



Industrie 4.0

Die Zukunft der industriellen Zusammenarbeit
zwischen Deutschland und Indien

Industrie 4.0

Die Zukunft der industriellen Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Indien

Dr. Bernhard Holtkamp (Fraunhofer-Institut für Software- und Systemtechnik ISST)
und Anandi Iyer (Fraunhofer Büro, Indien)

Inhaltsverzeichnis

Zusammenfassung	5
1 Potenzielle Bereiche der Zusammenarbeit in Industrie 4.0	7
1.1 <i>Industrie 4.0 – Technische Perspektive</i>	8
1.2 <i>Bereiche möglicher Zusammenarbeit</i>	10
1.3 <i>Fallstudien</i>	14
1.4 <i>Wie kann eine Zusammenarbeit gestaltet werden?</i>	15
2 Die soziale Wirkung von Industrie 4.0	18
2.1 <i>Auswirkungen auf Deutschland</i>	18
2.2 <i>Auswirkungen auf Indien</i>	19
3 Bestehende Kooperationen und Verbesserungspotenzial	20
3.1 <i>Bestehende Zusammenarbeit</i>	20
3.2 <i>Aktuelle Umfragen zu Industrie 4.0: Wir brauchen mehr Bewusstsein</i>	21
3.3 <i>Konkrete Herausforderungen für die indische Industrie</i>	22
4 Handlungsempfehlungen	24
4.1 <i>Empfehlungen für die Industrie</i>	25
4.2 <i>Empfehlungen für die Regierungen</i>	26
5 Fazit	28
<i>Endnoten</i>	29
<i>Abbildungsverzeichnis</i>	32
<i>Quellen</i>	33
<i>Abkürzungen</i>	34

Zusammenfassung

Industrie 4.0 kann als die vierte industrielle Revolution bezeichnet werden – ein Megatrend, der jedes Unternehmen der Welt beeinflusst. Industrie 4.0 vergegenwärtigt die Verbindungen und die Zusammenarbeit zwischen Menschen, Produkten und Maschinen innerhalb und zwischen Unternehmen.

Warum ist Industrie 4.0 eine hervorragende Plattform für die industrielle Zusammenarbeit zwischen Indien und Deutschland? Die Antwort liegt in ökonomischen und sozialen Faktoren. Beide Länder haben Stärken und Schwächen, und die strategische Zusammenarbeit unter Berücksichtigung der Prinzipien von Industrie 4.0 kann beiden dabei helfen, ihre Industrieproduktion sowie das Bruttoinlandsprodukt zu steigern und ihr Humankapital optimal zu nutzen.

Als ein Schwergewicht auf dem Gebiet der Produktion und des Maschinenexports nimmt Deutschland eine führende Rolle bei der Entwicklung und Anwendung der Industrie 4.0-Konzepte und -Technologien ein. Allerdings ist der deutsche IT-Sektor, der sich derzeit aus 800.000 Angestellten zusammensetzt, nicht ausreichend. Er braucht mehr Fachkräfte, um sein volles Potenzial erreichen zu können. Indien jedoch ist weltweit führend im IT-Bereich und bei der Geschäftsprozessauslagerung. Diese Fakten sprechen deutlich für die Notwendigkeit einer Industrie-4.0-basierten Zusammenarbeit zwischen Deutschland und Indien.

Wie funktioniert nun Industrie 4.0? Zuerst betrachten wir die technische Perspektive – die vertikale und horizontale Integration von Industrie 4.0-Prinzipien in Unternehmen. Die vertikale Integration bezieht sich auf Abläufe in sogenannten Smart Factories (auch: intelligente Fabriken), die horizontale Integration hingegen auf intelligente Wertschöpfungsketten verschiedener Unternehmen.

Im zweiten Schritt betrachten wir die Produktion, die Chemieindustrie und den IT-Sektor als potenzielle Anwendungsgebiete für eine Zusammenarbeit zwischen den beiden Ländern. Anhand von Fallstudien werden Vorteile im Zusammenhang mit der Anwendung Industrie 4.0 aufgezeigt. Potenzielle Formen einer Zusammenarbeit werden neben verschiedenen Formen von Wertschöpfungsketten und im Hinblick auf die Fähigkeit eines Unternehmens, einen Industrie-4.0-Status zu erreichen, besprochen.

Wir analysieren die soziale Wirkung von Industrie 4.0 auf Indien und Deutschland und stellen fest, dass sie in den kommenden Jahren sehr gut funktionieren könnte. Deutschland könnte den Arbeitskräftemangel durch Automation ausgleichen. Dies würde zu einer hohen Produktivität und somit zu einem Anstieg des Bruttoinlandsproduktes führen.

Indien hingegen hat einen wachsenden Arbeitsmarkt, auf den jedes Jahr zehn Millionen Arbeitskräfte strömen. Angesichts der Tatsache, dass der Produktionssektor bis 2023 in puncto Effektivität und Kosten auf dem gleichen Niveau wie in Europa sein wird, wird der Druck auf Indiens Arbeitskräfte weiter ansteigen. Sogar der robuste IT-Sektor wird aufgrund der zunehmenden Automation einen Abbau von Stellen verschmerzen müssen. Die schnelle Entwicklung von Technologien – etwa durch das Internet der Dinge (IoT) oder durch Vernetzung über das Low Power Wide Area Network (LPWAN) – macht die Ausbildung und Umschulung von Arbeitskräften unerlässlich, um „smarte“ Produktion voranzutreiben.

Indien und Deutschland haben bisher auf drei Ebenen kooperiert, die für Industrie 4.0 relevant sind: Industrie, Regierung und Forschung. Wie können diese Bereiche weiter ausgebaut und vorangetrieben werden?

Die beiden Länder haben eine lange Handelsgeschichte. Die deutsch-indische Handelskammer (IGCC) ist die größte Handelskammer ihrer Art in Indien und die größte deutsche Handelskammer weltweit. Der VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau), der größte Industrieverband in Europa, unterhält Büros in Indien. Indische Hauptakteure im IT-Sektor hingegen haben Tochtergesellschaften in Deutschland und kooperieren mit deutschen Unternehmen im Bereich Industrie 4.0.

Indien hat die "Make in India"-Initiative gestartet sowie die Kampagne „Make in India Mittelstand! (MIIM)". Die indische Regierung unterstützt auch Initiativen für smarte Produktion im großen Stil. Kompetenzzentren werden mit Unterstützung durch industrielle und akademische Gremien gegründet.

Deutschland und Indien haben auch eine lange Tradition der Forschungszusammenarbeit. Deutschland ist Indiens zweitwichtigster wissenschaftlicher Kooperationspartner, und indische Studenten stellen die drittgrößte Gruppe ausländischer Studenten in Deutschland dar. Deutsche Organisationen und Institutionen, wie der Deutsche Akademische Austauschdienst oder die Deutschen Wissenschafts- und Innovationshäuser (DWIH), arbeiten daran, die Verbindungen zwischen wissenschaftlichen Gemeinschaften der beiden Länder sowie deren akademischer Welt und Industrie zu verbessern.

Was hindert Industrie 4.0 daran, eine noch weiter verbreitete Technologie zu werden? Aktuelle Umfragen in Deutschland und Indien zeigen, dass das Bewusstsein über Industrie 4.0 nach wie vor gering ist, insbesondere bei kleinen und mittelgroßen produzierenden Unternehmen. IT-Unternehmen hingegen sind besser informiert.

Es gibt eine große Nachfrage nach Unterstützung im Bereich maßgeschneiderter Lösungen wie Informationen zu Fallstudien, die Bereitschaft, an Industrie-4.0-Pilotprojekten teilzunehmen sowie Interesse, sich an der Plattform und Networking-Aktivitäten zu beteiligen. Ähnliche Antworten haben wir bei Workshops, die das Fraunhofer Büro Indien mit Industrie-4.0-Interessenvertretern im Juni 2017 in Bangalore und Pune organisiert hat, sowie in einer Online-Umfrage erhalten.

Was kann getan werden, um die genannten Punkte voranzutreiben? Beide Länder sollten ihre Bemühungen verstärken, mehr allgemeines Bewusstsein für Industrie-4.0 zu schaffen, besonders bei kleinen und mittelgroßen Unternehmen. Deutschland sollte sich außerdem mehr dafür einsetzen, dass seine Industrie-4.0-Technologie auf dem indischen Markt vorgestellt wird. Indiens IT-Riesen hingegen sollten ihre Industrie-4.0-Angebote sichtbarer für den deutschen Markt gestalten.

Die Regierung sollte den Aufbau gemeinsamer Industrie-4.0-Kooperationsplattformen, Kompetenzzentren und Gründerzentren unterstützen, um die Verbreitung von Wissen und Technologie zu verbessern.

Auf akademischer Ebene sollten gemeinsame Forschungsprogramme und Austauschprogramme aufgebaut werden, um die Qualifikation von Arbeitskräften in der Anwendung von Industrie-4.0-Methoden und -Technologien zu fördern.

1 Potenzielle Bereiche der Zusammenarbeit in Industrie 4.0

Die Welt wird derzeit Zeuge von Industrie 4.0, der vierten industriellen Revolution. Die erste fand im 18. Jahrhundert mit der Einführung mechanischer Webstühle statt. Die zweite zwischen dem 19. und 20. Jahrhundert war durch Massenproduktion und die Nutzung elektrischer Förderbänder gekennzeichnet. Die dritte folgte in den 1970er-Jahren mit der Automatisierung der Produktion unter Einsatz von Informationstechnologie und Computersteuerung.

Die jetzige industrielle Revolution begann am Anfang dieses Jahrtausends mit der Einführung von Produktionsüberwachung und Automation sowie dem Einsatz cyber-physikalischer Systeme, dem Internet der Dinge (Internet of Things) und dem Internet der Dienste (Internet of Services). Die Digitalisierung ermöglicht dabei eine firmen- und branchenübergreifende Integration von Prozessen und Systemen.

In Deutschland wurde der Begriff Industrie 4.0 im Jahr 2011 eingeführt, um die Industrie des Landes zu stärken. Die deutsche Regierung finanzierte die Initiative, die das Rückgrat einer Digitalisierungsstrategie bilden sollte. Ihre Philosophie lautet: "Herstellungssysteme sind vertikal mit betriebswirtschaftlichen Pro-

zessen innerhalb von Fabriken und Unternehmen vernetzt und horizontal mit verteilten, in Echtzeit steuerbaren Wertschöpfungsnetzwerken verknüpft – von der Bestellung bis zur Ausgangslogistik" [KaWH13].

Leider wird Industrie 4.0 eher als ein Marketingbegriff als ein wissenschaftliches Konzept oder Paradigma angewendet.

Allerdings ist Digitalisierung ein globaler Trend. Andere Ökonomien haben andere Begriffe geschaffen, um ähnliche Entwicklungen zu beschreiben. Das US-amerikanische Unternehmen General Electric initiierte die Industrial Internet Initiative [EvAn12], die von der US-amerikanischen Regierung und dem Industrial Internet Consortium¹ aufgegriffen wurde. Ziel der Initiative ist es, Standards für horizontale und vertikale Integration von Prozessen zu etablieren. China nennt sein Industrie-4.0-Konzept „Made in China 2025“.²

Als ein globaler Industrieführer ist Deutschland in einer Spitzenposition, wenn es darum geht, die besten Industrie-4.0.-Lösungen anzuwenden. Deutschland ist die größte Wirtschaftsmacht in Europa und im weltweiten Vergleich liegt das Bruttoinlandsprodukt an

GRAFIK 1 Meilensteine industrieller Prozessautomation



fünfter Stelle, direkt hinter China, USA, Indien und Japan³. Mehr als die Hälfte des deutschen Bruttoinlandsprodukts kommt aus industrieller Produktion und produktionsbezogenen Dienstleistungen. Außerdem ist Deutschland führend in vielen digitalen Innovationen auf dem Gebiet der Produktionstechnologie [BMWi16].

Angesichts der Tatsache, dass Industrie 4.0 größtenteils IT-gesteuert ist, sind die 800.000 Angestellten in Deutschlands IT-Sektor⁴ jedoch nicht ausreichend.

Indien hingegen, als das zweitgrößte Land der Welt mit einer Bevölkerung von mehr als 1,2 Milliarden Menschen, muss seinen industriellen Sektor stärken, um seine Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern, gesteckte Wachstumsziele zu erreichen und um Arbeitsplätze für die zehn Millionen jungen Menschen zu schaffen, die jährlich in den Arbeitsmarkt eintreten. Indien hat den Vorteil, dass das Land über mehr als 1,7 Millionen Software-Entwickler verfügt – doppelt so viele wie Deutschland.⁵

Industrie 4.0 könnte eine erstklassige Plattform für eine strategische Zusammenarbeit bieten, die es beiden Ländern ermöglichen würde, ihre globale Position zu ihren Gunsten zu verschieben.

Die indische Abteilung für Elektronik und Informationstechnologie (Department of Electronics & Information Technology of India) hat eine IoT-Richtlinie veröffentlicht und geht davon aus, dass die Industrie bis zum Jahr 2020 auf 940 Milliarden INR anwachsen wird. Schwerpunkte liegen in den Bereichen Landwirtschaft, Gesundheit, Wasserqualität, Naturkatastrophen, Transport, Sicherheit, Automobilindustrie, Supply Chain Management, intelligente bzw. „smarte“ Städte (smart cities), automatisierte Messung und Überwachung von Versorgungsunternehmen, Abfallmanagement, Öl und Gas.

