutschland vor allem auf den Bereich der industriellen Fertigung und bezeichnet dort einen Entwicklungssprung in der Produktion, der sich durch eine weitreichende informationstechnische Vernetzung mit umfangreicher Sensorik, Aktorik und neuartigen Analysemethoden von Datenströmen auszeichnet. Leitbild ist die vollständig vernetzte, dezentral organisierte und sich weitgehend selbst optimierende Produktion. Die durchgängige Digitalisierung, Automatisierung und Vernetzung von Objekten und Akteuren entlang der Wertschöpfungsketten ermöglicht es, den Produktionsprozess nach unterschiedlichen Kriterien, wie beispielsweise Kosten oder Ressourcenverbrauch in Echtzeit, zu steuern und zu optimieren. Darüber hinaus können auf der Basis spezifischer Kombinationen von Maschinen- und Prozessdaten neue Geschäftsmodelle und industrielle Dienstleistungen entstehen. Obwohl das Thema durchaus breiter gefasst werden könnte, bleibt die derzeitige Debatte in Deutschland weitgehend auf den Industrie- und Produktionskontext bezogen.

Die nationalen Aktivitäten zum Thema Industrie 4.0 werden von der „Plattform Industrie 4.0“ koordiniert. Im Jahr 2013 als Plattform der Branchenverbände des Maschinen- und Anlagenbaus (VDMA), der Elektroindustrie (ZVEI) sowie der Informations- und Kommunikationstechnik (BITKOM) gestartet, hat die Plattform im Frühjahr 2015 eine organisatorische Neuausrichtung unter Führung von BMWi und BMBF erfahren. Im Hinblick auf die inhaltliche Ausrichtung scheinen hier neue Akzente gesetzt zu werden, die die bisherige Priorisierung von Standardisierung und Normung abschwächen zugunsten von konkreten Firmenkooperationen und Anwendungsbeispielen. Und auch auf Länderebene sowie in Form regionaler oder lokaler Zusammenschlüsse – oftmals koordiniert durch Intermediäre wie Industrie- und Handelskammern oder Industrieverbände – gibt es vielfältige Aktivitäten zum Thema Industrie 4.0.

Wichtigstes Ziel aller Aktivitäten ist eine möglichst rasche und umfassende Umsetzung und Diffusion des Industrie-4.0-Leitbilds und seiner Technologien, um die Innovations- und internationale Marktführerschaft der deutschen Produktionsbetriebe, vor allem auch im Wettbe-

werb mit China, den USA, Südkorea und Japan, zu erhalten und auszubauen. Die rasche Digitalisierung der Produktion sei nicht zuletzt deshalb notwendig, so die Diagnose, um nicht von den großen amerikanischen Internet-/IT-Firmen abhängig zu werden, die zunehmend im Bereich der Prozessautomation aktiv werden und versuchen, Standards zu etablieren.

Die Industrie-4.0-Agenda aus Sicht der Innovationsforschung

Aus Sicht der Innovationsforschung greift die aktuelle Industrie-4.0-Agenda zu kurz. Um Industrie 4.0 in seiner gesamten Tragweite in Deutschland nachhaltig voranzubringen, sollte sie um drei Felder erweitert werden:

1. Konsequenterer Berücksichtigung der Nutzerperspektive und neuer Anwendungsfelder

In der aktuellen Industrie-4.0-Debatte werden die Anbieter-Nutzer-Beziehungen und die sich daraus ergebenden Potenziale noch zu wenig thematisiert. Vielen Studien und Stellungnahmen liegt ein einfacher linearer Ansatz zugrunde, der die Nutzer als reine Empfänger neuer Technologien betrachtet. Dieser ist aus Sicht der Innovationsforschung und einer nachfrageorientierten Innovationspolitik nicht mehr angemessen. Vielmehr sollten spezifische Wechselwirkungen zwischen Anbietern und verschiedenen Nutzer-/Anwenderbedarfen berücksichtigt und die entsprechenden Umstellungen sorgfältig in etablierte Prozesse eingepasst werden. Eine derartige Perspektiverweiterung von Industrie 4.0 hat den Vorteil, dass auch völlig neue Anwendungsbereiche und Geschäftsmodelle in den Blick kommen, die bisher aufgrund der bislang vorherrschenden Fixierung auf Effizienzgewinne verstellt sind.

