

acatech STUDIE

Industrie 4.0 im globalen Kontext

Strategien der Zusammenarbeit
mit internationalen Partnern

Henning Kagermann, Reiner Anderl,
Jürgen Gausemeier, Günther Schuh,
Wolfgang Wahlster (Hrsg.)



Die Reihe acatech STUDIE

In dieser Reihe erscheinen die Ergebnisberichte von Projekten der Deutschen Akademie der Technikwissenschaften. Die Studien haben das Ziel der Politik- und Gesellschaftsberatung zu techniwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen.

Alle bisher erschienenen acatech Publikationen stehen unter www.acatech.de/publikationen zur Verfügung.

Inhalt

Vorwort	5
Kurzfassung	6
Projekt	15
1 Einleitung	17
2 Methodik	18
3 Ergebnisse	19
3.1 Verständnis von Industrie 4.0	19
3.2 Standardisierung	23
3.3 Kooperationen	29
3.4 Länderprofile	37
3.4.1 Deutschland	37
3.4.2 China	40
3.4.3 Japan	45
3.4.4 Südkorea	49
3.4.5 USA	53
3.4.6 Großbritannien	57
4 Fazit	61
Literatur	66



Vorwort

Industrie 4.0 bezeichnet die Transformation „klassischer“ Industrien durch das Internet der Dinge, Daten und Dienste. Seit der Übergabe des Arbeitskreisberichts der Forschungsunion an die Bundeskanzlerin und dem Startschuss für die Plattform Industrie 4.0 auf der Hannover Messe 2013 bringt der Terminus einen wirtschaftlichen Paradigmenwechsel auf den Punkt. Die Echtzeitvernetzung von Produkten, Prozessen und Infrastrukturen läutet die vierte industrielle Revolution ein: Zulieferung, Fertigung, Wartung, Auslieferung und Kundenservice werden über das Internet miteinander verknüpft. Aus starren Wertschöpfungsketten werden hochflexible Wertschöpfungsnetzwerke.

Für ein gemeinsames Begriffsverständnis von Industrie 4.0 in Deutschland leistete sowohl der Lenkungskreis der Plattform Industrie 4.0 als auch die Forschungsunion/acatech einen wichtigen Beitrag.¹ Der Begriff beschreibt eine neue Stufe der Organisation und Steuerung der gesamten Wertschöpfungskette über den Lebenszyklus von Produkten. Dieser Zyklus orientiert sich an zunehmend individualisierten Kundenwünschen und erstreckt sich von der Idee über den Auftrag, die Entwicklung, Fertigung und Auslieferung eines Produkts an den Endkunden bis hin zum Recycling, einschließlich der damit verbundenen Dienstleistungen.

Basis ist die Verfügbarkeit der relevanten Informationen in Echtzeit durch Vernetzung aller an der Wertschöpfung beteiligten Instanzen sowie die Fähigkeit, aus den Daten den zu jedem Zeitpunkt optimalen Wertschöpfungsfluss abzuleiten. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und sich selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen.²

Deutschland bringt mit einem innovativen, erfolgreichen Produktionssektor, seinen Stärken in der Business-IT und seinem Know-how bei den relevanten Schlüsseltechnologien gute

Voraussetzungen für den Aufbau eines Leitmarkts und die Positionierung als Leitanbieter innovativer Industrie 4.0-Lösungen mit. Deshalb verspricht Industrie 4.0 hochwertige Arbeitsplätze und stabiles Wirtschaftswachstum. Auch mit Blick auf den demografischen Wandel sowie nachhaltiges und ressourceneffizientes Wirtschaften eröffnen sich neue Perspektiven.

Jedoch werden die Unternehmen auch vor große Herausforderungen gestellt: In der Produktion müssen bestehende Systeme horizontal in Wertschöpfungsnetzwerke integriert werden. Vertikal sind die Produktionssysteme mit betriebswirtschaftlichen Prozessen innerhalb des Unternehmens zu vernetzen. Beim Engineering ist dabei die digitale Durchgängigkeit über die gesamte Wertschöpfungskette sicherzustellen.

Die Radikalität, in der sich Wirtschaft und Gesellschaft digital transformieren, wird von Politik, Unternehmen und Gesellschaft in ihrer Tragweite gegenwärtig noch unterschätzt. In der Entwicklung der Infrastruktur, bei der Integration digitaler Technologien, im Wettbewerb um die Etablierung von Normen und Standards sowie bei der Gründung und Entwicklung von Geschäftsmodellen droht Deutschland – in einer Phase aktueller wirtschaftlicher Erfolge fast unbemerkt – den Anschluss gegenüber internationalen Mitbewerbern zu verlieren.

An dieser Stelle setzt die vorliegende, durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte Studie, an. Auf Grundlage empirisch erhobener Aussagen von Fachleuten aus sechs Industrienationen werden die Chancen und Herausforderungen einer internationalen Zusammenarbeit im Bereich Industrie 4.0 vor dem Hintergrund gemeinsamer Normen und Standards analysiert. Damit liefert die Studie Unternehmen, Organisationen und Politik eine verlässliche Grundlage für die Vielzahl der anstehenden Entscheidungen, um die digitale Transformation von Wirtschaft und Gesellschaft zu einem Erfolg zu führen.

Prof. Dr. Dr.-Ing. E. h. Henning Kagermann
Präsident acatech

1 | Vgl. Forschungsunion/acatech 2013.

2 | Vgl. Plattform Industrie 4.0 2016.



Kurzfassung

Mit der Transformation der Wirtschaft zur Industrie 4.0 werden betriebliche Prozesse wie Zulieferung, Fertigung, Wartung, Auslieferung und Kundenservice künftig über das Internet miteinander verknüpft. Die dadurch entstehenden hochflexiblen Wertschöpfungsnetzwerke erfordern von Unternehmen neue Formen der Zusammenarbeit – auf nationaler und globaler Ebene. Unsicherheit herrscht noch darüber, in welchen Bereichen deutsche Unternehmen derartige Kooperationen eingehen sollten. Denn der Realisierung von Synergien und Wettbewerbsvorteilen steht ein möglicher Abfluss von Wissen und Wertschöpfung gegenüber.

Welche Chancen und Herausforderungen die internationale Zusammenarbeit im Bereich Industrie 4.0 birgt, ermittelt die vorliegende Studie. Sie basiert auf über 150 Interviews und Gesprächen mit Fachleuten aus Deutschland, China, Japan, Südkorea, Großbritannien und den USA. Diese Länder gelten als zukünftig bedeutende Anbieter von Industrie 4.0-Lösungen und dadurch als interessante potenzielle Kooperationspartner für Deutschland.

Chancen und Risiken von Industrie 4.0

Die Stärke des Begriffs Industrie 4.0 sehen die befragten Fachleute in seiner **ganzheitlichen konzeptionellen Grundlage**. Diese dient global tätigen Unternehmen als eine wesentliche Orientierungshilfe bei der vertikalen Integration von intelligenten Maschinen, Produkten und Betriebsmitteln in flexible Produktionssysteme sowie deren horizontalen Einbindung in branchenübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke. Entsprechend werden länderübergreifend unter dem Themenfeld Industrie 4.0 auch primär die Fokusbereiche Vernetzung und Digitalisierung subsumiert.

Vor diesem Hintergrund besteht international Einigkeit darüber, dass die größten ökonomischen Chancen von Industrie 4.0 in der **Produktionsoptimierung** liegen. Von der damit einhergehenden Erhöhung der Produktivität erwarten die befragten Fachleute in allen Fokusbereichen eine signifikante Steigerung der **internationalen Wettbewerbsfähigkeit** und eine Stärkung nationaler Produktionsstandorte.

Unterschiedlich bewertet werden dagegen die weiteren Chancen von Industrie 4.0. Während insbesondere in Deutschland Prioritäten in der Verschmelzung von Informations-, Kommunikations- und Fertigungstechnologien innerhalb von intelligenten und sich selbst organisierenden Fabriken bestehen, wird Industrie 4.0 in den USA und zunehmend auch in China stark mit intelligenten Produkten, Internetplattformen und darauf aufbauenden **neuen Geschäftsmodellen** verknüpft.

In den USA wurden die hohen ökonomischen Chancen der entstehenden **Plattformökonomien** von Internetkonzernen aus dem Silicon Valley, innovativen Start-ups sowie finanzstarken und international vernetzten Risikokapitalgebern erfasst. Sie dringen zielgerichtet in die weltweiten Märkte für Industrie 4.0-Lösungen vor und gestalten diese. China schafft durch die beiden Regierungsinitiativen *Made in China 2025* und *InternetPlus* ebenfalls eine kontextuelle Verbindung von Vernetzung, Integration und damit einhergehenden neuen Geschäftsmodellen. Durch die Größe des chinesischen Binnenmarktes und seine relative Geschlossenheit nach außen entsteht für chinesische Plattformbetreiber zudem ein günstiges Umfeld, um ein rasches Inlandswachstum, gefolgt von einer internationalen Expansion, mit einer kritischen Masse an Kunden und Komplementärprodukten zukünftig umsetzen zu können.

Deutsche Unternehmen treffen somit auf entstehende **digitale Ökosysteme** im Umfeld von Industrie 4.0-Plattformen sowie auf **Netzwerk- und Lock-in-Effekte**. All dies sind zentrale Herausforderungen in dem Bestreben, dauerhaft eine internationale Position als wesentlicher Gestalter der entstehenden Industrie 4.0-Plattformökonomien zu etablieren. Durch starke Wettbewerber aus den USA und zukünftig auch aus China rückt zudem die Bedeutung der **heimischen Marktgröße** als institutioneller Einflussfaktor auf eine grenzüberschreitende Expansion der Plattformbetreiber in den Vordergrund.

Gleichzeitig sehen die befragten Fachleute aus Deutschland und den USA – den beiden aktuell bedeutendsten Anbieterländern von Industrie 4.0-Lösungen – das **Risiko, Produkte am Markt vorbei zu entwickeln**. Diese Einschätzung wird komplementiert durch die länderübergreifende Sorge um Datensicherheit und Datensouveränität. Um Industrie 4.0 als Vorreiter aktiv mitzugestalten sowie in den Unternehmen frühzeitig einführen zu können, sind internationale Bemühungen bei der Normung und Standardisierung zur Schaffung einer gemeinsamen internationalen Infrastruktur notwendig.

Warum sind Plattformökonomien bei Industrie 4.0 bedeutend?

In Märkten, in denen der Nutzen eines digitalen Gutes durch eine steigende Nutzerzahl zunimmt, lässt sich internationale Marktführerschaft nur durch eine schnelle und weitreichende Internationalisierung erreichen. Insbesondere plattformbasierte Softwaremärkte sind dabei häufig durch Netzwerkeffekte geprägt. In diesen „Winner-takes-it-all“-Märkten entstehen direkte Netzwerkeffekte, wenn sich der Nutzen der bisherigen Anwender durch zusätzliche Anwender weiter erhöht. Indirekte Netzwerkeffekte ergeben sich durch die Zunahme an Komplementärprodukten, welche auf dem De-facto-Standard des zentralen Plattformanbieters aufsetzen. Durch die Entstehung von plattformbasierten Ökosystemen im Bereich Industrie 4.0 – analog zu klassischen Internetplattformen – fordert eine Kombination von starken Netzwerkeffekten und hohen Skaleneffekten oftmals eine frühzeitige internationale Präsenz, um kritische Nutzermassen zu erreichen und De-facto-Standards setzen zu können.³

Nutzen der Standardisierung

Die Standardisierung von Architekturen, Datenaustauschformaten, Semantiken, Vokabularen, Taxonomien, Ontologien und Schnittstellen ist eine zentrale Voraussetzung, um innerhalb des komplexen und hochgradig heterogenen Themengebiets Industrie 4.0 Interoperabilität zwischen den unterschiedlichen Technologien herzustellen. Die in der Studie befragten Fachleute fokussieren dabei nicht auf einen bestimmten Standard. Wichtig ist ihnen, dass sich überhaupt Standards im größeren Kontext durchsetzen, sodass **interoperable und flexibel integrierbare Systeme** geschaffen werden können.

Einig sind sich die Fachleute länderübergreifend darüber, dass es aufgrund der Komplexität des Themengebiets **nicht „den“ Industrie 4.0-Standard** geben wird. Stattdessen werden in den kommenden Jahren zahlreiche, teils hochgradig spezialisierte Standards entstehen, die in und zwischen unterschiedlichen Systemen Interoperabilität ermöglichen.

Entsprechend sollte ein Fokus deutscher und internationaler Standardisierungsinitiativen auf semantischer Interoperabilität

und einheitlichen Datenformaten liegen sowie Metadaten, Vokabulare und Domänenmodelle adressieren. Die Fachkräfte aus Deutschland und Japan erachten zudem Referenzmodelle als bedeutend, während in China ein hoher Bedarf an der Einführung eines einheitlichen Industrie 4.0-Vokabulars besteht.

Vor diesem Hintergrund stellen **interoperable Schnittstellen** zwischen den Lösungen unterschiedlicher Hersteller einerseits und die Etablierung von **offenen Standards** andererseits zwei zentrale Aspekte der Standardisierung dar. Nach Ansicht der Fachleute sind sie eine notwendige Voraussetzung für die Entstehung offener, flexibler und erfolgreicher Ökosysteme – speziell über die Grenzen einzelner Hersteller, aber auch über die Grenzen von Ländern und Kontinenten hinweg.

Ohne entsprechende Lösungen drohe den Fachleuten zufolge die Entstehung isolierter und proprietärer Insel- beziehungsweise Silolösungen. Damit verbunden ist für Käufer von Industrie 4.0-Lösungen das **Risiko eines technologischen Lock-ins** – und damit technologische Abhängigkeit und hohe Wechselkosten. Für kleine und mittlere Industrie 4.0-Anbieter ohne dominierende Marktmacht vergrößern offene Standards somit das Marktpotenzial, sowohl im Hinblick auf die Verbreitung ihrer Produkte als auch auf die Nachfrage nach Komplementärprodukten. Entsprechend sind offene Systeme insbesondere für **kleine und mittlere Unternehmen** bedeutend, die aufgrund einer relativ geringeren Marktmacht auf die Existenz von interoperablen Systemen verstärkt angewiesen sind, um Zugang zu einem potenziell großen Markt zu erhalten.

Entwickelt werden diese Standards von Organisationen, die eng mit der Industrie kooperieren, um die dort erkannten Technologielücken und Bedarfe effizient adressieren und schließen zu können. Eine wichtige Rolle spielen **internationale Konsortien**, in die deutsche Standardisierungsorganisationen weiter einbezogen werden sollten. Eine international exponierte Position in der dynamischen und vielfältigen internationalen Landschaft der Standardisierungsorganisationen nehmen das Industrial Internet Consortium (IIC) und die damit verbundene Object Management Group (OMG) ein. Deutschland hat sich durch die bisherigen Entwicklungen und Initiativen im Bereich Industrie 4.0 – unter anderem Bitkom, DIN, DKE/VDE, VDMA, ZVEI – international eine hohe Reputation erarbeitet. Diese bietet eine sehr gute Ausgangsbasis für weitere internationale Kooperationen im Bereich Standardisierung.

Im Hinblick auf das zeitliche Wettrennen bei der Etablierung von internationalen Normen und Standards sind viele der befragten



Fachleute – insbesondere in Deutschland und Südkorea – der Ansicht, dass die gegenwärtigen Aktivitäten zu langsam vorangehen. Jedoch unterstreichen sie gleichzeitig die hohe Komplexität von Industrie 4.0 sowie die Notwendigkeit umfangreicher Gremienarbeit, welche die **Geschwindigkeit von Standardisierungsprozessen** stark beeinflusst. Eine weitere Vertiefung internationaler Kooperationen auf Unternehmens-, Verbands- sowie Politikebene scheint den Fachleuten notwendig, um den aktuellen Standardisierungsbemühungen eine höhere Dynamik zu verleihen.

In welchem Spannungsfeld erfolgt die Standardisierung bei Industrie 4.0?

Standardisierung ist eine notwendige Voraussetzung, um verschiedenartige Systeme im Verbund einzusetzen. Die Zusammenarbeit von verschiedenen Komponenten (Interoperabilität) und die Übertragbarkeit auf andere Systeme (Portabilität) können dabei nur erzielt werden, wenn herstellerübergreifende Standards bei der Konzeption von IT-technischen Infrastrukturen etabliert werden. Wesentliche Einflussfaktoren auf den Standardisierungsprozess sind einerseits das generelle Interesse der beteiligten Akteure an der Etablierung von Standards und andererseits ihre Präferenz für einen bestimmten Standard. Geschlossene Standards lassen sich in der technologischen Weiterentwicklung exakter steuern und versprechen den Anbietern technischer Produkte höhere Gewinne. Offene Standards sind schwerer auszubeuten, jedoch schneller und umfangreicher zu etablieren. In dem hochkomplexen und von einer Vielzahl beteiligter Akteure gekennzeichneten Themenfeld Industrie 4.0 ist es für die Anbieter von Industrie 4.0-Lösungen notwendig, eine individuelle Abwägung der Chancen und Risiken im Hinblick auf umfassende Marktdurchdringung und relative Marktmacht durchzuführen.⁴

Bedeutung von Kooperationen bei Industrie 4.0

Der internationale Wettbewerb um die Etablierung von Normen und Standards im Bereich Industrie 4.0 erfordert eine enge Zusammenarbeit von Unternehmen und Institutionen. Als wichtigste technologische Bedarfslfelder für Kooperationen nennen die

befragten Fachleute länderübergreifend Vernetzung und Digitalisierung, mit Schwerpunkt auf den Bereichen Datenerfassung/-übertragung, Vernetzung, Datenverarbeitung und -analyse sowie Schnittstellen. Um insbesondere hier Normierung und Standardisierung voranzutreiben und innovative Industrie 4.0-Lösungen zu entwickeln, nennen die Fachleute verschiedene Formen der Zusammenarbeit: branchenfokussiert oder -übergreifend, Kooperationen mit Zulieferern oder mit Wettbewerbern, Kooperationen mit global agierenden Konzernen oder innovativen Start-ups.

Als wirksamste Instrumente gelten den Fachleuten **Testbeds** für die Entwicklung von Prototypen und pragmatisch implementierten Lösungsansätzen sowie branchenspezifische Integrationsplattformen für breitenwirksame Lösungen. In Deutschland und insbesondere in den USA stehen Testbeds im Vordergrund, während in China, Japan und Südkorea ein zusätzlicher Fokus auf branchenspezifischen Integrationsplattformen liegt.

Stärker als zwischen einzelnen Ländern variiert der Fokus jedoch zwischen großen, international operierenden **Konzernen und mittelständischen Unternehmen**. Erstere können dank umfangreicher Ressourcen aktiv in mehreren internationalen Standardisierungsorganisationen und Netzwerken mitwirken. Testbeds stellen für sie damit eine gute Option dar, um mit anderen Konzernen, Mittelständlern oder Start-ups zu kooperieren. Innovationen im Bereich Industrie 4.0 lassen sich dadurch **zügig und pragmatisch** in tragfähige Marktlösungen überführen; die dabei gesetzten technischen Standards geben die Konzerne an ihr breites Netzwerk an Zulieferbetrieben und Kundschaft weiter. Eine frühzeitige Einbindung deutscher Konzerne in aktuelle internationale Standardisierungsdebatten ist daher notwendig.

Für kleine und mittlere Unternehmen bieten neben Testbeds insbesondere branchenspezifische Plattformlösungen die Möglichkeit, das **Investitionsrisiko** zu reduzieren, Synergien beim Etablieren von Standards zu nutzen und diese den Kundinnen und Kunden glaubhaft zu vermitteln. Wissenschaftliche Organisationen und Verbände können den Austausch im Rahmen von branchenspezifischen Integrationsplattformen wirkungsvoll orchestrieren.

Insgesamt erwarten die befragten Fachleute von Kooperationsbeziehungen den weiteren **Aufbau von Know-how** insbesondere bei Datensicherheit und Geschäftsmodellen, eine Reduzierung der Entwicklungszeit sowie die Vermeidung redundanter Lösungen. Insbesondere in Deutschland und Japan ist ein internationaler Austausch zu datenbasierten Geschäftsmodellen gewünscht – auch im Hinblick auf das Risiko einer mittelfristigen Dominanz

4 | Vgl. Shapiro/Varian 1999; Picot et al. 2003.

von US-amerikanischen und chinesischen Plattformanbietern. In China, Südkorea und Japan besteht darüber hinaus Kooperationsbedarf bei Forschung und Entwicklung sowie in der Aus- und Weiterbildung. In den USA und Großbritannien wird die Bedeutung von staatlich initiierten Kooperationen von den Befragungsteilnehmenden insgesamt niedriger eingeschätzt.

Als größtes Risiko im Hinblick auf die Schaffung von integrierten Systemen bewerten die befragten Fachleute die **Datensicherheit** sowie die Gefahr eines Wissensabflusses. Generell halten mögliche Risiken den Großteil der Unternehmen jedoch nicht davon ab, zu kooperieren – nicht zuletzt um zu verhindern, dass Internetkonzerne dem klassischen produzierenden Gewerbe beim Wandel zur Industrie 4.0 den Rang ablaufen.

Um der dynamischen Entwicklung gerecht zu werden, sind viele Firmen – insbesondere große Konzerne – aktuell in mehreren Industrie 4.0-Organisationen und -Initiativen aktiv. Sie versprechen sich davon in erster Linie **Interoperabilität** sowie **Innovationsvorteile**.

Wo liegen Investitionsrisiken für mittelständische Unternehmen?

Der Pinguin-Effekt beschreibt das Phänomen, dass der Nutzen einer bestimmten Anwendung umso geringer ist, je kleiner die Anzahl der Nutzerinnen und Nutzer ist. Der metaphorische Begriff leitet sich aus dem Verhaltensmuster hungriger Pinguine ab: Aus Angst vor Fressfeinden warten sie am Ufer ab, bis der erste Pinguin den Sprung ins Wasser wagt, um dadurch das eigene Überlebensrisiko besser einschätzen zu können. Analog hierzu zeigen sich potenzielle Nutzerinnen und Nutzer von Industrie 4.0-Lösungen – insbesondere kleine und mittlere Unternehmen – trotz ihres hohen Interesses zurückhaltend mit Investitionen. Denn solange keine internationalen Standards oder umfassenden Lösungen für Interoperabilität zwischen Systemen etabliert sind, besteht für einzelne Unternehmen die Gefahr eines technischen Lock-ins. Dabei riskieren sie, durch proprietäre Insel- beziehungsweise Silolösungen mittelfristig abhängig von der Anbietertechnologie zu werden. Insbesondere für finanzschwache KMU sind die Investitionsrisiken im dynamischen und von einer Vielzahl an Akteuren gekennzeichneten Marktumfeld von Industrie 4.0 hoch.⁵

Wichtige Rahmenbedingungen für Kooperationen sind den Fachleuten zufolge **Verträge** sowie die Definition von **Spielregeln** in einfachen und international ausgerichteten Unternehmensnetzwerken. Zudem sollten Wissenschaftseinrichtungen und Verbände einbezogen werden, um ihre Expertise und Positionen einbringen zu können. Als bedeutend gilt auch ein gut koordiniertes und arbeitsteiliges Vorgehen, um unternehmens- und länderübergreifend Vertrauen zu bilden und gleichzeitig Freiheiten bei der technischen, unternehmerischen und organisatorischen Adressierung des hochdynamischen Themenfelds Industrie 4.0 zu ermöglichen.

Stellenwert von Industrie 4.0 im internationalen Vergleich

Deutschland



In Deutschland beschreibt der Begriff Industrie 4.0 eine starke, technologieorientierte Zukunftsvision. Sie fokussiert darauf, den Produktionsprozess hinsichtlich Qualität, Preis und Flexibilität zu optimieren sowie wirtschaftliche Erträge insgesamt zu verbessern. Damit verknüpft ist das strategische Ziel, Deutschlands traditionell starke Position in Produktion und Maschinenbau in der digitalen Transformation zu sichern. Die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und intelligenter Produkte ist von nachrangiger Bedeutung.

Mit den Bereichen Automatisierung und Fabrikausrüstung übernimmt die deutsche Industrie zugleich eine Schlüsselrolle in der Entwicklung von Industrie 4.0 – nicht nur über Großkonzerne, sondern maßgeblich auch durch international erfolgreiche Mittelständler. International genießt Deutschland hier eine hohe Reputation. Diese ist eine gute Ausgangsbasis für weiterführende internationale Kooperationen, wie sie bereits in großer Zahl ins Leben gerufen wurden. Generell empfehlen sich Kooperationen mit japanischen und US-Unternehmen aus der Informations- und Kommunikationsbranche (ITK) und mit besonderer Expertise in Internettechnologien. Südkorea und China bieten sich als Absatzmarkt an, da hier der Bedarf an Produktionstechnologien hoch ist.

In der Frage der Standardisierung dominiert in Deutschland ein Top-down-Ansatz, der geprägt ist von Politik, Vorreiterunternehmen und Wissenschaft. Koordiniert werden die eng mit der Forschung verzahnten unternehmerischen Aktivitäten unter

5 | Vgl. Zerdick et al. 2002.



anderem durch die Plattform Industrie 4.0. Ziel ist es, im Dialog einen Konsens zu finden. Dauern diese Prozesse zu lange, besteht mittelfristig die Gefahr, im internationalen Wettbewerb ins Hintertreffen zu geraten. Insgesamt wird in Deutschland die Geschwindigkeit der Standardisierung kritischer als in anderen Ländern bewertet. Zugleich sind die Erwartungen an Referenzarchitekturen und standardisierte Programmierschnittstellen (API) deutlich höher.⁶

Dos & Don'ts allgemein

- **Auf der starken Marke Industrie 4.0 aufbauen:** Deutsche Industrie 4.0-Aktivitäten weiter internationalisieren, um vom hohen weltweiten Interesse an „Industrie 4.0 – Made in Germany“ stärker zu profitieren
- **Internationale Standardisierung als Katalysator für die Zusammenarbeit nutzen:** Die deutsche Industrie verstärkt in führende internationale Standardisierungsgremien einbinden und eine aktive Lenkungsrolle anstreben
- **Innovationszentren stärker vernetzen:** Kooperationen zwischen Innovationszentren fördern, um die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftlern verschiedener Länder zu vereinfachen
- **Den Nutzen von Industrie 4.0 nicht im Abstrakten verlieren:** Eine duale Strategie verfolgen, bestehend aus der Weiterentwicklung eines ganzheitlichen Industrie 4.0-Konzepts und der Entwicklung pragmatischer Lösungsansätze mit hoher Außenwirkung

China



Die chinesische Fertigungsindustrie zeichnet gegenwärtig ein sehr heterogenes Bild. Es gibt einige global agierende Großkonzerne (zum Beispiel Huawei, Sany, Haier), die über fortschrittliche und zum Teil hochautomatisierte Fabriken verfügen. Daneben existiert eine Vielzahl kleiner und mittlerer Unternehmen, die bislang kaum automatisiert beziehungsweise digitalisiert arbeiten

und sich vielfach noch an der Schwelle zur rechnerintegrierten Produktion befinden. Im Zuge der kürzlich von der Regierung verabschiedeten Strategie *Made in China 2025* strebt China eine flächendeckende Modernisierung seiner Fertigungsindustrie an. Industrie 4.0 wird dabei als entscheidender Stellhebel zur industriellen Aufholjagd gesehen. Das Thema wird entsprechend mit Nachdruck vorangetrieben, wobei Kooperationen – insbesondere mit Deutschland – ausdrücklich erwünscht sind.

Für Deutschland ergeben sich daraus kurz- bis mittelfristig zahlreiche Chancen: Zum einen lassen sich Absatzpotenziale für sogenannte Upgrade-Technologien wie etwa Industriesoftware oder Automatisierungstechnik erschließen. Zum anderen kann die hohe Umsetzungsgeschwindigkeit des chinesischen Marktes für die Entwicklung eigener Industrie 4.0-Lösungen oder die Verbreitung von entsprechenden Normen und Standards genutzt werden. Langfristig wird die geplante Transformation der chinesischen Wirtschaft das Land jedoch zu einem ernst zu nehmenden Konkurrenten machen.

Dos & Don'ts für China

- **China als Multiplikator für deutsche Standards nutzen:** Deutsche Bestandards in deutsch-chinesische Kooperationen einbringen, um die Chancen auf eine weltweite Verbreitung zu steigern
- **China als Ausrüster in der Automatisierung begleiten:** Die Chancen des chinesischen Absatzmarkts für Industrie 4.0-Lösungen nutzen
- **Markt für Nachhaltigkeitstechnologien ausschöpfen:** Ökologisch nachhaltige Industrie 4.0-Lösungen forcieren, um von der Green-Manufacturing-Initiative der chinesischen Regierung zu profitieren
- **Den Weg nach Peking über die Provinzen wählen:** Die hohe regionale Vielfalt und politischen Kompetenzen der Provinzregierungen beachten und den Markteintritt über ausgewählte Provinzen forcieren
- **Gemeinsam mit starken Partnern starten:** Als mittelständisches Unternehmen gemeinsam mit etablierten Konzernen in den Markt eintreten und deren Infrastruktur vor Ort nutzen
- **Investitionsrisiken im Blick haben:** Den fragilen Rechtsrahmen im Auge behalten und bei Investitionsentscheidungen Ausstiegsoptionen einkalkulieren

6 | Die Schlussfolgerungen wurden aus deutscher Perspektive formuliert.

Japan



In Japan ist Industrie 4.0 bereits weit fortgeschritten. Ähnlich wie die deutsche Wirtschaft verfügt auch die japanische über ein produzierendes Gewerbe mit langer Tradition. Dadurch wird Industrie 4.0 für Japan zu einer Chance und zugleich zu einer Herausforderung im Umgang mit der Digitalisierung. Ein modularer Technologiestack⁷ und entsprechende Standardisierung von Internettechnologien wird vor allem im Hinblick auf neue Geschäftsmodelle als bedeutsam angesehen. Bei bestehenden Geschäftsmodellen werden einige Gebiete explizit von einer Standardisierung ausgeschlossen. Mit unterschiedlichen Sichten auf diese Aspekte treiben die japanische Regierung und verschiedene privatwirtschaftliche Initiativen die Standardisierung im Bereich Industrie 4.0 voran.

Dos & Don'ts für Japan

- **Integrationslösungen für den japanischen Markt entwickeln:** Einen Überblick über die Systemlandschaft in den verschiedenen Wertschöpfungsstufen erlangen und Integrationslösungen auf der Stufe der Sublieferanten diskutieren
- **Robotik und Arbeitswissenschaften integrieren:** Kooperationen in den Bereichen Robotik und Arbeitswissenschaften forcieren und von den japanischen Kompetenzen bei datenfokussierten Technologien profitieren
- **Kooperation zu datenbasierter Prozessoptimierung forcieren:** Durch Pilotprojekte mit relevanten Partnern von den japanischen Kompetenzen im Bereich Prozessoptimierung profitieren
- **Flexibel in Initiativen kooperieren:** Angesichts der komplexen japanischen Industrie 4.0-Landschaft keinen Flaschenhals erzeugen und die Kooperationen mit Deutschland dezentral organisieren
- **Das Sensei-Prinzip technisch umsetzen:** Ein tiefgreifendes Verständnis für die Arbeit des Lehrmeisters (Sensei) entwickeln und den Ansatz in das deutsche Konzept der „Teaching & Learning Factory“ integrieren

Südkorea



Südkoreas Wirtschaft ist geprägt von globalen, hierarchisch organisierten Großkonzernen, den sogenannten Chaebols, in den Branchen High-Tech und Maschinenbau (unter anderem Samsung, Hyundai, LG). Von ihnen sind zahlreiche kleine und mittlere Unternehmen stark abhängig. Der Nutzen von Industrie 4.0 wird in Südkorea allgemein erkannt. Im Rahmen eines nationalen Projekts unterstützt die Regierung insbesondere KMU dabei, durch Smart-Factory-Technologien ihre Produktionskapazitäten zu erhöhen. Bis 2020 sollen durch Kooperation von Wirtschaft, Organisationen und Politik bis zu 10.000 leistungsfähigere Fabriken entstehen. Dies geschieht vor dem Hintergrund, dass die südkoreanische Wirtschaft angesichts der qualitativ aufholenden chinesischen Produktion zunehmend unter Druck gerät.

Neben Produktivitätssteigerungen wird der ökonomische Nutzen von Industrie 4.0 in Südkorea auch bei neuen, datengetriebenen Geschäftsmodellen gesehen, so etwa im Bereich Smart-Cities, wo das Land bereits eine internationale Vorreiterrolle einnimmt. In der Frage der Standardisierung ist die Regierung an einer internationalen Zusammenarbeit – auch unter Einbeziehung der Privatwirtschaft – interessiert. Die Wirtschaft im Land drängt mit Blick auf die Interoperabilität auf schnelle Lösungen. Der starke Fokus auf Effizienzsteigerung in der Produktion wie auch langjährige Kooperationen mit Deutschland bergen für deutsche Unternehmen die Chance, Südkorea als Absatzmarkt für Industrie 4.0-Lösungen stärker zu adressieren. Die Zusammenarbeit mit Großkonzernen verspricht einen guten Zugang zu den kooperierenden KMU und ermöglicht es, Standards breitenwirksam in mehreren Industrien zu etablieren.

Dos & Don'ts für Südkorea

- **Chaebols als Eintrittstor in den Markt nutzen:** Global operierende Mischkonzerne, die eine Vielzahl an Wertschöpfungsketten und Zulieferbetrieben unter einem Dach vereinen, als Kooperationspartner gewinnen
- **KMU als bedeutenden Absatzmarkt erkennen:** Relevante mittelständische Kunden identifizieren,

7 | Unter „Technologiestack“ wird hier eine Menge von Technologien verstanden, die separat bestehen, aber aufeinander abgestimmt entwickelt werden. Ein Beispiel ist der Webtechnologiestack, der unter anderem aufeinander abgestimmte Protokolle zum Informationsaustausch (HTTP) und zur Informationsrepräsentation (HTML) umfasst.



welche im Rahmen der *Smart Factory Initiative* der Regierung stark in Industrie 4.0-Lösungen investieren

- **Know-how aus dem Konsumentenbereich transferieren:** Die Stärken südkoreanischer Konzerne bei datengetriebenen Geschäftsmodellen nutzen und Kooperationsprojekte bei Smart Services initiieren
- **Kooperationsstrukturen für deutsch-südkoreanische Start-ups etablieren:** Gut ausgebaute Innovationszentren in Südkorea als Anlaufstelle nutzen, um in das Netzwerk der lokalen Startup-Szene einzutreten
- **Außenpolitisches Umfeld Südkoreas als Chance für IT-Sicherheitsprojekte erkennen:** An die traditionsreiche deutsch-südkoreanische Zusammenarbeit anknüpfen und gemeinsam mit Partnerunternehmen Sicherheitslösungen bei Industrie 4.0 voranbringen

USA



Industrie 4.0 wird in den USA primär unter den Begriffen „Internet of Things“, „Smart Production“ oder „Industrial Internet“ subsumiert. Das Verständnis ist damit im Vergleich zu Deutschland deutlich breiter angelegt und bezieht neben der technologiegetriebenen Perspektive auch die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle („Smart Services“) ein, die sich aus Industrie 4.0 ergeben (zum Beispiel im Bereich Big Data Analytics). Besonders Firmen im Silicon Valley erhoffen sich durch den Übergang in eine vernetzte Wirtschaft zudem Exportchancen bei Sensor- und Funktechnologien. Die Chancen von Industrie 4.0 werden in den USA insgesamt deutlich höher eingestuft als mögliche Risiken.

Treiber von Industrie 4.0 sind privatwirtschaftliche Konsortien, allen voran das auf Betreiben von General Electric (GE) gegründete Industrial Internet Consortium (IIC). Es koordiniert Initiativen zur Gestaltung von Ökosystemen, die physische Objekte mit Menschen, Prozessen und Daten verbinden. Referenzarchitekturen, Rahmenkonzepte und offene Standards sollen dabei die Interoperabilität gewährleisten. Die verschiedenen US-Konsortien sehen sich nicht als Konkurrenten, sondern verstehen das Thema Industrie 4.0 als gemeinsame Aufgabe. Zu ihren Mitgliedern zählen bereits mehrheitlich Unternehmen, die ihren Sitz

nicht in den USA haben. Für Deutschland besteht das Risiko, dass die US-Konsortien zügig „Quasistandards“ etablieren und deutschen Unternehmen dadurch den Rang bei der Standardisierung ablaufen. Als potenzieller Kooperationspartner genießt Deutschland in den USA eine hohe Reputation.