Cisco schätzt, dass alle Säulen von IoE (Internet of Everything) zusammen – Internet of Things, Internet of People, Internet of Data und Internet of Process – für die nächsten zehn Jahre einen Wert von 31,880 Billionen INR (etwa eine halbe Billion US-Dollar) für Indien haben werden. Davon liegen 7,236 Billionen INR im öffentlichen Sektor und 24,616 Billionen INR im privaten Sektor.

Wir betrachten Industrie 4.0 jetzt aus einem technischen Blickwinkel, um die Grundlage für die Möglichkeiten der Zusammenarbeit zu schaffen, die später genauer angesprochen werden.

1.1 Industrie 4.0 – Technische Perspektive

Intelligente Fabriken sind das Herzstück der Industrie-4.0-Vision. Sie betreffen die vertikale Integration von Produktionsprozessen.

Wirft man einen näheren Blick auf die Ideen, die dem Konzept intelligenter Fabriken oder vertikaler Integration innerhalb eines Unternehmens zugrunde liegen, so zeigt sich: Heute herrscht verstärkt ein Bewusstsein dafür, dass Daten ein wertvolles Kapital sind. Das hat die Vision eines industriellen Datenraumes als ein vertrauenswürdige Feld für den Austausch von Informationen über Unternehmensgrenzen hinweg inspiriert – eine Voraussetzung für die horizontale Integration intelligenter Fabriken in intelligente Wertschöpfungsketten.

Vertikale Integration – Smart Factories

Industrie 3.0 wendete für die Automation von Produktionsabläufen eine hierarchische Herangehensweise an, die durch die Automationspyramide dargestellt wird. Diese Pyramide arbeitet über mehrere Ebenen hinweg: physische Produktionsabläufe, Überwachungsfunktionen und Datenerfassung (SCADA), Produktionskontrolle und Unternehmensprozesse; alle Ebenen sind mit der Produktionsplanung und Ressourcenplanung verwandt.

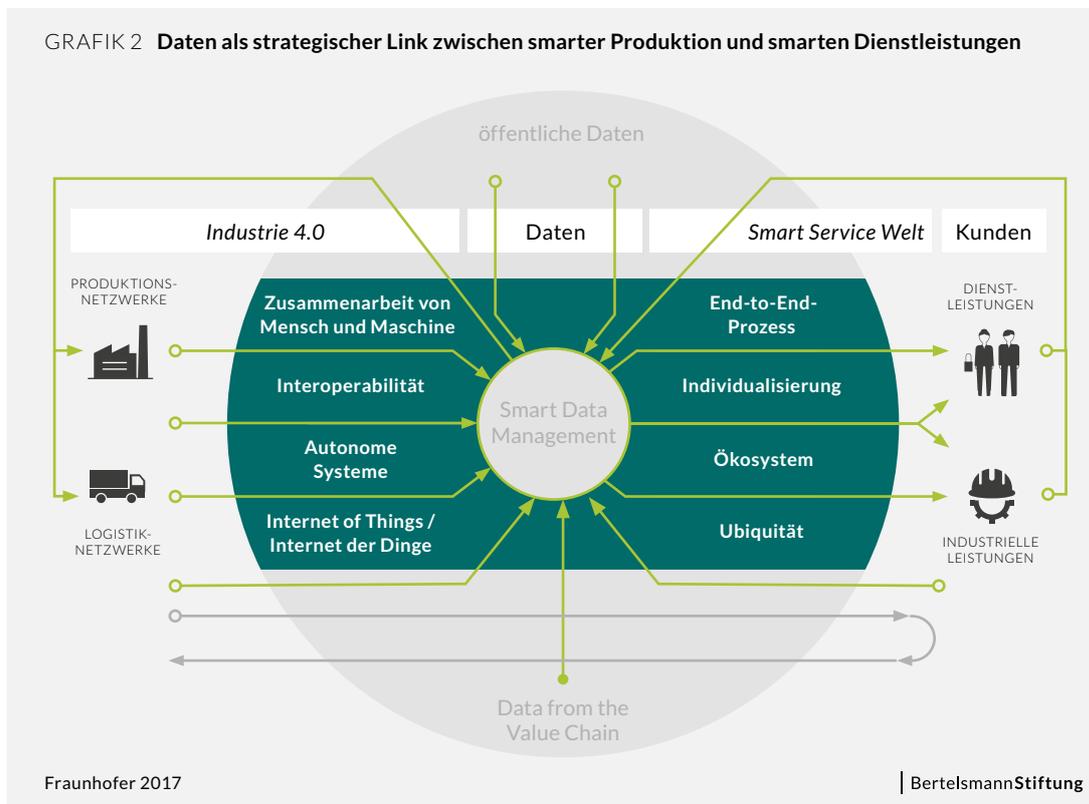
In Industrie 4.0 ist diese Hierarchie aufgeteilt und die Funktionalität zwischen den Ebenen verschoben.

Das Referenzarchitekturmodell für Industrie 4.0 (RAMI 4.0) [IEC17] integriert folgende Aspekte:

- *Produktlebenszyklus* – von der Produktentwicklung bis zu Kundendienstleistungen
- *Systemarchitektur* – von Geschäftsprozessen bis zu physischen Produktionsprozessen in einer Produktionsanlage und
- *Automatisierungspyramide* – gemäß internationalen Standards für Betriebsführungssysteme und für die Beschreibung von Anlagen und Verfahren in der Prozesssteuerung.

Laut diesem Modell werden Smart Factories als cyberphysische Produktionssysteme betrachtet (CPPS), in denen „intelligente“ Maschinen, Lagersysteme, Ausrüstung und Produkte direkt miteinander kommunizieren, um Informationen auszutauschen, Aktionen auszulösen und sich gegenseitig zu kontrollieren.

GRAFIK 2 **Daten als strategischer Link zwischen smarterer Produktion und smarten Dienstleistungen**



Horizontale Integration – Industrial Data Space

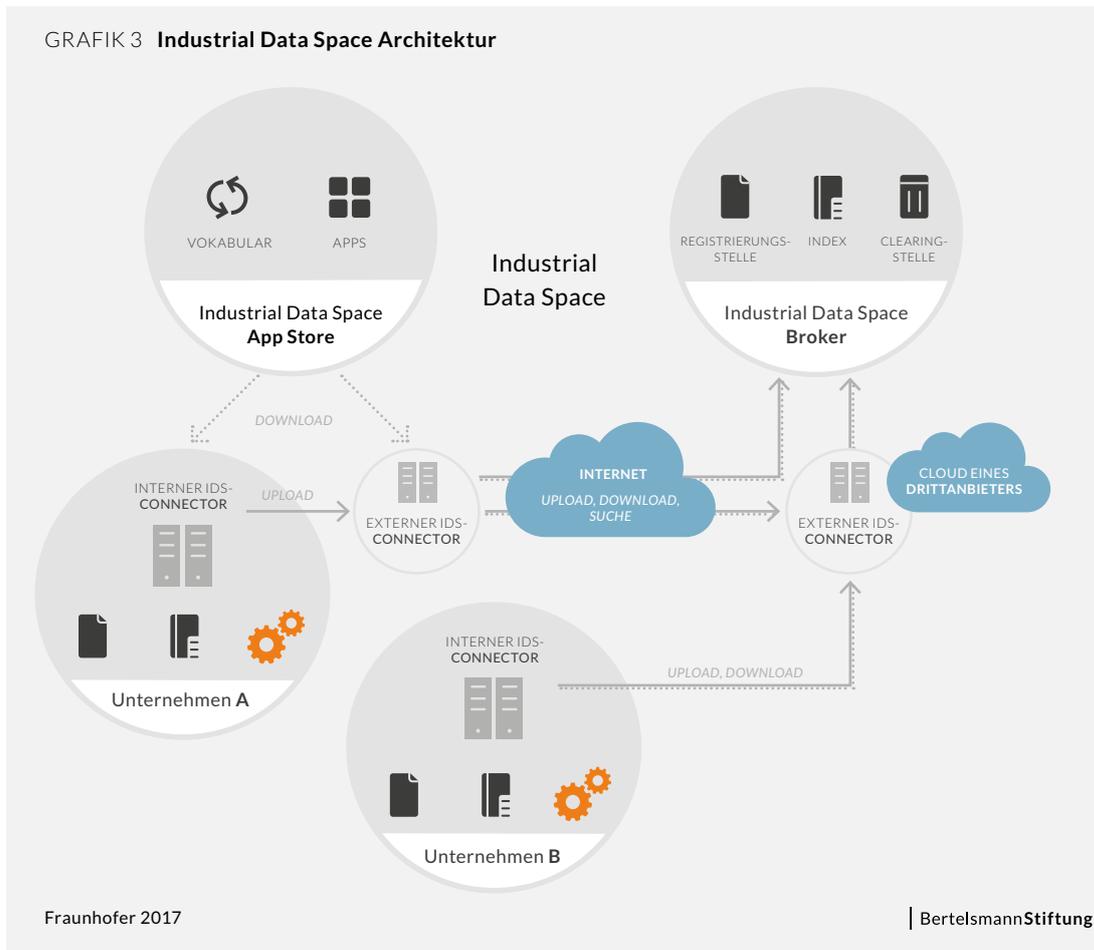
Der Industrial Data Space bietet einen sicheren Raum für den Austausch von Daten zwischen Unternehmen verschiedener Branchen und Größen, ohne dass sie die Souveränität ihrer Daten verlieren. Dies betrifft die horizontale Integration von Prozessen über Unternehmensgrenzen hinweg [Otto16]. Dieser Raum bildet einen integralen Teil der deutschen Hightech-Strategie.

Der sichere Austausch von Daten ist die Voraussetzung für intelligente Dienstleistungen, innovative Dienstleistungsangebote sowie Geschäftsprozessautomatisierung. Der Industrial Data Space, eine intelligente Dateninfrastruktur, bietet diverse Leistungen, zum Beispiel die Anonymisierung von Daten, Integrationsdienste sowie das Einstellen zeitlicher Nutzungsbegrenzungen bestimmter Daten.

Basis dafür ist ein Referenzarchitekturmodell, das zwölf Fraunhofer Institute und Industriepartner unter Prof. Dr. Boris Otto (Fraunhofer ISST) entwickelt haben. Finanziert wurde es vom deutschen Ministerium für Bildung und Forschung und unterstützt von der Fraunhofer Gesellschaft (mehr als 80 Mitglieder, darunter Hauptakteure der deutschen Industrie sowie Verbände und Organisationen aus Europa und Asien).

Der Industrial Data Space setzt sich aus der Gesamtheit aller Endpunkte (Connectors) zusammen sowie Brokern, einer Clearingstelle, einer Registrierungsstelle und dem App-Store. Der Connector stellt für die partizipierenden Unternehmen eine standardisierte Schnittstelle zum Industrial Data Space dar. Dieser Zugangspunkt ermöglicht einerseits die gezielte und kontrollierte Bereitstellung eigener Daten, andererseits den autorisierten Zugriff auf Daten anderer Teilnehmer.

Das bedeutet, dass es sich nicht um eine zentralisierte Datenablage handelt, sondern um einen Datenvermittler bzw. Broker, der den sicheren Austausch von Daten zwischen verlässlichen Partnern ermöglicht, ohne diese zu speichern.



1.2 Bereiche möglicher Zusammenarbeit

Globalisierung und Digitalisierung sind Megatrends, die Einfluss auf jedes Unternehmen weltweit haben. Wertschöpfungsketten erstrecken sich über Kontinente und setzen daher zunehmend Transparenz und Flexibilität beim Umgang mit Risiken und Problemen voraus. Diese Faktoren könnten Einfluss auf die deutsch-indischen Handels- und Geschäftsbeziehungen haben.

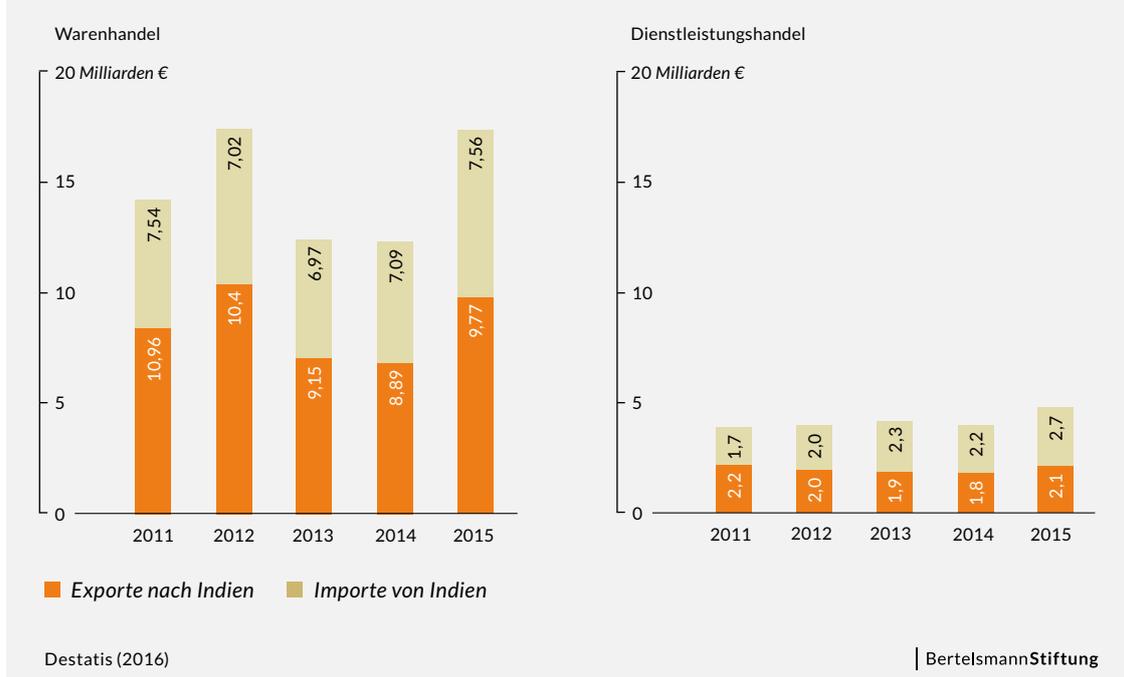
Im Jahr 2015 war Indien das Partnerland der Hannover Messe. Für diesen Anlass wurde die Studie „Perspektiven der indisch-deutschen Zusammenarbeit im Bereich der Spitzentechnologie“ [GaMu15] durchgeführt, um Möglichkeiten der Zusammenarbeit zu identifizieren. Dabei wurden 13 potenzielle Industriezweige ausgewertet.