2. Kritische Reflexion der Industrie-4.0-Agenda in Deutschland und Einbeziehung internationaler Best Practices

In der deutschen Industrie-4.0-Debatte fehlt es momentan an einer kritischen Reflexion, die die aktuellen Aktivitäten in vorangegangene Themenzyklen sowie internationale Aktivitäten einordnet. Insbesondere die offenen Fragen hinsichtlich der potenziellen Folgewirkungen von Industrie 4.0 für die internationale Wettbewerbs- und Innovationsfähigkeit des Standorts Deutschland sollte empirisch belastbar betrachtet werden, um Chancen und Risiken der Entwicklung differenzierter bewerten und frühzeitige Weichenstellungen vornehmen zu können. Weiterhin sollte eine kritische Reflexion zu Industrie 4.0 auch Analysen internationaler Ansätze zu den Themen Standardisierung versus pragmatische Kooperationen zum Gegenstand haben. Auch die Frage, welche (disruptiven) Aus- und Wechselwirkungen künftig additive Fertigungsverfahren auf den Industriesektor haben könnten, ist hierbei ein wichtiger Aspekt.

3. Thematische Ausweitung über den eigentlichen Produktionskontext hinaus

Informationstechnische Vernetzung, Automatisierung und Steuerung mithilfe von sensorgenerierten Daten und Big-Data-Analysen sind Aspekte der Digitalisierung, die nicht nur den Produktionsbereich betreffen. Auch in vielen anderen Bereichen (z. B. Energie, Verkehr, Logistik, Gesundheit, Bildung oder öffentliche Verwaltung) wird die Digitalisierung als Megatrend in den kommenden Jahren zu weiteren tiefgreifenden Veränderungen führen. Aus Sicht der Innovationsforschung sind insbesondere Lern- und Skaleneffekte von Interesse, die sich aus der Verkettung und Kombination verschiedener Bereiche bzw. Wissensbestände ergeben.

Die zehn Thesen

Die genannten drei Felder bergen zusätzliche Innovationspotenziale, die in den folgenden zehn Thesen ausgeführt werden.

➤ **Konsequenterer Berücksichtigung der Nutzerperspektive und neuer Anwendungsfelder**

These 1: Die Digitalisierung eröffnet viele neue Geschäftsfelder und umfasst mehr als die Effizienzsteigerung von bestehenden Prozessen.

Die aktuelle Industrie-4.0-Debatte wird stark von der Effizienzthematik bestimmt, d. h. von Überlegungen, wie die informationstechnische Vernetzung dazu genutzt werden kann, Kosten im Betriebsablauf zu sparen und die Produktivität industrieller Wertschöpfungsprozesse zu steigern (z. B. Ressourcenproduktivität). So plausibel dies in vielen Fällen ist, aus Sicht der Innovationsforschung stellt es eine problematische Engführung dar. Die Digitalisierung bietet für die Unternehmen im Land viel mehr Möglichkeiten und Anwendungspotenziale, als es das Thema Industrie 4.0 momentan nahelegt. Insbesondere wenn es darum geht, Innovationen hervorzubringen, sind digitale Plattformen von entscheidender Bedeutung. Die Digitalisierung ermöglicht es beispielsweise, Nutzer und Kunden um ein Vielfaches intensiver in die Gestaltung und Erstellung von Produkten einzubeziehen (Stichworte „Open Innovation“, „Co-Creation“), kreative und kooperative Prozesse im Unternehmen zu unterstützen (Stichwort „Kombinierte FuE/Marketing-Innovationen“), neue Geschäftsmodelle zu realisieren (Stichwort „Systemzulieferer“, „Modularisierung“), neue Betreibermodelle umzusetzen (Stichwort „Nutzen statt Besitzen“), neue Dienstleistungen anzubieten (Stichwort „präventive Wartung“, „Individualisierung“) und vieles mehr. Eine zu starke Fokussierung auf den Aspekt der Effizienzsteigerung verstellt die Sicht auf neue, innovative Produkte, Dienste und Prozesse, die durch die Digitalisierung möglich werden. Dabei besteht die Gefahr, dass diese Chancen insbesondere bei kleinen und mittleren sowie mittelständischen Unternehmen noch nicht erkannt und ergriffen werden. Da Industrie 4.0 derzeit noch kein „Selbstläufer“ ist, sind entsprechende, wissenschaftliche fundierte Maßnahmen zur Unterstützung der Diffusion erforderlich.