Dos & Don'ts für die USA

- **Handelsbeziehungen im Bereich Industrie 4.0 weiter ausbauen:** Die traditionell starken Wirtschaftsbeziehungen zwischen Deutschland und den USA nutzen und von der Reindustrialisierung der US-Wirtschaft profitieren
- **Kontrolle über Industrie 4.0-Geschäftsmodelle nicht verlieren:** Die Bedeutung zukünftiger Geschäftsmodelle in die langfristige Unternehmensstrategie einbetten und bei Kooperationen mit Softwarefirmen nicht aus der Hand geben
- **Den Blick auf Industrie 4.0-Plattformen richten:** Durch branchenspezifische Plattformen für kleine und mittlere Unternehmen auf Augenhöhe mit US-Internetkonzernen kooperieren
- **Ideen und Talente aktiv managen:** Über strategische Partnerschaften mit US-Unternehmen und praxisnahen Forschungsinstituten ein aktives Ideen- und Talentmanagement betreiben

Großbritannien



Britische Unternehmen haben das Potenzial von Industrie 4.0 erkannt. Die Regierung ist bestrebt, die britische Wirtschaft durch eine Reindustrialisierung wieder ausgewogener zu gestalten, um weniger abhängig von den volatilen Finanzmärkten zu sein. Noch mangelt es an einem kohärenten nationalen Innovationsplan, einzelne Programme sind jedoch bereits in die Wege geleitet. Die Schlüsselkomponente der aktuellen Strategie sind Innovationszentren in unterschiedlichen Bereichen, sogenannte Catapults. In diesen können Unternehmen sowie Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler in einer dedizierten Umgebung zusammenarbeiten und innovative, marktfähige Industrie 4.0-Lösungen entwickeln.

Dos & Don'ts für Großbritannien

- **In bestehenden Innovationszentren (Catapults) mitarbeiten:** Catapult-Zentren als Testbeds für innovative Industrie 4.0-Lösungen sowie Kooperationen mit anderen Unternehmen und Forschungsinstitutionen in Großbritannien nutzen
- **Produktionsferne Branchen für Know-how-Transfer beobachten:** Technologien und Geschäftsmodelle in hochentwickelten britischen Branchen wie Smart Education und Smart Infrastructure erkennen und von einem Know-how-Transfer profitieren
- **Britische Dienstleistungskompetenz zur Entwicklung von Smart Services nutzen:** Vom großen britischen Dienstleistungssektor sowie britischen Kompetenzen in der digitalen Kommerzialisierung profitieren und gemeinsam mit Unternehmen und Forschenden die Entwicklung von Smart Services vorantreiben

Ausblick

Die Vision von Industrie 4.0 hat sowohl in Deutschland als auch international eine hohe innovationspolitische Dynamik entfaltet. Durch einen engen Austausch zwischen Unternehmen, Gewerkschaften, Verbänden, Wissenschaft und Politik konnte sie zunehmend konzeptualisiert, differenziert und operationalisiert werden. Mehrere Unternehmen in Deutschland haben in den vergangenen Jahren nach dem Industrie 4.0-Konzept weitere Fabriken sowie ein Netzwerk an Kompetenzzentren errichtet, wie etwa die Smart Factory oder die Lernfabrik. Dadurch besitzt Deutschland im Bereich Industrie 4.0 gegenüber anderen Ländern einen Vorsprung von rund zwei bis drei Jahren. Wirken die relevanten Akteure zusammen, scheint das im Rahmen des Projekts *INBENZHAP* entwickelte Zielbild für das Jahr 2030 erreichbar.⁸ Es beschreibt das wahrscheinliche Szenario, dass Mensch und Technik in der Industrie 4.0-Wirtschaft in Balance sind und sich der Staat wirksam engagiert. Dank einer guten digitalen Infrastruktur, Know-how in zentralen Technologiefeldern und einer ganzheitlichen Wertschöpfungskonzeption agiert Deutschland dabei als souveräner Global Player. Im Hinblick auf die rasante Aufholjagd internationaler Unternehmen sind jedoch spezifische Anstrengungen notwendig, um Industrie 4.0 in Deutschland dauerhaft zum Erfolg zu führen:

- Große, oft multinational agierende **Konzerne** sollten darauf verzichten, im Bereich Industrie 4.0 Silolösungen voranzutreiben. Der wirtschaftliche Stellenwert umfassender Produkte wie die Analyse großer, in Industrieprozessen anfallender Datenmengen lassen sich erhöhen, wenn diese offene Schnittstellen für die Integration mit Lösungen verschiedener Anbieter bereitstellen. Konzerne sollten ihren Fokus auf Interoperabilität sowie die aktive Unterstützung internationaler Entwicklungen bei Normung und Standardisierung legen.
- Dies erleichtert auch **KMU** den Marktzugang: Mit umfassenden modularen Produkten, die über offene Schnittstellen verfügen, können auch sie eigene Lösungen integrieren. Davon profitieren sowohl Großunternehmen, da ihre Nutzerschaft auf eine breite Basis gestellt wird, als auch KMU, da sie in ausgewählten Bereichen spezialisierte Module vermarkten können. Bei der Entwicklung neuer Technologien sollten von Anfang an auch Geschäftsmodelle mitgedacht und eine internationale Expansion durch den gezielten Aufbau strategischer Netzwerke besser ermöglicht werden.
- Für die Entwicklung von Technologien spielen **Verbünde** eine zentrale Rolle. Sowohl Großunternehmen als auch KMU sollten dort verstärkt aktiv werden. Dabei gilt es zum einen klar abzugrenzen, welche Technologiebereiche standardisiert werden sollen und welche die Unternehmen als originär und bewusst proprietär auffassen. Zum anderen bedarf es – sowohl national als auch global – einer engen, dauerhaften und agilen Kooperation von **Wirtschaft, Wissenschaft, Politik und Verbänden**, um der Dynamik im Bereich Industrie 4.0 gerecht zu werden. Organisationen, Gewerkschaften und Verbände können zudem durch den Aufbau von Showrooms und Anwendungsbeispielen die technologischen, organisatorischen und betriebswirtschaftlichen Implikationen von Industrie 4.0 für KMU zielgerichtet demonstrieren. Eine engere branchenübergreifende Vernetzung kann dabei durch branchenübergreifende Dialogformate weiter gestärkt werden.
- Die **Politik** nimmt eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der oben genannten Anforderungen ein. Über Strukturen nach dem Vorbild der Plattform Industrie 4.0 sollte sie darauf hinwirken, ein „Verkäufer-Lock-in“ zu verhindern und zur Teilnahme an nationalen und internationalen

8 | Vgl. Gausemeier/Klocke 2016.



Standardisierungsaktivitäten anregen. Zudem sollte die Politik relevante Verbände miteinander vernetzen und auch verbandsübergreifende Aktivitäten gezielt fördern. Notwendig ist überdies sowohl der flächendeckende Ausbau von leistungsstarken Hochgeschwindigkeitsnetzwerken (zum Beispiel G5) als auch der Ausbau von intelligenten Netzen und die Digitalisierung analoger Infrastruktur. Zudem ist die Politik gefordert, einen verbindlichen Rechtsrahmen zu schaffen, welcher das Recht auf

Informations- und Datensouveränität ebenso berücksichtigt wie notwendige Freiheitsgrade für die kommerzielle Umsetzung von datengetriebenen Geschäftsmodellen.

Gelingt es Deutschland, diese Herausforderungen aktiv zu meistern und politisch umzusetzen, kann der bestehende internationale Vorsprung weiter ausgebaut und Industrie 4.0 zu einem nachhaltigen Erfolg für die deutsche Wirtschaft und Gesellschaft werden.

Projekt

Projektleitung

- Prof. Dr. Dr.-Ing. E. h. Henning Kagermann, acatech Präsident

Projektgruppe

- Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl, Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK), Technische Universität Darmstadt/acatech
- Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn/acatech Präsidiumsmitglied
- Prof. Dr.-Ing. Günther Schuh, RWTH Aachen/acatech Präsidiumsmitglied
- Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang Wahlster, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)/acatech

Konsortialpartner/Projektteam

- Sebastian Haag, Technische Universität Darmstadt
- Christian Dülme, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn
- Julian Echterfeld, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn
- Daniel Eckelt, Heinz Nixdorf Institut, Universität Paderborn
- Bastian Fränken, RWTH Aachen
- Dr. Christina Reuter, RWTH Aachen
- Dr. Tilman Becker, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)
- Dr.-Ing. Christiane Plociennik, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)
- Dr. Georg Rehm, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)
- Dr. Felix Sasaki, Deutsches Forschungszentrum für Künstliche Intelligenz (DFKI)

Projektkoordination

- Dr. Alexander Werbik, acatech Geschäftsstelle
- Dr. Johannes Winter, acatech Geschäftsstelle

Projektlaufzeit

06/2015 bis 11/2016

Finanzierung

Die Studie wird durch das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert und durch das Deutsche Zentrum für Luft- und Raumfahrt (DLR) inhaltlich betreut.

Gefördert durch:



Bundesministerium
für Wirtschaft
und Energie



DLR Projektträger

aufgrund eines Beschlusses
des Deutschen Bundestages



1 Einleitung

Die Wirtschaft befindet sich im Umbruch. Nach Industrialisierung, Massenproduktion und Automatisierung vollzieht sich gegenwärtig die vierte industrielle Revolution: die Echtzeitvernetzung von Produkten, Prozessen und Infrastrukturen, bezeichnet als Industrie 4.0. Wie die vorangegangenen technischen Meilensteine der Wirtschaftsgeschichte, so hat auch Industrie 4.0 weltweite und weitreichende Auswirkungen – auf Produktionsprozesse, Geschäftsmodelle, Technologien, Arbeitsweisen und den Alltag der Menschen. Wie die Fabriken der Zukunft aussehen werden, lässt sich noch nicht vorhersagen. Klar jedoch ist: Sie werden geprägt sein von Vernetzung und Kooperation.

Im Zentrum von Industrie 4.0 steht die technische Integration von sogenannten Cyber-Physical Systems (CPS) in die Produktion und Logistik. Zulieferung, Fertigung, Wartung, Auslieferung und Kundenservice werden über das Internet miteinander verknüpft. Intelligente Maschinen, Lagersysteme und Betriebsmittel sind in der Lage, eigenständige Informationen auszutauschen, Aktionen auszulösen und sich gegenseitig selbstständig zu steuern. Industrielle Prozesse lassen sich damit grundlegend verbessern: Aus starren Wertschöpfungsketten werden hochflexible Wertschöpfungsnetzwerke.⁹

Deutschland bringt mit einem innovativen und international erfolgreichen Produktionssektor, modernen Softwarelösungen für Geschäftskunden sowie einem fundierten Know-how bei relevanten Schlüsseltechnologien gute Voraussetzungen mit, ein Leitmarkt und Leitanbieter für innovative Industrie 4.0-Lösungen zu werden. Daraus können hochwertige Arbeitsplätze sowie ein stabiles Wirtschaftswachstum resultieren. Auch mit Blick auf den demografischen Wandel sowie nachhaltiges und ressourceneffizientes Wirtschaften eröffnet Industrie 4.0 neue Perspektiven.

Aktuell konzentrieren sich deutsche Firmen auf ihre Stärken in der Entwicklung und Herstellung qualitativ hochwertiger Produktionstechnologien und damit auf einen industriellen Kundenkreis (B2B). Zudem haben sie sich auf dem Gebiet der Datenanalyse sowie durch hochqualifizierte Fachkräfte international einen Namen gemacht. Als Schwächen gelten die Geschwindigkeit, mit der Innovationen hierzulande in Produkte umgesetzt werden, sowie

der im internationalen Vergleich geringe Pioniergeist deutscher Unternehmer. Hinzu kommen erhebliche Mängel in der digitalen Infrastruktur, die in Deutschland weit weniger entwickelt ist als beispielsweise in Südkorea und den USA. Um die zukünftige Entwicklung von Industrie 4.0 aktiv mitgestalten zu können, bedarf es einer proaktiven Herangehensweise beim Abbau von Barrieren.¹⁰

Im Hinblick auf die Ergebnisse des Projekts *INBENZHAP* zählt dazu insbesondere auch die Entwicklung von länderübergreifenden Standards.¹¹ Denn damit Fabriken, Maschinen und Produkte weltweit miteinander kommunizieren und interagieren können und Lösungen länderübergreifend einsetzbar sind, bedarf es einer Reihe von standardisierten Protokollen. Dadurch wird eine länderübergreifende Kooperation auf technischer Ebene überhaupt erst möglich. Die ganzheitliche Integration von Digitalisierung, Vernetzung und neuen Kollaborationsformen in der Produktion ist daher eine globale Herausforderung. In Deutschland treibt die Plattform Industrie 4.0 das Thema voran. In den führenden Industrienationen gibt es vergleichbare Initiativen, so etwa *Smart Industry* (Niederlande), *Produktion 2030* (Schweden), *Nouvelle France Industrielle* (Frankreich), *Industria Connectada* (Spanien), *Průmysl 4.0* (Tschechien) oder *Fabbrica Intelligente* (Italien).¹² Um international mit starker Stimme sprechen zu können, bieten sich Kooperationen auf nationaler, europäischer und globaler Ebene zwischen Unternehmen und Institutionen an, die diese staatlichen und unternehmerischen Initiativen koordinieren.¹³

Die Ansprüche dabei sind hoch, da Normen und Standards nicht nur länderübergreifend, sondern auch systemübergreifend Anwendung finden müssen. Gleichzeitig stellt eine hohe technologische Dynamik hohe Anforderungen an ihre Flexibilität und Anpassungsfähigkeit. Nationale oder unternehmensinterne Lösungen sollten im besten Fall standardisiert oder normiert sein, um Investitionssicherheit und Vertrauen zu schaffen.¹⁴

Besonders für Unternehmen, die bei Industrie 4.0 aktuell noch eine abwartende Rolle einnehmen, sind Standards von hoher Bedeutung. Die Entwicklungen und Erwartungen in verschiedenen Industrieländern zu ermitteln, war ein zentrales Ziel der vorliegenden Studie. Für eine internationale Bestandsaufnahme zur Bedeutung von Kooperationen im Bereich Industrie 4.0 wurden Vertreterinnen und Vertreter von Unternehmen und Organisationen aus den größten Industrienationen zu ihrem Verständnis von Industrie 4.0, Kooperationsbedarfen und Herangehensweisen befragt.

9 | Vgl. Forschungsunion/acatech 2013.

10 | Vgl. Gausemeier/Klocke 2016.

11 | Vgl. ebenda.

12 | Vgl. Europäische Kommission 2015.

13 | Vgl. Scheer 2013.

14 | Vgl. DIN e.V./DKE 2015.



2 Methodik

Das vom Bundeswirtschaftsministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) geförderte Projekt *Industrie 4.0 im globalen Kontext: Strategien der Zusammenarbeit mit internationalen Partnern* analysierte die Möglichkeiten internationaler Zusammenarbeit in der digitalen und vernetzten Industrie.¹⁵ Für die vorliegende Studie wurden im Zeitraum von September 2015 bis Juni 2016 über 150 Interviews und Gespräche mit Fachleuten aus Deutschland, China, Japan, Südkorea, Großbritannien und den USA geführt.¹⁶ Ein Schwerpunkt lag auf der Frage, inwiefern deutsche Unternehmen im Hinblick auf Normen und Standards mit internationalen Partnern kooperieren sollten, um Synergien und Wettbewerbsvorteile realisieren zu können. Und weiter, wo Herausforderungen bei der länderübergreifenden Zusammenarbeit im Bereich Industrie 4.0 bestehen. Dabei wurde auch erörtert, ob für deutsche Firmen eine frühzeitige Kooperation auch mit außereuropäischen Partnern notwendig ist, um internationale Standards setzen zu können.

Die Datenerhebung erfolgte in Form von explorativen, semi-strukturierten Leitfadeninterviews. Die Grundlage dafür bildeten vorhandene Studien, Veröffentlichungen und Vorhaben zu den relevanten Technologiebereichen von Industrie 4.0. Der flexible Leitfaden enthielt gesprächssteuernde Vorgaben und Leitfragen sowie quantitative Elemente. Inhaltlich berücksichtigte er technische, ökonomische und unternehmerische

Aspekte von Standardisierung und Kooperationen im Bereich Industrie 4.0. Die Expertise der beteiligten Kooperationspartner floss in den Gesprächsverlauf ein. Die Ergebnisse der persönlichen Gespräche wurden durch eine Online-Umfrage komplementiert. In die Auswertung flossen die Daten von Vertreterinnen und Vertretern von Unternehmen, Wissenschaftseinrichtungen sowie Organisationen ein.¹⁷

Die Befragung der Fachleute war länderspezifisch angelegt und fand sowohl in Deutschland als auch in den Fokusländern Großbritannien, China, Japan, Südkorea und den USA statt. Die Ergebnisse wurden im Rahmen eines Fachworkshops Vertreterinnen und Vertretern aus Politik, Wirtschaft, Forschung und weiteren Organisationen vorgestellt. Die Kernaussagen der Interviews wurden dabei gespiegelt und kritisch diskutiert. Die Fachleute bewerteten daraufhin die Chancen und Risiken von Industrie 4.0 für den Standort Deutschland und leiteten erste Schlussfolgerungen ab.¹⁸

Parallel zu den Interviews wurden aktuelle Regierungsinitiativen, privatwirtschaftliche Aktivitäten sowie die Sicht von Wissenschaft und Standardisierungsorganisationen untersucht, um Schwerpunkte, Gemeinsamkeiten und Unterschiede zwischen den Ländern aufzuzeigen. Ausführliche Profile der Fokusländer China, Japan, Südkorea, USA und Großbritannien, die auf die jeweiligen Rahmenbedingungen, Besonderheiten und den Fortschritt von Industrie 4.0 verweisen, bilden eine wichtige Grundlage für die im Schlussteil skizzierten Handlungsfelder für deutsche Akteure im Umgang mit internationalen Partnern.

15 | Die inhaltliche Ausrichtung der Studie basiert auf Ergebnissen des ebenfalls vom BMWi geförderten *Projekts Industrie 4.0 – Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung* (INBENZHAP). Dieses empfiehlt unter anderem Kooperationen deutscher Unternehmen mit internationalen Partnern sowie eine führende Rolle Deutschlands in der Standardisierung.

16 | Aus Gründen der Vertraulichkeit erfolgt keine namentliche Nennung der Interviewten.

17 | Vgl. Hildebrandt et al. 2015.

18 | Der acatech Workshop fand mit über dreißig Teilnehmenden am 3. Februar 2016 in Berlin statt.

3 Ergebnisse

3.1 Verständnis von Industrie 4.0

Der Begriff Industrie 4.0 ist breit gefasst und integriert unterschiedliche Perspektiven, Branchen, Unternehmensfunktionen, Technologien und Themenbereiche. Die in der Studie befragten Fachleute sehen eine wesentliche Stärke des Begriffs in seiner ganzheitlichen konzeptionellen Grundlage. Das Konzept wird insgesamt verstanden und konnte erfolgreich international exportiert werden. Industrie 4.0 dient dabei weltweit Unternehmen als wesentliche Orientierungshilfe bei der vertikalen Integration von intelligenten Maschinen, Produkten und Betriebsmitteln in flexible Produktionssysteme und deren horizontale Einbindung in branchenübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien wie beispielsweise Kosten, Verfügbarkeit und Ressourcenverbrauch optimieren lassen.

Zugleich unterliegt die Ausrichtung und das Verständnis von Industrie 4.0 durch die hohe Aktivität von Unternehmen und Forschungseinrichtungen, die fortwährend neue Denkansätze, Konzepte und Lösungsansätze entwickeln, sowie die damit verbundene Diskussion in Medien, Politik und Gesellschaft einer stetigen Neuakzentuierung. Um im internationalen Kontext effizient zu kooperieren und Standards zu entwickeln, ist es jedoch unabdingbar, dass landesspezifische Gemeinsamkeiten und Unterschiede im Verständnis und in der Ausrichtung von Industrie 4.0 bekannt sind und offen diskutiert werden.

Vernetzung und Integration im Fokus

Wie die Ergebnisse der Befragung zeigen, ist das Verständnis von Industrie 4.0 in vielen Ländern, trotz unterschiedlicher Akzentuierungen, durchaus vergleichbar. Auch hat sich der Begriff Industrie 4.0 weltweit als Marke etabliert. Länderübergreifend verbinden die befragten Fachkräfte mit dem Begriff Industrie 4.0 überwiegend Vernetzung und Digitalisierung (siehe Abbildung 1). Ebenfalls assoziiert werden die Themen intelligente Produkte, Produktionsoptimierung, Automatisierung sowie neue Geschäftsmodelle.

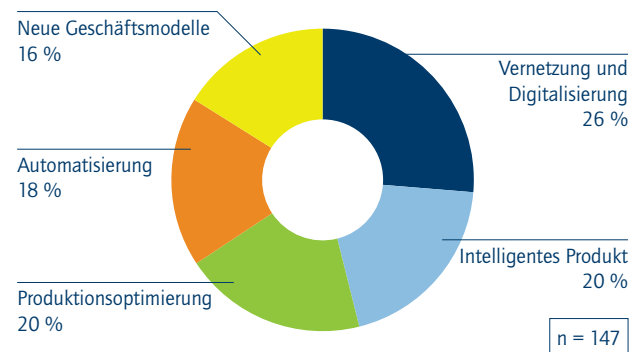


Abbildung 1: Verständnis von Industrie 4.0

Die Einführung und Adaption von Industrie 4.0 ist kein Selbstzweck, sondern wird – insbesondere von Unternehmen – im Hinblick auf ökonomische Chancen verfolgt. Einen großen ökonomischen Nutzen sehen die befragten Expertinnen und Experten länderübergreifend in einer optimierten Produktion (siehe Abbildung 2). Insbesondere in Deutschland, Südkorea und Großbritannien wird diese mit Abstand am häufigsten genannt, was durch die starke Produktionsausrichtung von Industrie 4.0 in diesen Ländern erklärt werden kann. Dabei nimmt auch die Automatisierung einen entscheidenden Stellenwert ein. Durch die damit einhergehende Erhöhung der Produktivität erwarten die befragten Fachleute in allen Fokusländern eine signifikante Steigerung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit und eine Stärkung nationaler Produktionsstandorte.

Hingegen bestehen Unterschiede in der Bewertung weiterer ökonomischer Chancen von Industrie 4.0. Insbesondere in Deutschland liegt ein Fokus auf der Verschmelzung von Informations-, Kommunikations- und Fertigungstechnologien innerhalb von intelligenten und sich selbst organisierenden Fabriken. In den USA und China ist zudem eine starke Ausrichtung auf intelligente Produkte erkennbar. Ein großes Potenzial für neue Geschäftsmodelle sehen insbesondere die Befragten in den USA, erkannt wird dies aber auch in Deutschland, Japan sowie zunehmend in China. In den USA erhoffen sich die Fachleute zudem eine verbesserte Kundenbetreuung, in China eine Ausweitung des Produkt- und Serviceportfolios. Insgesamt sehen die befragten Expertinnen und Experten eine Stärke des Begriffs Industrie 4.0 in der ganzheitlichen konzeptionellen Grundlage.

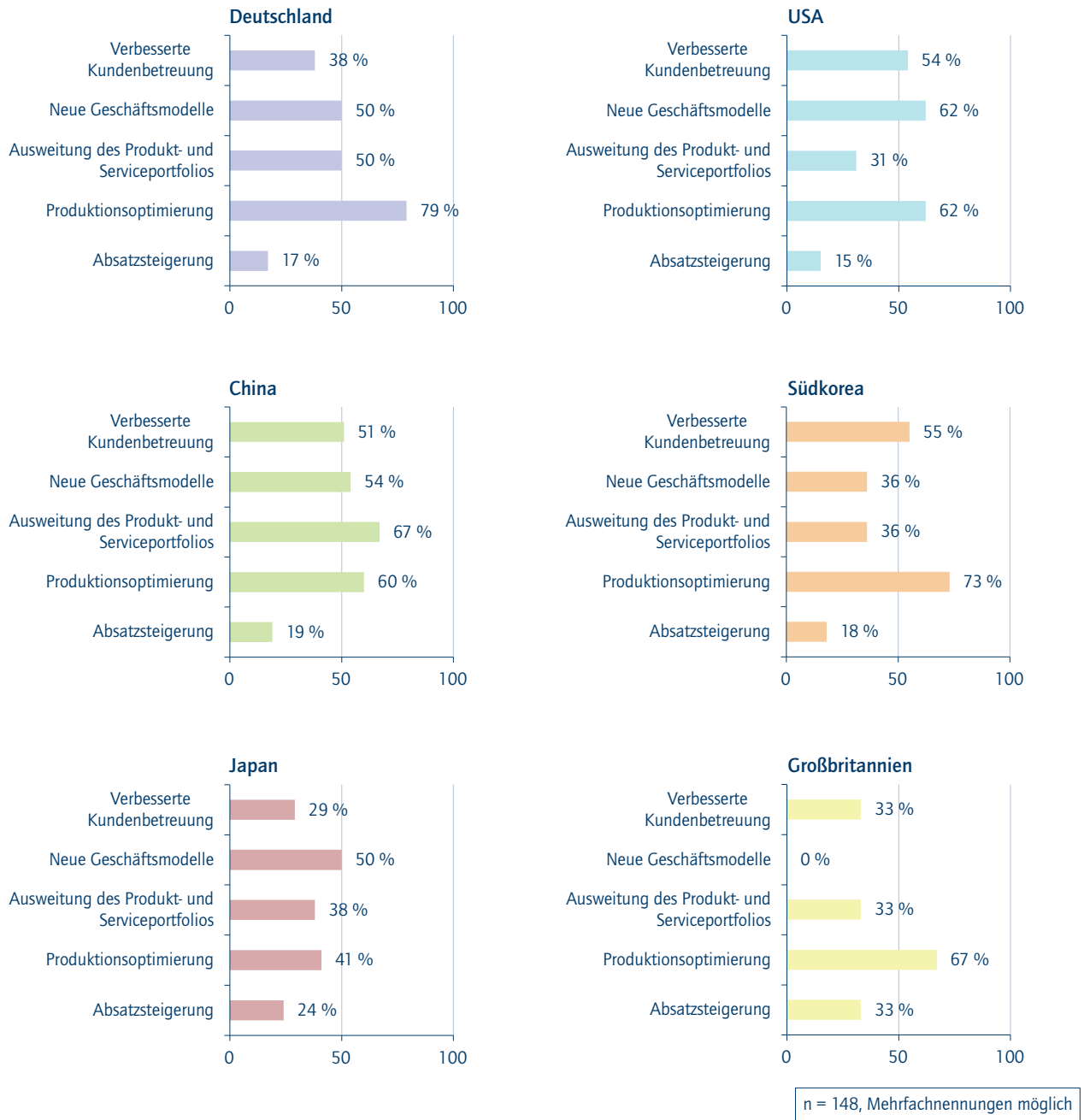


Abbildung 2: Größte ökonomische Chancen von Industrie 4.0

Chancen in der Produktionsoptimierung und bei datengetriebenen Geschäftsmodellen

Insbesondere in den USA wurden die ökonomischen Chancen im Bereich der Plattformökonomien und entstehenden Ökosysteme erkannt. Finanzstarke und international vernetzte Risikokapitalgeber, innovative Start-ups aus dem Silicon Valley sowie etablierte Software- und Internetkonzerne nehmen dabei den Markt für Industrie 4.0-Lösungen zunehmend in den strategischen Fokus. In China wird durch die beiden Regierungsinitiativen *Made in China 2025* sowie *InternetPlus* eine kontextuelle Verbindung zwischen Vernetzung, Integration und neuen, plattformbasierten Geschäftsmodellen hergestellt. Die Marktgröße sowohl in den USA als auch in China stellt einen vorteilhaften Faktor dar, um lokalen Firmen ein schnelles Binnenwachstum zu ermöglichen und mit einer kritischen Masse an Kunden und Komplementärprodukten zukünftig verstärkt globale Wachstumschancen zu realisieren.

Für deutsche KMU ergeben sich dabei strategische Handlungsbedarfe hinsichtlich des Aufbaus der entstehenden Ökosysteme im Umfeld von Industrie 4.0-Plattformen, um das Ziel einer international führenden Position als Anbieter von Industrie 4.0-Lösungen zu erreichen. Die mittlere Marktgröße Deutschlands sowie teilweise begrenzte Kapitalmengen für risikoreiche Expansionsstrategien in Märkten mit hohen Netzeffekten stellen dabei zentrale Herausforderungen dar.

Datensicherheit und Datensouveränität als Herausforderung

Den Chancen von Industrie 4.0 stehen Risiken gegenüber. In Deutschland und den USA, den beiden führenden Anbietern von Industrie 4.0-Lösungen, sehen die befragten Fachleute das Risiko, Lösungen am Markt vorbei zu entwickeln. Diese Einschätzung wird ergänzt durch die länderübergreifend am stärksten ausgeprägte Sorge in Bezug auf Datensicherheit und Datensouveränität (siehe Abbildung 4). Die Befragten thematisieren hier den Verlust beziehungsweise die Offenlegung von Kernkompetenzen. Insbesondere kleine und mittlere Betriebe verfügen weder über das entsprechende Know-how noch das notwendige Budget, um eine ausreichende Datensicherheit zu garantieren. Große Unternehmen führen dagegen bereits oftmals Aktivitäten im internationalen Kontext durch und sind sich der Thematik aus eigener Praxis bewusst. Neben der Datensicherheit gilt die Standardisierung als weiteres Handlungsfeld von Industrie 4.0. Ein Großteil der befragten Unternehmen wünscht sich, dass aktuelle Defizite vorzugsweise in

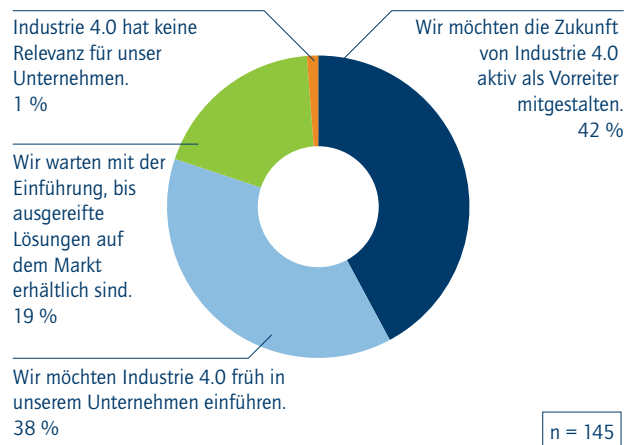


Abbildung 3: Grundsätzliche Bedeutung von Industrie 4.0 im eigenen Unternehmen

Form von offenen sowie international einheitlichen Standards behoben werden. Als weitere Risiken nennen die Befragten Adoptions-, Akzeptanz- und Migrationsprobleme sowie eine geringe Profitabilität, wenn die erhofften wirtschaftlichen Vorteile von Industrie 4.0 ausbleiben und die getätigten Investitionen nicht refinanziert werden können.

Insgesamt erkennen die befragten Expertinnen und Experten länderübergreifend die Relevanz von Industrie 4.0 an – grundsätzlich wie auch für das eigene Unternehmen. Die Mehrheit von ihnen hat Industrie 4.0 in der strategischen Ausrichtung verankert und verfolgt das strategische Ziel, die digitale Transformation aktiv mitzugestalten (siehe Abbildung 3).

Besonders stark ausgeprägt ist dieser Wille in den USA, zu erkennen ist er auch in Deutschland, Südkorea und in Japan. Im Gegensatz dazu besteht in China zwar ein sehr hohes Interesse an Industrie 4.0 und auch die Bereitschaft, sie früh im Unternehmen einzuführen. Jedoch lassen chinesische Unternehmen nicht den Anspruch erkennen, Industrie 4.0 kurzfristig als Vorreiter zu gestalten. So will ein Viertel der chinesischen Befragten mit der Einführung warten, bis ausgereifte Industrie 4.0-Lösungen verfügbar sind und eine höhere Planungssicherheit durch gemeinsame Standards besteht. Mittel- und langfristig bestehen jedoch auch in China starke Ambitionen, Industrie 4.0 als Leitanbieter aktiv mitzugestalten.

Um Industrie 4.0 zu einem schnelleren und umfassenderen Durchbruch zu verhelfen, sehen die befragten Expertinnen und Experten jedoch insgesamt die Notwendigkeit,



Abbildung 4: Größte ökonomische Risiken von Industrie 4.0

internationale Anstrengungen in Bezug auf die Normung und Standardisierung weiter zu intensivieren – um darüber Interoperabilität zwischen der Vielzahl an unterschiedlichen Systemen herzustellen.

Zitate von befragten Fachleuten

- „To maintain its leading role in many industries such as machinery or automotive, Germany needs to take a leading role in Industry 4.0.“
- „The more data we can use, the more business chances we can get.“

3.2 Standardisierung

Die Standardisierung von Architekturen, Datenaustauschformaten, Semantiken, Vokabularen, Taxonomien, Ontologien und Schnittstellen ist eine zentrale Voraussetzung, um innerhalb des komplexen und hochgradig heterogenen Themengebiets Industrie 4.0 Interoperabilität zwischen den unterschiedlichen Technologien herzustellen. Die Expertinnen und Experten sehen eine wesentliche Voraussetzung für den Erfolg von Industrie 4.0 darin, dass einzelne Module, Komponenten, Geräte, Fließbänder, Roboter, Maschinen, Sensoren, Kataloge, Verzeichnisse, Systeme, Datenbanken und Applikationen, an den zwischen ihnen existierenden Verbindungspunkten sowie hinsichtlich einer übergreifenden Semantik, auf gemeinsamen Standards basieren. Auf diese Weise kann beispielsweise eine Fertigungsanlage flexibel aus den Komponenten unterschiedlicher Hersteller zusammengesetzt werden.

Ohne die Existenz von gemeinsamen Standards beziehungsweise durch ein Abweichen seitens der Anbieter von Industrie 4.0-Lösungen entstehen isolierte und proprietäre Inselbeziehungsweise Silolösungen. Potenzielle Käufer müssen dabei das Risiko des technologischen Lock-ins abwägen: Mit der Anschaffung einer proprietären Lösung besteht das Risiko, sich mittelfristig der Willkür, dem Preisdiktat und den vorgegebenen Laufzeiten von Wartungsverträgen des jeweiligen Anbieters zu unterwerfen.

Eine Emanzipation ist letztlich nur durch den Wechsel zu einer Lösung realisierbar, die auf internationalen Standards basiert und dadurch mehr Flexibilität und Modularität bietet. Dies gilt insbesondere auch im Hinblick auf die zusätzlichen

Freiheitsgrade, funktionsidentische Systeme von unterschiedlichen Anbietern beziehen zu können.

Besonders hilfreich sind Lösungen, um bestehende Altsysteme und neue Technologien zu verbinden. Modulare Mapping-Verfahren (zum Beispiel Ontologien, Taxonomien oder sonstige semantische Verfahren) ermöglichen es in diesem Zusammenhang, effizient zwischen älteren und neueren Ansätzen zu übersetzen und auf diese Weise ältere Standards pragmatisch in neuere Lösungen zu integrieren.

Internationale Standards sind zudem eine notwendige Voraussetzung für das Entstehen offener, flexibler und erfolgreicher Ökosysteme, speziell über die Grenzen einzelner Hersteller, aber auch über die Grenzen von Ländern und Kontinenten hinweg. Ferner bilden etablierte Standards auch eine wichtige Brücke zur Forschung, da nur durch standardisierte Schnittstellen existierende Systeme durch neuartige, beispielsweise deutlich effizientere Ansätze aus Forschungslaboren, ersetzt werden können.