Analysiert man im Zusammenhang mit Industrie 4.0 die deutsch-indischen Handelszahlen mit Fokus auf verwandte Technologien und potenzielle Anwendungsgebiete, so zeigt sich, dass Maschinen, Elektrotechnologie und Chemie lange Zeit die zentralen Gebiete

der Zusammenarbeit waren. In letzter Zeit ist jedoch auch die Informationstechnologie zu einem entscheidenden Faktor geworden.

Importe und Exporte in diesen Bereichen haben in beide Richtungen stetig zugenommen. Aus diesem Grund werden sie als am vielversprechendsten für eine engere deutsch-indische Zusammenarbeit unter Industrie 4.0 betrachtet.

GRAFIK 4 Deutscher Waren- und Dienstleistungshandel mit Indien⁶, 2011–2015



Produktion

Produktion ist die primäre Zielbranche für Industrie 4.0. Gleichzeitig ist sie einer der wichtigsten Sektoren der deutschen und indischen Wirtschaft. Die wichtigsten Aktivitäten im Bereich Herstellung finden in beiden Ländern im Maschinenbau- und im Automobilsektor statt.

Deutschland

Produktion ist essenziell für die deutsche Wirtschaft. Mehr als 36.000 Unternehmen mit fünf Millionen Angestellten erreichen einen Umsatz von 1,4 Milliarden Euro. 2015 betrug der Anteil der Produktion am Bruttoinlandsprodukt Deutschlands 21 Prozent. Im Herstellungssektor nehmen Maschinen und Ausrüstung mit einem Anteil von 19 Prozent⁶ den ersten Platz ein. Im weltweiten Vergleich rangiert die deutsche Herstellungsindustrie auf dem vierten Platz hinter China, den USA und Japan.⁷

Die deutsch-indische Zusammenarbeit auf dem Gebiet der Produktion hat eine lange Geschichte. Siemens zum Beispiel hat bereits 1961 das Unternehmen Siemens Engineering & Manufacturing Co. of India Pvt Ltd. gegründet.⁸ Heute betreibt Siemens 22 Produktionsstätten mit 16.000 Angestellten in Indien.

Ein weiteres Beispiel ist Schaeffler, eines der größten Technologieunternehmen der Welt in Familienbesitz. Alle Marken der Schaeffler-Gruppe – FAG, INA

und LuK – sind in Indien vertreten⁹. FAG Bearings India Ltd. wurde bereits 1962 gegründet, LuK als Joint Venture zwischen Rane und LuK ebenfalls 1962 und die INA Bearings India Pvt. Ltd. 1998. Die Eröffnung des ersten Büros in Pune erfolgte 2001.

Trumpf, eines der weltweit führenden Unternehmen für Werkzeugmaschinen, Lasertechnologie und Elektronik für industrielle Anwendungen ist ein weiteres familiengeführtes Unternehmen im Produktionssektor. Die Geschäfte in Indien begannen vor mehr als zehn Jahren.¹⁰

Bosch ist eines der führenden deutschen Unternehmen, das sich darauf konzentriert hat, Produkte für den indischen Markt zu entwickeln. Die Entwicklung für ein gemeinsames Geländersystem für Tata Nano ist ein hervorragendes Beispiel für Forschung und Entwicklung im indischen Kontext.

Indien

Indien strebt danach, seine Herstellungsindustrie zu stärken. Die indische Regierung hat die „National Manufacturing Policy“ definiert, eine Richtlinie, die darauf abzielt, bis zum Jahr 2022 den Anteil von Produktion am Bruttoinlandsprodukt von 16 auf 25 Prozent anzuheben.

Die Regierung hat sich außerdem zum Ziel gesetzt, bis 2020 100 Millionen zusätzliche Jobs im Herstellungssektor zu schaffen¹¹. Neben dem Verteidigungs-

sektor werden schwere Ausrüstung und Werkzeugmaschinen als zentrale Sektoren der indischen Herstellungsindustrie definiert. Schätzungen zufolge werden diese bis 2018 auf zwei Billionen US-Dollar ansteigen¹².

Kleinst-, Klein- und mittlere Unternehmen (KKMU-Sektor) bilden das Rückgrat der indischen Wirtschaft. Sie stellen etwa 80 Prozent der Gesamtzahl aller Industrien in Indien und produzieren etwa 8.000 Mehrwertprodukte [Das17].

Laut Jahresreport 2015–2016 des Ministeriums für KKMUs [MSME16] liegt der Anteil des Herstellungsektors am indischen Bruttoinlandsprodukt bei 7,04 Prozent. KKMUs machen 37,33 Prozent der gesamten Produktionsmenge aus.

TABELLE 1 **Definition für herstellende MSME in Indien (Entwicklungsbeauftragter [MSME] Ministry of MSME)**

	Min *	Max *
Kleinst-unternehmen		2.5 Mio. INR (34.043 EUR ¹³)
Kleine Unternehmen	2,5 Mio. INR (34.043 EUR)	50 Mio. INR (680.866 EUR)
Mittlere Unternehmen	50 Mio. INR (680.866 EUR)	100 Mio. INR (1,36 Mio. EUR)

* Investment in plant & machinery

Development Commissioner
(MSME), Ministry of MSM

| BertelsmannStiftung

Um die definierten Ziele zu erreichen, wurde die Initiative „Make in India“ ins Leben gerufen, die vermehrt Auslandsinvestitionen in Form von Finanzen und Technologie in den Produktionssektor bringen soll. Die Initiative zielt auch darauf ab, die Aufnahme von Industrie 4.0 in Indiens Produktionssektor zu fördern¹³. Die Regierung hat eine Reihe von Schritten eingeleitet, um einige der bisherigen Richtlinien und regulatorischen Rahmenbedingungen zu korrigieren, die Investitionen und Verbesserungen der Technologie verhindert haben.

„Make in India“ setzt darüber hinaus auf öffentlich-private Partnerschaftsprogramme, um die Industrie und Forschungsinstitute zu einer Zusammenarbeit zu motivieren und die Fertigungskapazitäten zu beschleunigen.

Die Produktivität des indischen Herstellungsektors ist aus verschiedenen Gründen niedrig. Die relativ ge-

ringe Größe der Herstellerfirmen macht es schwer, Größenvorteile zu nutzen. Obwohl Indien gewisse Stärken hat – etwa Humankapital – ist die Produktion überraschend kapital- und qualifikationsintensiv. Komplexe Arbeitsvorschriften, Schwierigkeiten beim Kauf von Land und infrastrukturelle Herausforderungen wie häufige Stromausfälle und schlechter Transport tragen zu dem Problem bei.

Allerdings hat der Anstoß der Regierung zur Entstehung eines wachstumsfreundlichen Ökosystems beigetragen. So baut zum Beispiel das Indian Institute of Science (IISc) die erste intelligente Fabrik in Bangalore. Auf der Make in India-Konferenz „Karnataka Calling“, die am 13. und 14. Februar 2017 in Bangalore stattfand, wurde eine Absichtserklärung zwischen dem Bundesstaat und der Zentralregierung unterzeichnet, um den ersten integrierten Werkzeugmaschinenpark in Tumkur zu bauen.¹⁴

Fraunhofer hat gegenüber dem Ministry of Heavy Industries eine Absichtserklärung abgegeben, als Technologie-Ressourcenpartner für die Produktion in Indien fungieren zu wollen. Ziel ist es dabei, den Aufbau von Innovation sowie die Forschungs- und Entwicklungskapazitäten im Bereich der Produktion sowohl im öffentlichen als auch im privaten Sektor zu unterstützen. Die gemeinsame Initiative unterstützt das „Make in India“-Programm mit dem Ziel, eine starke Wertschöpfungskette in Indien zu entwickeln und den Betrieb zu skalieren.

Als ersten Schritt unterzeichnete Fraunhofer Kooperationsverträge mit Unternehmen des öffentlichen Sektors, zum Beispiel mit Hindustan Machine Tools (HMT) und Bharat Heavy Electricals Ltd. (BHEL). Kompetenzzentren wurden in Clustern in Belgium und Coimbatore eröffnet. Heute fehlen Indien kritische Technologien in der Wertschöpfungskette des verarbeitenden Gewerbes, was die Wirtschaft extrem abhängig von Ländern wie China macht.

Chemieindustrie

Die Chemieindustrie ist ein wichtiges Segment der Produktionssektoren Deutschlands und Indiens und ebenso Teil der deutsch-indischen Handelsbeziehungen seit über einem Jahrhundert. Sie kann eine wichtige Rolle im Bereich Industrie 4.0 in beiden Ländern spielen, in dem sie zum Beispiel intelligente Wertschöpfungsketten etabliert.

Deutschland

Die Chemieindustrie in Deutschland besteht aus mehr als 3.800 Unternehmen mit 332.000 Ange-

stellten. 2015 erzielte sie einen Umsatz von 142.373,2 Millionen Euro, 76 Prozent davon entfielen auf Exporte. Auf globaler Ebene machte Deutschlands Chemieindustrie 2015 beim Umsatz einen Anteil von 4,2 Prozent aus und lag damit auf Platz 3 hinter China und den USA.

Bei den Exporten liegt Deutschland mit einem globalen Anteil von 9,9 Prozent hinter den USA auf dem zweiten Platz.

Das Exportvolumen nach Indien betrug 1.485,4 Millionen Euro, wobei der Schwerpunkt auf Petrochemikalien und Spezialchemikalien lag. Das entsprach einem Anteil von 1,4 Prozent des gesamten Exportvolumens. Andererseits betrugen die Importe aus Indien 968 Millionen Euro. Die größten Anteile daran hatten anorganische und petrochemische Produkte, gefolgt von Polymeren.

Im Jahr 2014 investierte die deutsche chemisch-pharmazeutische Industrie 708 Millionen Euro in Indien. Insgesamt generierten 54 Unternehmen mit 25.000 Angestellten einen Umsatz von 3,9 Milliarden Euro (2014). Hauptinvestoren waren BASF, Henkel und Wacker Metroark.

BASF begann sein indisches Geschäft mit den ersten Verkäufen im Jahr 1890. 1967 wurde BASF India Limited¹⁵ gegründet, eine Aktiengesellschaft, deren Anteile zu 73,33 Prozent im Besitz von BASF SE lagen. Seitdem hat der Konzern die Produktion in Tamil Nadu, Gujarat, Maharashtra, Andhra Pradesh und West Bengal gestartet oder erweitert. Das Ergebnis sind neun Produktionsstätten und acht Vertriebsbüros mit mehr als 2.200 Angestellten, die einen Umsatz von 1.088 Milliarden US-Dollar generieren. Flächenmäßig ist die Anlage in Mangalore die größte Produktionsstätte von BASF in Südindien. BASF betreibt zudem zwei Forschungs- und Entwicklungszentren in Mumbai und Mangalore, die einen Teil der globalen Technologieplattform des Konzerns bilden.

Henkel ist seit Ende 1996 in Indien.¹⁶ Der Hauptsitz befindet sich in Navi Mumbai, Produktionsstätten, Büros sowie SKP-Akademien sind in Mumbai, Chennai, Gurgaon, Himachal Pradesh, Pune, Udham Singh Nagar, Neu Delhi, Kalkutta und Bangalore.

Wacker Chemie AG mit Hauptsitz in München (Deutschland) gründete die Wacker Metroark Chemicals Private Limited in Kalkutta im Jahr 1998.¹⁷ Das Unternehmen hat seinen Geschäftssitz und eine Produktionsstätte nahe Kalkutta sowie Niederlassungen in Delhi, Mumbai, Chennai und Bangalore.

Indien

Was die Produktionsmenge anbelangt, ist Indien der siebtgrößte Hersteller von Chemikalien weltweit und der drittgrößte Produzent in Asien. Die geschätzte Größe des indischen Chemiesektors liegt etwa bei 139 Milliarden US-Dollar.¹⁸ Indiens Export von Chemikalien erreichte 2015 knapp 36 Millionen, ein Anteil von 13,6 Prozent des Exports.¹⁹

Chemikalien und chemische Produkte stellen die wichtigsten Fertigungsaktivitäten dar (16 %), gefolgt von Kokerei, Mineralöl, Spalt- und Brutstoffen, Kernbrennstoff (13 %) sowie Grundmetallen (11 %).²⁰ Das Volumen von Chemikalien und Chemieprodukten beträgt zwei Prozent von Indiens Bruttoinlandsprodukt.

Im Chemiesektor sind 100 Prozent ausländische Direktinvestitionen (FDI) im Rahmen einer automatischen Genehmigung gemäß allen geltenden Richtlinien und Gesetzen erlaubt.