Die sich abzeichnende Reorganisation vieler Wertschöpfungsketten erfordert neue Organisations- und Kooperationsformen. Insbesondere kleine und mittelständische Unternehmen werden zunehmend mit branchen- oder technologiefremden Partnern (z. B. aus der IT- und Internetbranche, funktionale Materialien, Mikro-/Nanotechnologie) zusammenarbeiten müssen, wofür es heute kaum bewährte Routinen und Netzwerke gibt. Ein Grund hierfür ist die Schwierigkeit, die von den oftmals international agierenden IKT-Firmen (Google, Cisco, Apple usw.) bereit gestellten Innovationspotenziale zu nutzen und gleichzeitig die Gestaltungshoheit über eigene Innovationsprozesse sowie die direkte Schnittstelle zu den eigenen Kunden zu erhalten.

These 2: Für kleine und mittlere Industrieunternehmen ist die schrittweise Annäherung an Industrie 4.0 der Schlüssel.

Für eine Vielzahl von Produktionsunternehmen stellt die aktuelle Zurückhaltung beim Thema Industrie 4.0 im Sinne einer umfassenden Vernetzung ihrer Produktion eine ökonomisch rationale Entscheidung dar. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen können die Investitionskosten einer durchgängigen Modernisierung ihrer Produktion nicht stemmen. Weiterhin bestehen gerade bei Zulieferern von einfacheren Teilen und Komponenten der Mittel- und Großserie hoch effiziente und bestens eingeschwungene Prozesse, sodass der zusätzliche Mehrwert in Relation zu den (noch) hohen Investitionskosten sowie den Kosten zur Schaffung geeigneter organisatorischer Rahmenbedingungen (z. B. digitales Dokumentenmanagement, Kompetenzentwicklung) nicht ausreichend attraktiv erscheint.

Daher wird es wichtig sein, dass zukünftig insbesondere für die Zielgruppe der kleinen und mittleren Unternehmen niedrigschwellige Einstiegskonzepte für Industrie 4.0 bereit gestellt werden, die es den Unternehmen ermöglichen, sich schrittweise dem Thema anzunähern und mögliche Anwendungskontexte pilothaft zu erproben. Hierbei ist zu beachten, dass die mittelständischen Produktionsbetriebe je nach Größe, Branche, vorhandenem Digitalisierungsgrad und Strategieoption unterschiedliche Interessen und Anwendungsbedarfe im Hinblick auf Industrie 4.0 haben. Zwar zeigt die aktuelle BMWi-Studie „Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand“ generelle Strategien für Mittelständler mit Blick auf Technologie-Reifegrade auf, und auch der VDMA hat jüngst eine Orientierungshilfe für den Mittelstand herausgegeben („Leitfaden Industrie 4.0“). Allerdings fehlt weiterhin eine Systematisierung mit Blick auf die unterschiedlichen Interessen der kleinen und mittleren Unternehmen als potenzielle Nutzer von Industrie 4.0. So wird ein Unternehmen, das sich vorrangig durch die Leistungsfähigkeit seiner technischen Herstellungsverfahren am Markt positioniert, andere Bedarfe an derartige Lösungen haben als ein Hersteller von Produkten der standardisierten Industrieproduktion. Insbesondere kleine und mittlere Unternehmen benötigen oftmals nicht das Maximum des technisch Möglichen, sondern vielmehr robuste, skalier- oder modularisierbare Maschinen und Lösungen.

These 3: Durch Industrie 4.0 wird die klassische Facharbeiter-Kompetenz neu definiert.