Weltweit über hundert Standardisierungsorganisationen aktiv

Aufgrund der hohen Komplexität von Industrie 4.0 wird es „den einen“ Industrie 4.0-Standard mittelfristig nicht geben. Stattdessen werden in den kommenden Jahren zahlreiche, zum Teil hochgradig spezialisierte, zum Teil eher allgemeine Standards entstehen, die in und zwischen den unterschiedlichsten Systemen und auf unterschiedlichen Ebenen für Interoperabilität sorgen werden. Dieser Ansatz wird zum Beispiel unter dem Stichwort „Web-of-Things“ (WoT) im World Wide Web Consortium (W3C) verfolgt. WoT möchte die Grundlagen für domänenübergreifende Interoperabilität liefern. Hierzu nutzt WoT grundlegende Prinzipien der Webtechnologie: Client-Server-Architektur, sogenanntes „loose coupling“ von Komponenten (geringer Grad der Abhängigkeit der Komponenten untereinander), sowie die Definition leichtgewichtiger Datenformate und Schnittstellen.

Diese Prinzipien haben in den letzten Jahren im Web zu neuen und global erfolgreichen Geschäftsmodellen geführt. Die Historie zeigt, dass sich nur durch konsequent international ausgerichtete Standardisierungsaktivitäten Lösungen vermeiden lassen, die sich beispielsweise nur auf ein Land, einen Kontinent oder einen speziellen Anwendungsfall beschränken. Internationale Standards hingegen ermöglichen den länderübergreifenden Einsatz von Technologien (zum Beispiel eine deutsche Technologie zusammen mit einer US-amerikanischen), ohne zusätzlichen Integrations- oder Anpassungsaufwand.

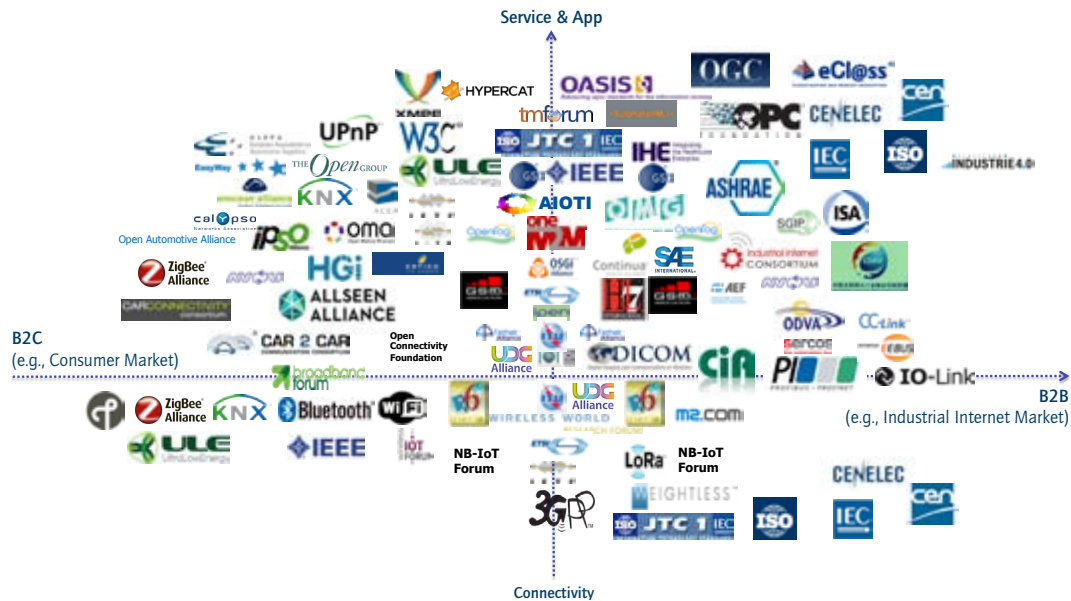


Abbildung 5: Standardisierungsorganisationen im Kontext des Internet of Things (Quelle: AIOTI WG3)

Im Bereich Internet of Things und Industrie 4.0 existiert eine Vielzahl an Standardisierungsaktivitäten. Abbildung 5 wurde von der EU-geförderten Alliance for Internet of Things Innovation (AIOTI) erarbeitet und stellt einen Ausschnitt der aktuell tätigen Standardisierungsorganisationen (Standards Developing Organisations, SDO) dar. Insgesamt sind in diesem breiten Feld mittlerweile mehr als hundert Standardisierungsorganisationen von unterschiedlicher Bedeutung aktiv. Die Frage, welche von ihnen für Industrie 4.0 relevant sind, ist nicht einfach zu beantworten, da sich die Landschaft beständig wandelt und sich im Zeitverlauf gleichzeitig wesentliche Standardisierungsorganisationen in bestimmten Gebieten herausbilden. Entsprechend bedeutsam sind eine präzise und fortlaufende Beobachtung der einzelnen Gebiete, Technologiethemen und Teilbereiche und die kontinuierliche Ermittlung und Aktualisierung der dort relevanten Standardisierungsorganisationen.

Diese komplexe Aufgabe kann in der vorliegenden Studie nicht in voller Breite und Tiefe adressiert werden. Jedoch lässt sich eine erste Zwischenbilanz ziehen: Aktuell und in den kommenden Jahren wird das Industrial Internet Consortium (IIC) von großer Relevanz sein – nicht nur in den USA, sondern auch in Europa und speziell in Deutschland. Das IIC empfindet sich explizit nicht als Standardisierungsorganisation, arbeitet jedoch sehr eng mit der

Object Management Group (OMG) zusammen. Diese Kooperation manifestiert sich beispielsweise darin, dass beide Organisationen einen gemeinsamen Geschäftsführer haben. Das IIC hat bereits zahlreiche Kooperationsvereinbarungen mit Akteuren aus Deutschland geschlossen, unter anderem mit der Plattform Industrie 4.0 sowie mit dem Deutschen Institut für Normung (DIN).

Das W3C verfolgt mit der Web-of-Things-Initiative den Ansatz, einen domänenübergreifenden Technologiestack zu schaffen.¹⁹ Ziel ist es, „connected things“ durch „thing descriptions“ zu beschreiben und durch standardisierte Protokolle interoperabel adressierbar zu machen. Dieses von Siemens geleitete Vorhaben bekommt im W3C mehr und mehr Anhänger. In der Zwischenzeit wurden Kooperationsvereinbarungen mit verschiedenen Organisationen wie beispielsweise mit dem IIC geschlossen, aber auch – zum Thema Semantik – mit der Plattform Industrie 4.0, der OPC Foundation, oneM2M, AIOTI sowie mit IETF/IRTF.

Länderübergreifende Koordination von nationalen Initiativen notwendig

Zur Hannover Messe 2016 verkündete die deutsche Industrie die Gründung eines Standardisation Council I4.0. Diese auf Bitkom, DIN, DKE/VDE, VDMA und ZVEI zurückgehende Initiative

19 | Unter Technologiestack wird hier eine Menge von Technologien verstanden, die separat bestehen, aber aufeinander abgestimmt entwickelt werden. Ein Beispiel ist der Webtechnologiestack, der unter anderem aufeinander abgestimmte Protokolle zum Informationsaustausch (HTTP) und zur Informationsrepräsentation (HTML) umfasst.

20 | Vgl. Plattform Industrie 4.0 2016.

verfolgt das Ziel, „Standards der digitalen Produktion zu initiieren und diese national sowie international zu koordinieren“.²⁰ Der Standardisation Council soll dabei die Koordinierung zwischen Industrie und Standardisierung übernehmen, also zwischen den Mitgliedern der Plattform Industrie 4.0 und den diversen Standardisierungsorganisationen vermitteln sowie die erkannten Standardisierungs- und Normierungsbedarfe an die Roadmap Industrie 4.0 weitergeben.

Hinsichtlich der vorzunehmenden Standardisierungsaktivitäten ist festzuhalten, dass traditionelle Industrien bereits seit Jahrzehnten in nationalen oder internationalen Normierungsgremien wie etwa DIN oder ISO aktiv sind. Ähnliche Gremien existieren auch in anderen Ländern, wie beispielsweise in Japan im Hinblick auf den Japan Industrial Standard (JIS). Obwohl traditionelle Industrien bereits punktuelle Anstrengungen unternommen haben, um Verbindungen zur IT-Industrie zu schaffen (zum Beispiel ISO/IEC JTC1), herrscht im Allgemeinen noch eine deutliche Kluft zwischen IT-Unternehmen und der traditionellen Industrie. Insbesondere IT-Unternehmen tendieren zur Standardisierung in internationalen, industriegetriebenen Organisationen wie dem W3C.

Die oft sehr agilen Entscheidungsstrukturen in diesen Konsortien orientieren sich nicht an Ländern oder Regionen, weshalb die typischerweise global agierenden IT-Unternehmen neue Technologien flexibel vorantreiben können. Diese Kluft zwischen IT und klassischer Industrie ist auch innerhalb zahlreicher Großunternehmen zu beobachten, wo sich IT-Abteilungen in anderen Standardisierungsgremien engagieren als die Kollegen, die sich mit traditioneller Produktion beschäftigen. Sowohl für Industrie 4.0 in Deutschland als auch in anderen Ländern ist es eine beträchtliche Herausforderung, wenn der Technologietransfer zwischen IT und Produktion träge und wenig koordiniert verläuft. Bevor hier Innovationen entstehen, können originäre IT-Unternehmen oder Unternehmen aus dem IT-Umfeld einen schwer einzuholenden Vorsprung erreichen. Ein weiterer Einflussfaktor ist diesbezüglich die oftmals schnellere Arbeitsweise von industriegetriebenen Konsortien im Vergleich zu traditionell ausgerichteten Standardisierungs- und Normierungsorganisationen.

Während die Etablierung des „einen“ Industrie 4.0-Standards von den befragten Fachleuten als unwahrscheinlich eingestuft wird, betrachten sie analog hierzu auch die Bündelung aller Entwicklungs- und Standardisierungsaktivitäten unter dem Dach einer Organisation als unrealistisch. Als wahrscheinlich gilt stattdessen die Entstehung eines Systems von Standardisierungsorganisationen, die eng miteinander kooperieren, um die von der Industrie erkannten Technologielücken und Bedarfe effizient adressieren

und schließen zu können. Einrichtungen wie der Standardisation Council können hierbei eine bedeutende bündelnde Funktion spielen. Die nachfolgenden Aussagen zeigen zentrale Dimensionen und Prinzipien auf, nach denen diese Standardisierungsprozesse operationalisiert werden sollten.

Die Bestrebungen zur Standardisierung im Bereich Industrie 4.0 verlaufen aktuell sehr dynamisch. Relevante Standards oder Standardisierungsbereiche lassen sich daher nicht systematisch ableiten und benennen. Viele Akteure haben diese Problematik erkannt, weshalb der Kooperation zwischen Standardisierungsgremien und der fortlaufenden Sammlung relevanter Standards eine große Bedeutung zukommt.²¹ Häufig wiederkehrende Standardisierungsbereiche sind laut der Deutschen Normungs-Roadmap Industrie 4.0 (Version 2.0): Referenzmodelle, Kommunikation, Fertigungstechnologie, der Mensch in Industrie 4.0 sowie nicht funktionale Eigenschaften. Hier ist die Standardisierung von domänenübergreifender Terminologie von hoher Bedeutung.

Interoperable und flexibel integrierbare Systeme gefragt

Den höchsten Nutzen für Standardisierung im Bereich Industrie 4.0 sehen die in den Interviews befragten Fachleute bei Vernetzung und Integration sowie Datenerfassung und Datenverarbeitung. Unabhängig vom Herkunftsland sind sie sich einig, dass bei der Schaffung von Standards und Normen das Hauptaugenmerk auf einheitlichen Datenformaten und (semantischer) Interoperabilität liegen sollte und auch Metadaten, Vokabulare und Domänenmodelle zu berücksichtigen sind (siehe Abbildung 6).

In anderen Bereichen gibt es länderspezifische Unterschiede: Während die Befragten aus Deutschland und Japan Referenzmodelle für wichtig halten, spielen diese in den USA mit 18 Prozent nur eine untergeordnete Rolle. In China liegt dagegen ein Fokus auf der Einführung eines einheitlichen Industrie 4.0-Vokabulars. Nach Meinung der Befragten ist es von essenzieller Bedeutung, dass Firmen länderübergreifend die Bedarfe für die Schaffung von Standards selbst erkennen und in die zuständigen internationalen Initiativen der relevanten Standardisierungsorganisationen einbringen.

Die große Mehrheit der befragten Expertinnen und Experten sieht offene Standards als wichtige und notwendige Voraussetzungen für flexible Interoperabilität zwischen den Lösungen mehrerer Hersteller an: 35 Prozent halten offene Standards für stark bedeutend, 37 Prozent für sehr stark bedeutend (siehe Abbildung 7). Mithilfe offener Standards lassen sich günstige

21 | Vgl. hierzu die Normungs- und Standardisierungsroadmap von DKE.

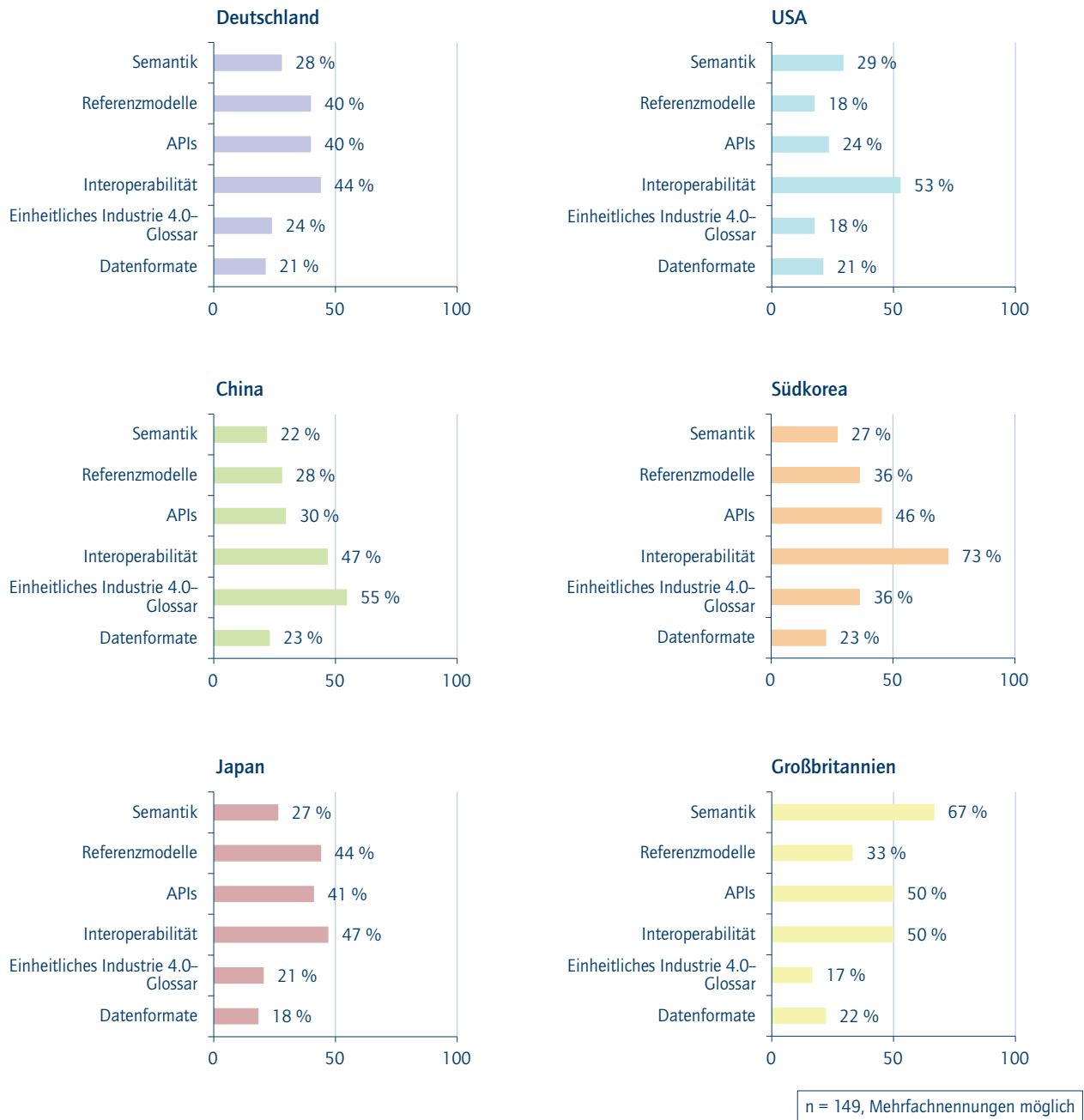


Abbildung 6: Bereiche mit künftig hohem Bedarf an spezifischen Normen und Standards

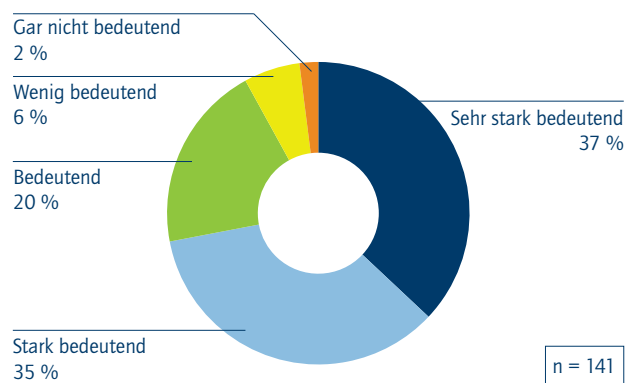


Abbildung 7: Bedeutung von offenen Standards

Lösungen für eine breite Anwenderschicht schaffen. Durch die Verteilung der Konzeptions- und Standardisierungsarbeit auf alle am Prozess beteiligten Organisationen reduzieren sie die Entwicklungskosten und vermindern das Investitionsrisiko insbesondere für kleine und mittlere Betriebe, so die Fachleute.

Herausforderungen durch Plattformen und digitale Ökosysteme

Unsicherheit herrschte bei den im Interview befragten Fachleuten in Bezug auf die Frage, ob es im Industriebereich in Zukunft geschlossene Silolösungen („walled gardens“) einzelner Unternehmen – ähnlich wie heute im IT-Bereich – geben wird: 53 Prozent beantworteten diese Frage mit „Weiß nicht“ (siehe Abbildung 8). Die Mehrheit der Befragten ist jedoch der Ansicht, dass modulare, interoperable Lösungen geschaffen werden müssen, damit Industrie 4.0 erfolgreich sein kann. Die Expertinnen und Experten nannten zudem das Risiko, dass sich große US-Unternehmen mit bereits etablierten Plattformen und

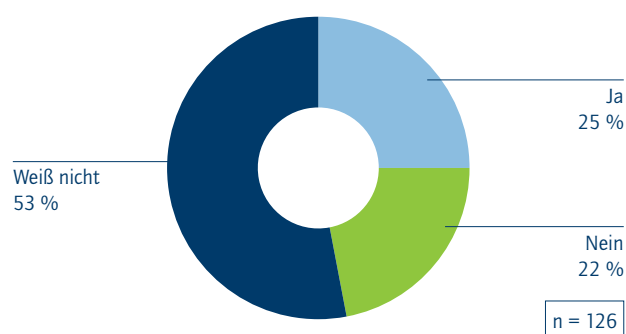


Abbildung 8: Erwartung eines geschlossenen Ökosystems auch in der Industrie

digitalen Ökosystemen in einer Position befinden, in der sie den derzeit erst entstehenden europäischen digitalen Markt unmittelbar dominieren können. Hervorzuheben ist, dass die Mehrzahl der Interviewten bei Standardisierungsprozessen nicht auf einen bestimmten Standard besteht. Entscheidend ist, dass sich Standards überhaupt im größeren Kontext durchsetzen, sodass interoperable und flexibel integrierbare Systeme geschaffen werden können.

Etablierung von De-facto-Standards durch Konzerne

Als treibender Akteur für die Schaffung von Normen und Standards wird die Industrie gesehen. Die Fachleute sehen ein Risiko darin, wenn Standardisierungsorganisationen, Regierungen oder regierungsnahe Organisationen die zu standardisierenden Themen vorgeben. Die Standardisierungsprozesse sowie die entstehenden Standards selbst könnten dann an den Bedarfen der Unternehmen vorbeigehen. Vor diesem Hintergrund übernehmen insbesondere große Unternehmen eine Vorreiterrolle bei der Etablierung von De-facto-Standards für Industrie 4.0, während kleine und mittlere Unternehmen eine tendenziell abwartende Stellung einnehmen. Sicherheitsrelevante Themen sollten nach Meinung der befragten Expertinnen und Experten jedoch unter Einbeziehung einer Vielzahl an Akteuren aus Industrie, Wissenschaft und Organisationen und nicht ausschließlich von einzelnen (Groß-)Unternehmen getrieben werden.

Als Haupthindernisse für die Schaffung von Normen und Standards werden in den Interviews divergierende (wirtschaftliche) Interessen, Angst vor Wissensabfluss sowie Misstrauen bei sicherheitsrelevanten Fragestellungen genannt. Dabei gibt es nach Ansicht der Fachleute auch Themenfelder, die von Standardisierung explizit ausgenommen werden sollten, beispielsweise Technologiebereiche, die sich zu schnell entwickeln, die noch keine ausreichende Reife oder Konvergenz besitzen oder das eigene geistige Eigentum betreffen. An dieser Stelle bestehen Herausforderungen bei der Weiterentwicklung des regulatorischen Rahmens in der Absicht, den beteiligten Akteuren vermehrt Rechtssicherheit zu geben.

Im Hinblick auf das zeitliche Wettrennen bei der Etablierung von internationalen Normen und Standards sind viele der befragten Unternehmen der Ansicht, dass die gegenwärtigen Aktivitäten zu langsam vorangehen. Jedoch unterstreichen die Fachleute gleichzeitig die hohe Komplexität von Industrie 4.0 sowie die Notwendigkeit umfangreicher Gremienarbeit, die Standardisierungsprozesse komplexer und zeitintensiver machen. Auch hier existieren länderspezifische Unterschiede (siehe Abbildung 9):

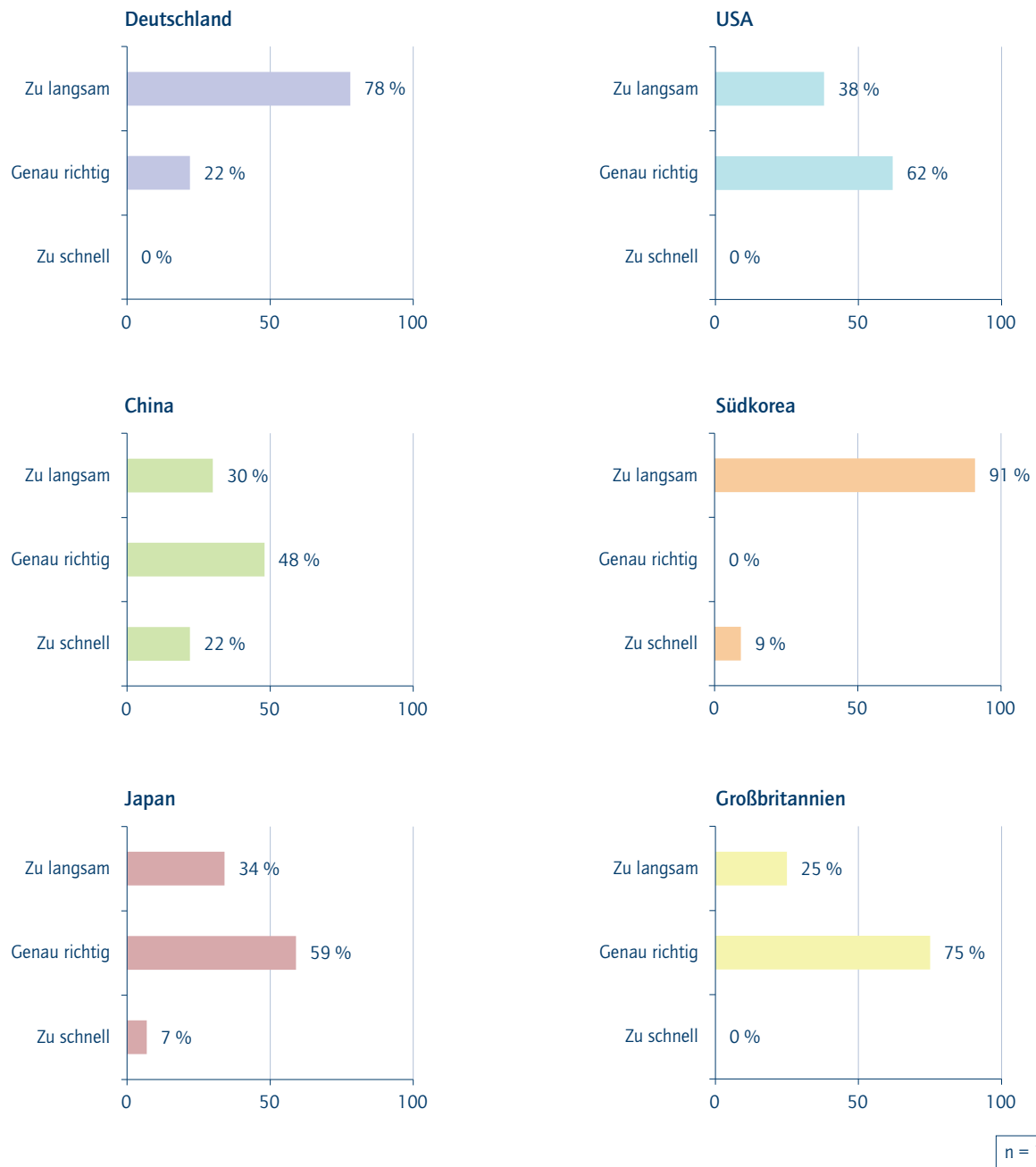


Abbildung 9: Bewertung der Geschwindigkeit der Standardisierungsaktivitäten

Während in Deutschland 78 Prozent der Befragten der Meinung sind, dass die Standardisierungsaktivitäten zu langsam vorangehen, sind die Befragten in China, Japan und den USA mit der Geschwindigkeit tendenziell zufrieden.

Die Geschwindigkeit der Standardisierungsaktivitäten als kontroverser Diskussionsgegenstand zeigt sich auch in der Auffassung jener Fachleute, die Standards einerseits als eine notwendige Voraussetzung für interoperable und modulare Lösungen sehen. Andererseits kann eine voreilige Standardisierung dazu führen, dass zentrale Bereiche nicht oder nur unzureichend in der Standardisierung erfasst werden. Beschleunigungspotenzial wird hingegen bei den Aktivitäten der Standardisierungsorganisationen gesehen. Sie sollten nach Ansicht der Befragten auch von der Politik aktiv unterstützt und gefördert werden. Durch stärkere Bündelung könnten zahlreiche Synergieeffekte (beispielsweise die Vermeidung doppelter Standardisierung) zwischen bisher separat durchgeführten Standardisierungsaktivitäten entstehen, die nicht nur eine thematische Überlegenheit (Stichwort: Technologieführerschaft), sondern auch einen zeitlichen Vorsprung zur Folge haben können.

In einigen Bereichen von Industrie 4.0, etwa bei Assistenzsystemen, sind Standardisierungsbemühungen derzeit noch nicht zielführend, da sie sich noch in der Experimentierphase

Zitate von befragten Fachleuten

- „In strong sectors, where you could find the global players, the standardization should come from companies, in small business sectors from organizations.“
- „Kooperationen verlangsamen den Prozess. Aber da das Thema äußerst komplex ist, muss an einem Strang gezogen werden.“
- „Die Sprache, in der sich die Maschinen verständigen, soll ein offener, lizenzfreier Standard sein. Sonst kann sich wiederholen, was wir mit Google, Facebook und Amazon erlebt haben: Unternehmen werden so mächtig, dass ohne sie irgendwann gar nichts mehr geht.“
- „Erhöhung der Umsetzungsgeschwindigkeit durch industriegetriebene und flexible Testbed-Lösungen.“

befinden. Erste grundlegende Ansätze und Standards sollten aber geschaffen werden, um einen Rahmen für Investitionssicherheit zu schaffen und Innovationsaktivitäten anzustoßen. Die Expertinnen und Experten betonen, dass zumindest in ausgewählten Sektoren Industrie 4.0-Lösungen bereits heute funktionieren und operativ eingesetzt werden können. An dieser Stelle sollte die Chance, Standardisierung frühzeitig aktiv mitgestalten zu können, nicht durch zu vorsichtiges und zögerliches Agieren vergeben werden.

3.3 Kooperationen

Kooperationen entlang der Wertschöpfungskette werden durch Industrie 4.0 eine neue Bedeutung bekommen. Die starke Vernetzung wird nicht auf der Produktionsebene stehenbleiben, sondern nach und nach auch Konsequenzen für weitere Unternehmensbereiche wie Forschung und Entwicklung aufweisen. Neue Formen der Kooperation und Kollaboration können entstehen, wenn Industriedienstleister, Anlagenbetreiber, Maschinenhersteller und Betreiber zugrunde liegender Plattformen in digitalen Ökosystemen zusammenkommen. Verbünde aus Unternehmen werden sich künftig häufiger und vor allem schneller definieren. Diese sogenannte Ad-hoc-Vernetzung in Wertschöpfungsnetzwerken wird nicht auf der Produktionsebene verharren, sondern nach und nach auch Konsequenzen für weitere Unternehmensbereiche wie Forschung und Entwicklung und Administrationsfunktionen aufweisen.

Kooperationen als notwendige Voraussetzung für Industrie 4.0

Der Großteil der befragten Unternehmen, Forschungseinrichtungen und Verbände betrachtet vor diesem Hintergrund Kooperationen als notwendige Voraussetzung für eine erfolgreiche Umsetzung von Industrie 4.0. Eine Zusammenarbeit ist unter anderem gewünscht, um Know-how aufzubauen (zum Beispiel im Bereich Datensicherheit oder Geschäftsmodelle), Entwicklungszeit zu reduzieren und redundante Lösungen zu vermeiden. Insgesamt dominieren dabei die Themenbereiche Datenerfassung/-übertragung, Vernetzung, Datenverarbeitung/-analyse und Schnittstellen (siehe Abbildung 10).

Vor diesem Hintergrund sind die Präferenzen in den befragten Ländern unterschiedlich ausgeprägt. In Deutschland dominiert bei den befragten Fachkräften der Bedarf für Kooperationen in den Technologiefeldern Datenerfassung/-übertragung und

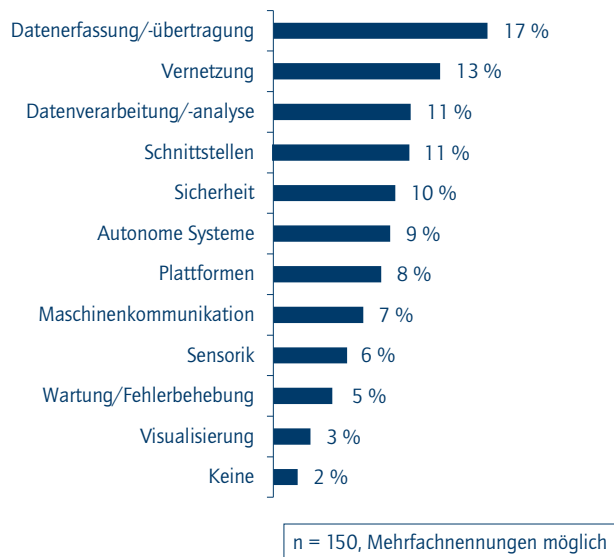


Abbildung 10: Technologiefelder mit großem Bedarf an Kooperationen

Vernetzung. Autonome Systeme spielen eine nachgelagerte Rolle. Datenerfassung/-übertragung gilt auch in China als das Technologiefeld mit dem größten Kooperationsbedarf. Daneben liegt ein weiterer Fokus auf Schnittstellen und Sicherheit. Südkorea und Großbritannien priorisieren Datenerfassung/-übertragung, Datenverarbeitung/-analyse, Vernetzung und autonome Systeme. Plattformen sind gemäß den befragten Fachleuten das Technologiefeld mit dem größten Kooperationsbedarf in Japan.

Insgesamt zeigen die Ergebnisse eine hohe internationale Nachfrage nach Kooperationen mit deutschen Forschungseinrichtungen. Insbesondere im Bereich der IT-Sicherheit kann Deutschland aber auch von anderen Ländern lernen. Außerdem ist nach Ansicht der Befragten proaktives Plattform-Building mit wichtigen Akteuren zu forcieren. Dabei ist Silodenken und -handeln zu vermeiden. Technologien sind übergreifend zu diskutieren und ganzheitliche disziplinübergreifende Vorgehensweisen zu entwickeln.

Den deutschen Unternehmen und Organisationen stehen in den Technologiefeldern Datenerfassung und -übertragung sowie Datenverarbeitung und -analyse weltweit interessierte Kooperationspartner zur Verfügung. Jedoch sollte bei der Auswahl genau auf die Rahmenbedingungen im Umgang mit Daten in den jeweiligen Ländern und bei potenziellen Kooperationspartnern geachtet werden. Weltweit wird erwartet, dass deutsche Lösungen für die Datenverarbeitung auf hohen

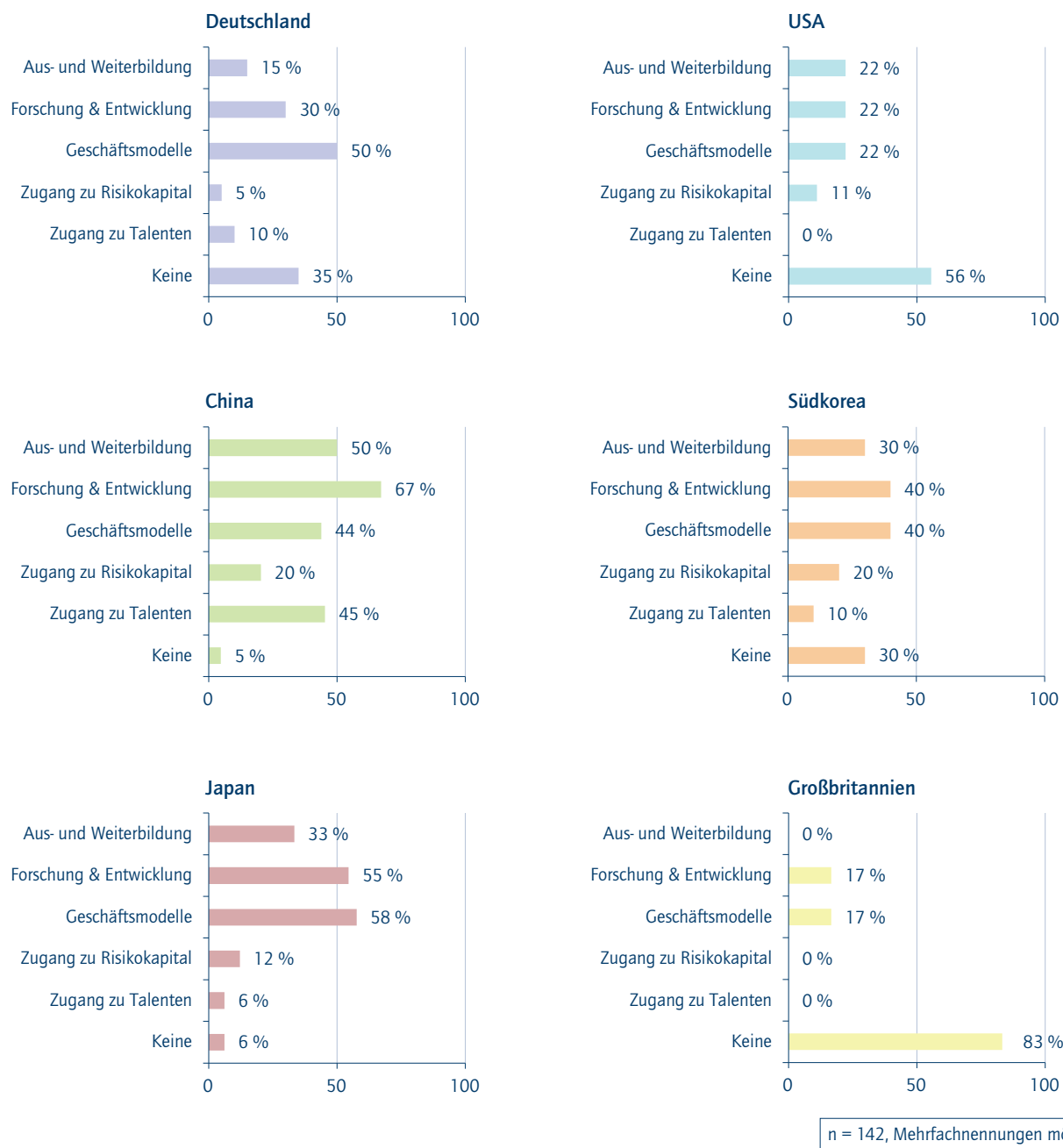
Sicherheits- und Datenschutzstandards basieren. Dabei besteht international ein großer Bedarf für entsprechende datenschutzkonforme Lösungen.