IT-Industrie

Informationstechnologie ist ein Schlüsselement von Industrie 4.0. Intelligente Sensoren sowie integrierte Systeme werden benötigt, um Informationen über eine Anlage auf Werksebene zu sammeln und die Daten in Echtzeit an Kontrollsysteme und Entscheidungsunterstützungssysteme auf höhere Ebenen zu transferieren. Dies ist erforderlich, um das Internet der Dinge und das Internet der Dienste als Bestandteile von Industrie 4.0 zu implementieren.

Deutschland

Auch wenn Deutschland auf eine bedeutende Geschichte in den Bereichen Kohle, Eisen und Stahl zurückblickt, ist das Marktvolumen der IT deutlich angewachsen und weist einen Wert von 83,7 Milliarden Euro auf. Der Sektor besteht aus mehr als 87.000 Unternehmen mit rund einer Million Angestellten. Etwa 96 Prozent dieser Unternehmen generieren weniger als eine Million Euro Umsatz pro Jahr.²¹ Nur wenige haben den Markteinstieg in Indien mit Büros und Tochtergesellschaften gewagt.

SAP, der weltweit führende Anbieter von Business Software Lösungen mit Hauptsitz in Walldorf (Deutschland), begann seinen Betrieb in Indien 1996 mit Firmensitz in Bangalore und Büros in Mumbai, Neu Delhi, Kalkutta, sowie direkter Präsenz in neun indischen Städten.²² 1998 wurde SAP Labs India gegründet, heute ist es das größte Forschungs- und Entwicklungszentrum von SAP außerhalb Deutschlands. Fast 6.500 Angestellte arbeiten in drei

Laboren in Indien (Bangalore, Gurgaon, Pune) an Kernlösungen, Produktlokalisierung und indienspezifischen Lösungen.

Indien

Die IT-Branche Indiens besteht aus zwei Hauptkomponenten: IT-Dienstleistungen und Business Process Outsourcing (BPO). Indien selbst ist hier weltweit der wichtigste Anbieter.²³

Die IT-Branche ist der größte Arbeitgeber des privaten Sektors. Er stellt 3,7 Millionen Arbeitsplätze in 16.000 Unternehmen, die einen Umsatz von etwa 160 Milliarden US-Dollar generieren, was 9,3 Prozent des indischen Bruttoinlandsproduktes ausmacht. Exporte haben 107,8 Milliarden US-Dollar erreicht: ein Anteil von 45 Prozent an Indiens Dienstleistungsexporten.²⁴

Hauptakteure in diesem Sektor sind Tata Consultancy Services, Wipro Technologies, Infosys Technologies – alle unter den Top 50 der größten Unternehmen Indiens. Tata Consultancy Services als größtes indisches Unternehmen bezüglich Marktkapitalisierung rangiert an erster Stelle (Rs 475,523.38 cr).²⁵ In dieser Kategorie rangieren Infosys an 8. und Wipro an 21. Stelle.

Alle drei Unternehmen sind bereits seit Jahren in Deutschland vertreten, mit Firmensitzen in Frankfurt am Main. Mit mehr als 360.000 Angestellten ist Tata Consultancy Services in 45 Ländern aktiv. Der Betrieb in Deutschland begann 1991. Ein European Solution Center wurde in Düsseldorf gegründet. Infosys ist seit 1999 in

Deutschland präsent mit Büros in Stuttgart, München und Walldorf. Wipro hat Niederlassungen in Meerbusch, Kiel und München.

Laut einem Artikel von CISCO beschleunigen Indien und China den Übergang von begrenztem Wachstum und eingeschränkter Konnektivität zu Hyperwachstum. Die Innovatoren von heute jedoch nutzen ICT, um die Anwendung von Information komplett zu überdenken und entwerfen neue Geschäftsmodelle und neue Fähigkeiten, die diverse Partner und Kollegen verbinden. Dies hat zur Schaffung disruptiver und innovativer Lösungen geführt.

Der sogenannte E-Choupal (e-Treffpunkt) wurde entwickelt, um indischen Bauern Informationen, Dienstleistungen, aktuelle und relevante Wetterinformationen, transparente Preisfindung sowie Zugriff auf weitere Märkte in Echtzeit zu liefern – alles durch ein Mobilgerät, das von einem größeren Netzwerk mit Informationen gespeist wird. Dieses System hat bisher etwa vier Millionen Bauern geholfen, besser mit Risiken umzugehen.

Solche Modelle, die ICT und vorhandene Technologien nutzen, können eine rapide Entwicklung von Lösungen und Prozessen bewirken. Dies setzt allerdings nicht nur die Fähigkeit für Service, sondern auch für Produktentwicklung voraus. In puncto Innovation und Produktentwicklung im IT-Bereich muss Indien jedoch noch große Fortschritte machen, um mit den Industrieländern konkurrieren zu können. Daher könnte dieser Bereich ein starker Anwärter für gemeinsame Projekte zwischen Deutschland und Indien sein.

ABBILDUNG 1 Eine Beschichtungsmaschine mit Zustandsüberwachung



1.3 Fallstudien

Die deutsche Plattform Industrie 4.0 bietet eine Karte und eine Liste von 154 deutschen Beispielen für Industrie 4.0.²⁶ Hier werfen wir einen kurzen Blick auf zwei Beispiele, sowohl für die vertikale und horizontale Integration.

Die vertikale Integration in der Produktion: Überwachung von Maschinen

Das deutsche Technologieunternehmen Schaeffler hat seinen Schwerpunkt auf der Automobilzuliefererindustrie und der industriellen Zulieferung. FAG, eine der Marken Schaefflers, hat ein sogenanntes Condition Monitoring-System für die Zustandsüberwachung entwickelt: den FAG SmartCheck. Dabei handelt es sich um ein kompaktes, innovatives und modulares Online-Messsystem, das der kontinuierlichen Überwachung von Maschinen und Prozessparametern auf einer

dezentralisierten Basis dient. FAG SmartCheck eignet sich zum Beispiel für die frühzeitige Erkennung von Wälzlagerschäden, Ungleichgewicht und Ausrichtungsfehler. Die Daten werden aufgenommen und zentral vom System analysiert. Der aktuelle Zustand der Maschine wird direkt auf dem Gerät angezeigt oder kann je nach Bedarf an eine Anlagenregelung übertragen werden. Zu diesem Zweck kann FAG SmartCheck in eine existierende Netzwerkstruktur integriert werden. Typische Anwendungsfelder für FAG SmartCheck sind Motoren, Pumpen, Kompressoren, Ventilatoren, Gebläse oder Getriebe.

Die Mitsubishi HiTec Paper Europe GmbH ist ein globaler Lieferant für spezielle Thermopapiere, die in Bielefeld und Flensburg hergestellt und beschichtet werden. Eine Beschichtungsmaschine transportiert dabei das Papier mit einer Geschwindigkeit von 1.730 Metern pro Minute, 26 Ventilatoreinheiten trocknen das Papier, ohne es zu berühren. Die Maschine wurde vor kurzem mit 26 FAG-SmartCheck-Systemen zur Überwachung der Ventilatoren ausgestattet. Droht ein Problem, können diese Systeme bereits drei Monate im Voraus eine erste Warnung abgeben. Das ist ein entscheidender Schritt in Richtung Industrie 4.0, da die Lösung das Weiterleiten der Information von der Feldebene auf die Kontrollebene, also vom MES-System zum ERP-System, ermöglicht.²⁷

Horizontale Integration im Supply Chain Management: flexibles Anlagenmanagement

thyssenkrupp Steel Europe ist einer der führenden Lieferanten für hochwertigen Flachstahl. In der Hauptstelle in Duisburg, Deutschlands größtem Standort für Stahlherstellung, werden täglich etwa 20.000 Lastwagen abgefertigt. Jeder Lastwagen hat ein Zeitfenster von 30 Minuten für das Ab- und Beladen. Jegliche Abweichung vom vorgesehenen Zeitplan führt zu Verschiebungen und Verspätungen.

Um die Flexibilität des jetzigen Anlagenmanagements zu steigern, hat thyssenkrupp die erste Anwendung für den Industrial Data Space (siehe Abschnitt 1.1.2) implementiert. Basierend auf den Lage- und Verkehrsdaten sowie den Routen, die der Fahrer wahrscheinlich wählen wird, erkennt ein Algorithmus sofort Störungen und das Computersystem schlägt dann automatisch einen neuen Halteplatz vor.²⁸

ABBILDUNG 2 Mobile Fahrer-App für die Meldung der geschätzten Ankunftszeit



1.4 Wie kann eine Zusammenarbeit gestaltet werden?

Potenzielle Bereiche für eine Zusammenarbeit könnten in intelligenten Fabriken liegen. Die Zusammenarbeit kann aus dem Blickwinkel der Wertschöpfungskette sowie aus einer technischen Perspektive betrachtet werden. Beide Seiten werden im Folgenden untersucht.

Zusammenarbeit in Wertschöpfungsketten

In diesem Bereich geht es um verschiedene Szenarien von Wertschöpfungsketten und deren vertikale und horizontale Integration.

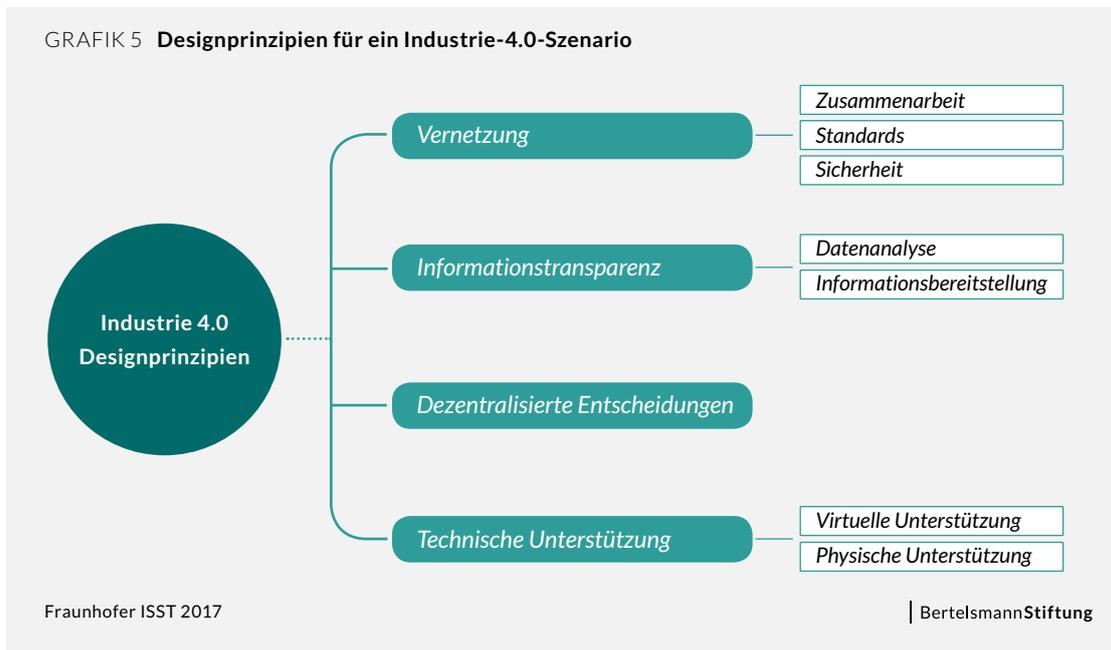
Soweit sind die beschriebenen Szenarien hauptsächlich fiktional. Allerdings gibt es eine Fülle potenzieller Kandidaten für die Umsetzung der Szenarien. Die im Abschnitt 1.2 erwähnten Unternehmen dienen dafür als Beispiele.

Wie man die Bereitschaft eines Unternehmens für Industrie 4.0 beurteilt

Welche Fähigkeiten brauchen Stakeholder, die Interesse an einer Zusammenarbeit haben? Für die Gestaltungsprinzipien wurden verschiedene Szenarien unter Berücksichtigung organisatorischer und technischer Aspekte identifiziert [HePO16].

Abbildung 7 zeigt vier Prinzipien. Die Vernetzung von Personen und Objekten ist absolut notwendig. Das bedeutet, dass die Standards für die Kommunikation und den Datenaustausch entscheidend sind. Da

GRAFIK 5 Designprinzipien für ein Industrie-4.0-Szenario



die drahtlose Kommunikation in Smart Factories immer wichtiger wird, wird aber auch die Frage nach der Sicherheit immer entscheidender.

Cyber-Physical, das bedeutet die Fusion der physischen und virtuellen Welt, bietet die Möglichkeit, immer mehr Daten zu sammeln, was zu einer neuen Qualität von Informationstransparenz führt. Das Sammeln, Analysieren und Untersuchen von Daten mittels Datenanalyse und maschineller Lernmethoden sind kritische Elemente.

Der Einsatz cyber-physischer Systeme benötigt menschliche Entscheidungen, die durch gesammelte und visualisierte Informationen getroffen werden. Auf der anderen Seite bietet der technische Fortschritt in der Robotik Arbeitern physische Unterstützung.