Die digitale Integration und Echtzeitsteuerung von Produktionsprozessen durch dezentrale Rechneinheiten ermöglicht es zum einen, zukünftig auch mit An- und Ungelernten, komplexere Tätigkeiten in der Produktion auszuführen (z. B. durch „geführte“ Arbeit mithilfe von Motion-Capture-Anzügen und Datenbrillen). Zum anderen wird der Bedarf an hoch qualifizierten Beschäftigten (vor allem im IT-Bereich) steigen, um das digitale Produktionssystem zu steuern und anzupassen. Auf der mittleren Ebene der Facharbeit (z. B. Techniker, Meister, Maschinenführer und -einrichter) wird hingegen das bestehende langjährige Erfahrungs- und Anwenderwissen der Facharbeiter zunehmend in automatisierte, selbstlernende Algorithmen der Datenauswertung und Mustererkennung transferiert. Diese Entwicklungen legen den Schluss nahe, dass die klassische Facharbeit bei einer breiten Durchdringung von Industrie 4.0 zunehmend obsolet wird. Vor dem Hintergrund des absehbaren Facharbeitermangels in Deutschland mag dies zunächst sogar als positiver Effekt erscheinen. Allerdings beruht ein Großteil der Innovationsstärke und Wettbewerbsfähigkeit deutscher Unternehmen auf der herausragenden Beherrschung technischer Herstellungsverfahren und Produktionsprozesse (z. B. Qualität, Flexibilität, Liefertreue). Basis der hierfür notwendigen technischen Prozessinnovationen (z. B. unternehmensindividuelle Modifikation von Standardmaschinen in Eigenarbeit) ist meist die Facharbeiterebene mit ihrem Erfahrungs- und Anwenderwissen.

Daher ist es dringend erforderlich, das Tätigkeits- und Qualifikationsprofil von Facharbeitern neu zu definieren und Lösungen zu erarbeiten, wie deren spezifische Kompetenzen und Erfahrungen auch im Rahmen von Industrie-4.0-Produktionssystemen zukünftig genutzt und strategisch weiterentwickelt werden können. Entscheidend sind hier neue Qualifikationen, die sich an den Anforderungen und möglicherweise neuen Tätigkeitsprofilen von Industrie 4.0 orientieren. Der absehbare Wandel der Qualifikationserfordernisse muss nicht zuletzt vor dem Hintergrund der stärkeren Praxisorientierung in akademischen Ausbildungen und der höheren Anforderungen in der Facharbeiterausbildung gesehen werden sowie entsprechende berufliche Entwicklungschancen mit einbeziehen.

These 4: Sicherheitsaspekte für die vernetzte Produktion sind zentral.

Informationssicherheit, Risiken durch Industriespionage und Know-how-Abfluss sind Hemmschwellen für Unternehmen, die über höhere Stufen von Digitalisierung und Vernetzung ihrer Produktion nachdenken. Gerade für mittelständische Unternehmen sind diese Fragen Gründe für eine skeptische Haltung gegenüber Industrie 4.0. Ein wichtiger Ansatzpunkt ist hierbei der „Industrial Data Space“, eine Plattform für Trusted Cloud Computing auf nationaler Ebene, wie sie von der Fraunhofer-Gesellschaft vorangetrieben wird. Aus Innovationssicht ist dabei zu beachten, dass das Thema Informationssicherheit in Industriebetrieben nicht auf einer generellen Ebene und nicht innerhalb nur einer Fachdisziplin gelöst werden kann, sondern immer die Betrachtung des spezifischen Falls, d. h. der Bedingungen vor Ort erfordert. Eine Bestandsaufnahme der konkreten Bedingungen und Sicherheitsanforderungen vor Ort (welche Daten werden wo erzeugt und wie weitergegeben; welche Datenflüsse existieren und welche sind kritisch?) wird jedoch noch zu selten vorgenommen, sodass eine realistische Einschätzung der Sicherheitsanforderungen heute eine zentrale Herausforderung darstellt. Dies ist umso gravierender, als dass durch Industrie 4.0 eine neue „kritische Infrastruktur“ mit gesamtwirtschaftlicher Bedeutung geschaffen wird. Die Angriffsmöglichkeiten erreichen ein völlig neues Risiko-Niveau, da Cyberattacken auf die gesamte Volkswirtschaft möglich werden.

➤ **Kritische Reflexion der Industrie-4.0-Agenda in Deutschland und Einbeziehung internationaler Best Practices**

These 5: Eine kritische Reflexion des Themas verbessert den Umsetzungserfolg von Industrie 4.0.