Weiterhin wird anhand der Auswertung deutlich, dass das Technologiefeld Vernetzung vor allem in Europa ein wichtiges Thema ist. Das europäische Verständnis von Industrie 4.0, welches insbesondere auf die Ad-hoc-Vernetzung von intelligenten Maschinen, Betriebsmitteln, Produkten/Werkstücken sowie Lager- und Transportsystemen via Internet zu leistungsfähigen Wertschöpfungsnetzwerken abzielt, legt dies nahe. Insbesondere die deutschen Organisationen wie die Plattform Industrie 4.0 sollten dieses Verständnis stärker international verankern.

Neben den Technologiefeldern besteht nach Ansicht der Befragten auch in den erweiterten Themenfeldern von Industrie 4.0 wie Aus- und Weiterbildung, Forschung und Entwicklung (F&E), Geschäftsmodelle sowie Zugang zu Risikokapital und Talenten Bedarf an Kooperationen (siehe Abbildung 11). Der Fokus ist dabei in den einzelnen Ländern unterschiedlich. In Deutschland sieht die Hälfte der Expertinnen und Experten Kooperationsbedarf bei Geschäftsmodellen, gefolgt von F&E. Gering hingegen ist die Nachfrage bei Aus- und Weiterbildung sowie dem Zugang zu Talenten und Risikokapital. In den USA sehen die Fachleute insgesamt einen geringen Bedarf an internationalen Kooperationen. Moderat ausgeprägt ist er bei Geschäftsmodellen, Aus- und Weiterbildung sowie F&E. In China wird die Bedeutung von Zusammenarbeit im Bereich F&E besonders betont, gefolgt von Aus- und Weiterbildung, Zugang zu Talenten und Geschäftsmodellen. In Südkorea und Japan besteht ebenfalls Kooperationsbedarf bei Geschäftsmodellen, F&E sowie Aus- und Weiterbildung.

Innovative Geschäftsmodelle als Herausforderung für KMU

Insgesamt im Bereich Geschäftsmodelle stehen KMU vor Herausforderungen bei der Suche nach geeigneten Partnerfirmen. Diese sollten bei der Entwicklung datengetriebener Geschäftsmodelle unterstützen, ohne dabei die Wettbewerbsvorteile der KMU durch eigene Plattformlösungen zu untergraben. Entsprechend betonen die befragten Fachleute bei der Zusammenarbeit mit externen Partnern die Gefahr, Know-how preiszugeben. Insbesondere KMU laufen Gefahr, zu austauschbaren Ausführern zu avancieren, sollten sie es nicht schaffen, ihre strategischen Geschäftsfelder vor Konkurrenten zu sichern. Nötig werden neue Ansätze zum Schutz des geistigen Eigentums, die über klassische Schutzrechte weit hinausgehen. Um den Grat zwischen einer nutzenstiftenden Öffnung des Unternehmens und dem Verlust der



Ergebnisse

Abbildung 11: Ergänzende Bereiche mit Bedarf an Kooperationen



strategischen Alleinstellungsmerkmale erfolgreich zu meistern, sehen die Expertinnen und Experten weitere Bedarfe bei der Weiterbildung auch auf Managerebene.

Um international mit starker Stimme sprechen zu können, bieten sich Kooperationen zur Umsetzung von Industrie 4.0 an – sowohl auf nationaler als auch auf europäischer und globaler Ebene. Diese Kooperationen sind nicht den F&E-Abteilungen der Unternehmen vorbehalten, sondern sollten nach Ansicht der Befragten auch auf politischer und wissenschaftlicher Ebene geschlossen werden, wie beispielsweise im Februar 2016 zwischen der Plattform Industrie 4.0 und dem amerikanischen Industrial Internet Consortium (IIC).²² Bereits im Juli 2015 hat die deutsche Regierung mit der chinesischen Regierung eine enge Kooperation im Bereich Industrie 4.0 beschlossen.²³ Im April 2016 folgte eine Kooperationsvereinbarung zwischen Deutschland und Japan.²⁴ Deutschland gilt länderübergreifend als integraler Wunschpartner für internationale Kooperationen. Jedoch ist zu beachten, dass trotz internationaler Anerkennung der Schutz von Wissens- und Technologievorsprüngen von essenzieller strategischer Relevanz für die einzelnen Verbundpartner ist. Kooperationen sollten nach Meinung der befragten Fachleute deshalb immer auf Reziprozität, also der wechselseitigen Begünstigung der teilnehmenden Partner, basieren.

Entwicklung über internationale Testbeds und branchenübergreifende Integrationsplattformen

Vor diesem Hintergrund werden länderübergreifend Testbeds und branchenspezifische Integrationsplattformen als wirksame Instrumente für zukünftige Entwicklungskooperationen angeführt. Testbeds eignen sich besonders für die unternehmensübergreifende Entwicklung von Prototypen und die pragmatische Implementierung von Beta-Versionen. Branchenspezifische Integrationsplattformen empfehlen sich zur Entwicklung und Verbreitung von Standards innerhalb einer Branche. Befürworter dieser Kooperationsform halten eine branchenübergreifende Entwicklung von Standards aufgrund der Komplexität von Industrie 4.0 für nicht möglich oder destruktiv für die jeweilige Branche.

Die in der Studie befragten Unternehmen richten länderübergreifend den Fokus primär auf Testbeds, während wissenschaftliche Organisationen und Verbände Kooperationen über branchenspezifische Integrationsplattformen präferieren. Betrachtet man die verschiedenen Länder, so stehen in Deutschland und

insbesondere in den USA Testbeds im Vordergrund, während China, Japan und Südkorea zusätzlich einen Fokus auf branchenspezifische Integrationsplattformen legen (siehe Abbildung 12).

Die größten Unterschiede in der Bewertung zeigen sich jedoch zwischen großen, international operierenden Unternehmen und KMU. Großunternehmen ziehen es vor, in mehreren internationalen Standardisierungsorganisationen mitzuwirken und Testbeds zu entwickeln. Für sie ist dies möglich dank umfangreicher verfügbarer Ressourcen und einem gut ausgebauten internationalen Netzwerk. Sie sehen hierbei den Vorteil, auf pragmatische Weise mit anderen Konzernen, Mittelständlern und Start-ups zu kooperieren.

KMU befinden sich in der Regel nicht in dieser komfortablen Ausgangssituation. Sie favorisieren daher branchenfokussierte Kooperationen. Zuspruch erhalten sie dabei von einigen Fachleuten, denen zufolge es „den“ Industrie 4.0-Standard nicht geben wird, sondern eine Vielzahl branchenspezifischer Standards. Mittelständler bekämen dadurch eine stärkere Stimme bei der Durchsetzung ihrer Anforderungen. Branchenspezifische Plattformlösungen ermöglichen es KMU zudem, das Investitionsrisiko zu reduzieren, Synergien beim Setzen von Standards zu nutzen und diese gegenüber den Kunden glaubhaft zu vermitteln. Wissenschaftliche Organisationen und Verbände könnten den Austausch im Rahmen von branchenspezifischen Integrationsplattformen wirkungsvoll orchestrieren.

Bezüglich Testbeds und branchenspezifischer Integrationsplattformen für die gemeinschaftliche Erprobung neuer Ansätze sehen die befragten Fachleute nur wenige Risiken, demgegenüber aber hohe Chancen im Hinblick auf die Pragmatik des forschungsnahen Kooperationsansatzes. Zur Ausgestaltung der Kooperationen sehen die befragten Unternehmen vielfältige Möglichkeiten: branchenfokussiert versus branchenübergreifend, Kooperationen mit Zulieferern versus Zusammenschlüsse mit Wettbewerbern, Kooperationen mit global agierenden Konzernen versus Kooperationen mit innovativen Start-ups. Viele Firmen sind in mehreren Organisationen und Initiativen aktiv, um der dynamischen Entwicklung von Industrie 4.0 frühzeitig begegnen zu können. Aus Sicht der Befragten ist zwischen Organisationen mit eher technischem Fokus und jenen mit Marketing-schwerpunkt zu unterscheiden. Für einige Unternehmen scheint die Entscheidungsstruktur innerhalb einiger Organisationen dabei wenig transparent.

22 | Vgl. Plattform Industrie 4.0 2016.

23 | Vgl. BMWi/BMBF 2014.

24 | Vgl. ebenda.



Ergebnisse

Abbildung 12: Handlungsmöglichkeiten zur Beschleunigung der Entwicklung von Normen und Standards



Kooperationen für Interoperabilität und Innovationsvorteile

Die meisten Unternehmen sowie auch Forschungseinrichtungen und Verbände versprechen sich von Kooperationen in erster Linie die Herstellung von Interoperabilität sowie Innovations- und Kostenvorteile (siehe Abbildung 13). In Deutschland führen die Befragten daneben auch Kostenvorteile und Synergieeffekte an. Analog verhalten sich die Nennungen in den USA und Großbritannien. Dort sehen die meisten Befragten Interoperabilität als zentrale Herausforderung. In China und Japan ist Geschwindigkeit aus Sicht der Befragten ein zentraler Vorteil internationaler Zusammenarbeit. Aber auch Wissenserwerb, „Ohr am Markt“ und Marktzugang werden angeführt. In Südkorea dominieren Interoperabilität, Synergieeffekte, Kostenvorteile und Wissenserwerb.

Als zentrales Risiko von Kooperationen sehen mehr als zwei Drittel aller Befragten den Schutz ihrer Daten (siehe Abbildung 14). Rund die Hälfte führt darüber den möglichen Wissensabfluss an; in Deutschland tun dies sogar 75 Prozent, in den USA 62 Prozent. In Japan gilt als größtes Risiko der Kontrollverlust. Die Befragten der übrigen Länder schätzen diese Gefahr geringer ein, insbesondere in China. Produktpiraterie wird länderübergreifend als zweitrangig eingestuft.

Die genannten Risiken halten den überwiegenden Teil der befragten Unternehmen und Organisationen aber nicht von Kooperationen ab. Sie erfordern jedoch eine bewusste Wahl der Kooperationspartner und -tiefe im Sinne eines Risikomanagements.

Lediglich in Japan verzichtet ein nennenswerter Anteil der Befragten aufgrund der Risiken auf internationale Zusammenarbeit.

Einige Unternehmen sehen Kooperationen und Allianzen zudem als bedeutend an, damit große Internetkonzerne dem klassischen produzierenden Gewerbe im Bereich Industrie 4.0 nicht den Rang ablaufen. Rund die Hälfte aller Befragten sieht das Geschäftsmodell ihres Unternehmens beziehungsweise ihrer Organisation derzeit nicht durch Internetkonzerne bedroht. Über 20 Prozent sehen eine Bedrohung, rund ein Drittel ist unsicher. Letzteres gilt insbesondere für die Befragten in Großbritannien, Südkorea, USA und Deutschland. Oftmals mangelt es an einer systematischen Auseinandersetzung mit dieser Fragestellung. Zu selten werden die Grenzen des gewohnten Denkens überwunden, um systematisch unternehmensindividuelle Auswirkungen der Internetgiganten zu antizipieren. Dennoch würde die Hälfte aller Befragten nicht auf eine Kooperation mit diesen verzichten. Nur in Japan steht ein nennenswerter Anteil der Befragten Kooperationen mit Internetkonzernen skeptisch gegenüber.

An dieser Stelle ist die Bedeutung von Know-how und geistigem Eigentum (Intellectual Property, IP) für die deutschen Technologieunternehmen hervorzuheben. Sowohl Konzerne als auch KMU können sich international insbesondere aufgrund ihres Wissens- und Technologievorsprungs behaupten. Diese Überlegenheit birgt auch ein Risiko: Besonders für KMU kann der Wissensabfluss in Kooperationen schnell unternehmensgefährdend sein, denn ihre Stärke liegt in der Spezialisierung.

Verbindliche Absprachen und vertragliche Regelungen notwendig

Auch wenn eine Kooperation im Bereich von Kernkompetenzen/ Kern-IP kritisch gesehen wird, schließt eine Mehrzahl die Unternehmen keinen Bereich von Kooperationen grundsätzlich aus. Die Fixierung von Absprachen sollte nach Ansicht der Befragten in erster Linie durch Spielregeln erfolgen. Diese sollen etwa die Verständigung über Nutzungs- und Verwertungsrechte (Intellectual Property Rights) des gemeinsam erarbeiteten Know-hows sowie Vertraulichkeitsaspekte umfassen. Mündliche Absprachen sind für die Befragten durchwegs kein Erfolgsgarant. Darüber hinaus wollen die meisten Befragten auf vertragliche Regelungen nicht verzichten (siehe Abbildung 15). Spielregeln und vertragliche Regelungen sollten beispielsweise Wissensschutz, ethische Leitlinien sowie Rahmenwerke für rechtliche, geschäftliche und personelle Fragestellungen adressieren. Vertrauen räumen die Befragten in China, Südkorea und Japan eine hohe Priorität ein.

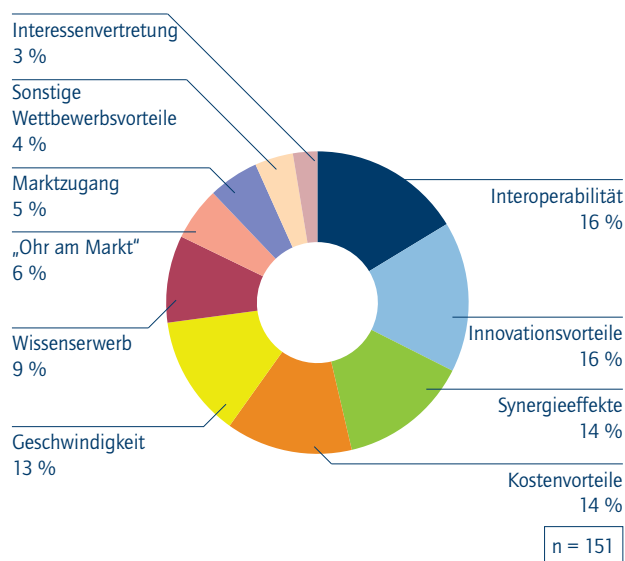
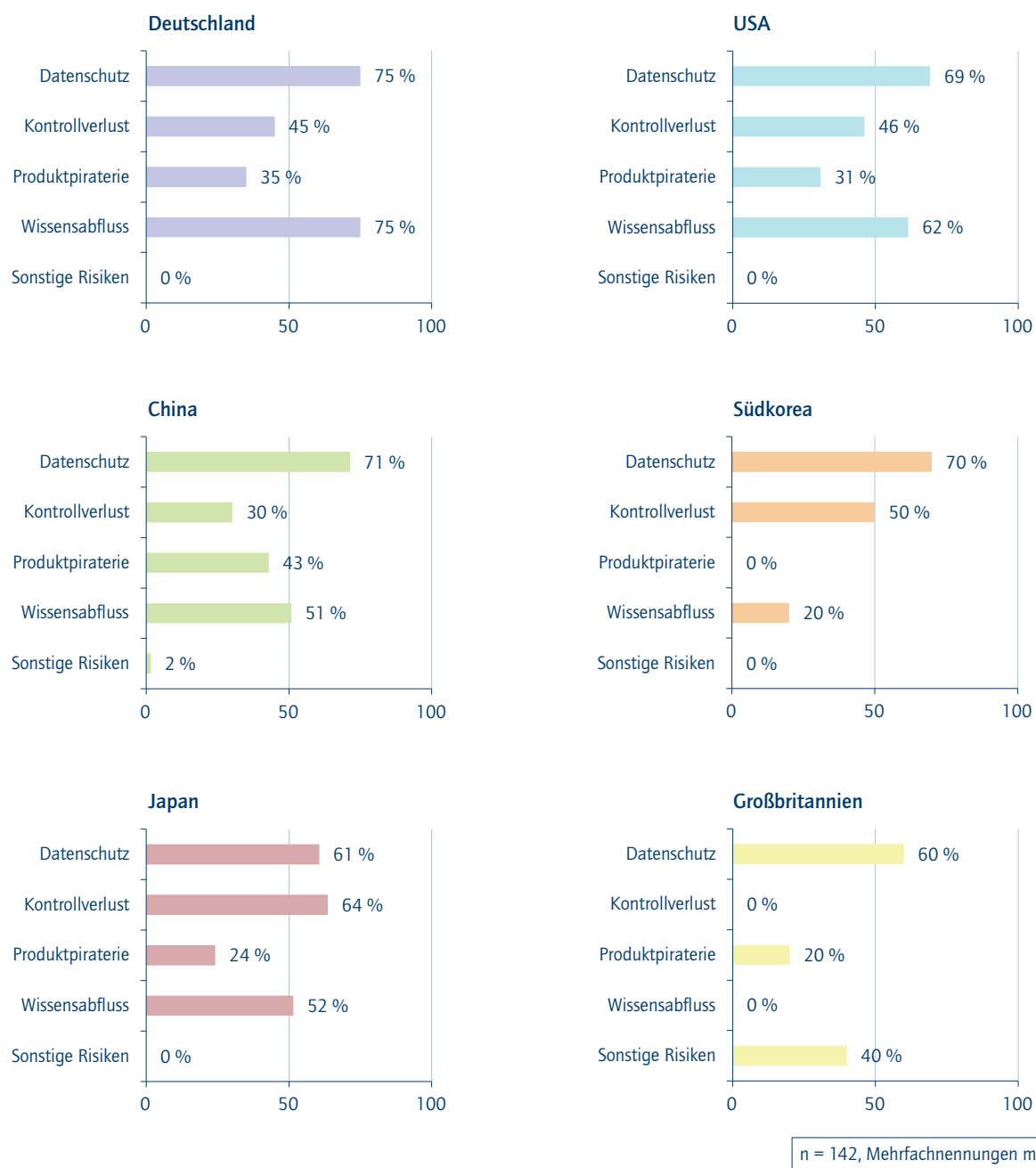


Abbildung 13: Chancen von Kooperationen



Ergebnisse

Abbildung 14: Risiken von Kooperationen

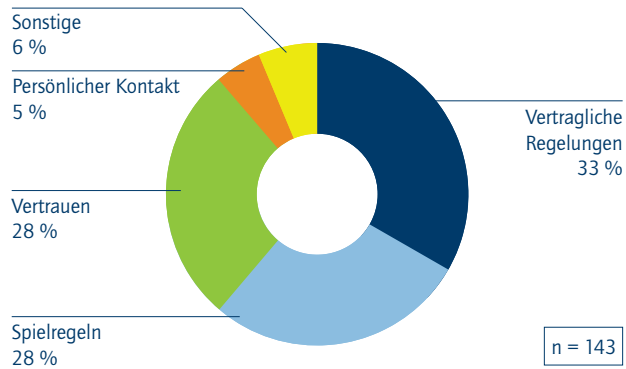


Abbildung 15: Notwendige Rahmenbedingungen für eine Kooperationsentscheidung

In den Interviews wurde betont, dass vertragliche Regelungen grundsätzlich nicht die Geschwindigkeit der Kooperationsanbahnung bremsen. Durch dynamische Verträge können auch neue Formen der Kooperation unterstützt werden. Dabei dürfe aber nicht das Streben nach hundertprozentiger Sicherheit dominieren. Neue Kooperationsformen wie Adhoc-Netzwerke sind systematisch zu analysieren und neue Rahmenwerke zu schaffen. Insbesondere dynamische, modularisierte Standardverträge sind aus Sicht der Befragten zu definieren.

Über den Austausch von Informationen und Ergebnissen hinaus streben die meisten Befragten ein koordiniertes und arbeitsteiliges Vorgehen an. Unternehmen und Organisationen bevorzugen dabei Kooperationen mit Wirtschaft und Wissenschaft (siehe Abbildung 16). Insbesondere in Deutschland, Südkorea und Japan gilt die Wissenschaft als wichtiger Sparringspartner. Kooperationen sind nach einhelliger Meinung aller Befragten global und regelmäßig beziehungsweise dauerhaft durchzuführen.

Hinsichtlich der Anzahl der gewünschten Partner ergibt sich ein heterogenes Bild. Die Befragten in Deutschland, USA und Japan bevorzugen einfache Netzwerke mit vier bis zehn Partnern. In China sind bilaterale Kooperationen und komplexe Netzwerke mit mehr als zehn Partnern gewünscht. Einfache und komplexe Netzwerke werden in Südkorea bevorzugt. Hinsichtlich der Art der Zusammenarbeit liegt ein Fokus auf vertikalen Kooperationen zwischen Lieferanten und Produzenten. Horizontale Kooperationen halten die befragten Fachleute unter anderem zwischen direkten Wettbewerbern und laterale Kooperationen beispielsweise zwischen Automobilherstellern und Privatbanken für denkbar. In Japan und Großbritannien dominierte bei den Befragten neben vertikalen auch der Wunsch nach lateralen Kooperationen.

Länderübergreifend wollen Unternehmen vorzugsweise in einfachen Netzwerken kooperieren, in denen koordiniert arbeitsteilig vorgegangen wird. Aus Sicht der Fachleute überwiegen bei

Ergebnisse

Merkmal	n	Ausprägung			
		Politik	Wissenschaft	Wirtschaft	Verband
Kooperationspartner	148				
Raumaspekt	147	regional	national	kontinental (z. B. europäisch)	global
Zeitaspekt	141	einmalig	regelmäßig	dauerhaft	
Anzahl der Partner	141	bilateral	trilateral	einfache Netzwerke	Politik
Kooperationsrichtung	137	horizontal	vertikal	lateral	
Fixierung von Absprachen	135	Verträge	Spielregeln	mündliche Absprachen	
Grad der Intensität	136	Austausch von Informationen und Ergebnissen	koordiniert arbeitsteiliges Vorgehen	gemeinschaftlich getragene Organisation	

Top-Nennungen (>35 %) in: Deutschland USA China Südkorea Japan Großbritannien

Abbildung 16: Gewünschte Art der Kooperation

einfachen Netzwerken die Chancen. Die meisten Fragestellungen könnten von vier bis zehn Akteuren gelöst werden. Es gilt aber auch zu beachten, dass zum Beispiel Plattformansätze eine größere Anzahl an Kooperationspartnern erfordern. Ein koordiniert arbeitsteiliges Vorgehen schafft nach Ansicht der Befragten die erforderliche Verbundenheit und Vertrautheit zwischen den Kooperationspartnern, bietet aber gleichzeitig mehr Freiheit zur unternehmensindividuellen Ausgestaltung als gemeinschaftlich getragene Organisationen.

Zitate von befragten Fachleuten

- „Die großen Internetkonzerne dürfen uns nicht den Rang ablaufen. Daher ist Allianzbildung so wichtig.“
- „Ohne Vertrauen kann eine Kooperation nicht gelingen.“
- „Industrie 4.0 kann nur international gelingen.“

3.4 Länderprofile

Im folgenden Kapitel werden die Länder, aus denen die in der Studie befragten Expertinnen und Experten stammen, anhand ihrer volkswirtschaftlichen Gesamtsituation, dem nationalen Verständnis von Industrie 4.0 sowie den aktuellen Aktivitäten in puncto Standardisierung vorgestellt. Dabei werden auch die nationalen Bemühungen und parallelen Entwicklungen in den wichtigsten Wirtschaftsnationen zum Thema zusammengeführt – mit dem Ziel, Handlungsempfehlungen für Vertreterinnen und Vertreter von Unternehmen, Verbänden und Politik zu formulieren.

Eine Mehrheit der befragten Unternehmen betont die Relevanz von insbesondere globalen Kooperationen, wobei sich die meisten Firmen aktuell in einer Orientierungsphase bei der Suche nach geeigneten Partnern befinden. Um Handlungsempfehlungen für deutsche Akteure zu formulieren und um die Stärken und Schwächen der bisherigen Initiativen aufzuzeigen, liegt der Fokus der Darstellung auf Kooperationsperspektiven und potenziellen Partnern in den einzelnen Ländern. Ausgangspunkt und Vergleichsmaßstab für die detaillierte Betrachtung des Status quo von Industrie 4.0 in den USA, Großbritannien, China, Japan und Südkorea ist die Situation in Deutschland.

25 | Vgl. VDI/VDE/ZVEI 2015.

26 | Vgl. Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015.

3.4.1 Deutschland



In Deutschland steht hinter Industrie 4.0 eine starke Zukunftsvision, die einen komplexen Gesamtentwurf (Semantik, RAMI 4.0-Modell etc.) beinhaltet.²⁵ Der Fokus liegt dabei darauf, den Produktionsprozess im Hinblick auf Qualität, Preis und Flexibilität zu optimieren sowie insgesamt verbesserte wirtschaftliche Erträge zu erzielen. Die konkreten Ziele und Aktivitäten zu Industrie 4.0 beinhalten die Schaffung einer Referenzarchitektur, Interoperabilität, individualisierte Fertigung bis hin zu Losgröße 1, Auflösung der Automatisierungspyramide, Plug and Produce sowie semantische Prozesse und Technologien für Smart Services und Smart Products.²⁶ Das strategische Ziel dieser Bestrebungen ist es, Deutschlands traditionell starke Position in Produktion und Maschinenbau in der digitalen Transformation zu erhalten und bestehende Arbeitsplätze vor Ort sowie die über Jahrzehnte getätigten Investitionen in Maschinen und Anlagen zu sichern. Der in Deutschland traditionell starke Maschinenbau umfasst auch die Bereiche Automatisierung und Fabrikaurüstung, wodurch die deutsche Industrie eine Schlüsselrolle in der Entwicklung von Industrie 4.0 innehat. Dies zeigt sich auch in einer Vielzahl bereits existierender Einzelkooperationen zwischen deutschen und internationalen Partnern.

Durch bisherige Entwicklungen und Initiativen im Bereich Industrie 4.0 (siehe Tabelle 1) hat sich Deutschland international eine hohe Reputation erarbeitet. Diese bietet eine sehr gute Ausgangsbasis für internationale Kooperationen, etwa im Bereich Standardisierung.

Initiative	Gebiet/Zielsetzung	Förderung
Plattform Industrie 4.0	Staatlich koordinierte, übergreifende Handlungsempfehlungen	Staatlich
BDEW	Energiewirtschaft	Wirtschaftsverband
BDI	Produktion, Sektor übergreifend	Wirtschaftsverband
Bitkom	IKT-Unternehmen	Wirtschaftsverband
VDA	Automobilindustrie	Wirtschaftsverband
VDMA	Maschinen- und Anlagenbau	Wirtschaftsverband
ZVEI	Elektrotechnik und Elektroindustrie	Wirtschaftsverband

Tabelle 1: Bedeutende Industrie 4.0-Initiativen in Deutschland



Der hohe Entwicklungsstand in Bezug auf Industrie 4.0 zeigt sich zum einen an der Bereitschaft Deutschlands, international eine Führungsrolle zu übernehmen (siehe Abbildung 17). Zum anderen aber auch daran, dass die in der Studie befragten Firmen und Organisationen die direkte Umsetzung von Industrie 4.0 in Kooperationen in der Wirtschaft überwiegend als die angemessene und auch technisch bereits mögliche Umsetzungsform sehen.

Die inhaltlichen Schwerpunkte von Industrie 4.0 werden in Deutschland – wie auch weltweit – in der Produktionsautomatisierung und -optimierung gesehen. Auch die damit verbundenen verbesserten wirtschaftlichen Erträge und technischen Grundlagen der Vernetzung und Digitalisierung stehen im Fokus. Neue Geschäftsmodelle und intelligente Produkte werden, anders als in anderen Ländern, nur nachrangig für das eigene Unternehmen assoziiert.

In Bezug auf Standardisierung dominiert in Deutschland ein Top-down-Ansatz: Die Politik und einige Vorreiterunternehmen sowie wenige Forschende und Vordenkende bestimmen die allgemeine Richtung. Dabei werden offene Standards bereits von vielen deutschen Unternehmen als wesentliche Voraussetzung für integrierte Industrie 4.0-Lösungen angesehen. Die Standardisierungsaktivitäten in Deutschland werden unter anderem durch die Plattform Industrie 4.0 koordiniert und sind eng mit der Forschung verzahnt.²⁷ Der deutsche Ansatz nutzt hauptsächlich eine dialogorientierte Verfahrensweise und zielt auf breiten Konsens ab.

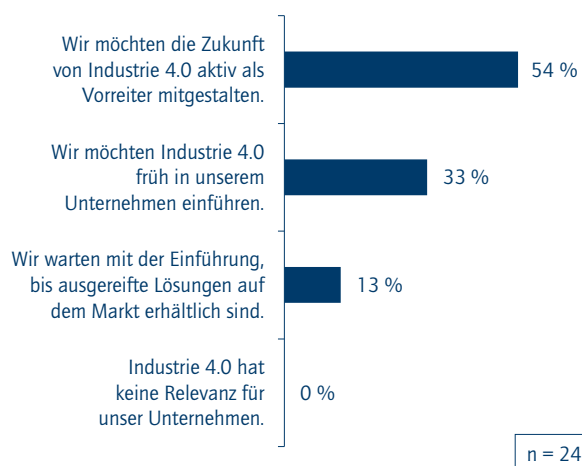


Abbildung 17: Bedeutung von Industrie 4.0 für Fachleute aus deutschen Unternehmen

Dauert die Konsensbildung zu lange, besteht mittelfristig allerdings die Gefahr, im internationalen Wettrennen ins Hintertreffen zu geraten. Andere Länder haben zwischenzeitlich möglicherweise bereits Fakten geschaffen. Die hohe Komplexität der deutschen Standardisierungsaktivitäten wirkt zudem auf einige Unternehmen abschreckend. Sie wenden sich eher dem Industrial Internet Consortium (IIC) zu, weil sie dort oftmals schnellere und unkompliziertere Lösungen vermuten. Einige bedeutende deutsche und internationale Firmen und Organisationen (zum Beispiel Bosch, SAP, Siemens, Wittenstein, Fraunhofer) sind bereits Mitglied im IIC.

Insgesamt wird die Geschwindigkeit der Standardisierung in Deutschland viel kritischer als in anderen Ländern bewertet. Dabei spiegelt die Ausgangssituation den technischen Fortschritt wider: Einheitliche Datenformate erscheinen – wie in fast allen betrachteten Ländern – als weniger wichtig; sie gelten als eine bereits lösbare Aufgabe. Als Hauptaufgabe wird in allen Ländern die Interoperabilität gesehen. Anders als in den meisten anderen Ländern ist in Deutschland die Erwartung in Bezug auf Referenzarchitekturen beziehungsweise Referenzmodelle und standardisierte APIs deutlich ausgeprägter.

Vor diesem Hintergrund wird Industrie 4.0 in Deutschland jedoch nicht nur von Großkonzernen, sondern maßgeblich auch durch international erfolgreiche Firmen aus dem Mittelstand geprägt (Hidden Champions). Kleine Firmen nehmen indessen oftmals eine abwartende Haltung ein. Zum einen fehlt es ihnen häufig an Know-how zu den technischen und betriebswirtschaftlichen Implikationen von Industrie 4.0, zum anderen sind die Ressourcen für ein intensives Engagement in Standardisierungsgremien begrenzt. Essenziell ist, dass die Standardisierungsbedarfe in Deutschland von den Firmen selbst erkannt und in die Standardisierung eingebracht werden. Als größtes ökonomisches Risiko wird – noch vor der Standardisierung – die Datensicherheit angesehen. Andere mögliche Risiken wie die Akzeptanz am Markt haben dagegen nachrangige Bedeutung.

Insgesamt zeichnet sich der deutsche Ansatz im internationalen Vergleich durch eine starke Technologieorientierung aus. Entsprechend stehen zunächst neue Technologien und Technologievisionen im Vordergrund, während ökonomische Faktoren und Potenziale wie neue Geschäftsmodelle und intelligente Produkte oftmals erst nachrangig Betrachtung finden.

Allgemeine Schlussfolgerungen

▪ Auf der starken Marke Industrie 4.0 aufbauen

Das internationale Interesse an den aktuellen Entwicklungen im Bereich Industrie 4.0 in Deutschland ist groß, das Wissen über konkrete Aktivitäten jedoch noch zu gering. Grund dafür ist unter anderem die nationale Ausrichtung deutscher Konsortien wie der Plattform Industrie 4.0. Es empfiehlt sich, die Internationalisierung deutscher Gruppen durch praktizierte Kooperationen und Aufnahme internationaler Unternehmen weiter zu fördern. Deren Kenntnis und Akzeptanz lässt sich damit weltweit erhöhen. Hierfür gilt es zunächst jene Gruppen zu ermitteln, die eine hohe Bereitschaft zur Internationalisierung aufweisen. Diese sind sodann international zu vermarkten und bekannt zu machen. Gemeinsam mit den internationalen Stakeholdern sind anschließend Teilprojekte zu definieren. Die konkrete Ausrichtung der Teilprojekte, zum Beispiel hinsichtlich der Rolle von Testbeds, hängt vom jeweiligen technischen Bereich ab.

▪ Internationale Standardisierung als Katalysator für die Zusammenarbeit nutzen

Für deutsche Firmen empfiehlt es sich, verstärkt in internationalen Standardisierungsgremien aktiv zu sein. Dort können sie schnell erkennen, welche Richtung andere Industrieländer bei der Entwicklung von Technologien und Geschäftsfeldern einschlagen. Das Wissen darüber erleichtert es, sie mit entsprechenden Industrie 4.0-Lösungen zu adressieren. Das Engagement in internationalen Standardisierungsgremien sichert zudem Beständigkeit beim dezentralen Kooperationsansatz. Eine aktive Beteiligung ermöglicht es, Ergebnisse aus Forschung und Entwicklung in die Standardisierung einzubringen – und damit den Technologietransfer zu verstetigen. Die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle kann dabei zum Treiber von Standardisierung werden. Zu den relevanten internationalen Gremien zählen beispielsweise das Industrial Internet Consortium (IIC) mit assoziierten Gremien wie dem OMG, das World Wide Web Consortium (W3C) oder die Strategieguppe ISO/SAG Industry 4.0.

▪ Innovationszentren stärker vernetzen

In Innovationszentren lassen sich Ideen mit hohem Potenzial schnell in neue Produkte oder Dienstleistungen verwandeln. Dies beschleunigt die wirtschaftliche Entwicklung und mindert Innovationsrisiken. Kooperationen zwischen

Innovationszentren (Centre-to-Centre-Collaboration) vereinfachen die Zusammenarbeit zwischen Unternehmen und Wissenschaftlern verschiedener Länder. Die dazu nötigen Rahmenvereinbarungen können, einmal definiert, für verschiedene Kooperationsvorhaben mit unterschiedlichen Mitgliedsunternehmen angewandt werden. Zu fördern sind dabei Kooperationen zwischen bestehenden und noch zu gründenden Innovationszentren. Sind diese aufgebaut, sollten die bestehenden Innovationszentren darüber informiert werden (zum Beispiel durch entsprechende Landkarten) und die politischen Rahmenbedingungen für die Centre-to-Centre-Collaboration geschaffen werden.