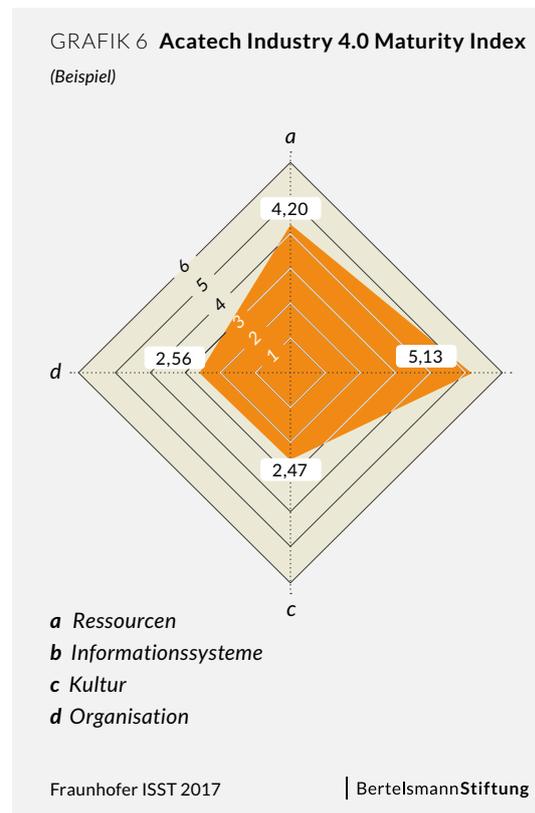
Es gibt außerdem Bemühungen, Bewertungsmethoden zu entwickeln, um die Bereitschaft der Firmen für Industrie 4.0 evaluieren zu können. Dazu wird eine Kombination aus Heuristik und formalen Methoden genutzt. Die grundlegende Idee hinter diesem Konzept ist es, den Status eines Unternehmens zu ermitteln, Lücken in Bezug auf Kompetenz aufzudecken und entsprechende Maßnahmen dazu abzuleiten.

Der neueste Ansatz ist der „Industry 4.0 Maturity Index“ von acatech, der auf der Hannover Messe 2017 vorgestellt wurde.²⁹ Dieses multidimensionale Reifegradmodell zeigt den Status quo der Industrie-4.0-Kompetenzen eines Unternehmens aus technologischer, organisatorischer und kultureller Perspektive an.

Experten aus Deutschland und von Infosys (Indien), die an der Entwicklung beteiligt waren, können diese Methode für Unternehmen in beiden Ländern anwenden. Durch das Schließen von Kompetenzlücken,

die so entdeckt wurden, entstehen mehr Möglichkeiten für die Zusammenarbeit. Während deutsche Firmen Industrie-4.0-fähige Maschinen bereitstellen, sind Indiens große IT-Unternehmen prädestiniert dafür, die Verbesserung der IT-Infrastruktur und Dienstleistungen vom IoT-Level bis zu Cloud-Services zu übernehmen.

GRAFIK 6 Acatech Industry 4.0 Maturity Index (Beispiel)



SMART FACTORY SZENARIO I

Indischer Erstausrüster (OEM) mit deutschem Zulieferer (Maschinen)

Der deutsche Lieferant bietet Industrie-4.0-kompatible Produktionsmaschinen von seiner deutschen Produktionsstätte. Diese Maschinen sind intelligent genug, um den Betrieb zu überwachen und Statusinformationen an die Cloud des deutschen Lieferanten zu melden. Sie könnten zum Beispiel bei der vorausschauenden Instandhaltung helfen. Außerdem sind die Maschinen in der Lage, mit Industrie-4.0-tauglichen Objekten in ihrer Umgebung zu kommunizieren. Das bedeutet, dass sie automatisch Verarbeitungsparameter an das nächste Produkt, das bearbeitet werden soll, anpassen können. Diese automatische Anpassung verhindert menschliche Fehler und reduziert gleichzeitig die Zeit, die für die Einstellung von Maschinen benötigt wird.

Um die vorausschauende Instandhaltung zu implementieren, verbindet die deutsche Produktionsstätte ihre Maschinen mit Sensoren und Nutzeroberflächen mit Kommunikationskanälen wie WLAN oder Internet-Zugriff. Dies ermöglicht den Transfer von Statusinformationen von Maschinen zu einer vorausschauenden Wartungsanwendung in der Cloud des Lieferanten. Der indische Hersteller verfügt über eine Schnittstelle, um die Wartungsmeldungen vom deutschen Zulieferer zu erhalten und nutzt Industrie-4.0-fähige Objekte, die sich mit den deutschen Maschinen verbinden. Zum Beispiel setzt er intelligente Produkte und Fahrzeuge ein, die wissen, welche Produkte sie transportieren und in der Lage sind, die Maschine über die notwendigen Verarbeitungsparameter zu informieren.

Ein praktisches Beispiel für ein solches Szenario ist TrueConnect von Trumpf.³⁰ TrueConnect ermöglicht die Verbindung von Trumpf-Maschinen, Lasern und Lasersystemen mit einem Unternehmensnetzwerk oder mit der Cloud, um die Verfügbarkeit mithilfe smarterer Wartungskonzepte zu verbessern.

SMART FACTORY SZENARIO II

Deutscher OEM in Indien mit regionalem Zulieferer (IoT)

Der deutsche Erstausrüster hat eine Produktionsstätte in Indien etabliert, die intelligente Maschinen gemäß Industrie 4.0 einsetzt, ebenso autonome Fahrzeuge, die Produkte in verschiedene Bundesstaaten zur Weiterverarbeitung transportieren.

Statusinformationen von Maschinen und Fahrzeugen werden kontinuierlich für eine Datenanalyse gesammelt.

Die Kontrolle des Herstellungsprozesses und die Prozessüberwachung werden mittels IoT-Geräten eines indischen Lieferanten durchgeführt. Wenn sie in Maschinen

und Fahrzeugen eingesetzt werden, implementieren diese Geräte Verwaltungsschalen, um den Austausch von Information zwischen den verschiedenen Elementen und Big-Data-Anwendungen zu ermöglichen.

SMARTE WERTSCHÖPFUNGSKETTE SZENARIO I

Deutscher OEM in Deutschland mit indischem Zulieferer

Der deutsche Erstausrüster betreibt ein Industrie-4.0-taugliches Werk mit flexiblen Fertigungszellen. Die daraus resultierenden Produkte sind entscheidende Komponenten von Maschinen. Die Kunden benötigen daher eine komplette Dokumentation der Teile und ihrer Herstellung. Der Erstausrüster erhält Industrie 4.0-kompatible Teile vom indischen Zulieferer.

Jedes Teil hat eine individuelle Identifikation, ist Teil einer identifizierbaren Ladung, verfügt über eine transparente Geschichte und wird mit der vorausgesetzten Dokumentation (etwa Zusammensetzung der Materialien, Zertifikate) in elektronischer Form geliefert. Diese Teile werden gemäß dem Fertigungsauftrag in Gruppen gepackt. Dabei werden Industrie-4.0-taugliche Container verwendet, die die Bestellnummer des Erstausrüsters und die Materialdaten der Teile kennen. Um diese Art von Verpackung zu ermöglichen, überliefert der Erstausrüster die benötigte Information über einen sicheren Kommunikationskanal an den indischen Zulieferer.

Bei der Ankunft auf der Anlage des Erstausrüsters nehmen autonome Fahrzeuge die Container an und transportieren sie ins Lager. Im Lagerbereich wird die Dokumentation an das Dokumentenverwaltungssystem des Erstausrüsters übertragen. Aus dem Lager werden die Container in die Produktion transportiert. Sobald sie in einer Herstellungszelle ankommen, kommuniziert der Container die Daten der Teile für die automatische Anpassung von Herstellungsparametern.

SMARTE WERTSCHÖPFUNGSKETTE SZENARIO II

Deutscher OEM mit globalen Zulieferern und indischer Dienstleister

Ein deutscher Erstausrüster betreibt Industrie-4.0-taugliche Produktionsstätten in verschiedenen Ländern mit Zulieferern für Teile und Maschinen aus der ganzen Welt. Ein indischer Dienstleister übernimmt das Monitoring des Produktionsprozesses.

Statusinformationen und Ereignisse von der Produktionsstätte werden an die Cloud des indischen Dienstleisters übermittelt. Cloud-Anwendungen analysieren die Daten und optimieren die Produktion, indem sie die Bestellungen zwischen den Werken planen und die Teile verschiedener Lieferanten dorthin weiterleiten, wo sie gebraucht werden.

2 Die soziale Wirkung von Industrie 4.0

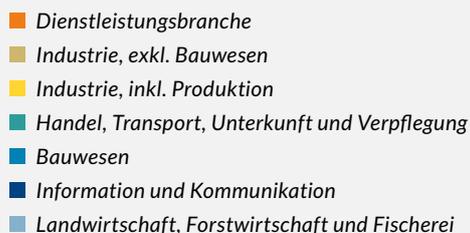
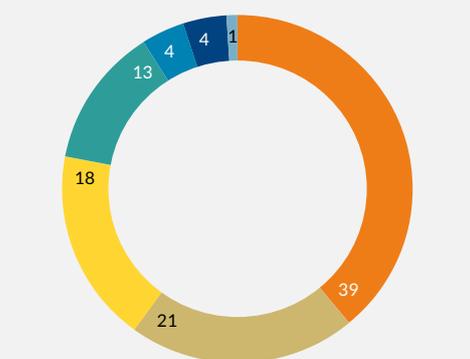
Die sozialen Auswirkungen von Industrie 4.0 inklusive der Einflüsse auf die Beschäftigungszahlen, Arbeitsorganisation und den menschlichen Faktor wurden bereits untersucht. Hier werden diese Aspekte aus der Perspektive von Deutschland und Indien betrachtet.

2.1 Auswirkungen auf Deutschland

Deutschland hat 43,5 Millionen (2016) Erwerbstätige.³¹ Davon sind 5,25 Millionen [VDMA17] in der Produktion, 450.000 [VCI16] in der chemischen und pharmazeutischen Industrie und ungefähr eine Million in der Informations- und Telekommunikationsbranche tätig.

Laut Statistischem Bundesamt lag das Bruttoinlandsprodukt in Deutschland bei 2,821 Milliarden Euro³². Die folgende Statistik zeigt die Aufteilung in Industriesektoren. Das deutsche BIP 2016 liegt auf Platz 5 hinter China, den USA, Indien und Japan. Die Wachstumsrate liegt bei 1,7 Prozent.

GRAFIK 7 Industriesektoren des deutschen BIP in Prozent 2016 (in Prozent)



Destatis 2016

| BertelsmannStiftung

Eine kürzlich erstellte Studie von Bitkom hat ermittelt, dass das Geschäftspotenzial für Industrie 4.0 in Deutschland bis 2025 [Baue14] bei 78,77 Milliarden Euro liegen wird. Die Studie fokussiert auf die Chemieindustrie, die Automobilbranche und Maschinenbau sowie elektrische und optische Komponenten als stärkste Sektoren, die am deutschen BIP einen Gesamtanteil von zehn Prozent haben. Außerdem werden Landwirtschaft, Forstwirtschaft und die Fischerei sowie die Informations- und Kommunikationsbranche genannt.

Die folgende Statistik zeigt das Wachstumspotenzial basierend auf Industrie 4.0 für ausgewählte Sektoren von 2013 bis 2025.

GRAFIK 8 Wachstumspotenzial von 2013 bis 2025, basierend auf Industrie 4.0 für ausgewählte deutsche Industriesektoren

(in Prozent)



Fraunhofer ISST 2017

| BertelsmannStiftung

Die chemische Industrie, der Maschinenbau und der Sektor für Elektrogeräte können zu den wesentlichen Nutznießern von Industrie 4.0 werden. Eine Studie der Boston Consulting Group zog den Schluss, dass Industrie 4.0 für eine Steigerung der Beschäftigungsrate im Produktionssektor zwischen 2015 und 2025 um sechs Prozent sorgt.³³ Das größte Wachstum wird im Maschinenbausektor erwartet.

Bei der Bevölkerungsentwicklung gibt es 2017 ein Medianalter von 46 Jahren, für 2039 wird ein Medianalter von 47,4 Jahren prognostiziert.³⁴ Die Altersgruppe von 65+, zum Beispiel Menschen im Rentenalter, wird von 17,7 auf 21,8 Millionen steigen, während die Altersgruppe der 20- bis 65-Jährigen, zum Beispiel potenzielle Arbeitskräfte, von 49,3 auf 43,6 Millionen sinken wird. Dies wird zu einem Mangel an Arbeitskräften in der Industrie führen. Industrie 4.0 bietet die Chance, das Produktivitätsniveau zu erhalten, indem Handarbeit durch Automatisierung ersetzt wird.

Die Konsequenzen von Industrie 4.0 auf Arbeiter und Arbeitsorganisation werden in verschiedenen Studien [BoSu16] unterschiedlich gesehen. Übereinstimmung gibt es jedoch in der Einschätzung, dass der Druck auf die Arbeitskräfte durch Automatisierung und beschleunigte Prozessanalysen steigen wird. Dies gilt sowohl für Arbeiter als auch für Angestellte. Es wird mehrheitlich von einem Rückgang der Jobs für Geringqualifizierte ausgegangen und von einer Verlagerung hin zu komplexeren Arbeiten, was kontinuierliches Lernen voraussetzt.

2.2 Auswirkungen auf Indien

Indien hat rund 513,7 Millionen Erwerbstätige.³⁵ Jedes Jahr strömen nahezu zehn Millionen neue Arbeitskräfte auf den indischen Markt. Davon sind ungefähr 1,5 Millionen Absolventen eines Ingenieurstudiums. Nur ein Bruchteil von ihnen ist sofort beschäftigungsfähig, denn die meisten benötigen erst Branchenerfahrung, um die Produktivität zu gewährleisten. Deswegen wird die fachliche Bildung und Weiterbildung der Arbeitskräfte ein kritischer Faktor bei der Augmentation von Smart Manufacturing sein.