In der deutschen Industrie-4.0-Debatte fehlt es momentan an kritischer Reflexion, die die aktuellen Aktivitäten in vorangegangene Phasen der technologischen Modernisierung einordnet: Aus der Sicht der betroffenen Betriebe handelt es sich bei Industrie 4.0 oftmals lediglich um die jüngste Welle einer seit vielen Jahren virulenten und mit unterschiedlichen Schlagwörtern belegten Debatte um die Automatisierung und IT-Integration in der Produktion (z. B. Computer-integrated Manufacturing, CIM). Die schnelle Abfolge von Themenwellen diskreditiert dabei die Rede von der Dringlichkeit ihrer Umsetzung. Vor diesem Hintergrund halten wir eine kritische Reflexion und Einordnung des Themas Industrie 4.0 für notwendig, um die Aufmerksamkeit der Betroffenen zurückzugewinnen und ihre Vorstellungen bei der weiteren Konzeptualisierung von Industrie 4.0 mit zu berücksichtigen. Kritische Reflexion heißt in diesem Zusammenhang, (Dis-)Kontinuitäten und konkrete Anknüpfungspunkte aufzuzeigen, um damit langfristige Perspektiven für die Unternehmen zu eröffnen.

Ein hohes Reflexionsniveau ist auch ein zentraler Erfolgsfaktor für nationale und regionale Innovationssysteme im Zeitalter der Digitalisierung. Zu einem hohen Reflexionsniveau gehört neben einer kritischen Auseinandersetzung mit dem Konzept auch eine Analyse internationaler Ansätze und Strategien der informationstechnischen Vernetzung in der Produktion und damit verbunden eine Einordnung der inländischen Aktivitäten. Dabei sollte das Neue von Industrie 4.0 herausgearbeitet werden, insbesondere im Hinblick auf schon umgesetzte Digitalisierungs-, Vernetzungs- und Automatisierungsstrategien sowie vor dem Hintergrund von Konzepten, die im Ausland (USA, China usw.) verfolgt werden.

Der Vergleich mit den USA zeigt, dass in der aktuellen Phase eher pragmatische Umsetzungsprojekte gefragt sind als umfassende Standardisierungsversuche. Bei den deutschen Koordinierungsaktivitäten zum Thema Industrie 4.0 standen lange Zeit Standardisierung und Normen ganz oben auf der Agenda. Inzwischen gilt der Ansatz einer vorauslaufenden Top-down-Standardisierung als gescheitert. Dennoch ist das Thema Standardisierung weiterhin relevant. Bei Umfragen in Unternehmen werden immer wieder fehlende Standards als Grund für die Zurückhaltung beim Thema Industrie 4.0 angegeben. Aus Sicht der Innovationsforschung sind Standards und Normen wichtige Voraussetzungen für die Diffusion neuer Technologien. Standards und Normen führen allerdings nicht automatisch zur Verbreitung neuer Technologien. Es bedarf einer so genannten Aufnahmekapazität (Absorptive Capacity) in den entsprechenden Anwendungskontexten, um standardisierten Technologien zum Durchbruch zu verhelfen. Diese Aufnahmekapazität wurde im Bereich Industrie 4.0 bisher jedoch noch nicht systematisch aus einer Bottom-up-Perspektive analysiert.

These 6: Additive Fertigungsverfahren und Industrie 4.0 verfügen über hohe Synergiepotenziale in der Umsetzung.

In den Vereinigten Staaten von Amerika werden unter den Überschriften „Advanced Manufacturing“ und „Industrial Internet“ ähnliche Themen diskutiert wie hierzulande unter der Überschrift „Industrie 4.0“. Auffallend ist jedoch, dass additive Fertigungstechnologien in den USA integraler Bestandteil der Debatte sind, während in Deutschland beide Themen bisher weitgehend unverbunden nebeneinander stehen. Tatsächlich befinden sich additive Fertigungsverfahren im Bereich der industriellen Serienfertigung momentan noch in einer frühen Entwicklungsphase. Aus Sicht der Innovationsforschung können von diesen neuen Produktionsverfahren jedoch Veränderungen ausgehen, die traditionelle Geschäftsmodelle deutscher Kernindustrien in Frage stellen können (Stichworte „werkzeuglose Fertigung“, „Know-how-Konzentrierung in Datensätzen statt in Anlagen“, „räumliche Dezentralisierung von Wertschöpfungsketten“, „Customization“, „Flexibilisierung“, „Re-Integration von Wertschöpfungsprozessen“, neue Rolle des Mittelstandes als Zulieferer in einer erweiterten „Do-it-Yourself“-Welt, neue Konstruktionsmöglichkeiten). Eine durchgängige Digitalisierung der Produktionssysteme könnte dabei die Diffusion additiver Verfahren im Sinne eines Katalysators erheblich beschleunigen, da eine additive Fertigung direkt aus digitalen Produktdaten erfolgt und gleichzeitig auch Klein- und Einzelserien für Unternehmen in der Breite wieder wirtschaftlich werden. Noch ist unklar, welche Auswirkungen additive Fertigungsverfahren auf industrielle Produktionsprozesse der Zukunft haben werden, und es fehlt an Strategien, die aufzeigen, wie Deutschland diese Entwicklung für sich nutzen kann.