▪ Den Nutzen von Industrie 4.0 nicht im Abstrakten verlieren

Die Sichtweise auf die Einführung von Industrie 4.0 unterscheidet sich im internationalen Vergleich deutlich. Während etwa US-Konsortien wie das Industrial Internet Consortium (IIC) den schnellen und pragmatischen Mehrwert von Industrie 4.0 demonstrieren, ist der deutsche, durch förderpolitische Maßnahmen geprägte Ansatz theoretischer: Im Dialog zwischen Politik, Wissenschaft und Unternehmen wird hier versucht, einen Konsens zu finden und ein ganzheitliches Industrie 4.0-Konzept inklusive Referenzmodelle und Standards aufzubauen. Dauern diese Prozesse zu lange, besteht mittelfristig allerdings die Gefahr, „abgehängt“ zu werden, weil andere Länder zwischenzeitlich Fakten geschaffen haben. Die Vielzahl der in Deutschland beteiligten Stakeholder wirkt zudem auf einige Unternehmen abschreckend, weshalb sie sich eher dem IIC zuwenden, wo sie schnellere und unkompliziertere Lösungen erwarten.

Um den Standort Deutschland als Meinungsführer für Industrie 4.0 zu etablieren, empfiehlt sich eine duale Strategie: Deutschland sollte weiterhin eine ganzheitliche Industrie 4.0-Konzept mit Entwicklung von Referenzarchitekturen, Standards und Normen anstreben. Daneben gilt es, auch pragmatische Lösungen mit großer Außenwirkung zu schaffen, um Unternehmen den konkreten Nutzen von Industrie 4.0 zu demonstrieren. Hilfreich hierfür ist es, branchenspezifische Arbeitsgruppen zu etablieren, die die Entwicklung von marktfähigen Demonstratoren verfolgen. Auch bestehende Initiativen und Forschungsansätze sollten noch stärker aufzeigen, wie der Nutzen von Industrie 4.0 im unternehmerischen Kontext generiert wird.



3.4.2 China



Chinas Wirtschaft ist durch eine positive und dynamische Entwicklung geprägt. Das Land erlebte in den letzten dreißig Jahren einen rasanten wirtschaftlichen Aufschwung mit einem Wachstum des Bruttoinlandsprodukts (BIP) von durchschnittlich rund zehn Prozent pro Jahr. Die Öffnung des Landes gegenüber ausländischen Unternehmen und Investoren, der fokussierte Aufbau von staatlich geförderten Sonderwirtschaftszonen sowie das hohe Angebot an günstiger Arbeitskraft haben die Entwicklung des Landes stark begünstigt. Heute ist China mit einem Bruttoinlandsprodukt von 11,4 Billionen US-Dollar (2015) nach den USA die zweitgrößte Volkswirtschaft der Welt; gemessen an der Kaufkraft der 1,4 Milliarden chinesischen Konsumenten sogar die größte.²⁸ China ist somit nicht nur als Beschaffungsmarkt attraktiv, sondern auch als Absatzmarkt in den Fokus ausländischer Unternehmen gerückt.

Die Wirtschaft in China ist, wie in weltweit keinem anderen Land, durch die industrielle Produktion geprägt. Der Anteil des Produktionssektors am Bruttoinlandsprodukt beträgt rund 43 Prozent (2014). Zum Vergleich: In Deutschland beträgt der Anteil rund 31 Prozent, in den USA rund 21 Prozent.²⁹ Dabei ist die chinesische Industrie heute überwiegend auf kostengünstige Massenproduktion ausgerichtet, weshalb China vielfach als verlängerte Werkbank der Welt bezeichnet wird. Eine Vielzahl ausländischer Unternehmen besitzt Produktionsstätten in China und lässt dort vergleichsweise kostengünstig produzieren. Dementsprechend hoch ist der Exportanteil: Mit hohen Leistungsbilanzüberschüssen ist China Exportweltmeister und hat Deutschland als langjährigen Spitzenreiter abgelöst.

Die chinesische Fertigungsindustrie zeichnet sich im Gegensatz zu hochindustrialisierten Nationen wie Deutschland oder Japan durch eine große Heterogenität aus. Auf der einen Seite gibt es einige wenige global agierende Großkonzerne (zum Beispiel Huawei, Sany, Haier), die über fortschrittliche und zum Teil hochautomatisierte Fabriken verfügen. Sie befinden sich überwiegend in den boomenden Industrie- und Handelsstädten entlang der gesamten Süd- und Ostküste, die aus den ehemaligen Sonderwirtschaftszonen hervorgegangen sind. Auf der anderen Seite existiert eine Vielzahl an chinesischen KMU, die bislang kaum automatisiert beziehungsweise digitalisiert sind und sich vielfach noch an der Schwelle zur rechnerintegrierten Produktion

(Industrie 3.0) befinden. Beispielsweise setzen gerade einmal sechzig Prozent der chinesischen Unternehmen Industriesoftware wie Enterprise Resource Planning (ERP), Product Lifecycle Management (PLM) oder Manufacturing Execution Software (MES) ein. In der Breite liegt der Reifegrad der chinesischen Fertigungsindustrie somit deutlich unter dem der führenden Industrienationen, in der Spitze existieren jedoch bereits heute schon einige Weltmarktführer.³⁰

In Zukunft strebt China eine flächendeckende Modernisierung seiner Produktion an, um Effizienz- und Qualitätsgewinne sowie technologischen Fortschritt zu erzielen. Das Land hat längst erkannt, dass die bisherige Positionierung als kostengünstiger Massenproduzent nicht mehr zukunftsfähig ist. Einer der wesentlichen Gründe hierfür sind die steigenden Lohnniveaus von etwa zwanzig Prozent pro Jahr. Die chinesischen Arbeitskräfte möchten am langjährigen wirtschaftlichen Aufstieg des Landes partizipieren und wandeln sich vermehrt von Produzenten zu Konsumenten.

Industrie 4.0 wird in China als erhebliche Chance verstanden, den angestrebten Wandel herbeizuführen. Vor diesem Hintergrund gibt es eine Vielzahl an Aktivitäten in diesem Bereich, wie die Errichtung von Smart Cities, die *Smart Factory 1.0 Initiative* oder das *Internet of Things Center* in Shanghai (siehe Tabelle 2).³¹ Im vergangenen Jahr erarbeitete die chinesische Regierung mit der Strategie *Made in China 2025* einen nationalen Aktionsplan, der die langfristige Ausrichtung des Landes festlegt. Er zielt auf eine volkswirtschaftliche Transformation von der heutigen Massenfertigung hin zu einer High-Tech-Ökonomie ab und enthält wesentliche Aufgaben und Ziele, die durch umfassende Investitionen von Staat und Industrie, insbesondere in Forschung und Entwicklung, mit Nachdruck verfolgt werden.³² Dazu zählen die Erhöhung der Innovationsfähigkeit in der staatlichen Fertigungsindustrie, eine stärkere Verschmelzung von Informatisierung und Industrialisierung, die Festlegung von Basiskompetenzen, der Aufbau von Qualitätsmarken, eine umfassende ökologische Produktion, die Entwicklung von Services sowie die Erhöhung des Entwicklungsniveaus in der Fertigungsindustrie. Zudem sollen in folgenden Technologiebereichen Durchbrüche forciert werden: Informationstechnologie, Maschinen und Robotik, Luft- und Raumfahrt, Schifffahrt, Schienenverkehr, E-Mobilität, elektrische Ausrüstung, landwirtschaftliche Maschinen, neue Werkstoffe, medizinische Hochleistungsgeräte und biologische Medikamente.

28 | Vgl. Auswärtiges Amt: China – Wirtschaft 2016.

29 | Vgl. Statista 2016.

30 | Vgl. Wübbecke/Conrad 2015.

31 | Vgl. GSMA 2015.

32 | Vgl. Regierung der Volksrepublik China 2016.

Initiative	Gebiet/Zielsetzung	Förderung
Internet of Things Center Shanghai	IKT-Technologie	Staatlich
Internet Plus	IKT-Technologie	Staatlich
Made in China 2025	Produktion	Staatlich
Smart Factory 1.0 Initiative	Produktion	Unternehmen

Tabelle 2: Bedeutende Industrie 4.0-Initiativen in China

Die anvisierten Ziele sollen in drei Schritten erreicht werden: Bis zum Jahr 2025 möchte China den Rückstand zu den führenden Industrienationen aufholen. In diesem Zusammenhang soll insbesondere die Produktion wettbewerbsfähig gemacht werden, indem bestehende Disparitäten verringert und das Produktionsniveau der rückständigen Betriebe angehoben werden. Wesentliche Kerntechnologien sollen bis zu diesem Zeitpunkt beherrscht, die Produktqualität gesteigert und die ökologische Bilanz (Energieverbrauch, Schadstoffausstoß, Materialverbrauch) verbessert werden. Bis 2035 möchte China ein mittleres Niveau im weltweiten Vergleich zu den führenden Produktionsländern erreichen.

Die Automatisierung und Digitalisierung der chinesischen Industrie wird als entscheidender Stellhebel für diese zukünftig angestrebte Positionierung gesehen. Das deutsche Konzept von Industrie 4.0 dient dabei als wesentlicher Ideengeber für die Strategie. Der Begriff ist sowohl in der chinesischen Politik als

auch der Wirtschaft stark verbreitet und positiv belegt. China möchte mithilfe von Industrie 4.0 international aufholen und langfristig zur Nummer eins in der Welt aufsteigen. Dementsprechend hoch ist auch das Interesse an den Entwicklungen in Deutschland – sowohl im Hinblick auf theoretische Denksätze als auch technologische Innovationen im Bereich Industrie 4.0.

Deutschland gilt nicht nur als wichtigster Handelspartner in Europa, sondern auch als Wunschpartner zur Realisierung der Strategie *Made in China 2025*. Zum einen, weil das Land führende Technologien in den anvisierten Technologiefeldern anbietet. Zum anderen möchte China von Deutschland lernen, um die eigene Industrie erfolgreich für die Zukunft aufzustellen.³³ Vor diesem Hintergrund gab es in der jüngeren Vergangenheit sowohl auf politischer als auch privatwirtschaftlicher Ebene eine Vielzahl an Austauschtreffen, die bereits in erste Kooperationen mündeten (siehe Abbildung 18). Beispielhaft genannt seien die Dritte Deutsch-Chinesische Regierungskonsultation (Oktober 2014) oder die Kooperation zwischen dem deutschen Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) und dem Ministerium für Industrie- und Informationstechnologien in China (August 2015).

Insbesondere mit Blick auf den Bedarf Chinas an „Upgrade-Technologien“ für Industriesoftware, Produktionstechnik und Systemintegration, welche eine langfristige Einführung von Industrie 4.0 in den heimischen Fabriken ermöglichen sollen, ergeben sich für deutsche Unternehmen zahlreiche Chancen für einen Technologieexport. Gleiches gilt für die Nachfrage nach Nachhaltigkeits- und

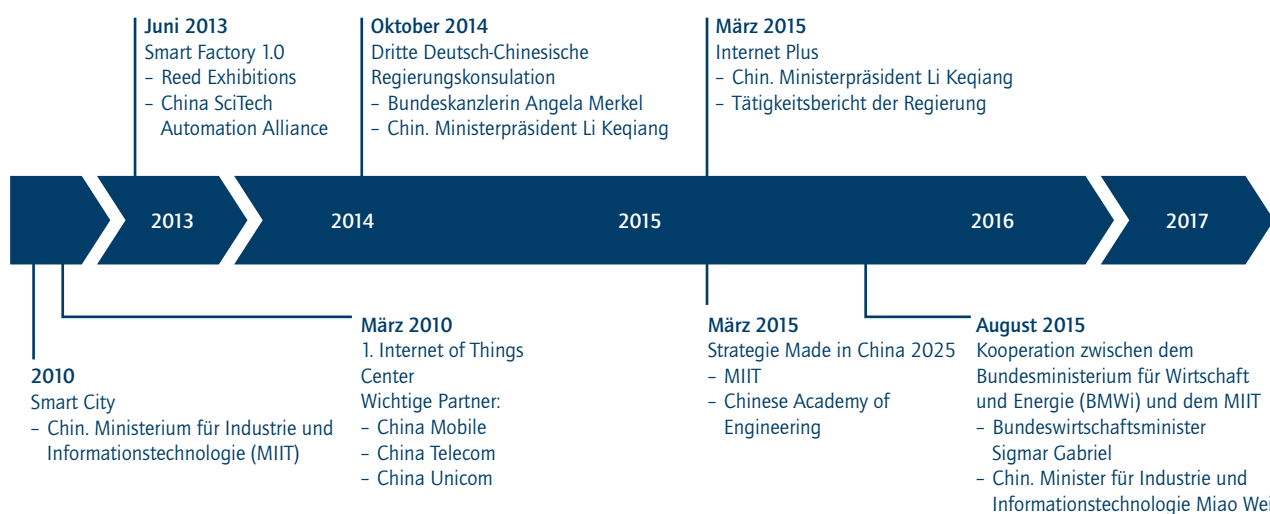


Abbildung 18: Meilensteine in der Entwicklung von Industrie 4.0 in China (Quelle: eigene Darstellung)

33 | Vgl. ebenda 2016.



Umweltschutztechnologien. Das schnelle industrielle Wachstum Chinas in den vergangenen Jahren ist vielerorts zulasten der Umwelt gegangen. Viele chinesische Städte leiden unter erheblicher Luftverschmutzung, die größtenteils aus dem Schadstoffausstoß chinesischer Fabriken resultiert. Auch Oberflächen- und Grundwasser sowie Ackerflächen sind zum Teil stark verseucht. Einer Studie von Berkeley Earth zufolge sterben täglich 4.000 Menschen in China aufgrund der Luftverschmutzung. Die chinesische Regierung plant daher erhebliche Investitionen, um die Umweltsituation im Land nachhaltig zu verbessern.

Mittelfristig bietet die geplante Transformation der chinesischen Wirtschaft für deutsche Unternehmen somit erhebliche Absatzpotenziale in zahlreichen Technologiefeldern. Langfristig macht sie China jedoch auch zu einem ernst zu nehmenden Konkurrenten. Das zeigt sich allein daran, dass das Land Technologieimporte aus dem Ausland im Laufe der nächsten Jahre reduzieren wird. Gemäß der Strategie *Made in China 2025* sollen bis 2020 bereits vierzig Prozent aller Bauteile aus eigener Herstellung kommen, bis 2025 dann siebenzig Prozent. Ein Blick auf die chinesischen Patentaktivitäten zeigt, dass China bereits heute maßgeblich an der Entwicklung eigener Technologien arbeitet. Das gilt insbesondere für das Themenfeld Industrie 4.0: Im Zeitraum von 2013 bis 2015 wurden über 2.500 chinesische Patente auf

diesem Gebiet angemeldet. Damit liegt China quantitativ deutlich vor den USA (1.065 Anmeldungen) und Deutschland (441 Anmeldungen). Eine Analyse von Fraunhofer IAO zeigt, dass die chinesischen Erfindungen zum Teil hoch innovativ sind. Insbesondere auf den Gebieten der energieeffizienten drahtlosen Sensornetze und Netzwerkstrukturen ist die chinesische Forschung bereits heute führend.³⁴

Auch bei Sicherheitslösungen für integrierte Industrie 4.0-Lösungen verfügt China dank staatlicher Initiativen, einer gut entwickelten Mobilfunkindustrie sowie großem Know-how im Bereich Informations- und Telekommunikationstechnik (IKT) über Kompetenzen. Neben umfassenden Kenntnissen chinesischer Unternehmen im Bereich Software, einer hohen Anzahl an Internetunternehmen (zum Beispiel Alibaba, Baidu, Tencent) sowie dem großen Binnenmarkt rücken zunehmend auch datengetriebene Geschäftsmodelle bei Industrie 4.0 stärker in den Fokus. In diesem Zusammenhang ist auch die Regierungsinitiative „Internet Plus“ zu sehen, die das Ziel verfolgt, durch die verstärkte Integration des Internets in die klassischen Industrien neue Geschäftsfelder, Wirtschaftsmodelle und höherwertige Wertschöpfungsfelder zu erschließen.³⁵ Langfristig wird China somit auch eine Anbieterperspektive im Bereich Industrie 4.0 einnehmen. Kurz- bis mittelfristig ist davon

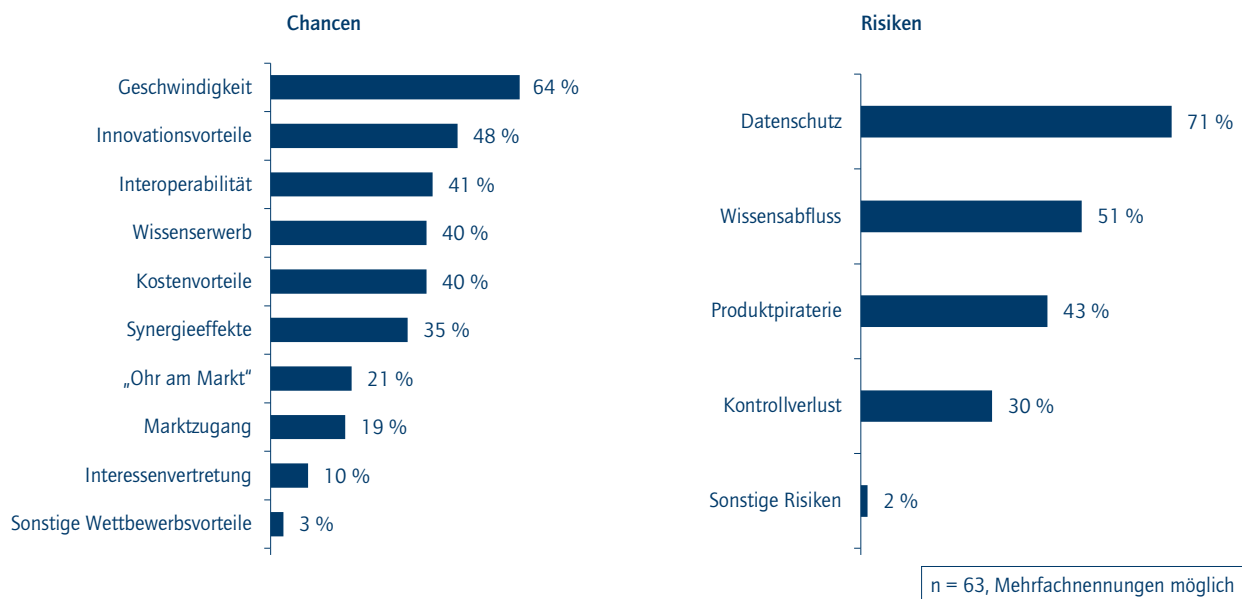


Abbildung 19: Chancen und Risiken von Kooperationen aus chinesischer Perspektive

34 | Vgl. Fraunhofer 2016.

35 | Vgl. Woetzel et al. 2014.

auszugehen, dass sich insbesondere die chinesischen Großkonzerne mit eigenständigen Lösungen im Themenfeld Industrie 4.0 erfolgreich positionieren werden.

Für deutsch-chinesische Kooperationen ergeben sich vielfältige Ansatzpunkte, die beidseitig Nutzen stiften können. Chinesische Unternehmen versprechen sich in erster Linie Geschwindigkeit, Innovations- und Kostenvorteile, Wissenserwerb und Interoperabilität – wobei der Fokus auf Geschwindigkeit liegt. Deutsche Unternehmen können von der Umsetzungsgeschwindigkeit und -stärke des chinesischen Marktes profitieren, um Industrie 4.0-Lösungen zu erproben und weiterzuentwickeln. Den Vorteilen einer Kooperation stehen jedoch auch Risiken in puncto Datenschutz, Wissensabfluss, Kontrollverlust und Produktpiraterie gegenüber, die sowohl chinesische als auch deutsche Unternehmen sehen (siehe Abbildung 19)³⁶. Für eine erfolgreiche Kooperation beider Länder ist es daher entscheidend, Reziprozität einzufordern und eine etwaige Zusammenarbeit auf politischer Ebene zu fixieren.

Im Hinblick auf Normung und Standardisierung bietet sich ebenfalls ein großes Kooperationspotenzial. Die chinesischen Bemühungen sind stark von einem Top-down-Ansatz geprägt und

werden von staatlichen Akteuren unter Einbindung der Wirtschaft und Wissenschaft vorangetrieben. Vor diesem Hintergrund wird Standardisierung als wesentliches Kooperationsfeld mit internationalen Akteuren betrachtet. Erfolgreiche Kooperationen (zum Beispiel VDE/DKE und SAC) für die Entwicklung gemeinsamer Normen und Standards im Bereich Industrie 4.0 werden entsprechend weiter ausgebaut. Auf chinesischer Seite wird dabei insbesondere Bedarf in den Feldern Datenformate, einheitliches Industrie 4.0-Glossar und Interoperabilität gesehen, wobei offene Standards als sehr wichtig gelten. Eine Zusammenarbeit im Bereich Normung und Standardisierung bietet deutschen Unternehmen die Möglichkeit, eigens entwickelte Normen und Standards im Themenfeld Industrie 4.0 auf dem chinesischen Markt zu verbreiten und auf diese Weise mehr Durchschlagskraft im internationalen Wettbewerb zu erzielen.

Alles in allem bergen die sehr dynamischen politischen, wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklungen in China, die hohe Komplexität der Zuständigkeiten sowie die oftmals geringe Transparenz bei Entscheidungsfindungen auf politischer Ebene und teilweise nur schwer zugängliche Marktinformationen sowohl Chancen als auch Herausforderungen für eine Zusammenarbeit.

Schlussfolgerungen für China

▪ China als Multiplikator für deutsche Standards nutzen

Im Bereich Industrie 4.0 läuft aktuell ein Wettrennen: Wer es als Erstes schafft, international anerkannte Standards zu definieren, kann sich einen nachhaltigen Wettbewerbsvorteil sichern. Ziel sollte es sein, deutsche Industrie 4.0-Standards über China als Multiplikator auf dem Weltmarkt zu etablieren. Hierfür gilt es zunächst, das Systemverhalten von Standardisierungsaktivitäten zu analysieren. Jene Aktivitäten, die einen besonders hohen Einfluss auf alle anderen Aktivitäten ausüben und selbst schwach beeinflusst werden, stellen Treiber bei der Umsetzung von Industrie 4.0 dar. Für diese Treiber ist innerhalb Deutschlands eine schnelle Einigung auf Beta-standards nötig. Diese sollten in deutsch-chinesische Kooperationen eingebracht werden, um sie über den chinesischen Markt weltweit zu etablieren. Hiervon ausgenommen sind Standards in sicherheitskritischen Bereichen, wo Qualität stets bedeutsamer als Geschwindigkeit ist.

▪ China als Ausrüster in der Automatisierung begleiten

Ein Großteil der chinesischen Unternehmen ist weit von dem in klassischen Industrienationen vorherrschenden

Produktionsniveau entfernt. Mit der Strategie *Made in China 2025* will die chinesische Regierung diese Lücke langfristig schließen. In erster Linie soll dazu der Automatisierungsgrad flächendeckend angehoben werden. Für deutsche Anbieter entstehen hierdurch einzigartige Absatzmöglichkeiten, etwa in Bezug auf Industriesoftware, Sensoren oder Robotik. Ziel sollte es sein, Deutschland als Lieferant für Automatisierungstechnik auf dem chinesischen Markt zu positionieren und China als Importeur deutscher Hochtechnologie langfristig zu binden. Grundlage hierfür ist die verstärkte Internationalisierung des deutschen Mittelstands sowie der weitere Ausbau der Wirtschaftsbeziehungen mit China. So sollte der Aufbau politisch koordinierter Netzwerke wie des Netzwerks Hessen-China forciert werden.

▪ Markt für Nachhaltigkeitstechnologien ausschöpfen

Angesichts der massiven Umweltbelastungen investiert China stark in „Green-Manufacturing“. Deutschland gilt in diesem Bereich aufgrund seiner international anerkannten Expertise als Wunschpartner. Für Unternehmen der Branche sind dies gute Voraussetzungen, sich erfolgreich auf dem Markt zu positionieren und chinesische Fabriken mit „sauberen“ Technologien auszustatten – zur Steigerung ihrer Ressourceneffizienz wie auch



zur Senkung des Schadstoffausstoßes. Der Export ökologisch nachhaltiger Industrie 4.0-Lösungen nach China kann einen wichtigen Beitrag zur Refinanzierung der hohen Kosten für Forschung und Entwicklung leisten. Auf politischer Ebene ist hierzu an der Umsetzung des Pariser Abkommens zu arbeiten.

▪ **Den Weg nach Peking über die Provinzen wählen**

Der chinesische Markt zeigt sich in zweifacher Hinsicht stark fragmentiert. Einerseits ist ein starkes Gefälle zwischen Stadt und Peripherie sowie zwischen den Provinzen im Hinblick auf Entwicklungsstand, Infrastruktur und Wohlstandsgefälle gegeben. Darüber hinaus gilt es den Dualismus zwischen Zentralregierung und Provinzregierungen zu beachten. Die Provinzen stellen nach Peking die bedeutendste Verwaltungsebene innerhalb des chinesischen Staates dar, mit teilweise hohen Interpretations- und Handlungsspielräumen gegenüber den Vorgaben der Zentralregierung. Zudem erreichen einzelne Provinzen, insbesondere an der Ostküste, erhebliche Wirtschaftsleistungen. Unternehmen sollten sowohl die regionalen Unterschiede als auch die Zugänge und Netzwerke zu den politisch Verantwortlichen in den Provinzregierungen detailliert prüfen, um eine fundierte Eintrittsentscheidung in den chinesischen Markt treffen zu können. In Abstimmung mit der Zentralregierung sollten ausgehend von einzelnen Provinzen Kompetenzen, Netzwerke und Kundenbeziehungen auf dem chinesischen Markt erlangt werden, um auf dieser Basis ein schrittweises nationales Wachstum zu forcieren.

▪ **Gemeinsam mit starken Partnern starten**

Industrie 4.0 wird in Deutschland nicht nur von Konzernen, sondern maßgeblich auch von mittelständischen Unternehmen geprägt. Für sie bergen Kooperationen mit chinesischen Partnern neben vielfältigen Chancen jedoch auch schwer

kalkulierbare Risiken – etwa in Bezug auf Know-how- und Technologieschutz, die hohe politische und wirtschaftliche Dynamik sowie die Komplexität der Zuständigkeiten sowohl auf unternehmerischer als auch nationaler und regionaler Ebene. Da es Mittelständlern zudem meist an internationalen Netzwerken fehlt, empfiehlt sich für sie ein Markteintritt per „Huckepackstrategie“ – gemeinsam mit starken Partnern. Dazu sollten KMU bestehende Kooperationen mit in China bereits etablierten deutschen Konzernen und Marktführern gezielt ausbauen. Mit Zugriff auf deren Infrastruktur und Kundennetzwerke können sich KMU mit vergleichsweise geringen personellen Ressourcen vor Ort positionieren. Seitens der Politik sollte die Huckepackstrategie mit verstärkten Kooperationsanreizen für deutsche KMU und in China bereits aktiven Konzernen flankiert werden.

▪ **Investitionsrisiken im Blick haben**

Deutschland und China verbindet seit Langem eine starke und wachsende wirtschaftliche Partnerschaft, von der beide Seiten profitieren. Gleichwohl ist der Umgang mit geistigem Eigentum insbesondere auf chinesischer Seite verbesserungsfähig. Um das Interesse deutscher Unternehmen (auch KMU) an wirtschaftlichen Kooperationen zu stärken, sind deren Grundlagen auf politischer Ebene festzulegen. Dabei gilt es, Bedingungen zu definieren, wie die Erträge gemeinsamer Wertschöpfung nach außen geschützt und nach innen zwischen den Partnern gerecht geteilt werden können. Ansatzpunkte sind die Reformierung des Rechtsrahmens und der Regulierungsinstrumente zum Schutz geistigen Eigentums sowie die Entwicklung von Mechanismen zur Steigerung der Datensicherheit. Deutschland muss hier zur Stärkung des Vertrauens Reziprozität einfordern: Die Zusammenarbeit mit China soll zukünftig stärker die Komplementarität beider Seiten ausschöpfen.

3.4.3 Japan



Japan ist nach den USA und China die drittgrößte Volkswirtschaft der Erde mit vielfältigen Wirtschaftszweigen. Zur Versorgung mit Rohstoffen und Lebensmitteln sind weitreichende Importe nötig. Zugleich ist Japan eine Exportnation mit international agierenden Großunternehmen. Flankierend dazu gibt es zahlreiche global erfolgreiche Mittelständler, insbesondere in den Bereichen Maschinen- und Automobilbau, Elektronik- und Chemieindustrie.

Aufgrund einer schwachen Nachfrage und der demografischen Entwicklung in Japan steigt der Stellenwert internationaler Handelspartner. Dem Wirtschaftsabkommen TPP (Trans-Pacific-Partnership) wird in Japan eine hohe Bedeutung beigemessen. Zudem möchte das Land noch 2016 ein Freihandelsabkommen mit der EU abschließen; Europa ist der wichtigste Partner für Investitionen in Japan. Die japanischen Investitionen im Ausland sind jedoch um ein Vielfaches höher und geografisch sehr breit gestreut.

Innerhalb Asiens ist Industrie 4.0 in der japanischen Wirtschaft bereits weit fortgeschritten. Ähnlich wie in Deutschland existiert in Japan eine starke industrielle Basis mit langer Tradition. Das produzierende Gewerbe sieht sich großen Herausforderungen durch die Digitalisierung gegenüber. In Japan werden Themen vorangetrieben, die mit Industrie 4.0 zumindest weitreichende Überschneidungen aufweisen. Das zeigt sich auch im Bereich Standardisierung.

Es gibt in Japan jedoch noch kein einheitliches Verständnis für den Begriff Industrie 4.0. Die Produktionsautomatisierung wird als essenzieller Bestandteil angesehen, neben Automatisierung, Netzwerktechnologien und intelligenter Produktion. Nahezu alle befragten Fachleute sehen das Potenzial für neue Geschäftsmodelle als Grund für den hohen Stellenwert von Industrie 4.0 an. Die technischen Herausforderungen zu ihrer Umsetzung gelten als vielfältig. Häufig genannt werden Security, Schnittstellen, Datenanalyse, autonome Systeme, Maschinenkommunikation oder Visualisierung.

Das Thema Standardisierung hat bei allen Befragten einen sehr hohen Stellenwert. Als Gründe werden etwa Kosteneffizienz oder die Möglichkeit genannt, die gleiche Software mit verschiedenen Maschinenkomponenten zu nutzen. Internationale Standards werden als ein essenzielles Mittel angesehen, um Japan die Teilnahme am globalen Markt für Industrie 4.0 zu

ermöglichen. Die zuvor genannten, für Industrie 4.0 relevanten Technologiebereiche sind zugleich Gegenstand der internationalen Standardisierung. Als wichtig gelten standardisierte Schnittstellen (APIs), Referenzmodelle und die Standardisierung von Semantik, aber auch Glossare, um eine einheitliche Terminologie für Industrie 4.0 zu erlangen. Letzteres zeigt, dass es noch wenig Übereinkunft über konkrete bestehende oder in der Entwicklung befindliche Standards gibt. Die Fachleute erwarten aber offenbar nicht den einen, universellen Industrie 4.0-Standard, sondern „loose coupling“ – einen modularen Technologie-Stack, welcher die flexible Verknüpfung technischer Komponenten unterschiedlicher Hersteller erlaubt.

Bei den benötigten Rahmenbedingungen für Standards differenziert sich das Bild: Offenheit halten nicht alle Befragten für unabdingbar, sondern sehen auch in nicht offenen Standards einen potenziellen Vorteil gegenüber Konkurrenten. Die Geschwindigkeit der Standardisierung wird teilweise als zu schnell, von anderen Expertinnen und Experten als gerade richtig angesehen (siehe Abbildung 20). Hier unterscheiden einige Fachleute explizit zwischen Japan als zu langsam und Deutschland als zu schnell. Um die Geschwindigkeit von Standardisierung zu erhöhen, werden implementationsgetriebene Ansätze und Testbeds vorgeschlagen sowie der Stellenwert staatlich geförderter F&E-Projekte betont.

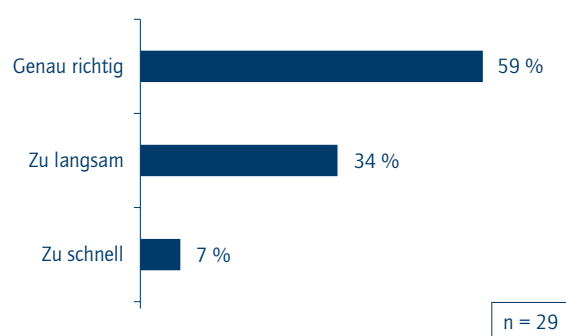


Abbildung 20: Bewertung der Geschwindigkeit der Standardisierungsaktivitäten aus japanischer Perspektive

Als relevante Stakeholder für Industrie 4.0 werden vor dem Hintergrund des hohen Stellenwertes staatlicher Förderung sowohl Industrie als auch Politik angesehen. Einige Gebiete werden in Japan explizit als Standardisierungsgegenstand ausgeschlossen, weil hier bereits Geschäftsmodelle bestehen (zum Beispiel



Integration von Feldgeräten) oder neue Geschäftsmodelle zu erwarten sind. Offenbar besitzt „loose coupling“ vor allem für neue Geschäftsmodelle eine hohe Relevanz.

Die beschriebene Anforderung bezüglich der technischen Modularisierung spiegelt sich darin wider, dass man in Japan nicht auf kommerzielle Produkte von einzelnen Anbietern setzt. Einige der Befragten sagen explizit, dass derartige Silolösungen der Vergangenheit angehören. Es wird erwartet, dass die meisten Produkte im Bereich Industrie 4.0 nicht von einer Firma alleine bereitgestellt werden können. Vor diesem Hintergrund wird ein offenes Ökosystem von Lösungen für den industriellen Sektor als wichtig angesehen. Der Mangel an Standards hemmt hier die Investitionsbereitschaft vieler Unternehmen.

Alle beschriebenen technischen Bereiche gelten als relevant für Kooperationen, wobei es auch klare Priorisierungen, etwa von Prozessoptimierung, gibt. Zwar werden Kooperationen zwischen Firmen als sehr wichtig erachtet, doch merken manche Befragte an, dass ihr eigenes Unternehmen Kooperationen nur in geringem Maße fördert. Als Risiken von Kooperationen gelten Wissensverlust, Produktpiraterie und ein allgemeiner Kontrollverlust. Bezüglich der Rahmenbedingungen sind Kooperationen für neue Geschäftsmodelle, F&E-Projekte sowie Ausbildung von großem Wert. Einige der Befragten sehen so genannte „Challenges“ wie in der amerikanischen Defense Advanced Research Projects Agency (DARPA) als geeignetes Mittel, um schnell Fortschritte zu erreichen. Man erhofft sich von Kooperationen eine höhere Geschwindigkeit in der Standardisierung und eine größere Innovationskraft.

Neben Kooperationen zwischen Firmen ist die Zusammenarbeit mit und zwischen akademischen Institutionen, Ministerien und (teilweise staatlich geförderten) Verbänden von großem Stellenwert – sowohl auf nationaler als auch internationaler Ebene. Auf langfristige und vertrauensvolle Kooperationen wird großer Wert gelegt. Als geeignete Partner gelten sowohl Käufer und Verkäufer von Industrie 4.0-Lösungen (vertikale Kooperation) als auch direkte Konkurrenten. Hier erscheint die Teilnahme an der Entwicklung von Standards von Vorteil.

Wie auch in Deutschland gibt es in Japan eine Reihe von Initiativen, die lange Zeit nur teilweise koordiniert waren, wie etwa die Industry Value Chain Initiative (IVI)³⁷, die Robot Revolution Initiative (RRI)³⁸ oder ein von Hitachi und der Keio-Universität

gegründetes Bündnis zum Thema „Internet of Things“ mit einem Schwerpunkt auf Intelligent Manufacturing und Industrial Internet (siehe Tabelle 3). Hinzu kommen proprietäre Ansätze einzelner Unternehmen wie die eF@ctory von Mitsubishi Electric.³⁹

Initiative	Gebiet/Zielsetzung	Förderung
e-F@ctory	Fabrikautomatisierung	Unternehmen (Fokus auf Mitsubishi)
Industrial Value Chain Initiative (IVI)	Leichtgewichtige Standardisierung („loose standards“)	Akademische Institutionen und Unternehmen
Industry 4.1J	Cloudbasierte, sichere Datenverarbeitung	Unternehmen (Fokus auf NTT)
IoT Acceleration Consortium (IOTAC)	Brücke von IoT zu Big Data und künstlicher Intelligenz	Staatlich und Unternehmen
Robot Revolution Initiative (RRI)	Industrielle und anwendungsbezogene Robotik	Staatlich und Unternehmen

Tabelle 3: Bedeutende Industrie 4.0-Initiativen in Japan

Die Situation ändert sich jedoch schnell. Internationale Kooperationen auf staatlicher Ebene tragen hierzu bei, so etwa die Kooperation zwischen der deutschen Plattform Industrie 4.0 mit der RRI. Diese scheint ein interessanter Kooperationspartner, da sie die Produktionsautomatisierung thematisiert. Verantwortlicher Ansprechpartner in der japanischen Regierung ist das Ministerium für Wirtschaft und Industrie.