Die Initiative der indischen Regierung „Make in India“ zielt auf eine Steigerung des Anteils der Fertigungsindustrie am Bruttosozialprodukt von zwölf auf 25 Prozent bis zum Jahr 2025 ab. Deswegen wurden große Projekte für die nächsten Jahre gestartet, um die Infrastruktur zu unterstützen. Dazu gehören der Straßenbau, der Ausbau des Schienennetzwerkes und die Erschließung von Häfen. Die Initiative „Digital India“ soll außerdem die Kommunikationsinfrastruktur verbessern. Diese Neuerungen sollen außerdem neue Jobs in der Industrie schaffen. Auf der anderen Seite sorgt der globale Wettbewerb auch für Risiken im Produktionssektor.

Laut einer Studie von Roland Berger [AuSi14] wird der Produktionssektor 2023 in Bezug auf Effizienz und Kosten mit Europa gleichauf liegen. Dies wird ebenfalls für Druck auf die Arbeitskräfte sorgen. Der

„World Banks World Development Report 2016“ [WDR16: 23] weist darauf hin, dass 69 Prozent der Jobs in Indien durch Automatisierung gefährdet sind.³⁶

GRAFIK 9 **Geschätzter Anteil von Arbeitsplätzen, die von der Automatisierung betroffen sind** (in Prozent)



World Banks World Development Report 2016

| BertelsmannStiftung

Die Digitalisierung im Allgemeinen – insbesondere aber Industrie 4.0 – hat sowohl positive als auch negative Wirkungen auf den IT-Sektor in Indien. Laut NASSCOM [NASS17] wurde die indische IT-GPM-Industrie 2016 mit einem Volumen von 143 Milliarden US-Dollar und einer erwarteten Wachstumsrate von acht Prozent für 2017 zur globalen Nummer 1. Es wird damit gerechnet, dass der Arbeitsmarkt um 170.000 neue Arbeitsplätze und 3,9 Millionen Arbeitskräfte wächst.

Allerdings wirkt sich der Druck auf die Produktivität und die Effizienz des IT-Sektors aus. Die Anzahl der neuen Jobs sank von einer jährlichen Einstellungszahl von 500.000 auf prognostizierte 170.000, wobei ein weiterer Rückgang erwartet wird.³⁷ Nahezu 1,4 Millionen mittelständische Angestellte mit üblicherweise acht bis 13 Jahren Erfahrung spüren den Druck, den die Digitalisierung, Automatisierung und neuere Technologien auslösen. Ihre Aufgaben werden zunehmend an Software-Tools wie IBM Watson weitergegeben. Viele Angestellte könnten ihre Jobs an diejenigen verlieren, die vertraut mit den neuen Technologien sind.

Eine wachsende Industrie-4.0-konforme Produktion könnte die Wirkungen dieser Entwicklung auf den IT-Sektor abmildern.

3 Bestehende Kooperationen und Verbesserungspotenzial

Indien und Deutschland sind seit mehr als 500 Jahren Handelspartner; in den vergangenen 50 Jahren stieg das Handelsvolumen stetig an. Die deutsche Industrie baut seit Jahrzehnten Tochtergesellschaften in Indien auf, und führende IT-Firmen in Indien haben seit fast 20 Jahren regionale Hauptsitze in Deutschland.

Im Folgenden betrachten wir die Zusammenarbeit aus der Perspektive von Industrie 4.0 genauer, um Verbesserungspotenziale zu definieren.

3.1 Bestehende Zusammenarbeit

Die Zusammenarbeit kann von der Industrie, der Regierung oder den Universitäten ausgehen.

Industriegetriebene Aktivitäten

Die deutsche Handelskammer unterstützt deutsche Firmen dabei, ihre Geschäftsbeziehungen ins Ausland auf- und auszubauen. Die Deutsch-Indische Handelskammer (Indo German Chamber of Commerce, IGCC), 1956 in Indien gegründet, ist mit mehr als 6.000 Firmen die größte Handelskammer in Indien und zudem weltweit die größte deutsche Handelskammer. Sie wird von einem Komitee geleitet, das sich aus 20 gewählten Industriellen und Geschäftsführern deutscher und deutsch-indischer Firmen zusammensetzt. Die IGCC gründete sowohl in einigen deutschen Städten als auch außerhalb sogenannte „India Desks“, um die deutsch-indischen Geschäftsbeziehungen zu stärken.

Der VDMA (Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau e. V) repräsentiert mehr als 3.200 in der Regel mittelständische Unternehmen der Investitionsgüterindustrie, was den Verband zum größten Branchenverband in Europa macht. Der VDMA repräsentiert die gemeinsamen finanziellen, technischen und wissenschaftlichen Interessen des Maschinenbaus. Sie spiegeln die vielfältigen Kunden-Lieferanten-Beziehungen entlang der gesamten Wertschöpfungskette wider und fördern eine sektorspezifische und

übergreifende Zusammenarbeit. Dazu unterhält der VDMA Büros in Kalkutta, Delhi, Mumbai und Bangalore, die sich mit gezielten Aktivitäten auf die Förderung der Zusammenarbeit fokussieren.

Die deutschen Hauptakteure mit relevanten Industrie-4.0-Technologien, auch Mitglieder der IGCC, haben Tochtergesellschaften in Indien. Repräsentative Beispiele sind Bosch und Sick.

Bosch, ein führender Zulieferer für Indusrietechnologien, ist seit 1953 in Indien vertreten. Heute ist Bosch durch neun Firmen repräsentiert, inklusive 15 Fabriken und sieben Entwicklungs- und Anwendungszentren mit über 30.000 Angestellten und einem Gesamtumsatz von über 15.250 crores^{*} Rupien (2014). 2015 kündigte Bosch die Etablierung eines intelligenten Fertigungssystems (Smart Manufacturing System) bis zum Jahr 2018 in seinen Werken in Indien an.³⁸

Das Robert Bosch Zentrum für Cyber-Physikalische Systeme (Robert Bosch Centre for Cyber-Physical Systems, kurz RBCCPS)³⁹ wurde 2011 als indisches Institut für Wissenschaften (Indian Institute of Science Centre IISc) gegründet, um angewandte Forschung auf dem Gebiet der cyber-physischen Systeme zu fördern. Im Jahr 2016 wurde der Schwerpunkt auf die Erforschung grundlegender Aspekte der Entwicklung von CPS- und *Internet of Things* (IoT)-Technologien gelegt.

Sick ist einer der weltweit führenden Produzenten von Sensoren und Sensorlösungen für industrielle Automatisierungsanwendungen. Sick India private Ltd. wurde im Februar 2005 gegründet und unterhält Büros in Mumbai, Neu-Delhi Bangalore, Pune, Jamshedpur, Ahmedabad und Chennai.

Indische Hauptakteure der IT-Branche haben Tochtergesellschaften in Deutschland (vgl. Kapitel 1.2.3) und arbeiten mit deutschen Firmen auf dem Gebiet von Industrie 4.0 zusammen. Beispiele:

Wipro hat vor kurzem in Wolfsburg, Stuttgart und München Automobil-Hubs eingerichtet, um deutschen Automobilherstellern beim Übergang zur Industrie-4.0-Produktion zu unterstützen. Wipro hat

* 1 Crore entspricht 10 Millionen

außerdem eine Allianz mit den deutschen Schlüsselfiguren SAP und Siemens gebildet, um Smart Manufacturing zu unterstützen.⁴⁰

Im April 2016 haben Infosys und KUKA, ein deutscher Spezialist für industrielle Automatisierung und Pionier auf dem Gebiet der Industrieroboter, ihre Partnerschaft bekanntgeben, um eine 4.0-Cloud-Plattform zu entwickeln. Infosys unterstützt auch den acatech Industry 4.0 Maturity Index.⁴¹

Tata Consultancy Services und Bosch arbeiten in einem gemeinsamen Projekt daran, die Standards der deutschen Plattform Industrie 4.0 und des Industrial Internet Consortiums in die Bosch-Fabrik in Homburg zu integrieren, die hydraulische Ventile produziert.⁴²

Aktivitäten der Regierung

Um die Position der indischen Industrie zu stärken und die Anteile des indischen Bruttoinlandsproduktes zu fördern, hat die indische Regierung die Initiative „Make in India“ gestartet. Indien hat als Partnerland der größten Industriemesse der Welt, der Hannover Messe 2015, diese Initiative erfolgreich beworben.

Als Nachfolgemaßnahme hat die indische Botschaft in Berlin das „Make in India Mittelstand! (MIIM)“-Programm⁴³ ins Leben gerufen, um Indien für deutsche mittelständische Investoren attraktiv zu machen. Inzwischen hat die MIIM-Initiative 71 Mitgliedsfirmen, die in Indien 31 neue Fertigungsstätten mit einem Gesamtinvestment von 634 Millionen Euro erbaut haben.⁴⁴

Die indische Regierung unterstützt zudem in größerem Umfang „Smart Manufacturing“-Initiativen. Kompetenzzentren, die von der Industrie geleitet werden, sind in Arbeit, ebenso Bildungs- und Weiterbildungseinrichtungen. Die Maharashtra Chamber of Commerce Industries & Agriculture (MCCIA) und das Kirloskar Institut sind im Gespräch mit Fraunhofer, um ein Kompetenzzentrum für Industrie 4.0 in Pune zu gründen. Das Ministerium für Schwerindustrie und öffentliche Unternehmen (Ministry of Heavy Industries and Public Enterprise) der indischen Regierung unterstützt diese Initiative ebenfalls aktiv.

Das National Productivity Council hat von der Asian Productivity Organization (APO) finanzielle Unterstützung erhalten, um in einem Kompetenzzentrum „IT for Industry 4.0“ Trainings- und Qualifizierungsmechanismen für das Smart Manufacturing und IoT-gesteuerte Technologien einzuführen. Um das IoT-Ökosystem in Indien zu errichten und voranzutreiben, unterstützt das Ministerium für Elektronik und Informationstechnologien (MEITY) zusam-

men mit ERNET ein Kompetenzzentrum für IoT bei NASSCOM Bangalore.

Aktivitäten an Universitäten

Forschungskooperationen zwischen Deutschland und Indien haben eine lange Tradition. Der Deutsche Akademische Austauschdienst (DAAD) ist mit seinem Regionalbüro in Neu-Delhi⁴⁵ die zentrale Organisation. 1960 gegründet, unterhält der DAAD Netzwerke in Chennai, Pune, Mumbai und Bangalore, ist mit vielen indischen Forschungsinstituten verbunden und bietet derzeit 57 Förderungsmöglichkeiten für indische Studenten und Wissenschaftler im Ingenieurwesen an.

2012 wurde das Deutsche Wissenschafts- und Innovationshaus DWIH New Delhi⁴⁶ von einem Konsortium aus 15 deutschen Organisationen gegründet, um die Verbindung zwischen indischen und deutschen Wissenschaftsgemeinden sowie zwischen Universitäten und der Industrie zu festigen.

Neben diesen Institutionen gibt es viele andere Stiftungen, wie die Alexander von Humboldt Stiftung, die Robert Bosch Stiftung, die Feodor Lynen Stiftung oder die F.-W. Bessel Stiftung, die Stipendien und Fördergelder für indische Studenten und Wissenschaftler anbieten.

Aufgrund dieser Bemühungen bilden indische Studenten nach China und Russland die drittgrößte Gruppe der ausländischen Studenten in Deutschland. 2015/2016 studierten 13.740 Inder in Deutschland, die finanziell gefördert wurden.

Das „A New Passage to India“-Programm, das die deutsche Regierung im Jahr 2009 ins Leben rief, brachte mehr als 2.400 geförderte deutsche Studenten nach Indien.

Laut UNESCO Science Report [UNES15] ist Deutschland mit 8.540 wissenschaftlichen Veröffentlichungen nach den USA der zweitwichtigste wissenschaftliche Partner Indiens.

3.2 Aktuelle Umfragen zu Industrie 4.0: Wir brauchen mehr Bewusstsein

Im März veröffentlichte Bitkom Research die Ergebnisse einer repräsentativen Studie über den Status von Industrie 4.0 aus der Perspektive deutscher ICT-Firmen.⁴⁷ Mehr als 300 Unternehmen nahmen an dieser Studie teil. Nur drei Prozent von ihnen sehen Industrie 4.0 nicht als Geschäftsbereich. Für ungefähr 40 Prozent jedoch ist Industrie 4.0 schon jetzt sehr wichtig und die anderen 27 Prozent gehen davon aus, dass dies in den nächsten ein oder zwei Jahren der Fall sein wird.

Bislang ist Industrie 4.0 hauptsächlich für die Automobilindustrie von Bedeutung, deren Basis zu 28 Prozent aus Produktion besteht. Der Grund für diese Zurückhaltung ist, dass die Hälfte der Geschäftsführer der mittelständischen Unternehmen den Begriff Industrie 4.0 nicht kennt. 39 Prozent der produzierenden Firmen wissen nichts über den Nutzen und zwei Drittel zögern einfach. Warum ist dies der Fall? Die meisten Herausforderungen liegen bei den technischen Standards, regulatorischen Rahmenbedingungen, hohen Investitionskosten und in einem Mangel an qualifizierten Mitarbeitern.

Die Studie über IT-BPM in Indien, veröffentlicht von NASSCOM im Februar 2017 [NASS17], zeigt die Wichtigkeit des IT-Sektors generell und besonders des IT-Dienstleistungssektors in Indien. Die Wachstumsrate dieses Sektors übersteigt die Wachstumsrate der indischen Wirtschaft. So gut wie die Hälfte der Einnahmen stammt aus Exporten. Obwohl nicht explizit angegeben, ist es dennoch sehr wahrscheinlich, dass die digitale Transformation von Firmen und Industrie 4.0 bei dieser Entwicklung eine beträchtliche Rolle spielen werden.