These 7: Eine vorausschauende Umsetzung von Industrie 4.0 braucht Klarheit über mögliche Effekte für den Standort Deutschland.

Die distanzunabhängige digitale Vernetzung industrieller Aktivitäten birgt für den Standort Deutschland das Risiko, dass dezentral durchführbare Design- und Fertigungsaktivitäten zukünftig außerhalb Deutschlands stattfinden. Auch die horizontale Arbeitsteilung mit ausländischen Partnern wird durch Industrie-4.0-Technologien einfacher. Dies kann bei traditionellen Produkten der deutschen Industrie (Maschinen- und Anlagen, Elektrotechnik, Logistik, Systemtechnik) zu Verschiebungen der Wertschöpfung zu Ungunsten des spezialisierten deutschen Mittelstandes führen. Beide Entwicklungen können zu einem Bedeutungsverlust des Exportstandorts Deutschland führen.

Auf der anderen Seite kann es aber auch zu Rückverlagerungen kommen: Durch Industrie-4.0-Technologien lassen sich Kosten einsparen, die einst der Grund für eine kostengetriebene Abwanderung waren. Hinzu kommt der Infrastrukturvorteil: Die Dezentralisierung der Produktion und die durchgehende Digitalisierung erfordern entsprechende Infrastrukturen (Straßen, Schienen, Wasser, Luftverkehrsknoten und Datennetze). Deutschland hat hier spezifische Standortvorteile sowohl durch seine geostrategische Lage in Europa als auch durch die aufgrund der Größe leichter realisierbaren Skalen- und Netzwerkerträge aus Infrastrukturen.

Ebenfalls offen sind derzeit die Auswirkungen des Zusammentreffens der Technologie- und Produktlebenszyklen von traditionellem Maschinen- und Anlagenbau sowie von IT- und Internettechnologien. Der deutsche Maschinen- und Anlagenbau konkurriert derzeit im internationalen Weltmarkt als Exportlokomotive vorrangig durch die hohe Qualität und technische Leistungsfähigkeit seiner Produkte, die nicht selten in hohem Maße kundenindividuell gefertigt werden. Durch den relativen Bedeutungsverlust der Maschine gegenüber IT-Komponenten kann sich dieser Wettbewerbsvorteil abschwächen. In dem Maße wie sich die Leistungsfähigkeit von Prozessen zunehmend in digitale Steuerungs- und Mustererkennungsalgorithmen verschiebt, verliert das Kaufargument „langlebige Hardware“ an Bedeutung. Werden Maschinen und Anlagen heute vielfach mehrere Jahrzehnte betrieben und abgeschrieben, kann eine zunehmende IT-Durchdringung dazu führen, dass – analog zu Smartphones und Tablets – neue, in immer kürzeren Zyklen verfügbare Funktionalitäten in Form von Steuerungsprogrammen auch in immer kürzeren Zyklen eine neue Hardware erfordern. Vor diesem Hintergrund ist die Frage zu stellen, ob sich dadurch die Kundenpräferenzen hin zu kostengünstigeren Maschinen (z. B. aus Asien) verschieben, die bei Bedarf mit geringerem finanziellen Verlust ersetzt oder modernisiert werden können.

Eine systematische Analyse der zum Teil gegenläufigen Effekte für unterschiedliche Branchen und Sektoren existiert derzeit nicht. Entsprechend fehlt es an Strategieempfehlungen, wie sich mit Industrie 4.0 ein deutlich positiver Brutto-Effekt für den Standort Deutschland erzielen lässt.

These 8: Heutige Marktnischen und Geschäftsmodelle vieler kleiner und mittlerer Unternehmen werden sich durch Industrie 4.0 wandeln.

