

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 technikwissenschaftlichen 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 Lenkungsreis 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 Fokusfelder 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 Fokusländern 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 „Winnertakes-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 Technologie-lücken 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

3 | Vgl. Buxmann et al. 2011.



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 Bedarfswelder 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