PwC veröffentlichte 2016 eine Studie zu Industrie 4.0 in Indien [PwC16]. Laut dieser Studie stuften 27 Prozent der teilnehmenden Industrieunternehmen ihren Status als „fortgeschritten“ ein. Nahezu zwei Drittel der Teilnehmer gehen davon aus, dass ihr Unternehmen diesen Level innerhalb der nächsten fünf Jahre erreichen wird.

Ebenfalls 2016 [FICC16] wurde eine Studie über zukunftsweisende Produktion mit mehr als 50 führenden indischen technischen Unternehmen von der Stiftung der indischen Industrie- und Handelskammer (FICCI) zusammen mit der Tata Strategic Management Group (TSMG) durchgeführt. Die Umfrage zeigt Schwachstellen auf dem Gebiet der Produktqualität, der Arbeitsproduktivität, der Agilität der Produktions- und Logistikprozesse sowie bei der Bereitstellung von End-to-End-Lösungen, also von Dienstleistungsprodukten, auf. Diese Probleme lassen sich lösen, wenn fortgeschrittene Produktionstechnologien verwendet werden.

3.3 Konkrete Herausforderungen für die indische Industrie

Um die grundlegenden Realitäten der indischen und deutschen Unternehmen in Indien zu verstehen, hat das Fraunhofer Office Indien im Juni 2017 Workshops mit Interessenvertretern und der indischen Regierung in Pune und Bangalore veranstaltet.

Die Diskussion bestätigte, dass die Fertigung ein Hauptziel bei der Zusammenarbeit (vgl. Kapitel 1.2.1) ist. Indien steht hier vor einer großen Herausforderung. Viele Maschinen werden in Deutschland entwickelt und konstruiert, deswegen ist es für indische Firmen schwierig, sie für Industrie 4.0 kompatibel zu machen. Außerdem stehen indische Unternehmen vor dem Problem, Daten auf der Maschinenebene zu erfassen.

Diese Fakten implizieren signifikante Möglichkeiten für die Zusammenarbeit, wie in Kapitel 1.4.1 (Szenario 1) oben darlegt.

Eine weitere Herausforderung ist das fehlende Bewusstsein für Industrie 4.0. Wie bereits erwähnt, haben kleine und mittlere Unternehmen (MSME), die einen erheblichen Anteil an der Produktionsleistung des Fertigungssektors haben, keine vollständigen Informationen über Industrie 4.0 und damit keinen Anreiz, Teil des Umwandlungsprozesses zu sein. Es ist jedoch dringend nötig, sie so schnell wie möglich mit ins Boot zu holen.

Damit man versteht, was Industrie 4.0 bedeutet, wäre es sehr nützlich, eine Modellfabrik zu errichten und Benchmark-Studien durchzuführen.

Dies ist nicht nur eine Aufgabe für Indien, sondern auch für Deutschland. In diesem Zusammenhang muss erwähnt werden, dass die Teilnehmer der Auffassung sind, dass viele Konzepte zu technologieorientiert sind und nicht genügend betriebswissenschaftliche Aspekte berücksichtigen.

Viele Interessenvertreter stimmen zu, dass die Daten bei Industrie 4.0 im Mittelpunkt stehen, sei es Datenanalytik, Maschinenintelligenz oder maschinelles Lernen. Bei den Unternehmen liegt der Fokus jedoch zu wenig auf diesen Themen. Außerdem besteht ein Bedarf an verschiedenen Transformationspfaden, wie der Optimierung und Erweiterung des Kerngeschäfts oder der Einführung neuer Unternehmen.

Die indische Regierung und einige Akteure des privaten Sektors bilden Plattformen für Industrie 4.0. Es ist notwendig, Synergien zwischen diesen Plattformen und den daraus resultierenden Netzwerken zu bilden.

Zusätzlich zu den Workshops hat Fraunhofer eine Onlinestudie für IT- und Fertigungsfirmen vorbereitet. Der hierfür erstellte Fragebogen diente dazu, allgemeine Informationen über die Unternehmen und die Rolle der Teilnehmer einzuholen sowie den Status der Digitalisierung im Unternehmen, das Bewusstsein und das Engagement für Industrie 4.0, bestehende Kooperationen sowie die Nachfrage nach Unterstützung beim Übergang abzufragen.

Die zusammengefassten Ergebnisse der Studie sind jedoch mit Vorsicht zu interpretieren. Die zehn Teilnehmer kommen aus fünf verschiedenen Industriesparten und Verbänden. Drei von vier Befragten waren nur ein Jahr mit Industrie 4.0 verbunden, das übrige Viertel meist zwei Jahre. Keiner der Befragten hatte einen Masterplan für Industrie 4.0 und sein Unternehmen.

Bei der Begutachtung der Schwerpunkte der digitalen Transformation stellte sich heraus, dass die Firmen sich auf die Automatisierung von Produktionsprozessen (50 % der Befragten haben teilweise eine automatisierte Produktion, indem sie z. B. Roboter und autonome Fahrzeuge nutzen) und auf die Digitalisierung ihrer Lieferkette (jeder dritte Befragte praktiziert supply-to-order) fokussieren.

Intelligente Produkte, die physische Produkte mit digitalem Service verbinden, sind nach wie vor von geringem Interesse. Einer von drei Befragten hatte nicht vor, Produkte dieser Art zu entwickeln. 50 Prozent der Befragten befinden sich allerdings in der Planungsphase.

Wenn man den Status der Kooperationen betrachtet, stellt sich heraus, dass alle Befragten Smart Manufacturing als Ziel erwägen, rund 40 Prozent sind auch an einer intelligenten Lieferkette interessiert. Die Zusammenarbeit in Bezug auf Industrie 4.0 ist auf inländische Partner beschränkt, aber auch dort hat sie noch keinen Produktionsstatus erreicht.

Auf der anderen Seite gibt es ein großes Interesse (80 bis 90 Prozent) an Fallstudien zu Industrie 4.0, sich in einem Kompetenzzentrum und für die Industrie 4.0-Plattform anzumelden. Zwei Drittel sind zudem daran interessiert, an Industrie-4.0-Pilotprojekten teilzunehmen.

ABBILDUNG 3 Workshop im Büro von Fraunhofer, Bangalore



4 Handlungsempfehlungen

Eine kürzlich erstellte Studie von Roland Berger India [AuVi16] empfiehlt gemeinsame deutsch-indische Aktivitäten, um Innovationen zu verbessern. Die zugrunde liegende Sichtweise sieht Indien als Kunden, als Wettbewerber, als Kooperationspartner, als Talentschmiede und als Ökosystem. Die Empfehlungen diskutierten den Einfluss der komplementären Profile der Länder, die Stärkung der gemeinsamen Projektkonsortien und die Entwicklung bilateraler Start-up-Portale.

Als wir diese Sichtweise auf unsere Beobachtungen zu Industrie 4.0 übertrugen, stellten auch wir unterschiedliche Profile fest. Deutschlands Exzellenz auf dem Gebiet der Produktion passt zusammen mit Indiens

Wunsch, seine Fertigungsindustrie zu stärken. Die Zunahme an deutschen Direktinvestitionen in Indien wird durch Indiens wirtschaftliches Wachstum stimuliert und durch Initiativen der indischen Regierung wie „Make in India“ und „Make in India Mittelstand“ weiter gefördert. Deutschlands Mangel an IT-Fachleuten wiederum kann von Indiens riesigem und schnellwachsendem IT-Sektor mit vielen Arbeitskräften profitieren.

Da wir auch erhebliche Lücken entdeckt haben, fokussieren wir uns auf Empfehlungen für Kooperationen im Bereich Industrie 4.0, basierend auf unseren zusammengefassten Ergebnissen.

GRAFIK 10 Handlungsempfehlungen für Deutschland

Kurzfristige Aktivitäten	Mittelfristige Aktivitäten	Langfristige Aktivitäten
<p><i>Industrie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · Bewerben von Industrie 4.0 und Industrial Data Space als Qualitätssiegel in Indien · Mehr Bewusstsein bei indischen Geschäftspartnern schaffen 	<p><i>Industrie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · Entwickeln von Industrie-4.0-relevanten Trainingsprogrammen für Fachleute aus der Industrie 	<p><i>Industrie</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · Gründen eines indisch-deutschen Industrie-4.0-Ökosystems inklusive industrieller und akademischer Partner
<p><i>Regierung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · Fördern des Bewusstseins für Industrie 4.0 im Mittelstand · Fördern des Wissenstransfers über Industrie 4.0 und Industrial Data Space als Teil davon in Indien 	<p><i>Regierung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · Fördern von Kompetenzbildung durch die Internationalisierung des dualen deutschen Ausbildungssystems 	<p><i>Regierung</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · Unterstützen von Kompetenzbildung durch die Internationalisierung des deutschen dualen Trainingsprogramms
<p><i>Gemeinsame Aktivitäten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · Erstellen einer indisch-deutschen Industrie-4.0-Plattform · Aufsetzen gemeinsamer Industrie-4.0-Forschungsprojekte · Gründung von Inkubatoraktivitäten / Schaffung von Gründerzentren 	<p><i>Gemeinsame Aktivitäten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · Gründen einer Expertengruppe für Kompetenzbildung für pädagogische Programme mit deutschen dualen Berufsbildungskonzepten für indische Studierende und Fachkräfte aus der Industrie 	<p><i>Gemeinsame Aktivitäten</i></p> <ul style="list-style-type: none"> · Gründen eines langfristigen deutsch-indischen Industrie-4.0-Kooperationsprogramms auf akademischem und industriellem Niveau

GRAFIK 11 Handlungsempfehlungen für Indien

Kurzfristige Aktivitäten	Mittelfristige Aktivitäten	Langfristige Aktivitäten
<p>Industrie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bewusstsein für Industrie 4.0 verbessern, vor allem im MSME-Sektor* • Einrichten von Industrie-4.0-Kompetenzzentren als Vorzeigeprojekt für den Wissens- und Technologietransfer 	<p>Industrie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Durchführen von Trainingsprogrammen für Branchenexperten zum Thema Umschulung und Ausbildung mit Blick auf Industrie 4.0 	<p>Industrie</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gründen eines indisch-deutschen Industrie-4.0-Ökosystems inklusive industrieller und akademischer Partner
<p>Regierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Unterstützung von Aktivitäten zur Förderung des Bewusstseins für Industrie 4.0 in Indien 	<p>Regierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Die Verbreitung von Industrie-4.0-Konzepten und -Technologien in Schlüsselindustrien mithilfe von Industrie-4.0-Kompetenzzentren 	<p>Regierung</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gründung eines Partnerprogramms mit deutschen Universitäten und Fachhochschulen im Bereich der dualen Bildung, um die Menschen über Industrie 4.0 aufzuklären und sie auszubilden
<p>Gemeinsame Aktivitäten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Erstellen einer indisch-deutschen Industrie-4.0-Plattform • Aufsetzen gemeinsamer Industrie-4.0-Forschungsprojekte • Schaffung von Inkubatoraktivitäten/Gründerzentren 	<p>Gemeinsame Aktivitäten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gründung einer Expertengruppe für Kompetenzbildung, um pädagogische Programme mit deutschen, dualen Berufsbildungskonzepten für indische Studierende und Fachkräfte aus der Industrie zu schaffen 	<p>Gemeinsame Aktivitäten</p> <ul style="list-style-type: none"> • Gründung eines langfristigen deutsch-indischen Industrie-4.0-Kooperationsprogramms auf akademischem und industriellem Niveau

* MSME steht für kleinst, kleine und mittlere Unternehmen / KKMU
 Fraunhofer ISST 2017 | BertelsmannStiftung

Im Folgenden werden diese Empfehlungen im Detail diskutiert.

4.1 Empfehlungen für die Industrie

Der deutsche Produktionssektor gehört zu den Weltmarktführern und Industrie 4.0 ist ein Mittel, um diese Position zu halten. Eine aktuelle Studie von Bitkom⁴⁸ zeigt, dass deutsche IT-Firmen Industrie-4.0 sehr wohl wahrnehmen. Die Fertigungsunternehmen hinken jedoch hinterher. Hier sollte der Branchenverband einsteigen und die Integration von Industrie 4.0-Technologien in ihre Produktionsprozesse, Produkte und innovative Dienstleistungen fördern, die im Zusammenhang mit diesen Produkten stehen. Die deutsche Regierung hat bereits 2015 die Errichtung von Industrie-4.0-Kom-

petenzzentren für den Mittelstand angestoßen (mittlerweile gibt es 20).

Die Plattform Industrie 4.0 und neuerdings auch der Industrial Data Space sind deutsche Initiativen, die für den Einsatz in Deutschland und im Ausland entwickelt wurden. Zwar gibt es bei den Interessenvertretern beider Initiativen erhebliche Überschneidungen – und die Initiativen thematisieren ergänzende Kernpunkte – trotzdem werden sie oft nicht als zwei Seiten derselben Medaille gesehen.

Bisher wurden Konzepte und Technologien in diesen Initiativen entwickelt, es fehlen jedoch immer noch klare Standards und entsprechende Bezeichnungen. Eine Bezeichnung wie „Industrial Data Space connected“ oder „Intel inside“ würde wahrscheinlich für eine bessere Akzeptanz in Deutschland, aber auch in Indien sorgen.