Eine Vielzahl kleiner und mittlerer Unternehmen der deutschen Industrie positioniert sich als Lösungsanbieter in spezialisierten Nischenmärkten. Sie fertigen für Kunden in oft regionalen Märkten in hohem Maße kundenindividuelle Güter in Einzel- oder Kleinserien, die für große Unternehmen bislang nicht wirtschaftlich waren und dementsprechend nicht erschlossen wurden. Hier sind nicht allein Kostenvorteile entscheidend, sondern vielmehr das Angebot maßgeschneiderter Produkte und Dienstleistungen. Mithilfe von Industrie-4.0-Technologien können künftig jedoch auch größere Unternehmen wieder kleinere Losgrößen effizient produzieren. Individuelle, kundenorientierte Produktvarianten werden realisierbar, weil die Produktion bis hin zu Losgröße „1“ entsprechend flexibel gestaltet werden kann. Im Hinblick auf die weitere Entwicklung additiver Fertigungsverfahren könnte sich diese Entwicklung noch verschärfen und die Wettbewerbsposition vieler kleiner und mittlerer Unternehmen schwächen.

Es ist bislang offen, wie die bestehenden Vorteile kleiner und mittlerer Unternehmen – vor allem ihre räumliche Nähe zu den Kunden – in der Lage sind, solche Entwicklungen abzufedern. Weiterhin erlaubt der Einsatz additiver Verfahren in Abhängigkeit der geforderten Produkteigenschaften diesen Unternehmen auch, ihre Fertigungstiefe (wieder) zu erhöhen und sich somit auch neue Geschäftsbereiche und Märkte zu erschließen.

Auch durch die digitale Abbildung impliziten Prozesswissens könnte der deutsche Mittelstand klassische Wettbewerbsvorteile verlieren. Denn große Teile des deutschen Mittelstandes in der Industrie sind weniger als Produktinnovatoren mit eigener, formaler FuE, sondern häufig als Prozessinnovatoren mit Kostendegression, Flexibilität oder hoher Qualität und Zuverlässigkeit erfolgreich. Die Ziele der Digitalisierung und Automatisierung setzen genau an diesen Wettbewerbsvorteilen an, nämlich: Kosten, Flexibilität und Zuverlässigkeit. Wettbewerbsvorteile des deutschen Mittelstandes könnten verloren gehen, da Prozessinnovationen in kleinen und mittleren Unternehmen oft auf implizitem Erfahrungs- und Anwenderwissen der Produktionsbeschäftigten basieren. Mit Industrie 4.0 werden dagegen Prozessinnovationen durch die technische Vernetzung und die Erhebung umfangreicher Maschinendaten möglich, die entsprechend ausgewertet und für eine smarte Steuerung verwendet werden. Das implizite, personengebundene Prozesswissen wird durch selbstoptimierende Algorithmen ersetzt. Das informationstechnische Prozesswissen ist dabei hochgradig formalisiert und lässt sich entsprechend transferieren, auch im internationalen Maßstab. Dies impliziert gleichzeitig die Gefahr des illegalen Transfers durch Datendiebstahl und Industrie- bzw. Wirtschaftsspionage.

➤ **Thematische Ausweitung über den eigentlichen Produktionskontext hinaus**

These 9: Industrie 4.0 geht weit über den Produktionskontext hinaus und wird viele Aspekte des gesellschaftlichen Lebens verändern.