Aus deutscher Sicht stellt sich die Frage, mit welchen Initiativen man auf welche Weise zusammenarbeiten sollte. Für ausgewählte Kooperationen mit bestimmter Zielsetzung eignen sich die Initiativen eF@ctory und Industry 4.1J. Für längerfristige Kooperationen mit dem Ziel, die gesamte Wirtschaft beider Länder stärker zu verzahnen, ist eine Einbindung staatlicher Förderer bedeutsam. Relevant sind hier die Initiativen IVI, IOTAC und RRI.

Eine im April 2016 veröffentlichte Analyse stellt die Zielsetzungen des amerikanischen IIC, der Plattform Industrie 4.0 und der IVI-Initiative gegenüber.⁴⁰ IIC fokussiert auf neue Geschäftsmodelle mit Big-Data-Verarbeitung, die Plattform Industrie 4.0 auf effizientere und individualisierte Produktion. Dies ist auch in Japan der Fokus und lässt sich am hohen Stellenwert des produzierenden Gewerbes in Japan und Deutschland erklären.

37 | Vgl. Industrial Value Chain Initiative 2016.

38 | Vgl. Robot Revolution Initiative 2016.

39 | Vgl. eF@ctory Alliance 2016.

40 | Vgl. Japan Industry News 2016.

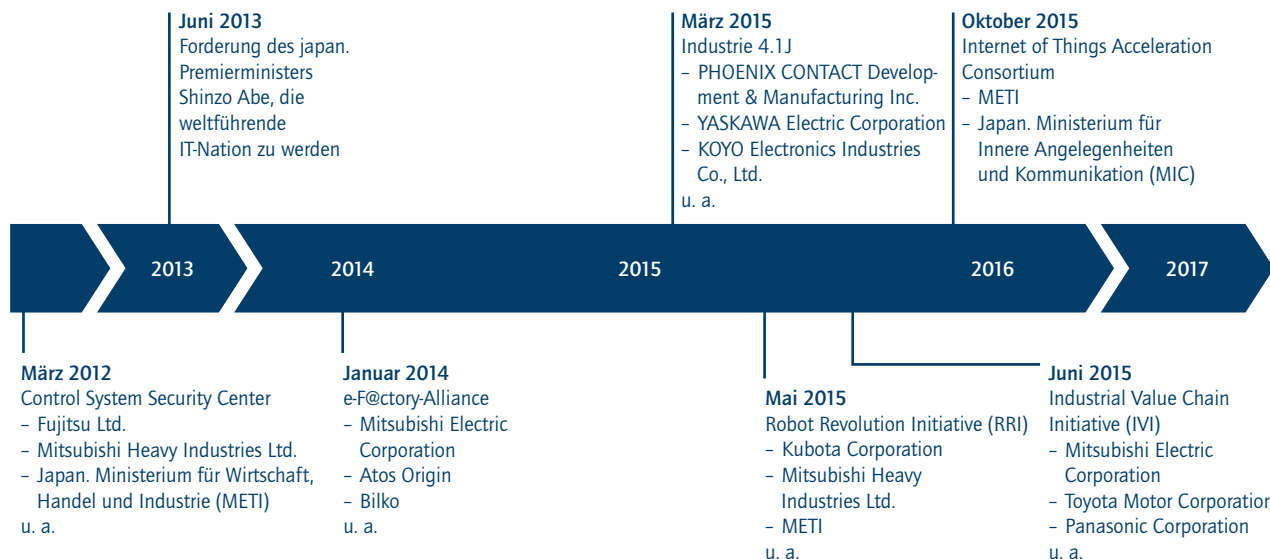


Abbildung 21: Meilensteine in der Entwicklung von Industrie 4.0 in Japan (Quelle: eigene Darstellung)

Regierung und Unternehmen in Japan sehen einerseits, ähnlich wie in Deutschland, eine Effizienzsteigerung in der Produktion sowie verbesserte wirtschaftliche Erträge als Vorteil von Industrie 4.0. Allerdings ist der Fokus der Industrie 4.0-Initiativen – wenn auch nicht in einem so großen Maße wie in den USA – zudem auch auf neue Geschäftsmodelle gerichtet. Entsprechend existieren mehrere Initiativen im Bereich Industrie 4.0 mit unterschiedlichen Zielsetzungen und unterschiedlichem Grad an Unterstützung durch Unternehmen, die öffentliche Hand oder Forschungseinrichtungen. Einige Initiativen stellen TCP/IP-basierte Technologien und smarte Anwendungen in den Fokus (IoT Acceleration Consortium). Andere Initiativen greifen auch in Deutschland verbreitete Technologien auf (zum Beispiel OPC-UA in Industry 4.1J).⁴¹

Begrifflich wird nicht zwischen Standards und Normen unterschieden, sondern beides unter „hyoujun“ zusammengefasst. Wie in Deutschland zeigt sich auch in Japan die Kluft zwischen IT und traditioneller Industrie innerhalb großer Unternehmen. Dies betrifft auch das Engagement in der Standardisierung. So hat die Befragung der Fachleute gezeigt, dass es selbst innerhalb großer Unternehmen Abteilungen gibt, welche traditionelle Standardisierung fokussieren. Andere Abteilungen arbeiten gleichzeitig vor allem in internationalen Konsortien mit und tragen zu IT-Standards bei. Die erste Gruppe ist im japanischen Gegenstück zum DIN (JIS) aktiv und hat wenig Berührungspunkte mit IT-Standardisierung und internationalen Konsortien.

Aus dem langjährigen regionalen Fokus, den Japan mit Deutschland im Bereich traditioneller Industrien teilt, ergeben sich vielfältige Kooperationspotenziale, die den Vorsprung aus den jeweiligen regionalen und traditionellen Industrien aufgreifen und durch Engagement in der IT-Standardisierung weltweite Konkurrenzfähigkeit sicherstellen und ausbauen können. Analog zu Deutschland folgt die Standardisierungsstrategie in erster Linie dem Top-down-Prinzip, indem die Politik und einige wenige Forschende und Vordenkende die primäre Richtung definieren. Daneben existieren jedoch auch Initiativen (unter anderem IVI, e-F@ctory und Industry 4.1J), die einen Bottom-up-Ansatz verfolgen und die Forschung oder Industrie zum Ausgangspunkt ihrer Arbeiten haben. IVI legt einen hohen Stellenwert auf das beschriebene „loose coupling“. Man erwartet nicht den einen Industrie 4.0-Standard, sondern propagiert ein modulares Vorgehen.

Die Heterogenität der staatlichen Förderung und die Vielzahl der Initiativen in Japan kann sowohl als Chance als auch als Risiko aufgefasst werden. Eine Herausforderung liegt in mehrfacher, unkoordinierter Technologieentwicklung und Standardisierung. Entsprechend kann die Komplexität von Industrie 4.0-Initiativen zu einer Verlangsamung von Innovationen führen, insbesondere bei einer hohen Dynamik der globalen Märkte für Industrie 4.0-Produkte. Andererseits wird in Japan der Technologieentwicklung, Standardisierung und Entwicklung neuer Geschäftsmodelle hohe Bedeutung beigemessen. Das entsprechende Vorgehen bedeutet eine hohe Komplexität, kann aber die Basis für einen langfristigen Kooperationserfolg sein.

41 | Vgl. IoT Acceleration Consortium 2016.



Schlussfolgerungen für Japan

▪ Integrationslösungen für den japanischen Markt entwickeln

Die japanische Industrie bewegt sich bei der Prozessautomatisierung bereits auf einem sehr hohen Niveau. Die Herausforderung liegt darin, die stark individualisierten IT-Lösungen der verschiedenen Partner in der Wertschöpfungskette in Wertschöpfungsnetzwerken zu integrieren. Um die Erwartungen an Industrie 4.0 nicht zu enttäuschen, sollten mit japanischen Unternehmen primär diese Integrationslösungen bis auf die Stufe von Sublieferanten diskutiert werden. Hierzu gilt es einen Überblick über die Systemlandschaft in den verschiedenen Wertschöpfungsstufen zu erlangen, Schnittstellen zu definieren und Integrationslösungen zu entwickeln.

▪ Integration von Robotik und Arbeitswissenschaften

Japan verfolgt in Bezug auf Industrie 4.0 mit Erfolg einen heterogenen Ansatz: Förderung von ausgewählten Industrien (Robotik) einerseits und der internetbasierten Entwicklung smarter, datenfokussierter Technologien und entsprechender neuer Geschäftsmodelle andererseits. Um an den sich entwickelnden neuen Geschäftsbeziehungen beteiligt zu sein, sollten sowohl deutsche Unternehmen als auch deutsche Industrie 4.0-Initiativen enge und nachhaltige Verbindungen zu relevanten japanischen Stakeholdern aufbauen. Ziel sollte es sein, Technologie- und Geschäftsfeldentwicklung zu koordinieren und die Entwicklung in Japan kontinuierlich zu beobachten. Ein Fokus der Zusammenarbeit sollte auf Robotik und Arbeitswissenschaft liegen. Erstere verspricht ein großes Marktpotenzial, da in Japan sowohl in der Wirtschaft als auch im privaten Umfeld eine hohe Akzeptanz für den Einsatz von Robotern herrscht. Ein wichtiges Einsatzfeld ergibt sich beispielsweise infolge des demografischen Wandels und des daraus resultierenden Mangels an Pflegepersonal. In der Arbeitswissenschaft weist Deutschland eine exzellente Forschungslandschaft auf, insbesondere zu den Bereichen Ergonomie und Arbeitsplatzgestaltung. Ergebnisse in diesem Gebiet lassen sich gut zur Roboterentwicklung einsetzen.

▪ Kooperation zu datenbasierter Prozessoptimierung forcieren

Sowohl Deutschland als auch Japan besitzen auf dem Gebiet der Prozessoptimierung tiefgehende Kompetenzen.

Insbesondere Japan ist für viele seiner Prozessmanagementmethoden berühmt geworden, wie etwa Kaizen oder das Toyota-Produktionssystem. Um Potenziale in der datenbasierten Prozessoptimierung zu realisieren, sollten beide Länder auf diesem Feld kooperieren. Hierfür sind relevante Partner zu identifizieren, Pilotprojekte zu initiieren und Handlungsleitfäden für Unternehmen, zum Beispiel im Bereich IT-Sicherheit, abzuleiten. Zu forcieren ist insbesondere ein gemeinsames Sicherheitsverständnis.

▪ Flexibel in Initiativen kooperieren

In Japan sind in den vergangenen Jahren viele Industrie 4.0-Initiativen entstanden. Welche davon längerfristig für welche Teilaspekte relevant sein werden, ist noch schwer abzuschätzen. Die Entwicklung muss deshalb kontinuierlich verfolgt werden. Es empfiehlt sich für Deutschland aktuell, mit folgenden Initiativen zu kooperieren: e-F@ctory Alliance, Industrial Value Chain Initiative (IVI), Industry 4.1J, IoT Acceleration Consortium (IOTAC) und Robot Revolution Initiative (RRI). Die möglichen Formen der Zusammenarbeit reichen von einem regelmäßigen Informationsaustausch bis hin zu einer intensiven Zusammenarbeit in Form einer gemeinsamen Entwicklung von Testbeds. Um angesichts der komplexen Industrie 4.0-Landschaft in Japan kein Bottleneck zu erzeugen, sollte die Kooperation mit Deutschland dezentral organisiert werden. Der deutschen Plattform Industrie 4.0 kommt dabei eine wichtige Rolle hinsichtlich Monitoring (widersprüchliche Strategien in Kooperationen vermeiden) und Informationsaustausch („Re-invent-the-Wheel-Effekt“ vermeiden) zu.

▪ Das Sensei-Prinzip technisch umsetzen

In der japanischen Industriekultur hat der Sensei (Lehrmeister) eine besondere Bedeutung in der technischen Ausbildung. Zwischen ihm und dem Lehrling besteht eine respekt- und vertrauensvolle Beziehung, die über das reine Angestelltenverhältnis weit hinausgeht und zeit- und ressourcenaufwendig ist. Ziel sollte es sein, für den japanischen Markt Lösungen zu entwickeln, die das Sensei-Prinzip technisch umsetzen. Dazu gilt es, ein tiefgreifendes Verständnis für die Arbeit des Lehrmeisters zu entwickeln und den Ansatz in das Konzept der Teaching & Learning Factory zu integrieren. Für die Akzeptanz der technischen Lösung muss auf allen Mitarbeitererebenen geworben werden.

3.4.4 Südkorea



Südkorea befindet sich nicht nur mit Blick auf die Teilung des Landes und die daraus resultierenden politischen Spannungen in einer mit Deutschland historisch vergleichbaren Situation, sondern auch in Bezug auf demografische Faktoren, ostasiatische Konkurrenten (insbesondere China), den von den USA dominierten IT-Sektor und die stark exportorientierte Wirtschaft. Trotz der vergleichbar geringen Bevölkerung Südkoreas (rund 51,5 Millionen) führten wirtschaftspolitische Maßnahmen zusammen mit entwicklungspolitischer Unterstützung (vor allem durch die USA) in den 1960er Jahren zu einer starken Spezialisierung, die ein rasantes Wachstum großer koreanischer Familienunternehmen zur Folge hatte. Nach Jahrzehnten des Aufschwungs wurde Südkorea 1996 als 29. Mitglied in die OECD aufgenommen.

Südkoreas Wirtschaft ist heute geprägt von globalen Großkonzernen (Chaebols) in den Bereichen High-Tech und Maschinenbau (unter anderem Samsung, Hyundai, LG, SK Telecom, Posco) einerseits und rund drei Millionen kleinen und mittleren Unternehmen andererseits. Darunter sind viele Zulieferbetriebe, die in einem starken Abhängigkeitsverhältnis zu den Großkonzernen stehen und eine im Vergleich zu Deutschland geringe Eigenständigkeit besitzen. Eines der Ziele der neuen südkoreanischen Regierung unter Park Geun-Hye ist es daher, durch Kooperationen und Erfahrungsaustausch – insbesondere mit deutschen Mittelständlern – die Wettbewerbsfähigkeit und Exportaffinität der südkoreanischen KMU auszubauen und zu fördern.⁴²

Bei den großen Konzernen finden sich hoch innovative Produktionsansätze und globale Vorreiter im Bereich Industrie 4.0. Dank Halbleiterproduktion, Internetunternehmen und digitalen Endprodukten besitzt Korea darüber hinaus wesentliche Voraussetzungen für digitale Souveränität. Der Einfluss der großen Konglomerate hat sich besonders während der Asienkrise gezeigt, als der drohende Zerfall einiger Chaebols die Wirtschaft des Landes an den Abgrund drängte. Die daraus gezogenen Lehren – unter anderem eine starke Verschuldungsregulierung und die Veräußerung von nicht zum Kerngeschäft gehörenden Sparten – sowie die fortwährende staatliche Unterstützung sicherten Südkorea während der internationalen Wirtschaftskrise 2008 ein moderates Wachstum.

Die Chaebols stehen somit im Zentrum der südkoreanischen Wirtschaft und profitieren einerseits von der Nähe zur

Regierung, andererseits von der Vielzahl an Zulieferern innerhalb des Landes. Kleine und mittlere Unternehmen sind vorwiegend auf die Anwendung von Produktionstechnik fokussiert und stehen den großen Firmen als Lieferanten zu Verfügung. Dies führt zu geringeren F&E-Aktivitäten vonseiten der KMU, sichert jedoch die Fokussierung der Chaebols auf ihr Kerngeschäft und die damit einhergehende hohe Innovationstätigkeit.

In einem ersten Bericht des südkoreanischen Ministeriums für Zukunftsplanung (MSIP) wird die reale Echtzeitvernetzung der Dinge durch das Internet of Things (IoT) als vierte industrielle Revolution benannt und der Effekt auf die koreanische Gesellschaft und Wirtschaft grob umfasst (siehe Abbildung 22). Der Nutzen von Industrie 4.0 wird in Südkorea allgemein erkannt und begründet mit einem hohen Anteil der Produktionswertschöpfung am Bruttoinlandsprodukt, einem starken Wettbewerbsdruck aus den benachbarten Wirtschaftsnationen China und Japan sowie der daraus resultierenden Notwendigkeit, eine Effizienzsteigerung bei produzierenden kleinen und mittleren Unternehmen zu erreichen.

Der Fokus der südkoreanischen Regierung im Rahmen des nationalen Projektes Manufacturing 3.0 – der südkoreanischen Version der Plattform Industrie 4.0 – liegt deshalb auf der Unterstützung der KMU, um den Ausbau der Produktionskapazitäten durch Smart Factory-Technologien zu ermöglichen. In diesem Kontext ist auch die Smart Factory Initiative des MSIP zu sehen, welche auf eine Verbesserung der Produktionsstandards zielt.⁴³ Durch Kooperation von Wirtschaft und Industrie, großen, mittleren und kleinen Unternehmen, Organisationen und Regierung sollen bis 2020 bis zu 10.000 leistungsfähigere Fabriken erbaut werden. Daneben gibt es weitere Industrie 4.0-relevante Initiativen in Südkorea (siehe Tabelle 4).

Initiative	Gebiet/Zielsetzung	Förderung
Creative Economy Innovation Center	IKT/Industrie 4.0-Innovation	Unternehmen und staatlich
Korean Smart Factory Foundation	Fabrikautomatisierung	Unternehmen und staatlich
Smart City Testbed Initiative	Smart Cities	Staatlich
Smart Factory Initiative	Fabrikautomatisierung	Unternehmen und staatlich

Tabelle 4: Bedeutende Industrie 4.0-Initiativen in Südkorea

42 | Vgl. Konrad Adenauer Stiftung 2013.

43 | Vgl. AHK 2015.



Eine Anbieterperspektive von Industrie 4.0-Lösungen ist aufgrund vergleichsweise wenig ausgeprägter Industrie für Fabrikausrüstung beziehungsweise Automatisierung gegenwärtig kaum im nationalen Fokus. Stattdessen wird in Südkorea der ökonomische Nutzen – neben Produktivitätssteigerungen – auch bei neuen, datengetriebenen Geschäftsmodellen gesehen (zum Beispiel im Bereich Smart Cities), von welchen auch Start-ups in Zukunft profitieren können. Südkorea hat bereits heute eine Vorreiterrolle in diesem Bereich inne. Während die weltweit erste Smart City Songdo als Teil der Großstadt Incheon dazu dient, neue Technologien im Bereich Smart Housing und Smart City auszutesten, bieten die politischen und wirtschaftlichen Sonderregelungen ein anziehendes Umfeld für immer mehr Anbieter und Start-ups aus diesem Bereich. Das hier gebotene Testbed ist in Größe und Umfang – 22.000 Bewohner auf einer Fläche von sechs Quadratkilometern im Jahr 2012 – bislang einmalig. Es zu nutzen, wird durch die Smart City Testbed Initiative der National IT Promotion Agency (NIPA) und das MSIP von staatlicher Seite gefördert und international beworben.

Während der Fokus in Songdo auf der Interaktion zwischen Mensch und Maschine liegt, fördern weitere Regierungsinitiativen eine durchgängige Interkonnektivität und Konvergenz zwischen Mensch, Maschine und Produkten in den kommenden Jahren. Durch die Förderung von 17 regionalen Kompetenzzentren sollen darüber hinaus innovative Start-ups im IKT- und Industrie 4.0-Bereich unterstützt und mit koreanischen Großkonzernen sowie

regionalen Akteuren vernetzt werden.⁴⁴ Diese sogenannten Creative Economy Innovation Center sind über das Land verteilt. Mit fundierten Expertisen und unkomplizierten Kooperations- und Investitionsmöglichkeiten, auch für ausländische Investoren, bieten sie Start-ups gute Möglichkeiten und Hilfestellung in allen Bereichen der Geschäftstätigkeit – vom Produktdesign bis zum Export.

Die Innovation Center dienen auch KMU als Basis für Innovationen; bereits 2.000 Mittelständler haben sich dem Programm angeschlossen, einige von ihnen verbesserten dadurch die Qualität ihrer Produkte deutlich.⁴⁵ Durch Unterstützung aus dem öffentlichen und privaten Sektor stellten die Innovation Center bereits rund 1,8 Milliarden US-Dollar in Form von Investitionen, Garantien und Krediten für ihre Mitglieder bereit. Im September 2015, ein Jahr nach der Entstehung, waren 437 südkoreanische Start-ups Teil dieser Plattform.⁴⁶ Über ein internationales Netzwerk können sie Kontakte im Ausland herstellen und ausländischen Start-ups den Eintritt in den südkoreanischen Markt vereinfachen. Einige dieser internationalen Standorte sind Teil des Programms (zum Beispiel KIC Europe, KIC USA, KIC Beijing, KIC Moscow) und werden erweitert durch eine enge Zusammenarbeit mit weiteren öffentlich oder privat geförderten Innovationsinitiativen aus anderen Ländern (zum Beispiel die britischen Digital Catapults und die japanischen NTT Docomo Venture Capitalists).

In puncto Standardisierung besteht auf staatlicher Seite (MSIP, MOTIE) Interesse an internationaler Zusammenarbeit und

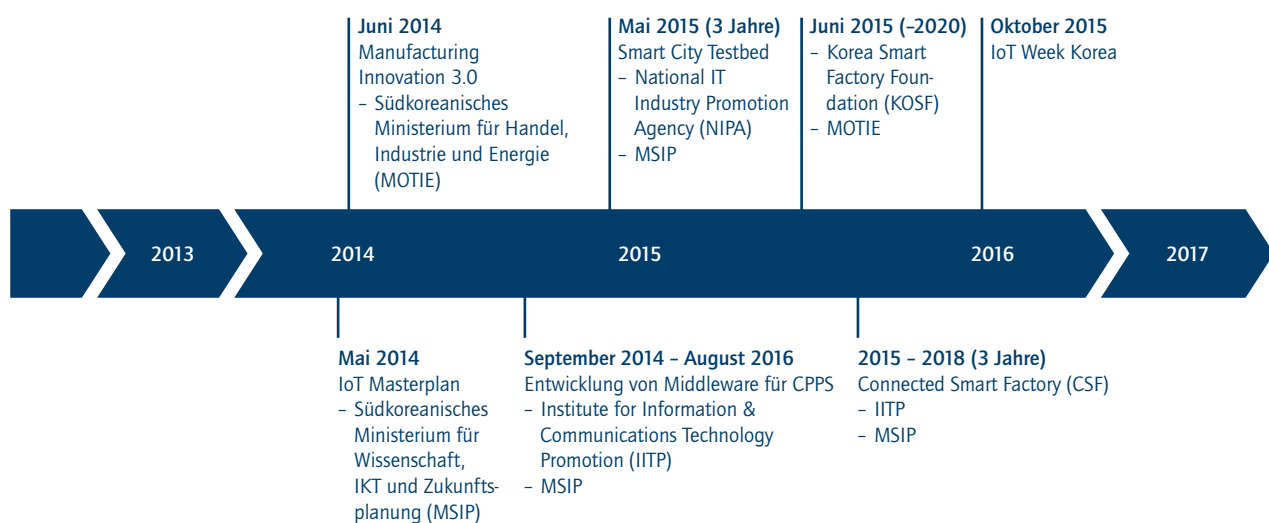


Abbildung 22: Meilensteine in der Entwicklung von Industrie 4.0 in Südkorea (Quelle: eigene Darstellung, vgl. MSIP 2014)

44 | Vgl. MSIP 2014.

45 | Vgl. AHK 2015.

46 | Vgl. Startup Korea 2016.

Austausch, auch unter Einbeziehung der Privatwirtschaft. Der Fokus liegt dabei auf ganzheitlichen Lösungen (zum Beispiel RAMI 4.0), wobei insbesondere Deutschland eine hohe Reputation im Bereich Industrie 4.0 genießt. Der Schwerpunkt der KMU liegt auf der Herstellung von Interoperabilität. Insbesondere für südkoreanische Firmen mit einem hohen Anwendungsfokus von Industrie 4.0 ist Interoperabilität ein wesentliches Entscheidungskriterium um technische Lösungen zur Produktivitätssteigerung von mehreren internationalen Anbietern beziehen zu können.

Große südkoreanische Konzerne sind ebenfalls an schnellen Lösungen zur Etablierung von internationalen Standards interessiert, auch im Hinblick auf die zunehmende Konkurrenz von US-Internetunternehmen. Die südkoreanische Standardisierungsbehörde KATS (Korean Agency for Technology and Standards) übt als wichtiges Mitglied internationaler Gremien wie ISO, IEC und PASC einen gewissen Einfluss auf internationale Standards aus und ist in fast allen technischen und untergeordneten Komitees vertreten.⁴⁷ Auf nationaler Ebene praktiziert sie eine Bottom-up-Herangehensweise, indem sie eng mit der Industrie zusammenarbeitet, um durch ihre Standardisierungsaktivitäten vor allem die nationalen Anbieter zu unterstützen.

In diesem Zusammenhang überdenken aktuell auch einige Großkonzerne ihre bisherigen Geschäftsmodelle – mit dem Ziel, verstärkt intelligente Daten ökonomisch nutzbar zu machen. Die Vielfalt der Tochtergesellschaften unter dem Dach der Großkonzerne ermöglicht eine ganzheitliche digitale Strategie und Planung im Bereich Industrie 4.0. Die enge Zusammenarbeit mit der Standardisierungsbehörde erlaubt es wiederum, auch konzernübergreifende nationale Lösungen voranzutreiben. Die starke Bereitschaft der südkoreanischen Unternehmen, Kooperationen im Bereich Industrie 4.0 einzugehen, ist ein Faktor, welcher der Standardisierung zur Gewährleistung einer

reibungslosen und interdisziplinären Kommunikation bedarf. Vorteile der Kooperationen werden hauptsächlich in Interoperabilität und Synergien gesehen. Auch ausländische Unternehmen, vor allem deutsche, sind für südkoreanische Unternehmen attraktive Kooperationspartner. Wünschenswert finden sie in diesem Zusammenhang neue Organisationen, die Kooperationen durch frühzeitigen Austausch und Standardisierungsmaßnahmen neuer Lösungen erleichtern. Die Risiken werden vor allem in der Sicherheit der Daten und im Abfluss von Wissen gesehen. Besonders Vertrauen und vertraglich bindende Abmachungen gelten in diesem Zusammenhang als wichtige Voraussetzungen einer erfolgreichen Kooperation.

Besonders hervorzuheben ist der Bedarf an Industrie 4.0-Lösungen, die es der südkoreanischen Wirtschaft ermöglichen, ihre Produktionstechnik zu verbessern. Die Produktion dort gerät aufgrund niedriger Kapazitäten und einer qualitativ stetig verbesserten chinesischen Produktion zunehmend unter Druck. Hierfür bedarf es allerdings einer reibungslosen und interdisziplinären Kommunikation zwischen Maschinen verschiedener Hersteller. Nicht zuletzt deshalb drängt die private Wirtschaft Südkoreas auf schnelle Lösungen in Fragen der Standardisierung.

Der aktuelle Fokus auf Industrie 4.0-Lösungen zur Effizienzsteigerung der Produktion sowie langjährige Kooperationen mit Deutschland kann für deutsche Unternehmen als Chance verstanden werden, Südkorea als Absatzmarkt stärker zu adressieren. Kooperationen mit Großkonzernen, die eine Vielzahl an Wertschöpfungsketten unter einem Dach vereinen, ermöglichen zudem einen besseren Zugang zu KMU sowie die Möglichkeit, Standards breitenwirksam in mehreren Industrien zu etablieren. Gleichwohl schmälert die hierarchische, in sich geschlossene Struktur großer Chaebols, mit einer Vielzahl an spezialisierten Tochtergesellschaften, die Bereitschaft zur Kooperation mit ausländischen Partnern.

Schlussfolgerungen für Südkorea

▪ Chaebols als Eintrittstor in den Markt nutzen

Die Wirtschaft in Südkorea ist geprägt von global operierenden Mischkonzernen (Chaebols), die eine Vielzahl an Wertschöpfungsketten unter einem Dach vereinen. In diese eingebunden sind zahlreiche KMU mit relativ geringer Eigenständigkeit. Deutsche Unternehmen sollten die komplementäre Struktur der südkoreanischen Volkswirtschaft aktiv nutzen. Dazu empfehlen sich Kooperationen mit großen Konzernen, um einerseits von deren IT-Wissen zu profitieren und andererseits

Zugang zu südkoreanischen KMU zu erhalten. Hierfür sind relevante Partner zu identifizieren sowie Pilotprojekte zu initiieren – mit dem Ziel, über ein vielfältiges Spektrum an Wertschöpfungsketten integrierte Industrie 4.0-Lösungen für den südkoreanischen Markt zu schaffen.

▪ KMU als bedeutenden Absatzmarkt erkennen

KMU in Südkorea konzentrieren sich bisher primär auf Produktionstechnik und weisen einen geringen Automatisierungsgrad auf. Der Nutzen von Industrie 4.0 für sie wird jedoch allgemein erkannt und begründet mit dem hohen

47 | Vgl. KATS 2016.



Anteil der Produktion am Bruttoinlandsprodukt, einem starken Wettbewerbsdruck aus China und Japan sowie der daraus resultierenden Notwendigkeit der Effizienzsteigerung in der Produktion. Um von den Investitionen südkoreanischer Unternehmen in effizienzsteigernde Industrie 4.0-Lösungen zu profitieren, sollten deutsche Unternehmen auf die Anwenderperspektive lokaler KMU fokussieren. Hierfür sind relevante Kunden zu identifizieren, Kontakte zu großen Konzernen und deren Zulieferbetrieben zu etablieren. Deutsche Anbieter von Industrie 4.0-Produktionslösungen sollten dabei Optionen für ein gemeinsames Auftreten gegenüber südkoreanischen KMU erörtern.

- **Know-how aus dem Konsumentenbereich transferieren**
Hoch innovative Produktansätze und globale Vorreiterrollen bei datengetriebenen Geschäftsmodellen finden sich insbesondere innerhalb von Konzernstrukturen. Große koreanische Telekommunikations- und Elektronikkonzerne sind bei der Entwicklung von Smart Products, Smart Services sowie neuer datengetriebener Geschäftsmodelle sehr aktiv. Insbesondere deutsche Maschinen- und Anlagenbauer können von diesem Geschäfts- und IT-Know-how im Bereich datengetriebener Geschäftsmodelle im Rahmen gemeinsamer Industrie 4.0-Lösungen profitieren. Durch ein gemeinsames Auftreten deutscher KMU im Maschinen- und Anlagenbau sollten gezielt Smart-Service-Kooperationsprojekte mit südkoreanischen Partnern etabliert werden. Die Politik kann dabei für einzelne Pilotprojekte als Türöffner fungieren.

- **Kooperationsstrukturen für deutsch-südkoreanische Start-ups in Innovationszentren etablieren**

In öffentlich und privat geförderten Creative Economy Innovation Centers können südkoreanische Entrepreneurere effektiv

forschen und basierend auf technologischen Innovationen Geschäftsmodelle entwickeln. Die Zentren verfügen über ein hohes Investitionsvolumen und ein sehr gutes Netzwerk. Auch auf internationaler Ebene ist eine Vernetzung gewünscht, die Gründern neue Märkte erschließt und ausländischen Unternehmen einen Einblick in den südkoreanischen Markt bietet. Insbesondere deutsche KMU sollten derartige Netzwerke nutzen und Kooperationen mit südkoreanischen Start-ups eingehen, um von ihrer Innovationskraft zu profitieren. Da sehr viele südkoreanische KMU in den Creative Economy Innovation Centers vertreten sind, bilden diese einen idealen Anlaufpunkt für die Vermarktung deutscher Produktionstechniken. Zudem sollten Kontakte zwischen Vertretern ähnlicher Netzwerksstrukturen aus Deutschland (zum Beispiel Korean Innovation Center Europe) aufgebaut und weitere Accelerator-Programme initiiert werden.

- **Außenpolitisches Umfeld als Chance für IT-Sicherheitsprojekte erkennen**

Deutsche Unternehmen haben IT-Sicherheit als ein zentrales Thema von Industrie 4.0 erkannt. Die Sicherheit von Daten und Anlagen ist zugleich von einem starken politischen Interesse begleitet. Um Themen der IT-Sicherheit, insbesondere im Bereich Datenschutz und Verschlüsselung bei integrierten Systemen, international voranzutreiben, empfiehlt sich ein aktiver Austausch. Deutsche Unternehmen sollten dabei an die traditionsreiche südkoreanisch-deutsche Zusammenarbeit anknüpfen, um gemeinsam mit technisch hoch entwickelten Partnerunternehmen technische Sicherheitslösungen im Bereich Industrie 4.0 voranzutreiben. Um den Kooperationsaktivitäten stärkeres Gewicht zu verleihen, sollten unternehmerische Initiativen unter Einbeziehung relevanter Forschungsinstitute und staatlicher Sicherheitsbehörden ausgebaut werden.

3.4.5 USA



Die USA erwirtschaften rund zwanzig Prozent des jährlichen Welteinkommens und sind damit die weltweit bedeutendste Volkswirtschaft. Das Wirtschafts- und Finanzsystem ist vornehmlich durch unternehmerische Initiative und freien Handel geprägt. Der vergleichsweise große Dienstleistungssektor erwirtschaftet rund 78 Prozent des Bruttoinlandsproduktes, gefolgt von Industrie (rund zwanzig Prozent) und Landwirtschaft (rund ein Prozent). Der wirtschaftliche Erfolg der USA gründet auf einem gut erschlossenen und rohstoffreichen Staatsgebiet, dessen Fläche rund 25-mal so groß wie Deutschland ist und mit rund 320 Millionen Einwohnern einen attraktiven Binnenmarkt darstellt. Seit der Wirtschafts- und Finanzkrise im Jahr 2008 hat sich die US-Wirtschaft langsam wieder erholt, wobei die wirtschaftliche Entwicklung stark durch den privaten Konsum getrieben wird. Der Immobiliensektor wie auch die Industrieproduktion haben keinen signifikanten Anteil am wirtschaftlichen Wachstum.

Im internationalen Vergleich sind die USA der weltgrößte Absatzmarkt für Importgüter und stehen beim Export von Waren nach China an weltweit zweiter Stelle. Deutschland teilt viele Werte mit den USA; beide Länder verbinden enge wirtschaftliche Beziehungen. Die USA sind der wichtigste Abnehmer deutscher Exportgüter, und Deutschland ist der wichtigste europäische Handelspartner der USA.⁴⁸ Seit 2013 bemühen sich die USA und die EU, die wirtschaftlichen Beziehungen im Rahmen eines Freihandels- und Investitionsabkommens (Transatlantische Handels- und Investitionspartnerschaft, TTIP) zu vertiefen: Dabei sollen unter anderem Märkte wechselseitig geöffnet, Exporthindernisse abgebaut, Auslandsinvestitionen vereinfacht und bestehende Standards angeglichen werden. Diese Absichten werden von Umwelt- und Verbraucherschützern sowie in der Öffentlichkeit zum Teil sehr kritisch gesehen.⁴⁹

Industrie 4.0 wird in den USA primär unter den Begriffen „Internet of Things“, „Smart Production“ oder „Industrial Internet“ subsumiert.⁵⁰ Das Verständnis für Industrie 4.0 ist im Vergleich zu Deutschland damit sehr viel breiter angelegt. Dies zeigt beispielsweise die Anfang 2016 vereinbarte Kooperation zwischen dem Industrial Internet Consortium (IIC) und der deutschen Initiative Plattform Industrie 4.0: Während das IIC die Bereiche Energie, Gesundheitswesen, Fertigung, öffentlicher Sektor und Transport übergreifend adressiert und Interoperabilität im

„Industrial Internet of Things“ vorantreibt, fokussiert die Plattform Industrie 4.0 ihre Aktivitäten auf die Fertigung – mit dem Ziel, ein detailliertes Modell für die Fertigungs-Wertschöpfungskette der nächsten Generation zu entwickeln.⁵¹

Der Begriff Industrie 4.0 wird in den USA zunehmend in Verbindung mit produzierenden Unternehmen und insbesondere im Kontext der Optimierung von Produktionsketten und der Entwicklung von technischen Innovationen verstanden. Darüber hinaus sind US-Unternehmen insbesondere an der Etablierung neuer Geschäftsmodelle und sogenannter Smart Services in Bezug auf das Industrial Internet interessiert. Entsprechend steht der verstärkt technologiegetriebenen deutschen Perspektive eine stark marktorientierte amerikanische Denkweise gegenüber. Letztere ist auch auf unterschiedliche Finanzierungsmechanismen im Zusammenhang mit verstärkten Risikokapitalbeteiligungen zurückzuführen. Den geschäftlichen Chancen stehen aus Sicht der befragten Fachleute aus den USA mögliche Risiken gegenüber. So steht die Sicherung des geistigen Eigentums für amerikanische Firmen stark im Fokus. Insgesamt aber stufen US-Unternehmen die Chancen von Industrie 4.0 deutlich höher ein als mögliche Risiken.

Industrie 4.0 wird in den USA maßgeblich durch privatwirtschaftliche Initiativen vorangetrieben (siehe Tabelle 5). Staatliche Institutionen haben, verglichen mit Deutschland und asiatischen Ländern, einen relativ geringen Einfluss. Während in Deutschland das Thema Industrie 4.0 seit etwa 2011 diskutiert und forciert wird, ist eine vergleichbar große Initiative in den USA erst 2014 mit dem Industrial Internet Consortium (IIC) entstanden. Gegründet auf Initiative von General Electric (GE) mit den weiteren Unternehmen AT&T, Cisco und IBM, zählte das IIC Mitte 2016 bereits über 230 Mitglieder. Die Initiative verfolgt das Ziel, die architektonischen Rahmenbedingungen und die Ausrichtung des Industrial Internet voranzutreiben sowie Initiativen zur Gestaltung von „Ökosystemen“ zu koordinieren, die physische Objekte mit Menschen, Prozessen und Daten über gemeinsame Architekturen, Interoperabilität und offenen Standards verbinden. Mit einem dualen Ansatz strebt das IIC zum einen nach Innovation – durch die Entwicklung von Anwendungsbeispielen und Testbeds, die eine schnelle Erprobung von Ideen und Technologien in realen Anwendungen verfolgen. Zum anderen will das IIC Referenzarchitekturen, Rahmenkonzepte und offene Standards für die Interoperabilität von industriellen Systemen

48 | Vgl. Auswärtiges Amt – USA – Wirtschaft 2016; Statistisches Bundesamt 2016.

49 | Vgl. Europäische Kommission 2015.

50 | Vgl. PCAST 2014.

51 | Vgl. Plattform Industrie 4.0 2016.



vorantreiben. Zudem wirkt es als Forum – für einen Erfahrungsaustausch und als Ideenkatalysator.⁵²

Initiative	Gebiet/Zielsetzung	Förderung
Industrial Internet Consortium (IIC)	Übergreifende Themen; Input zu Standardisierung; neue Geschäftsmodelle	Unternehmen
Smart Manufacturing Leadership Coalition (SMLC)	Gemeinsame vorwettbewerbliche Forschung an einer offenen Plattform, u. a. mittels Testbeds	Unternehmen
AllSeen Alliance	Konsumgüterelektronik	Unternehmen
Open Connectivity Foundation (OCF)	Systemübergreifende Kommunikation	Unternehmen
National Network for Manufacturing Innovation (NNMI)	Innovationszentrum, ohne Industrie 4.0-Fokus (außer dem angehörigen DMDII Zentrum)	Staatlich

Tabelle 5: Bedeutende Industrie 4.0-Initiativen in den USA

Neben dem IIC forcieren weitere private Konsortien das Thema Industrie 4.0 in den USA, darunter die AllSeen Alliance und die Open Interconnectivity Foundation (OCF). Erstere konzentriert sich insbesondere auf die Entwicklung von Industriestandards, um Interoperabilität zwischen Produkten verschiedener Marken durch eine OpenSource-Rahmenstruktur zu ermöglichen. Die AllSeen Alliance ist stark auf den Bereich der Konsumgüterelektronik ausgerichtet und hat mehr als zweihundert Unternehmensmitglieder.⁵³ Die OCF zählt über 150 Mitglieder und verfolgt ebenfalls das Ziel, elektronische Geräte – insbesondere Smartphones, Computer und Sensoren – zu verbinden und so Kommunikation über Systemgrenzen, Branchen und Unternehmen hinweg zu ermöglichen.⁵⁴ Beide Konsortien versuchen im Rahmen von Testbeds und unter internationaler Beteiligung flexible Lösungen zur Schaffung von Interoperabilität zu entwickeln. Ihre Ansätze und Lösungen vermarkten sie oftmals sehr öffentlichkeitswirksam, um auch kleinere und mittlere Firmen einzubinden und Orientierungshilfe zu geben. Durch dieses Vorgehen besteht die Möglichkeit, dass sich pragmatische Industrie 4.0-Lösungen mittelfristig als De-facto-Standards etablieren.

Bezeichnend für viele US-Konsortien ist, dass sie zwar maßgeblich auf die Initiative von US-Unternehmen zurückgehen, es diesen jedoch gelingt, eine starke globale Ausrichtung zu erreichen und viele internationale Mitglieder zu gewinnen. So haben mehr als sechzig Prozent der OCF-Mitglieder ihren Sitz außerhalb von Nordamerika; zahlreiche Mitglieder des IIC und der AllSeen Alliance haben ihren Hauptsitz außerhalb der USA. Eine klare Abgrenzung oder offensichtliches Konkurrenzdenken zwischen den Konsortien besteht nicht. Vielmehr begrüßen sie den Austausch und gehen oftmals auch formale Beziehungen mit anderen Konsortien und Organisationen ein. Dahinter steht die Überzeugung, dass eine einzelne Initiative nicht ausreicht, um alle Ansätze von Industrie 4.0 und die Interessen aller Stakeholder ganzheitlich zu adressieren. Industrie 4.0 wird vielmehr als gemeinschaftlich zu lösende Aufgabe verstanden. In vielen der Konsortien (unter anderem dem IIC) haben US-amerikanische Unternehmen einen überproportional großen Einfluss, der beispielsweise auf besonderen Privilegien der Gründungsmitglieder (zum Beispiel einem ständigen Sitz im Steering Committee beim IIC) beruht.

Für die US-Regierung sind Industrie 4.0 und die damit verbundenen Ansätze ein Thema mit vergleichsweise niedrigerer Priorität. Während die deutsche Regierung Industrie 4.0 unmittelbar mit der zukünftigen Wettbewerbsfähigkeit des Landes verknüpft, ist dies in den USA nicht der Fall. Zwar wird bemängelt, dass die Wettbewerbsfähigkeit von US-Unternehmen in der Fertigung in den letzten Jahrzehnten immer weiter abgenommen hat; Produkte, die in den USA erfunden wurden, könnten dort oftmals nicht mehr wettbewerbsfähig produziert werden. Als Lösungsansatz spielt Industrie 4.0 politisch jedoch nur eine untergeordnete Rolle. So wurde im Jahr 2013 eine Regierungsinitiative gestartet, um im Rahmen von National Network for Manufacturing Innovation (NNMI) landesweit Innovationszentren zu etablieren. Diese haben jedoch keine klare Ausrichtung auf Industrie 4.0, sondern dienen dem allgemeinen Ziel, die Wettbewerbsfähigkeit von US-Fertigungsbetrieben zu verbessern. Von den bis Ende 2015 acht etablierten Innovationszentren hat einzig das Digital Manufacturing and Design Innovation Institute (DMDII) eine klare Ausrichtung auf das Thema Industrie 4.0. In enger Zusammenarbeit mit Unternehmen unterstützt es diese bei der Umsetzung von Industrie 4.0-Ansätzen.⁵⁵

Viele US-Unternehmen befinden sich entsprechend noch in einer Findungsphase im Hinblick auf Industrie 4.0 und die

52 | Vgl. Industrial Internet Consortium 2015.

53 | Vgl. AllSeen Alliance 2016.

54 | Vgl. OCF 2016.

55 | Vgl. PCAST 2014.

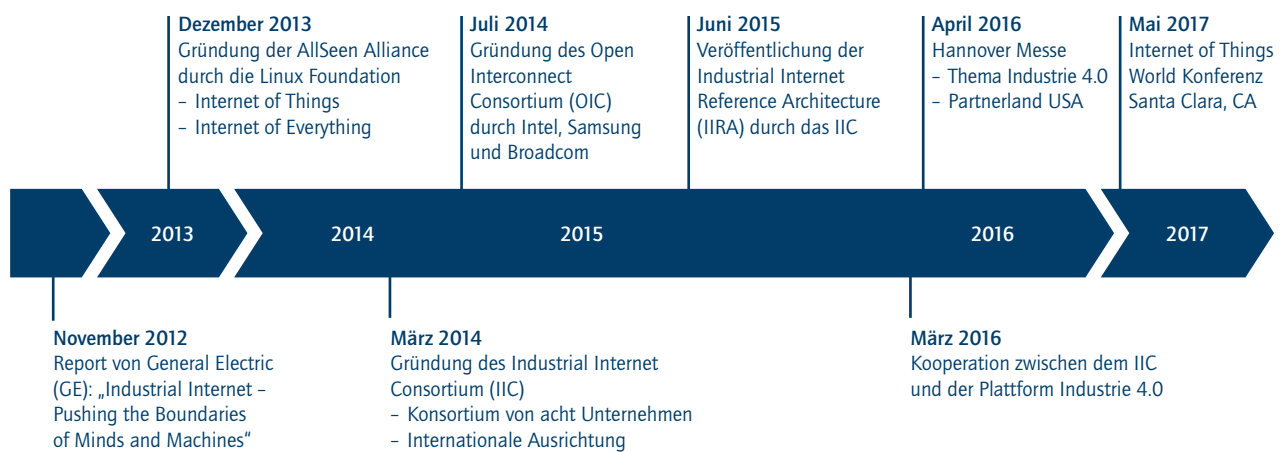


Abbildung 23: Meilensteine in der Entwicklung von Industrie 4.0 in den USA (Quelle: eigene Darstellung)

Herstellung von Interoperabilität der dafür fundamentalen neuen Produktionslogik und Fabrikarchitektur. Im Vergleich zu Deutschland zeigt sich hingegen ein verstärkter Fokus auf neue Geschäftsmodelle, welche sich aus Industrie 4.0 ergeben (zum Beispiel im Bereich Big Data Analytics). Besonders Firmen im Silicon Valley erhoffen sich durch den Übergang zu Industrie 4.0 Exportchancen bei Sensor- und Funktechnologien. Auf dem Markt für Industrie 4.0-Lösungen sind zudem global operierende Softwarekonzerne sowie Start-ups aus dem Bereich Internet of Things (IOT) verstärkt aktiv.

Die Marktgröße der USA sowie die internationale Ausrichtung der privatwirtschaftlichen Konsortien bergen die Gefahr, dass dort schnell „Quasi-Standards“ etabliert werden – und deutsche Unternehmen dadurch keine aktive Rolle bei der Standardisierung mehr spielen. Als potenzieller Kooperationspartner genießt Deutschland in den USA jedoch einen hohen Stellenwert.

Basis hierfür bildet ein Netzwerk aus über fünfzig bilateralen Kooperationsvereinbarungen zwischen Einzelinstitutionen. Es wird erwartet, dass das derzeitige „Patchwork“ an parallel entwickelten, anwenderspezifischen und proprietären Infrastrukturen langfristig durch kompatible Plattformen ersetzt wird. Deutschland kann dabei mit seiner starken industriellen Basis die Kompetenzen der USA im Internetbereich ergänzen – zumal Unternehmen wie SAP, Bosch, Siemens, Festo und ThyssenKrupp dort als wichtige Stakeholder wahrgenommen werden und sich zum Teil schon intensiv in entsprechenden Industrie 4.0-Organisationen engagieren. Ferner decken sich, trotz unterschiedlicher Vorgehensweisen, wesentliche Zielsetzungen der Plattform Industrie 4.0 und des IIC. Die vereinbarte Kooperation beider Organisationen hat insbesondere das Ziel, die Interoperabilität der unabhängig voneinander entwickelten Architekturmodelle RAMI (Referenzarchitekturmodell für Industrie 4.0) und IIRA (Industrial-Internet-Referenzarchitektur) zu gewährleisten.

Schlussfolgerungen für die USA

- **Handelsbeziehungen für Industrie 4.0 weiter ausbauen**
Die USA zählen zu den größten Abnehmern deutscher Waren und sind insbesondere für den deutschen Maschinenbau einer der wichtigsten Exportmärkte. Nach Jahren des Abbaus und der Auslagerung der produzierenden Industrie zeichnet sich in den USA ein Umdenken ab: Es wird erwartet, dass die verarbeitende Industrie zukünftig wieder verstärkt Produktionsstandorte in den USA nutzen wird.

Voraussetzung dafür ist es, die Innovations- und Wettbewerbsfähigkeit in den USA sicherzustellen. Deutschen Industrieausrüstern bieten sich damit gute Absatzchancen. Ziel ist es, sie als führende Anbieter von Industrie 4.0-Lösungen für die produzierende Industrie auf dem US-Markt zu etablieren. Grundlage hierfür ist die Weiterentwicklung der traditionell starken Wirtschaftsbeziehungen mit den USA sowie die Stärkung der Internationalisierungsaktivitäten des deutschen Mittelstands. Ein Aufbau politisch koordinierter Netzwerke ist zu forcieren.



- **Kontrolle über Industrie 4.0-Geschäftsmodelle nicht verlieren**

US-Unternehmen sind sehr stark in der Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle im Bereich Internet, Software und Service. Deutschland hat als Hochtechnologieanbieter seine Stärken traditionell im Maschinenbau. Beides ergänzt sich in vielen Bereichen. Insbesondere für deutsche Unternehmen sind Kooperationen aber auch mit Risiken verbunden: Sobald Geschäftsmodelle, Produkte und Dienstleistungen „digital“ werden, treten Software- und Internetfirmen potenziell als Wettbewerber zu traditionellen Unternehmen auf. Da datengetriebene Geschäftsmodelle in Zukunft einen bedeutenden Anteil an der Wertschöpfung haben werden, müssen deutsche Unternehmen verhindern, auf die Rolle des alleinigen Hardware- oder Technologieanbieters reduziert zu werden. Bei Kooperationen sollten Nutzen und Risiko – insbesondere im Hinblick auf das Teilen sensibler Unternehmens- und Nutzungsdaten mit großen Internet- und Softwareunternehmen – sorgfältig abgewogen werden. Deutsche Unternehmen sollten dabei ihre Rolle im zukünftigen Geschäftsmodell genau identifizieren und stets im Blick haben, ihr Geschäftsmodell auch langfristig nicht zu gefährden. Dazu ist es notwendig, Kooperationen im Bereich Industrie 4.0 in die langfristige Unternehmensstrategie einzubetten.

- **Den Blick auf Industrie 4.0-Plattformen richten**

Viele große US-Unternehmen arbeiten daran, Softwareplattformen für Industrie 4.0 beziehungsweise das Industrial Internet of Things zu entwickeln. Bereits etablierte Plattformen werden oftmals von einzelnen Unternehmen beherrscht. Für kleine und mittlere deutsche Unternehmen birgt dies langfristig die Gefahr, von der Entwicklung abgehängt und dazu gedrängt zu werden, Daten zur Verfügung stellen, ohne an den damit erzielten Gewinnen beteiligt zu werden. Um der deutschen, mittelständisch geprägten Unternehmensstruktur

gerecht zu werden, sollten branchenspezifische Plattformen entwickelt werden, die es ermöglichen, den großen Internetkonzernen auf Augenhöhe zu begegnen – und den KMU die Hoheit über die eigenen Daten sichern.

- **Aktives Ideen- und Talentmanagement betreiben**

Das amerikanische Vorgehen bezüglich Industrie 4.0 ist pragmatisch und umsetzungsorientiert, Ideen und Talente gelten häufig als noch wichtigere Erfolgsfaktoren als Technologie. Start-ups werden entsprechend großzügig mit Risikokapital ausgestattet. Da oftmals mehrere Start-ups gleichzeitig an der Lösung eines Problems arbeiten, fördert dies die Schnelligkeit der Umsetzung. Marktfähige Lösungen werden anschließend im US-Markt als De-facto-Standard umgesetzt. Die Fähigkeit internationaler Start-ups, etablierte Geschäftsmodelle zu revolutionieren, darf nicht unterschätzt werden.

Gleichzeitig besitzt die universitäre Forschungslandschaft in Deutschland ein großes Potenzial, Innovationen im Bereich Industrie 4.0 zu entwickeln. Deutsche Unternehmen sollten ein aktives Ideen- und Talentmanagement betreiben und ihre eigene Innovationskultur durch Kooperationen mit ausgewählten Partnern ergänzen, um eine dynamische Umgebung nach dem Vorbild der amerikanischen Start-up-Kultur zu etablieren. In Deutschland sind insbesondere hochschulnahe Inkubatoren dazu geeignet, praxisnahe und marktorientierte Industrie 4.0-Lösungen zu erarbeiten. Die Infrastruktur und Möglichkeiten zur Zusammenarbeit zwischen Forschung, etablierten Unternehmen und Start-ups sollte stärker gefördert werden; Unternehmen sollten strategische und langfristige Partnerschaften mit praxisnahen Forschungsinstituten anstreben. Um diese Entwicklung zu fördern, sollte aktiv auf die USA zugegangen werden und sollten Technologien aus Deutschland mit der Start-up-Kultur in den USA zusammengebracht werden.

3.4.6 Großbritannien



Zwischen den Jahren 2001 und 2012 ging im Vereinigten Königreich der Industrieanteil am Bruttoinlandsprodukt um über zwanzig Prozent zurück.⁵⁶ Immer mehr an Bedeutung gewonnen hat der Dienstleistungssektor, der gegenwärtig 79 Prozent des Bruttoinlandsprodukts ausmacht.⁵⁷ Dem Finanzsektor kommt hierbei eine besondere Bedeutung zu. Hinter dem britischen Engagement zur Entwicklung von Industrie 4.0 steht die Motivation, industrielle Wertschöpfung nach Großbritannien zurückzuholen und dem unsteten Finanzmarkt damit ein Rückgrat zu bieten. Eine sektoral und regional ausgewogenere Wirtschaftsstruktur soll helfen, die Folgen eines möglichen erneuten Wirtschaftseinbruchs infolge einer Finanzkrise zu lindern. Die Regierung betreibt dazu eine aktive Industrie-, Forschungs- und Exportförderpolitik. Insbesondere Nordengland soll durch die Ansiedlung von Industrien und Forschungszentren gestärkt werden.

Derzeit hat das produzierende Gewerbe einen Anteil von 14 Prozent am Bruttoinlandsprodukt.⁵⁸ Im Hinblick auf eine ansteigende Reindustrialisierung wird der Einsatz von Industrie 4.0-Lösungen als Chance begriffen, eine Produktion aus dem Ausland zurück zu verlagern („Reshoring“). Eine Digitalisierung der Produktion und die daraus resultierende Effizienzsteigerung sind unabdingbar, um im Industriesektor wettbewerbsfähig zu sein. Aus diesem Grund entstand im Rahmen eines nationalen Förderprogramms eine Strategie, die Großbritannien eine globale Führungsposition in Wissenschaft und Wirtschaft sichern soll.⁵⁹ Im Zuge dessen plant die Regierung, bis 2021 sechs Milliarden britische Pfund in die Wissenschaft zu investieren. Dafür identifizierten Politik, Wissenschaft und Wirtschaft acht chancenreiche Technologien („The 8 Great Technologies“) für Großbritannien. Sie werden durch den Ausbau eines Netzwerks von Elite-Technologie- und Innovationszentren (so genannten Catapults) gefördert. Stark in das Programm eingebunden ist die Innovationsagentur Innovate UK. Sie ist dem Department for Business Innovation & Skills unterstellt und finanziert, unterstützt und vernetzt innovative britische Unternehmen durch verschiedene Programme.

Insgesamt gilt in Großbritannien Deutschland als Vorreiter und großes Vorbild im Hinblick auf Industrie 4.0. Anders als dort

richten britische Unternehmen ihren Fokus jedoch hauptsächlich auf die Nutzung gebündelter Informationen über Kundenanforderungen und den Betriebszustand der Produktion sowie die Vernetzung mit Zulieferern – mit dem Ziel, flexibler und anpassungsfähiger zu reagieren.

Schlüsselkomponente der Strategie zur Förderung von Industrie 4.0 in Großbritannien sind die Catapults (siehe Tabelle 6). In diesen Forschungszentren können Unternehmen und Forschende gemeinsam daran arbeiten, den Reifegrad kritischer Technologien von einem universitären Entwicklungsstand zu einem qualifizierten System zu überführen, das nachweislich im Einsatzbereich funktioniert oder gar erfolgreich eingesetzt werden kann. Abbildung 24 zeigt die Einordnung der Catapults auf der Technologie-Reifegrad-Skala (Technology Readiness Level, TRL). Die Catapults schlagen dabei die Brücke zwischen Universitäten und der Industrie, damit Technologien mit hohem Potenzial nicht auf dem Weg zur Marktreife untergehen. Zu den weiteren Zielen der Catapults gehört es, Innovationsrisiken zu mindern, wirtschaftliche Entwicklung zu beschleunigen sowie ein nachhaltiges Wirtschaftswachstum und Beschäftigung zu schaffen. Insbesondere im Hinblick auf Industrie 4.0 liegen die Bedeutung und der Nutzen darin, innovative Lösungen in einer dedizierten Umgebung zu testen und anschaulich demonstrieren zu können. Die inhaltliche Ausrichtung der Innovationszentren ist stark industriegetrieben. Die Beteiligung führender britischer Universitäten stellt für politische Entscheidungsträger sicher, dass Staatsgeld im Sinne der Öffentlichkeit zukunftsorientiert eingesetzt wird.

Aktuell existieren zehn Catapults in Bereichen, die ein hohes globales Marktpotenzial bergen und daher vielversprechend für die wirtschaftliche Situation Großbritanniens sind. Vor allem die Catapults „High Value Manufacturing“ (ein Verbund aus sieben physischen Zentren), „Digital“ und „Satellite Applications“ sind in die Digitalisierung der britischen Fertigung involviert. Die Catapults bieten auch deutschen Unternehmen die Chance, mit Unterstützung der Forschung neue Ideen in marktfähige Konzepte überzuführen. Unternehmen wie Siemens, DMG Mori, Kuka und Bosch Rexroth sind bereits Mitglied im Manufacturing Technology Centre (MTC), einem Innovationszentrum des High Value Manufacturing Catapults.

56 | Vgl. Spath et al. 2013.

57 | Vgl. Auswärtiges Amt - Großbritannien - Wirtschaft 2016.

58 | Vgl. Hauser 2014.

59 | Vgl. HM Treasury 2014.

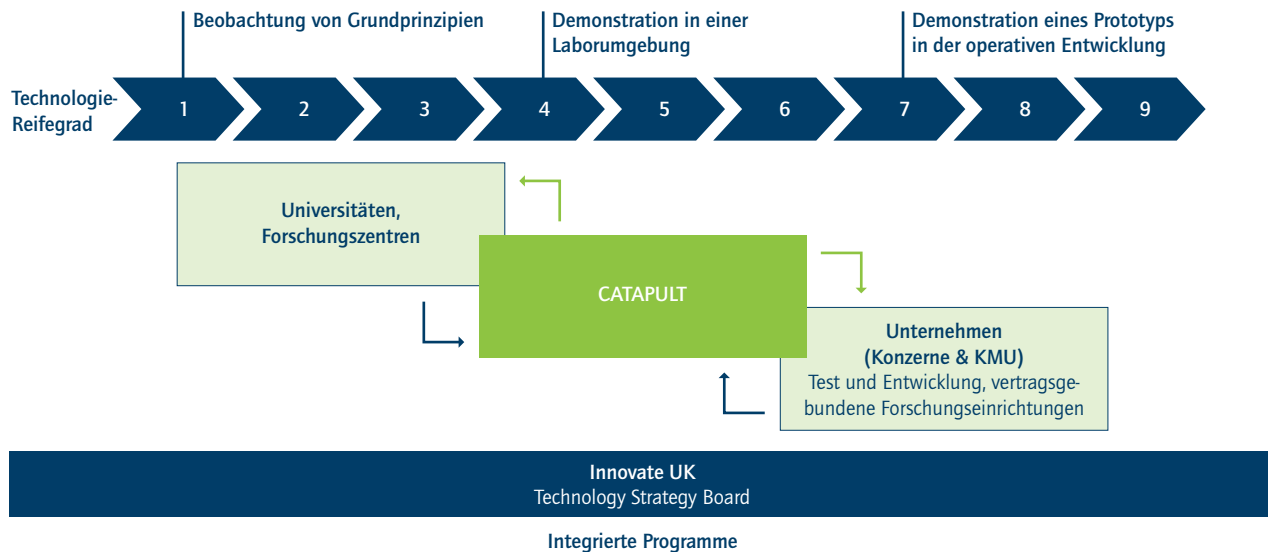


Abbildung 24: Einordnung der Catapults auf der Technologie-Reifegradskala (Quelle: Hauser 2014)

Initiative	Gebiet/Zielsetzung	Förderung
Catapult-Zentren	Innovation vorantreiben; Industrie 4.0 ist Teilthema	Staatlich
High Value Manufacturing (HVM)	Catapult-Zentrum für Digitalisierung in der Produktion, Schwerpunkt physische Aspekte	Staatlich
Satellite Applications	Catapult-Zentrum für Digitalisierung in der Produktion; Schwerpunkt IKT	Staatlich
Manufacturing Technology Centre (MTC)	Bestandteil des HVM-Catapult-Zentrums	Staatlich
Advanced Manufacturing Research Centre (AMRC)	Bestandteil des High-Value-Manufacturing-Catapult-Zentrums	Staatlich

Tabelle 6: Bedeutende Industrie 4.0-Initiativen in Großbritannien

Die zwei im Rahmen dieser Studie besuchten Catapults Advanced Manufacturing Research Centre (AMRC) und Manufacturing Technology Centre beherbergen zudem Ausbildungszentren auf ihrem Campus. Dort werden sowohl Graduierten- als auch Ausbildungsprogramme angeboten – mit dem Ziel, einem Fachkräftemangel in der Produktion entgegenzusteuern und die Entwicklung fortschrittlicher Technologien unmittelbar mit

der Qualifizierung der mit Konzeption, Umsetzung und Handhabung dieser Technologien beschäftigten Menschen zu koppeln. Zudem arbeiten die Ausbildungszentren an der Definition neuer Berufsbilder sowie der Aus- und Weiterbildung von Fachkräften („upskilling“). Eine Kooperation in diesem Bereich ist insofern ratsam, als neue Berufsbilder international kompatibel gestaltet werden sollten, um die zukünftige, länderübergreifende Zusammenarbeit zu begünstigen.

Mit ihrem Förderprogramm hat die britische Regierung einen wichtigen Schritt getan, um die vierte industrielle Revolution zu begleiten. Nun gilt es, die Ideen und Maßnahmen in der Industrie umzusetzen. Nach aktuellem Stand zeigen sich hier allerdings nur kleine Fortschritte. Vor allem für Zulieferer sind die Vorteile von Industrie 4.0 noch nicht greifbar, da hier Zukunftsdanken und der Wille zur Umrüstung fehlen. Originalausrüstungshersteller sehen zwar die Notwendigkeit von Industrie 4.0, sind mit der Umsetzung aber noch überfordert. Generell ist unter den britischen Unternehmen eine Risikoaversion zu erkennen, viele arbeiten mit sehr alten Maschinen. Auch wird deutlich, dass der Automatisierungsgrad längst nicht so weit fortgeschritten ist wie beispielsweise in Deutschland. Dadurch fehlt eine wichtige Grundlage zur Einführung von Industrie 4.0. Des Weiteren mangelt es an einer einheitlichen Vision sowie einem politischen Fahrplan. Aktuell arbeitet das Department of Business Innovation & Skills an einem Innovationsplan, der Großbritannien ein nationales Rahmenwerk liefern soll.

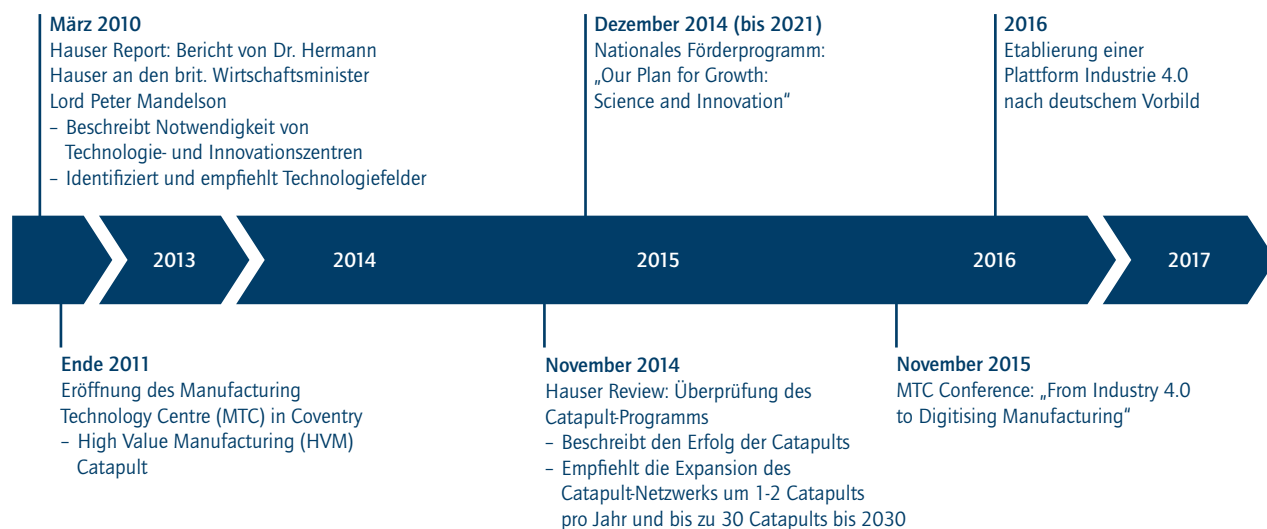


Abbildung 25: Meilensteine in der Entwicklung von Industrie 4.0 in Großbritannien (Quelle: eigene Darstellung)

Im Bereich der Standardisierung arbeitet die British Standards Institution (BSI) mit dem Deutschen Institut für Normung (DIN) beispielsweise in Form von Workshops zusammen. Falls es hier zur Einigung über bestimmte Standards kommt, besteht großes Potenzial für eine europaweite Durchsetzung. Derzeit herrscht noch Uneinigkeit darüber, inwieweit die britische Regierung in den Standardisierungsprozess eingebunden werden soll.

Die Stärken des Vereinigten Königreichs liegen im Bereich der Forschung und Bildung, insbesondere im Hinblick auf die renommierten Universitäten des Landes in Verbindung mit praxisnahen Forschungs- und Entwicklungseinrichtungen wie beispielsweise den Catapult-Zentren. In der Vergangenheit mangelte es jedoch an Zusammenarbeit und Kommerzialisierungsvermögen, um dieses Können erfolgreich an den Markt zu bringen. Auch im Softwarebereich konnte sich Großbritannien bereits gut etablieren.

Herausforderungen zeigen sich derzeit darin, die Ergebnisse der Forschung in Technologien umzusetzen und die Industrie zu Investitionen zu bewegen. Unternehmen erkennen oftmals keinen Mehrwert in der Aufrüstung zu Industrie 4.0. Hinzu kommt ein sehr starker nationaler Fokus. Kurzfristige Investmentrendite

steht weit über dem Verlangen, die Entwicklung von Industrie 4.0 auf einer globalen Ebene mitzugestalten.

Obwohl Deutschland und Großbritannien gegenwärtig noch auf verschiedenen Entwicklungsstufen arbeiten, erscheint eine Kooperation der beiden führenden europäischen Volkswirtschaften als sehr vielversprechend. Insbesondere über die Schaffung gemeinsamer Standards könnten die beiden Länder großen Einfluss auf den europäischen Markt nehmen. Hierfür sollten sich nicht nur Unternehmen, sondern auch Forschungseinrichtungen zusammenschließen. Vor allem eine Anknüpfung an die Arbeit in den Catapult-Zentren birgt großes Potenzial. Stärken bei Smart Services und E-Commerce-Lösungen erweitern den Fokus von Industrie 4.0 zudem auf eine verstärkte ökonomische Nutzung im Hinblick auf die Schaffung von „Connected Ecosystems“ in der Umgebung von Softwareplattformen und darauf aufbauenden datengetriebenen Geschäftsmodellen. Die etablierte und umfassende deutsch-britische Zusammenarbeit, die vorhandene Innovationslandschaft sowie der hohe Stellenwert der Digitalisierung von Fertigungsprozessen in der britischen Regierung ergeben zahlreiche Anknüpfungspunkte für Kooperationen.



Schlussfolgerungen für Großbritannien

▪ In bestehenden Innovationszentren (Catapults) mitarbeiten

Ein Netzwerk von Elite-Technologie- und Innovationszentren (Catapults) bildet die Schlüsselkomponente der britischen Innovationsstrategie: Diese sehr erfolgreichen Zentren bieten nur Forschung und Industrie die Möglichkeit, unter einem Dach zusammenarbeiten. Auch einzelne Unternehmen können hier kurzfristig zusammenkommen und Projekte in einer neutralen Umgebung vorantreiben. Einige deutsche Unternehmen sind bereits Mitglied in Catapults und kooperieren mit der Wissenschaft, um Ideen in marktfähige Konzepte zu überführen. Diesem Beispiel sollten weitere deutsche Unternehmen folgen und die Catapults als Testbeds für innovative Industrie 4.0-Lösungen sowie zur Kooperation mit anderen Unternehmen oder Forschungseinrichtungen nutzen.

▪ Produktionsferne Branchen für Know-how-Transfer beobachten

In den Bereichen Produktionsautomatisierung und Industrie 4.0 ist Deutschland weiter entwickelt als Großbritannien. Jedoch werden Vernetzung, Digitalisierung sowie dazu notwendige Basistechnologien auch in anderen Branchen

als der produzierenden Industrie vorangetrieben. Daher sollten Branchen beobachtet werden, die Ansätze von Industrie 4.0 außerhalb der Produktion anwenden und die Erkenntnisse auf die deutsche Industrie übertragen. Hierzu sollen relevante Branchen identifiziert werden wie zum Beispiel Smart Building und Smart Infrastructure, aber auch Alltagsautomatisierung. Ziel ist es, Technologien, Maßnahmen und Geschäftsmodelle zu erkennen, zu abstrahieren und auf die Produktion anzuwenden.

▪ Britische Dienstleistungskompetenz zur Entwicklung von Smart Services nutzen

Die deutsche Industrie versteht es, moderne Technologien einzusetzen, vernachlässigt es jedoch häufig, diese optimal zu kommerzialisieren. Eine mögliche Barriere sind bestehende Geschäftsmodelle. In Großbritannien, wo der Dienstleistungssektor fast achtzig Prozent des Bruttoinlandsproduktes ausmacht und einige der führenden europäischen Business Schools beheimatet sind, bieten sich nutzbringende Synergien. Deutsche Unternehmen und Forschende sollten mit führenden britischen Ökonomen kooperieren, um die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle und Smart Services voranzutreiben und innovative Industrie 4.0-Lösungen besser zu kommerzialisieren.