Bei der aktuellen Diskussion zu Industrie 4.0 geht es vielfach darum, bestehende Produktionsprozesse noch stärker zu automatisieren, existierende Lieferketten zu optimieren und vorhandene Maschinenparks besser zu vernetzen und deren Produktivität zu steigern. Tatsächlich geht die informationstechnische Vernetzung, die Automatisierung und Steuerung mithilfe von sensorgenerierten Daten und Big-Data-Analysen weit über den Produktionsbereich im engeren Sinne hinaus. Auch in den Bereichen Energie (Smart Power Grids), Verkehr (Intelligent Traffic Systems), Gesundheit (intelligentes Gesundheitsnetz), Bildung (E-Learning) und Behörden (E-Government und E-Participation) werden durch das Einbringen IT-basierter „Intelligenz“ neue Entwicklungen möglich. Die Aufzählung der Bereiche zeigt, wie tiefgreifend die aktuelle Digitalisierungswelle viele Aspekte des wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Lebens verändern wird. Die Kombination von Erfahrungen, Praktiken und Wissensbeständen aus verschiedenen Bereichen ermöglicht Lerneffekte, die eine zentrale Rolle im Innovationsgeschehen spielen. Derartige Kopplungen werden derzeit jedoch meist nur im Hinblick auf gemeinsam genutzte Softwareplattformen und Datenbestände gesehen. So effizient zentrale Datenbestände und einheitliche Softwaremodule aus IT-Sicht auch sein können, aus Sicht des Datenschutzes und der Informationssicherheit stellen sie *worst cases* dar. Aus der Perspektive der Innovationsforschung wäre eine anders gelagerte, inhaltlich orientierte Verknüpfung der verschiedenen Stränge notwendig, um von den Erfahrungen der jeweils anderen Bereiche zu lernen und um neue Impulse und Skaleneffekte zu generieren. Damit könnte die Debatte sowohl konzeptionell als auch im Hinblick auf praktische Umsetzungsstrategien deutlich an Qualität gewinnen.

These 10: Die Rolle des Menschen in einer vollständig digitalisierten Umwelt muss neu betrachtet werden.

Die Zukunft der Arbeit vor dem Hintergrund der zunehmenden Automatisierung und Vernetzung wurde vielfach aus Verbände- und aus Gewerkschaftssicht beschrieben, wobei die Auswirkungen auf den Arbeitsmarkt teilweise kontrovers diskutiert werden (Stichworte Rationalisierung, neue Kompetenzen, neue/geringere Qualität der Arbeit). Die Digitalisierung führt oftmals zur Entwertung von bislang personengebundenen Kenntnissen und Wissensbeständen. Wenn immer mehr Tätigkeiten, Verantwortlichkeiten und Entscheidungen an selbstlernende IT-Systeme übertragen werden, erweitert sich die Angst eines Arbeitsplatzverlustes um die Angst eines generellen Steuerungs- und Kontrollverlustes. Wodurch sich aber die künftige Mensch-Technik-Interaktion konkret auszeichnet, welche Chancen – auch im Hinblick auf neue Kompetenz- und Berufsprofile – sich möglicherweise ergeben, ist bisher noch zu wenig von neutraler Seite aus thematisiert worden. Dabei ist zu beachten, dass der Mensch im Kontext von Industrie 4.0 verschiedene Rollen einnehmen kann: zum einen als „Arbeitender“ und zum anderen als „Nutzer“ bzw. „Konsument“ von Industrie-4.0-Produkten.

Die Thesen im Überblick

➤ **Konsequenterer Berücksichtigung der Nutzerperspektive und neuer Anwendungsfelder**

These 1: Die Digitalisierung eröffnet viele neue Geschäftsfelder und umfasst mehr als die Effizienzsteigerung von bestehenden Prozessen.

These 2: Für kleine und mittlere Industrieunternehmen ist die schrittweise Annäherung an Industrie 4.0 der Schlüssel.

These 3: Durch Industrie 4.0 wird die klassische Facharbeiter-Kompetenz neu definiert.

These 4: Sicherheitsaspekte für die vernetzte Produktion sind zentral.

➤ **Kritische Reflexion der Industrie-4.0-Agenda in Deutschland und Einbeziehung internationaler Best Practices**

These 5: Eine kritische Reflexion des Themas verbessert den Umsetzungserfolg von Industrie 4.0.

These 6: Additive Fertigungsverfahren und Industrie 4.0 verfügen über hohe Synergiepotenziale in der Umsetzung.

These 7: Eine vorausschauende Umsetzung von Industrie 4.0 braucht Klarheit über mögliche Effekte für den Standort Deutschland.

These 8: Heutige Marktnischen und Geschäftsmodelle vieler kleiner und mittlerer Unternehmen werden sich durch Industrie 4.0 wandeln.

➤ **Thematische Ausweitung über den eigentlichen Produktionskontext hinaus**

These 9: Industrie 4.0 geht weit über den Produktionskontext hinaus und wird viele Aspekte des gesellschaftlichen Lebens verändern.

These 10: Die Rolle des Menschen in einer vollständig digitalisierten Umwelt muss neu betrachtet werden.