4 Fazit

Das Konzept von Industrie 4.0 hat sowohl in Deutschland als auch international eine innovationspolitische Dynamik entfaltet und dazu beigetragen, die Digitalisierung in der Industrie als Schlüsselinnovation für die Zukunft zu verstehen. Durch einen engen Austausch zwischen Unternehmen, Gewerkschaften, Verbänden, Wissenschaft und Politik konnte die Vision zunehmend konzeptualisiert, differenziert und operationalisiert werden. Die Plattform Industrie 4.0 wirkte maßgeblich dabei mit, die Operationalisierung des Zukunftsprojekts Industrie 4.0 zu institutionalisieren und als industriepolitisches Leitthema partei- und ressortübergreifend zu verankern.

Auf wirtschaftlicher und gesellschaftlicher Ebene wird Industrie 4.0 in Deutschland inzwischen mit Hochdruck verfolgt. Zahlreiche Unternehmen und ihre Beschäftigten nehmen die Herausforderungen der Digitalisierung an. In der Wissenschaft gingen aus den Zukunftsprojekten *Industrie 4.0* und *Smart Service Welt* Forschungsprogramme der Ministerien hervor. Die frühzeitige Einbindung der Gewerkschaften und Sozialpartner in die Industrie 4.0-Aktivitäten hat zudem zu einer weiteren Stärkung der Sozialpartnerschaft geführt. Mehrere Unternehmen in Deutschland haben in den vergangenen Jahren nach dem Vorbild von Industrie 4.0-Projekten wie der Smart Factory und der Lernfabrik weitere Fabriken sowie ein Netzwerk an Kompetenzzentren errichtet. Dadurch besitzt Deutschland im Bereich Industrie 4.0 gegenüber anderen Industrieländern gegenwärtig einen Vorsprung von rund zwei bis drei Jahren.

Für das Jahr 2030 wurde im Rahmen des Projekts *INBENZHAP* ein detailliertes Zielbild für Industrie 4.0 in Deutschland entwickelt. Die dabei skizzierte Vision, dass Mensch und Technik in Balance, der Staat sich wirksam engagiert und Deutschland als souveräner Global Player agiert, ist realisierbar, wenn die relevanten Akteure ihre Einflussmöglichkeiten nutzen und gemeinsame Schritte unternehmen. Angesichts der Aufholjagd bezüglich Normen, Standards und Geschäftsmodellen für Industrie 4.0 in den Industrieländern, die die vorliegende Studie in den Blick nimmt, sind jedoch spezifische Aktivitäten notwendig, um Industrie 4.0 in Deutschland dauerhaft zu einem Erfolg zu führen.

Handlungsfelder für Unternehmen

Deutsche Unternehmen aus den Branchen Maschinen- und Anlagenbau, Business-IT und Hochtechnologie genießen weltweit einen exzellenten Ruf. Um ihre starke Positionierung langfristig zu sichern und von den ökonomischen Chancen der Digitalisierung zu profitieren, sind sie gefordert, die weitere Entwicklung von Industrie 4.0 auf internationaler Ebene aktiv mitzugestalten.

Auf Produktseite sind dazu innovative technologische Lösungen für hochflexible Wertschöpfungsnetzwerke gefragt. Zugleich sollten sich deutsche Unternehmen – auch und in besonderem Maße Mittelständler – mit ihrer Expertise in die aktuellen, weltweit auf Hochtouren laufenden Bemühungen um die Entwicklung von Normen und Standards für Industrie 4.0-Anwendungen einbringen. Dazu nötig sind neue Formen der Kooperation, flankiert und unterstützt durch relevante Verbände und Organisationen sowie die Politik.

Große, oft multinational agierende Konzerne sollten im Bereich Industrie 4.0 keine Silolösungen vorantreiben. Dies bedeutet nicht, dass umfassende Produkte (zum Beispiel für Analysewerkzeuge von großen, in Industrie 3.0-Prozessen anfallenden Datenmengen) keinen wirtschaftlichen Stellenwert besitzen. Dieser lässt sich vielmehr erhöhen, wenn diese Produkte offene Schnittstellen für die Integration mit Lösungen verschiedener Anbieter bereitstellen.

Auf Standards beruhende Produkte können zudem den Marktzugang für KMU erleichtern. Mit modularen, umfassenden Produkten, die über offene Schnittstellen verfügen, können sie ihre eigenen Lösungen integrieren, ohne in ein „Verkäufer-Lock-in“ zu geraten. Dieser Ansatz hilft sowohl KMU, da sie in ausgewählten Bereichen spezialisierte Module vermarkten können, als auch Großunternehmen, da die Nutzung ihrer Produkte auf eine breite Basis gestellt wird.

Über die Mitarbeit in international relevanten Standardisierungsgremien erhalten große wie auch mittelständische deutsche Unternehmen Einblick in die aktuellen Industrie 4.0-Entwicklungen in anderen Ländern – und darüber die Möglichkeit, diese Märkte mit passenden technologischen Lösungen zu adressieren. Wertvolles Know-how können deutsche Unternehmen auch in gemeinsamen Projekten mit internationalen Partnern erwerben, etwa in Form von Testbeds, und dadurch direkt an einem Wissenstransfer partizipieren. Damit deutsche Maschinen- und Anlagebauer ihre traditionellen Stärken nicht einbüßen, sollten mittelständische Unternehmen die Entwicklung branchenspezifischer



Softwareplattformen für Industrie 4.0 forcieren. Netzeffekte können dadurch stärker genutzt werden, um internationalen Internetkonzernen auf Augenhöhe zu begegnen.

Wesentliche Innovationen für Industrie 4.0 stammen bereits heute von kleinen und mittleren Unternehmen. Um sich weltweit als Partner für Hochtechnologie zu positionieren, sollten sie in den wichtigen Industrieländern Präsenz zeigen. Kooperationen mit großen deutschen Unternehmen begrenzen die Risiken und eröffnen Zugang zu etablierten Netzwerken. Um internationale Märkte zu erschließen, sollten KMU eine „Huckepackstrategie“ mit Konzernen forcieren. Der Markteintritt kann sowohl direkt über international tätige Kunden erfolgen als auch indirekt über das Netzwerk der Partnerfirmen. Mittelständlern eröffnet dies die Möglichkeit, bereits etablierte Netzwerke vor Ort zu nutzen, informelle, marktrelevante Informationen zu erhalten und eine ressourcenschonende internationale Expansionsstrategie zu verfolgen.

Ziel muss es sein, die Innovationskraft – insbesondere von KMU – weiter zu erhöhen. Die betriebliche Innovationskultur ist dabei Grundlage für den langfristigen wirtschaftlichen Erfolg von Unternehmen. Stärken lässt sie sich durch ein aktives betriebliches Ideen- und Talentmanagement wie auch durch strategische Partnerschaften mit Start-ups und praxisnahen Forschungsinstituten. Eine hohe Dichte an wirtschaftlich miteinander verbundenen Akteuren innerhalb strategischer Partnernetzwerke ermöglicht kleinen und mittleren Firmen einen schnellen Zugang zu materiellen und informationellen Ressourcen sowie zu qualifizierten Beschäftigten.

Zudem sollten Unternehmen, die in plattformbasierten Industrie 4.0-Ökosystemen aktiv sind, eine frühzeitige Internationalisierung erwägen und sowohl nachhaltige, datengetriebene Geschäftsmodelle als auch notwendige Finanzierungsoptionen frühzeitig evaluieren. Bei der Entwicklung neuer Technologien sollten Unternehmen von Anfang an neue Geschäftsmodelle mitdenken – zumal diese zum Treiber von Standardisierung werden können. Die Etablierung von eigenen Plattformlösungen sowie der gezielte Aufbau von bereits etablierten Plattformen bilden gegenwärtig zwei grundlegende Strategien, um datengetriebene Industrie 4.0-Geschäftsmodelle zu skalieren.

Indem KMU in internationalen Innovationsnetzwerken und -zentren aktiv mitwirken, lässt sich ihre Innovationskraft durch den verbesserten Zugang zu Ressourcen – etwa Kooperationspartner, Mitarbeitende, Kapital und Netzwerke – steigern. Um die Potenziale der Innovationszentren umfassend auszuschöpfen, sollten über die dortigen Infrastrukturen gezielt geschäftliche Netzwerke in den Zielländern auf- und ausgebaut werden.

Handlungsfelder kompakt: Unternehmen

- Aktive Beteiligung an internationalen Aktivitäten zur Normung und Standardisierung
- Fokus auf Interoperabilität, modulare Produkte und offene Schnittstellen
- Mitwirkung an Testbeds und branchenspezifischen Integrationsplattformen
- „Huckepackstrategien“ zwischen KMU und Konzernen, um Ressourcen gemeinsam zu nutzen
- Neue Geschäftsmodelle bei der Entwicklung von Industrie 4.0-Technologien mitdenken
- Potenziale von Innovationszentren umfassend ausschöpfen

Handlungsfelder für Wissenschaft, Verbände und Initiativen

Für die Entwicklung von Technologien haben Verbände eine zentrale Bedeutung. In ihnen müssen vermehrt Großunternehmen wie auch KMU zu Fragen im Bereich Industrie 4.0 aktiv werden. Dabei gilt es zum einen klar abzugrenzen, welche Technologiebereiche Standardisierungsgegenstand sein sollen und welche für Unternehmen als originär und bewusst proprietär gelten.

Zum anderen sind Verbände gefragt, untereinander zu kooperieren – sowohl national als auch global. Diese Kooperationen müssen dauerhaft und agil sein, um der Dynamik von Industrie 4.0 gerecht zu werden. Deutsche Industrie 4.0-Konsortien sollten sich daher für internationale Partner und ihre Sichtweisen öffnen – und im Gegenzug ihr eigenes Verständnis von Industrie 4.0 bekannt machen, das auf die Ad-hoc-Vernetzung von intelligenten Maschinen, Produkten und Systemen fokussiert. Die Tiefe der flexiblen Kooperationen mit länderspezifischen und internationalen Industrie 4.0-Initiativen kann vom regelmäßigen Informationsaustausch bis hin zur gemeinsamen Entwicklung von Testbeds reichen, um die weltweite Wirkung der vierten industriellen Revolution abbilden zu können.

Dabei ist ein hohes Maß an Pragmatismus notwendig. Um im internationalen Wettrennen um anerkannte Industrie 4.0-Standards

nicht zurückzufallen, sollten sich deutsche Industrie 4.0-Konsortien schnell auf Betastandards für pragmatische Implementierung unternehmensübergreifender Lösungen einigen, da diese für Unternehmen Investitionssicherheit bieten und weitere Innovationsaktivitäten anstoßen. Generell empfiehlt sich eine duale Strategie: Deutschland sollte weiterhin ein ganzheitliches Industrie 4.0-Konzept mit der Entwicklung von Referenzarchitekturen, Standards und Normen anstreben. Daneben bedarf es aber auch pragmatischer Lösungen mit konkretem Nutzwert für Unternehmen und großer Außenwirkung. Ein Hauptaugenmerk sollte dabei auf einheitlichen Datenformaten und Interoperabilität liegen. Durch offene und konsensbasierte Prozesse, unter Einbeziehung einer Vielzahl an relevanten Akteuren, können qualitativ hochwertige Normen und Standards entwickelt werden.

Hilfreich hierfür ist es, branchenspezifische Arbeitsgruppen zu etablieren, welche die Entwicklung von marktfähigen Demonstratoren verfolgen. Auch bestehende Initiativen und Forschungsansätze sollten noch stärker aufzeigen, wie der Nutzen von Industrie 4.0 im unternehmerischen Kontext generiert wird.

Um insbesondere KMU zu unterstützen, gilt es den Aufbau von branchenspezifischen Softwareplattformen für Industrie 4.0 durch Organisationen und Verbänden zu flankieren. Dabei sollte der Fokus auf offen gestaltete Plattformlösungen gerichtet sein und Interoperabilität ermöglicht werden. Durch Anwendungsbeispiele und Showrooms können Verbände einen wichtigen Beitrag leisten, um Beschäftigte und Entscheidungsträger gezielt über technische Neuerungen und Vorteile von Industrie 4.0 zu informieren. Durch Visualisierung und Bereitstellung anschaulicher Artefakte zu den technologischen, organisatorischen und betriebswirtschaftlichen Möglichkeiten von Industrie 4.0 sollten KMU und Start-ups bei komplexen Investitionsentscheidungen zielgerichtet unterstützt werden.

Die Digitalisierung der Wirtschaft ruft neue Akteure auf den Plan. Verbände müssen daher vermehrt branchenübergreifende Dialogformate für innovative Start-ups und etablierte KMU initiieren, mit dem Ziel einer engeren und branchenübergreifenden Vernetzung. Eine breite Mischung aus jungen Akteuren sowie etablierten kleinen und großen Unternehmen kann die wertschöpfungsprozessübergreifenden Kooperationsanforderungen bei Industrie 4.0 entsprechend abbilden. Über Netzwerkveranstaltungen und den Zugang zu informellen Kontakten können Unternehmen zudem qualifizierte Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter rekrutieren, internationale Marktkenntnis und Zugang zu Kunden und Kooperationspartnern erhalten sowie stärker in digitale Ökosysteme eingebunden werden.

Inkubatoren können ein geeigneter Ort sein, um KMU und Konzerne mit Start-ups zusammenzuführen. Der weitere Aus- und Aufbau von bestehenden Inkubatoren im In- und Ausland ermöglicht es deutschen Unternehmen, erste Kontakte bei der Suche nach Kooperationspartnern zu knüpfen und ihre Netzwerke in den Zielländern gezielt zu erweitern. Insbesondere KMU sollten derartige Netzwerke nutzen, um von deren Innovationskraft zu profitieren.

Verbände und Organisationen sollten zudem einen wesentlichen Beitrag bei der branchenspezifischen Sensibilisierung von KMU gegenüber den notwendigen Transformationen durch Industrie 4.0 leisten. Ziel sollte es sein, die Unternehmen auf zukünftige Veränderungen bei Produkten, Geschäftsmodellen und Prozessen vorzubereiten sowie branchenspezifische Adaptionstrategien gemeinsam mit den Firmen zu entwickeln. Beratungsangebote, digitale Checkups sowie Referenzinstallationen können Unternehmen wertvolle Orientierungshilfen im komplexen Umfeld von Industrie 4.0 geben.

Handlungsfelder kompakt: Wissenschaft, Verbände und Initiativen

- Klare Definition der Technologiebereiche, die Standardisierungsgegenstand sein sollen
- Pragmatische Lösungsansätze mit konkretem Nutzwert für Unternehmen
- Offene, konsensbasierte Prozesse unter Einbeziehung einer Vielzahl an relevanten Akteuren
- Unterstützung beim Aufbau von branchenspezifischen Industrie 4.0-Softwareplattformen
- Aufzeigen der Vorteile von Industrie 4.0 durch Showrooms und Anwendungsbeispiele
- Orchestrierung von Beratungsangeboten, digitalen Checkups sowie Referenzinstallationen
- Branchenspezifische Sensibilisierung von KMU für notwendige Transformationen bei Industrie 4.0



Handlungsfelder für die Politik

Die Politik hat eine zentrale Rolle bei der Umsetzung der oben genannten Anforderungen. Über Strukturen nach dem Vorbild der Plattform Industrie 4.0 sollte sie darauf hinwirken, ein „Verkäufer-Lock-in“ zu verhindern und Großunternehmen zur Teilnahme an nationalen und internationalen Standardisierungsaktivitäten anregen. Ferner sollte sie KMU unterstützen, welche ohne entsprechende Förderung nicht in der Lage sind, Standards zu beeinflussen und so drohen, abhängig von Großunternehmen zu werden. Zudem ist es Aufgabe der Politik, Verbände zusammenbringen und notwendige Kooperationen in puncto Standardisierung zu forcieren. Dazu gehören auch eine gezielte Förderung von verbandsübergreifenden Aktivitäten sowie eine aktive Unterstützung von Standardisierungsorganisationen.

Als Risiko von Industrie 4.0 werten deutsche Unternehmen insbesondere die (mangelnde) Sicherheit ihrer Daten. Damit Kooperationen mit internationalen Partnern für sie attraktiv und ökonomisch erfolgreich sind, muss die deutsche Wirtschaftspolitik gemeinsam mit den Regierungen der Partnerländer einen verbindlichen Rechtsrahmen schaffen. Ziel muss sein, das geistige Eigentum und die Sicherheit der Daten zu schützen.

Der legislative Rahmen sollte dabei gezielt gemäß den neuen Anforderungen der vernetzten Industrie weiterentwickelt werden. Wesentliche Elemente des Datenrechts und Datenschutzes sind zu überprüfen und an die Anforderungen der digital vernetzten Ökonomie anzupassen. Die Schaffung von Rechtssicherheit für Anbieter, Nutzer und Kooperationspartner von Industrie 4.0-Lösungen sollte dabei im Fokus stehen. Das Recht auf Informations- und Datensouveränität muss dabei ebenso berücksichtigt werden wie notwendige Freiheitsgrade für die kommerzielle Umsetzung von datengetriebenen Geschäftsmodellen. Hierfür ist ein regulatorischer Dialog notwendig, in dessen Rahmen Industrie 4.0-Spezialisten gemeinsam mit Juristen an der Ausgestaltung eines zukunftsweisenden Rechtsrahmens beteiligt werden sollten.

Diesbezüglich ist auch das Querschnittsthema IT-Sicherheit ganzheitlich zu betrachten. Hierfür sind notwendige Kompetenzen weiter auszubauen. Anwendungsorientierte Test- und Analyse-labore können zudem insbesondere KMU den Zugang zu Prüfungsumgebungen für Sicherheitslösungen ermöglichen.

Um den digitalen Wandel in Deutschland zu beschleunigen, ist eine zukunftsweisende technische Infrastruktur notwendig, die

steigende Datenmengen und zunehmende Vernetzung antizipiert. Dazu zählen sowohl der Ausbau von leistungsstarken Hochgeschwindigkeitsnetzwerken, der Ausbau von intelligenten Netzen und die Digitalisierung analoger Infrastruktur. Nur durch derartige, politische Maßnahmen kann Industrie 4.0 nachhaltig ein Erfolg für die deutsche Wirtschaft werden.

Seine Hebelwirkung als Impulsgeber für datengetriebene Geschäftsmodelle kann der Staat nutzen, indem er öffentliche Daten an Unternehmen bereitstellt, die daraus innovative Geschäftsmodelle entwickeln. Davon profitieren können sowohl etablierte Unternehmen als auch Start-ups – und die Industrie 4.0-Gründerszene wird gestärkt.

Anstrengungen sind zudem notwendig bei der Weiterentwicklung der digitalen Ausbildung in Schulen, Berufsschulen, Betrieben, Universitäten und Fortbildungseinrichtungen. Durch Stimulierung und Bündelung von regionalen, nationalen und EU-weiten digitalen Kompetenzinitiativen sollten künftig notwendige digitale Fähigkeiten frühzeitig identifiziert und im Rahmen einer Weiterbildungs-Roadmap für Industrie 4.0 zusammengeführt werden.

Deutsche Unternehmen gelten auch im Bereich Industrie 4.0 international als bevorzugte Partner. Um die Absatzmöglichkeiten zu nutzen, müssen die Wirtschaftsbeziehungen zu wichtigen Industrieländern wie den USA, China, Japan, Südkorea und Großbritannien weiter ausgebaut werden. Mit dem Aufbau und der Stärkung von politisch koordinierten Wirtschaftsnetzwerken können insbesondere KMU beim Export ihrer Industrie 4.0-Technologien unterstützt werden. Die Zusammenführung von Ressourcen aus Industrie, Verbänden, Regionen und der EU ist dabei ein wesentlicher Katalysator, um die notwendige Entwicklung globaler Industrie 4.0-Standards zu beschleunigen.

Zudem können Leuchtturmprojekte einen wesentlichen Beitrag leisten, um relevante Akteure von Industrie 4.0 innerhalb der Regionen zusammenzuführen, Kompetenzen zu bündeln und die Sichtbarkeit des Standorts Deutschland bei Industrie 4.0 noch stärker zu erhöhen. Durch eine engere Einbindung von Wissenschaft, KMU und Konzernen in Inkubatoren und eine stärkere Vernetzung innerhalb bestehender Branchenagglomerationen sollten geeignete Rahmenbedingungen für die Entstehung digitaler Ökosysteme und innovativer Milieus im Bereich Industrie 4.0 weiterentwickelt werden.

Handlungsfelder kompakt: Politik

- Sichtbarkeit des Standorts Deutschland bei Industrie 4.0 durch Leuchtturmprojekte weiter erhöhen
- Unterstützung insbesondere von KMU bei Eintritt in die Plattformökonomie und Aufbau von digitalen Ökosystemen
- Anstoß eines regulatorischen Dialogs zum Aufbau eines verbindlichen Rechtsrahmens für Industrie 4.0: Recht auf Informations- und Datensouveränität ebenso berücksichtigen wie notwendige Freiheitsgrade für die kommerzielle Umsetzung von datengetriebenen Geschäftsmodellen
- Kontinuierliche Beobachtung der in einzelnen Industrie 4.0-Bereichen relevanten Standardisierungsorganisationen
- Ausbau einer zukunftsgerichteten IT-Infrastruktur
- Weiterer Ausbau notwendiger Kompetenzen im Querschnittsthema IT-Sicherheit
- Nutzung der Hebelwirkung des Staates als Impulsgeber für datengetriebene Geschäftsmodelle
- Identifikation von künftig notwendigen digitalen Fähigkeiten und Weiterentwicklung der Ausbildung

Gelingt es Deutschland, diese Herausforderungen aktiv zu meistern, kann der bestehende internationale Vorsprung weiter ausgebaut und Industrie 4.0 zu einem gesamtgesellschaftlichen Erfolg geführt werden. Indem Wirtschaft, Wissenschaft, Politik, Verbände und Gewerkschaften gemeinsam an der Vision

Industrie 4.0 festhalten und die Strategie schrittweise umsetzen, kann Deutschland als führender Produktionsstandort und zugleich als Industrieausrüster an Stärke gewinnen. Die Vision von vernetzter Produktion und produktionsnahen Dienstleistungen kann dadurch zu einer weltweiten Realität werden.



Literatur

AHK 2015

Deutsch-Koreanische Industrie- und Handelskammer (AHK): *KORUM - Korea | Unternehmen | Märkte* (KORUM Nr. 56), Seoul 2015.

AllSeen Alliance 2016

AllSeen Alliance: *The AllSeen Alliance Mission*. URL: <https://allseenalliance.org/alliance/our-mission> [Stand: 08.09.2016].

Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech 2015

Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech (Hrsg.): *Smart Service Welt - Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internet basierte Dienste für die Wirtschaft*. Abschlussbericht, Berlin 2015.

Auswärtiges Amt 2016

Auswärtiges Amt: *Großbritannien - Wirtschaft*, 2016. URL: http://www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/Grossbritannien/Wirtschaft_node.html [Stand: 08.09.2016].

Auswärtiges Amt: *USA - Wirtschaft*, 2016. URL: http://www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/USA/Wirtschaft_node.html [Stand: 21.09.2016].

Auswärtiges Amt: *China - Wirtschaft*, 2016. URL: http://www.auswaertiges-amt.de/DE/Aussenpolitik/Laender/Laenderinfos/China/Wirtschaft_node.html [Stand: 21.09.2016].

BMWi/BMBF 2014

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie/Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMWi/BMBF): *Plattform Industrie 4.0*, 2014. URL: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Home/home.html>. [Stand: 21.09.2016].

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie/Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMWi/BMBF): *Plattform Industrie 4.0-Whitepaper FuE-Themen Industrie 4.0*, 2014. URL: <http://www.zvei.org/Downloads/Automation/Whitepaper-I40-FuE-Themen-2015-04.pdf> [Stand: 21.09.2016].

Buxmann et al. 2011

Buxmann, P./Diefenbach H./Hess, T.: *Die Softwareindustrie: Ökonomische Prinzipien, Strategien, Perspektiven*, Berlin: Springer Verlag 2011.

DIN e. V./DKE 2015

DIN e. V. (Hrsg.)/Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE): *Deutsche Normungs-Roadmap, Industrie 4.0* (DIN/DKE - Roadmap, Version 2), Berlin/Frankfurt am Main 2015.

DKE 2016

Deutsche Kommission Elektrotechnik Elektronik Informationstechnik (DKE). URL: <http://www.dke.de/Normen-Industrie40> [Stand: 21.09.2016].

e-F@ctory Alliance 2016

e-F@ctory Alliance: *About e-F@ctory*. URL: <http://www.e-factory-alliance.com/about.php> [Stand: 21.09.2016].

Europäische Kommission 2015

Europäische Kommission: *AIOTI Recommendations for Future Collaborative Work in the Context of the Internet of Things Focus Area in Horizon 2020*, 2015. URL: <https://ec.europa.eu/digital-single-market/en/news/aioti-recommendations-future-collaborative-work-context-internet-things-focus-area-horizon-2020> [Stand: 08.09.2016].

Forschungsunion/acatech 2013

Forschungsunion/acatech (Hrsg.): *Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0* (Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0), Berlin/Frankfurt am Main 2013.

Fraunhofer IAO 2015

Fraunhofer IAO: *Patentanalyse des Fraunhofer IAO zeigt Chinas Vorsprung im Bereich Industrie 4.0* (Pressemitteilung vom 30.03.2015). URL: <http://www.iao.fraunhofer.de/lang-de/ueberuns/presse-und-medien/1585-industrie-4-0-china-auf-der-ueberholspur.html> [Stand: 21.09.2016].

Gausemeier/Klocke 2016

Gausemeier, J./Klocke, F.: *Industrie 4.0 - Internationaler Benchmark, Zukunftsoption und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung*, Paderborn/Aachen 2016.

GSMA 2015

GSM Association: *How China is Scaling the Internet of Things*, Shanghai 2015.

Hauser 2014

Hauser, H.: *Review of the Catapult Network – Recommendations on the Future Shape, Scope and Ambition of the Programme*, London: Crown 2014.

Hildebrandt et al. 2015

Hildebrandt, A./Jäckle, S./Wolf, F./Heindl, A.: *Methodologie, Methoden, Forschungsdesign*, Wiesbaden 2015.

HM Treasury 2014

HM Treasury: *Our Plan for Growth: Science and Innovation*, London: Crown 2014.

Industrial Internet Consortium 2015

Industrial Internet Consortium (IIC): *About Us*. URL: <http://www.iiconsortium.org/aboutus.htm> [Stand: 08.09.2016].

IoT Acceleration Consortium 2016

IoT Acceleration Consortium: *IoT Acceleration Consortium*. URL: <http://www.iotac.jp/en/> [Stand: 21.09.2016].

Industrial Value Chain Initiative 2016

Industrial Value Chain Initiative (IVI): *What is IVI?*. URL: <https://iv-i.org/en/whats.html> [Stand: 21.09.2016].

Japan Industry News 2016

Internet of Things in Japan 2016. URL: <https://www.japanindustrynews.com/2016/04/internet-things-japan-quietly-systematically-plowing-ahead> [Stand: 21.09.2016].

KATS 2016

Korean Agency for Technology and Standards. URL: <http://www.kats.go.kr/en/main.do#> [Stand: 21.09.2016].

Konrad-Adenauer-Stiftung 2013

Konrad-Adenauer-Stiftung – Auslandsbüro Korea (Fachkonferenz: Koreanische „Hidden Champions“ fördern: Was lässt sich aus deutschen Erfahrungen lernen? Seoul, 12.04.2013). URL: <http://www.kas.de/korea/de/publications/34174> [Stand: 21.09.2016].

MSIP 2014

Ministry of Science and Future Planning (MSIP) (Hrsg.): *Annual Report on the Promotion of the Korean ICT Industry*, Seoul 2014.

OCF 2016

Open Connectivity Foundation (OCF), 2016. URL: <http://openconnectivity.org/> [Stand: 21.09.2016].

PCAST 2014

President's Council of Advisors on Science and Technology (PCAST): *Report to the President Accelerating U.S. Advanced Manufacturing*, 2014. URL: https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20_report_final.pdf [Stand: 08.09.2016].

Picot et al. 2003

Picot, A./Reichwald, R./Wigand, R.T.: *Die grenzenlose Unternehmung: Information, Organisation und Management*. Lehrbuch zur Unternehmensführung im Informationszeitalter, Wiesbaden: Gabler Verlag 2003.

Plattform Industrie 4.0 2016

Plattform Industrie 4.0. URL: <http://www.plattform-i40.de/I40/Navigation/DE/Industrie40/industrie40.html> [Stand: 21.09.2016].

Plattform Industrie 4.0: *Deutsche Industrie startet Normungsinitiative für Industrie 4.0* (Pressemitteilung vom 21.04.2016). URL: <http://www.dke.de/de/Wirueberuns/MitteilenderDKE/Geschaefststelle/2016/documents/plattform-industrie-40-gruendung-council-pressemitteilung.pdf> [Stand: 21.09.2016].

Plattform Industrie 4.0: *Plattform Industrie 4.0 und das Industrial Internet Consortium vereinbaren Kooperation* (Pressemitteilung vom 02.03.2016). URL: <https://www.plattform-i40.de/I40/Redaktion/DE/Pressemitteilungen/2016/2016-03-02-kooperation-iic.html> [Stand: 21.09.2016].

Regierung der Volksrepublik China 2016

Regierung der Volksrepublik China: *Made in China 2025*. URL: http://english.gov.cn/policies/latest_releases/2015/05/19/content_281475110703534.htm [Stand: 21.09.2016].

Robot Revolution Initiative 2016

Robot Revolution Initiative (RRI). URL: <https://www.jmfrri.gr.jp/english/> [Stand: 21.09.2016].

Scheer 2013

Scheer, A.-W. (Hrsg.): *Industrie 4.0 – Wie sehen Produktionsprozesse im Jahr 2020 aus?*, IMC E-Book 2013.

**Shapiro/Varian 1999**

Shapiro, C./Varian, H.: *Information Rules: A Strategic Guide to the Network Economy*, Boston, MA: Harvard Business School Press 1999.

Spath 2013

Spath, D. (Hrsg.)/Ganschar, O./Gerlach, S./Hämmerle, M./Krause, T./Schlund, S.: *Produktionsarbeit der Zukunft – Industrie 4.0* (Fraunhofer Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO), Stuttgart 2013.

Startup Korea 2016

Startup Korea. URL: <https://www.startupkorea.com/about/> [Stand: 21.09.2016].

Statista 2016

Statista. URL: <http://de.statista.com/statistik/daten/studie/37088/umfrage/anteile-der-wirtschaftssektoren-am-bip-ausgewaehlter-laender/> [Stand: 21.09.2016].

Statistisches Bundesamt 2016

Statistisches Bundesamt. URL: <https://www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/LaenderRegionen/Internationales/Land/Amerika/VereinigteStaatenvonAmerika.html> [Stand: 08.09.2016].

VDI/VDE/ZVEI 2015

VDI/VDE-Gesellschaft, Mess- und Automatisierungstechnik/ZVEI-Zentralverband Elektrotechnik und Elektroindustrie e.V.: *Reference Architecture Model, Industrie 4.0 (RAMI4) Status Report*, Düsseldorf/Frankfurt am Main 2015.

Woetzel et al. 2014

Woetzel, J./Orr, G./Lau, A./Chen, Y./Chang, E./Seong, J./Chui, M./Qiu, A. McKinsey & Company – McKinsey Global Institute (Hrsg.): *China's Digital Transformation: The Internet's Impact on Productivity and Growth*, Shanghai 2014.

Wübbecke/Conrad 2015

Wübbecke, J./Conrad, B.: „Industrie 4.0: Deutsche Technologie für Chinas industrielle Aufholjagd?“. In: Mercator Institute for China Studies (Hrsg): *China Monitor*, 23. Berlin 2015.

Zerdick et al. 2002

Zerdick, A./Picot, A./Scharpe, K./Artope, A./Goldhammer, K./Heger, D.K./Lange, U.T./Vierkant, E./Lopez-Escobar, E./Silverstone, R.: *Die Internet-Ökonomie. Strategien für die digitale Wirtschaft*, Berlin 2002.



acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

acatech vertritt die deutschen Technikwissenschaften im In- und Ausland in selbstbestimmter, unabhängiger und gemeinwohlorientierter Weise. Als Arbeitsakademie berät acatech Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Darüber hinaus hat es sich acatech zum Ziel gesetzt, den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu unterstützen und den technikwissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Zu den Mitgliedern der Akademie zählen herausragende Wissenschaftler aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen. acatech finanziert sich durch eine institutionelle Förderung von Bund und Ländern sowie durch Spenden und projektbezogene Drittmittel. Um den Diskurs über technischen Fortschritt in Deutschland zu fördern und das Potenzial zukunftsweisender Technologien für Wirtschaft und Gesellschaft darzustellen, veranstaltet acatech Symposien, Foren, Podiumsdiskussionen und Workshops. Mit Studien, Empfehlungen und Stellungnahmen wendet sich acatech an die Öffentlichkeit. acatech besteht aus drei Organen: Die Mitglieder der Akademie sind in der Mitgliederversammlung organisiert; das Präsidium, das von den Mitgliedern und Senatoren der Akademie bestimmt wird, lenkt die Arbeit; ein Senat mit namhaften Persönlichkeiten vor allem aus der Industrie, aus der Wissenschaft und aus der Politik berät acatech in Fragen der strategischen Ausrichtung und sorgt für den Austausch mit der Wirtschaft und anderen Wissenschaftsorganisationen in Deutschland. Die Geschäftsstelle von acatech befindet sich in München; zudem ist acatech mit einem Hauptstadtbüro in Berlin und einem Büro in Brüssel vertreten.

Weitere Informationen unter www.acatech.de

**Herausgeber:****Prof. Dr. Dr.-Ing. E. h. Henning Kagermann**

acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften
Pariser Platz 4a
10117 Berlin

Prof. Dr.-Ing. Reiner Anderl

Fachgebiet Datenverarbeitung in der Konstruktion (DiK)
Technische Universität Darmstadt
Otto-Berndt-Straße 2
64287 Darmstadt

Prof. Dr.-Ing. Jürgen Gausemeier

Heinz Nixdorf Institut
Universität Paderborn
Fürstenallee 11
33102 Paderborn

Prof. Dr.-Ing. Günther Schuh

Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen
Steinbachstraße 19
52074 Aachen

Prof. Dr. Dr. h.c. mult. Wolfgang Wahlster

Deutsches Forschungszentrum für
Künstliche Intelligenz GmbH
Stuhlsatzenhausweg 3
66123 Saarbrücken

Reihenherausgeber:**acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, 2016**

Geschäftsstelle
Karolinenplatz 4
80333 München
T +49 (0)89/52 03 09-0
F +49 (0)89/52 03 09-900

Hauptstadtbüro
Pariser Platz 4a
10117 Berlin
T +49 (0)30/2 06 30 96-0
F +49 (0)30/2 06 30 96-11

Brüssel-Büro
Rue d'Egmont/Egmontstraat 13
1000 Brüssel (Belgien)
T +32 (0)2/2 13 81-80
F +32 (0)2/2 13 81-89

info@acatech.de
www.acatech.de

Empfohlene Zitierweise:

Kagermann, H./Anderl, R./Gausemeier, J./Schuh, G./Wahlster, W. (Hrsg.): *Industrie 4.0 im globalen Kontext: Strategien der Zusammenarbeit mit internationalen Partnern* (acatech STUDIE), München: Herbert Utz Verlag 2016.

ISSN 2192-6174/ISBN 978-3-8316-4500-8

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.d-nb.de> abrufbar.

Dieses Werk ist urheberrechtlich geschützt. Die dadurch begründeten Rechte, insbesondere die der Übersetzung, des Nachdrucks, der Entnahme von Abbildungen, der Wiedergabe auf fotomechanischem oder ähnlichem Wege und der Speicherung in Datenverarbeitungsanlagen bleiben – auch bei nur auszugsweiser Verwendung – vorbehalten.

Copyright © Herbert Utz Verlag GmbH • 2016

Koordination: Dr. Alexander Werbik, Dr. Johannes Winter
Redaktion: Birgit Obermeier, Alexander Gehling, Martin Pucher
Layout-Konzeption: Groothuis, Hamburg
Titel-Illustration: Heyko Stöber
Konvertierung und Satz: Fraunhofer IAIS, Sankt Augustin

Printed in EC

Herbert Utz Verlag GmbH, München

Die Originalfassung der Publikation ist verfügbar auf www.utzverlag.de