Indiens Industrie macht einen Anteil von 29,8 Prozent des indischen Bruttoinlandsproduktes⁴⁹ aus, 16,57 Prozent davon stammen aus der Produktion⁵⁰. Die „Make in India“-Initiative hat das Ziel, den Anteil der Produktion zu steigern, allerdings ist die Einführung von Industrie 4.0 noch sehr gering. Firmen müssen ihr Bewusstsein für den Wettbewerb steigern und einen Platz im internationalen Ökosystem finden.

Indien und Deutschland brauchen einen größeren Fokus auf Industrie-4.0-Programme bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU). Die Definition von KMU in Deutschland unterscheidet sich jedoch von derjenigen in Indien; dies muss bei der Abstimmung von Unternehmen sowie bei der Planung gemeinsamer Initiativen berücksichtigt werden.

Um diese Ziele zu erreichen, sollten indische Unternehmen die Vorteile von Industrie 4.0 für ihren Betrieb abschätzen und sich aktiv an entsprechenden Anstrengungen beteiligen.

In einem ersten Schritt sollten sie Informationen über die Vision von Industrie 4.0, grundlegende Konzepte und schon existierende Erfolgsgeschichten sammeln, um herauszufinden, was eine solche Umstrukturierung für ihr Unternehmen bedeutet. Der einfachste Weg dabei ist es, einer Industrie-4.0-Plattform beizutreten.

Die Industrie muss auch im Falle von Greefield-Fällen Industrie-4.0-geeignete Maschinen einführen. Dies gilt auch dann, wenn Ersatzinvestitionen getätigt werden: Hier würde der Ansatz darin bestehen, bereits existierende Maschinen intelligent zu machen (durch zusätzliche Sensortechnik etc.). Eigens eingerichtete Industrie-4.0-Kompetenzzentren könnten Wissen zur Verfügung stellen.

4.2 Empfehlungen für die Regierungen

Aktuelle Umfragen zeigen, dass das fehlende Bewusstsein für Industrie 4.0 beim deutschen Mittelstand und bei der indischen Industrie immer noch ein Problem ist. Das Bewusstsein für die Thematik im IT-Sektor muss gestärkt werden, und die Regierungen sollten Maßnahmen ergreifen, um mittelständische Unternehmen zu erreichen. Ein nützlicher Schritt wäre es, den Mittelstand mit indischen Softwareanbietern zusammenzuführen, um von ihren niedrigeren Kostenstrukturen zu profitieren.

Die „Make in India“-Initiative, ins Leben gerufen von der indischen Regierung, sollte ihren Fokus auf Industrie 4.0 legen. Ein gemeinsames Industrie-4.0-Kompetenzzentrum könnte als Schauplatz für neue Tech-

nologien und deren erfolgreichen Einsatz in Firmen errichtet werden.

Außerdem sollte ein längerfristiges deutsch-indisches Industrie-4.0-Programm inklusive wissenschaftlicher und wirtschaftlicher Zusammenarbeit gestartet werden. Dafür könnten bereits bestehende Organisationen und Strukturen genutzt werden. Das IGSTC stellt die Plattform für regierungsgeförderte gemeinsame deutsch-indische Forschungsprojekte bereit. Diese Projekte werden in einer „2+2-Partnerschaft“ finanziert, das heißt, ein Forschungspartner und ein Partner aus der Industrie führen gemeinsam Forschungsarbeiten durch. Bisher liegt der Fokus der gemeinsamen Forschung auf Medizintechnik, Biotechnologie, Energie und Nachhaltigkeit. Nur wenige Projekte beziehen sich auf die Produktion. Das muss sich ändern.

Zudem gibt es bislang auch kein spezielles akademisches Austauschprogramm mit Fokus auf Industrie 4.0.

Der Mangel an Fähigkeiten ist ein Problem, das Deutschland und Indien gleichermaßen betrifft. Deutschland fehlen vor allem IT-Experten und der demografische Wandel wird höchstwahrscheinlich auch generell zu einer Schwächung des Arbeitsmarktes führen. Indien steht vor dem Problem, dass die große Nachfrage nach Arbeitskräften aufgrund fehlender Fähigkeiten nicht abgedeckt werden kann.⁵¹ Spezielle Trainingsprogramme und Ausbildung könnten helfen, diesen Mangel zu beheben.

Als erstes sollte eine gemeinsame Expertengruppe gegründet werden, die Konzepte und Strategien für gemeinsame Programme mit deutschen Universitäten und angewandten Forschungsinstituten zur Ausbildung für Industrie-4.0-Themen entwickelt. Die Internationalisierung des dualen deutschen Ausbildungssystems könnte eine weitere Maßnahme sein.

Für eine Zusammenarbeit auf Geschäftsniveau ist darauf hinzuweisen, dass in der vierten Deutsch-Indischen Regierungskonsultation zwischen der deutschen Kanzlerin Merkel und Indiens Premierminister Modi am 30. Mai 2017 in Berlin beide Seiten zugestimmt haben, Möglichkeiten für eine Zusammenarbeit auf dem Gebiet von Industrie 4.0 zu evaluieren, besonders zwischen den Industriepattformen auf beiden Seiten.

Bisher gibt es weder eine deutsch-indische Industrie-4.0-Plattform noch eine deutsch-indische Allianz (siehe Kooperationsvereinbarung zwischen China und der deutschen Industrie-4.0-Plattform oder die chinesisch-deutsche Industrie 4.0 Allianz). Hier könnten die deutsche Industrie-4.0-Plattform⁵² und die Industrial Data Space Association⁵³ ins Spiel kommen.

Als Alternative könnte eine deutsch-indische Industrie-4.0-Plattform mit Interessenvertretern aus der gesamten Wertschöpfungskette gegründet werden. Die geplanten oder gerade eröffneten Kompetenzzentren in Pune und Neu Delhi bieten hierzu ebenfalls Möglichkeiten.

Bis jetzt gibt es auch noch kein deutsch-indisches Industrie-4.0-Gründerzentrum (vgl. den chinesisch-deutschen Intelligent Equipment Manufacturing Industrial Park in Shenyang, China). Auf dem Gebiet des IoT existieren in Bangalore jedoch 850 Start-ups, außerdem gibt es eine aktive Start-up-Kooperation zwischen Bangalore und Berlin. Diese Fakten sind im Auge zu behalten, wenn weitere Schritte für Gründermaßnahmen unternommen werden.

5 Fazit

In dieser Studie haben wir potenzielle Bereiche für eine deutsch-indische Zusammenarbeit auf Basis von Industrie 4.0 gefunden. Als erster Schritt wurden die Smart Factories (oder intelligente Fabriken) als Repräsentanten für die vertikale Integration von Prozessen innerhalb einer Firma und dem Industrial Data Space als Mittel zur horizontalen Integration für unternehmensübergreifende Prozesse betrachtet.

Im zweiten Schritt haben wir uns die wirtschaftliche Perspektive angesehen und die Produktion, die chemische Industrie und den IT Sektor als Zielsektoren identifiziert, wobei bestehende Handelsbeziehungen, Marktzahlen und die Anpassung von Angebot und Nachfrage berücksichtigt wurden. Danach haben wir Fallstudien als Beispiel für horizontale und vertikale Integration betrachtet und mögliche Kooperationsmöglichkeiten skizziert, die auf Wertschöpfungsketten sowie auf technischer und organisatorischer Reife bestehen.

Berücksichtigt man den sozialen Einfluss von Industrie 4.0 auf Indien und Deutschland, wird der Handlungsbedarf deutlich. Deutschland muss seine führende Position bei der Produktion und beim Export wahren, während es einer rückläufigen Zahl an Arbeitskräften und einem wachsenden Mangel an IT-Experten gegenübersteht. Indien dagegen muss seinen Produktionssektor stärken. Auf der anderen Seite ist Indien ein weltweites Schwergewicht, was

das Outsourcing von IT und Geschäftsprozessen angeht. Dadurch, dass Indien die zweitgrößte Population weltweit hat, gibt es genügend Arbeitskräfte, die jedoch bessere Qualifikationen und Trainingsprogramme brauchen.

Eine Bestandsaufnahme der deutsch-indischen Beziehungen in Industrie-4.0-relevanten Bereichen zeigt, dass über Jahrzehnte hinweg eine solide Basis geschaffen wurde, die von Tochtergesellschaften deutscher Industrieorganisationen in Indien bis zu Tochtergesellschaften ausländischer Direktinvestitionen indischer Unternehmen in Deutschland reicht und umgekehrt. Hinzu kommen von der Regierung initiierte Programme wie „Make in India Mittelstand!“ und akademische Austauschprogramme. Bisher konzentrierten sich diese Aktivitäten jedoch nicht auf Industrie 4.0.

Aktuelle Studien über Industrie 4.0 in Deutschland und Indien, Workshops, die vor kurzem in Bangalore und Pune organisiert wurden sowie eine Online-Umfrage zeigen Schwächen und Bedarf an Unterstützung auf beiden Seiten. Daraus leiten wir Empfehlungen für die Industrie, die Regierung und schließlich für die gemeinsamen deutsch-indischen Aktivitäten ab, hin zu einem breiteren Einsatz von Industrie 4.0.

Jetzt liegt es an den adressierten Interessenvertretern, diese Empfehlungen in die Tat umzusetzen.

Endnoten

- ¹ **Industrial Internet Consortium (2017)**. Website. www.iiconsortium.org/ (Download 27.3.2017).
- ² **The State Council of the People's Republic of China (2017)**. Website. http://english.gov.cn/policies/latest_releases/2015/05/19/content_281475110703534.htm (Download 27.3.2017).
- ³ **Central Intelligence Agency (CIA) (2017)**. *The World Factbook*. www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/rankorder/2001rank.html#gm (Download 27.3.2017).
- ⁴ **Bitkom (2017)**. *Thema: ITK-Arbeitsmarkt*. www.bitkom.org/Marktdaten/ITK-Arbeitsmarkt/index.jsp (Download 21.4.2017).
- ⁵ **InfoQ (2017)**. www.infoq.com/news/2014/01/IDC-software-developers (Download 21.4.2017).
- ⁶ **UNIDO Statistics Unit (2017)**. *Basic Information: Germany*. www.unido.org/Data1/IndStatBrief/Basic_Information.cfm?print=no&ttype=C1&Country=GER (Download 27.3.2017).
- ⁷ **UNIDO Statistics Unit (2017)**. *World: Leading manufacturing economies share in world MVA*. www.unido.org/Data1/IndStatBrief/World_Leading_MVA.cfm?print=no&ttype=W6&Country=GER (27.3.2017).
- ⁸ **Siemens (2017)**. Website: *About Siemens India*. www.siemens.co.in/about-us/overview.htm (Download 27.3.2017).
- ⁹ **Schaeffler (2017)**. Website: *Schaeffler India*. www.schaeffler.co.in/content.schaeffler.co.in/en/company/company.jsp (Download 27.3.2017).
- ¹⁰ **Trumpf (2017)**. *Trumpf Group: Locations*. www.trumpf.com/en_IN/company/trumpf-group/locations/ (Download 27.3.2017).
- ¹¹ **Make in India (2017)**. Website: *National Manufacturing*. www.makeinindia.com/policy/national-manufacturing (Download 27.3.2017).
- ¹² **Invest in Karnataka (2017)**. Website: *Machine Tools & Heavy Manufacturing*. <http://investkarnataka.co.in/mii/machine-tools-heavy-engineering.html> (Download 27.3.2017).
- ¹³ **Make in India (2017)**. *Towards Smart Manufacturing Industry 4.0 and India*. www.makeinindia.com/article/-/v/towards-smart-manufacturing-industry-4-0-and-india (Download 27.3.2017).
- ¹⁴ **Deccan Herald (2017)**. *Karnataka signs MoU with GoI for Machine Tool Park*. www.deccanherald.com/content/596334/karnataka-signs-mou-goi-machine.html (Download 27.3.2017).
- ¹⁵ **BASF India (2017)**. Website. www.india.basf.com/ (Download 27.3.2017).
- ¹⁶ **Henkel India (2017)**. Website. www.henkel.in/ (Download 27.3.2017).
- ¹⁷ **Wacker (2017)**. *Kolkata - India*. www.wacker.com/cms/en/wacker_group/wacker_facts/sites/kalkutta/kalkutta.jsp (Download 27.3.2017).
- ¹⁸ **Make in India (2017)**. *Sector: Chemicals*. www.makeinindia.com/sector/chemicals (Download 3.4.2017).
- ¹⁹ **UN comtrade (2015)**. *Xearbook 2015*. <https://comtrade.un.org/pb/CountryPagesNew.aspx?y=2015> (Download 3.4.2017).
- ²⁰ **UNIDO Statistics Unit (2017)**. *India: Basic Information*. www.unido.org/Data1/IndStatBrief/Basic_Information.cfm?print=no&ttype=C1&Country=IND (Download 3.4.2017).
- ²¹ **Bitkom (2017)**. *Unternehmen & Insolvenzen*. www.bitkom.org/Marktdaten/ITK-Konjunktur/Unternehmen-Insolvenzen.html (Download 3.4.2017).
- ²² **SAP India (2017)**. Website. www.sap.com/india/index.html (Download 3.4.2017).
- ²³ **www.nasscom.in/indian-itbpo-industry (Download 3.4.2017)**.
- ²⁴ **Make in India (2017)**. Website: *IT- and BMP*. www.makeinindia.com/sector/it-and-bpm (Download 3.4.2017).
- ²⁵ **Moneycontrol (2017)**. *Market capitalisation*. www.moneycontrol.com/stocks/marketinfo/marketcap/bse/index.html (Download 3.4.2017).

- ²⁶ **Plattform Industrie 4.0 (2017).** *Map of Industrie 4.0 use cases.* List. www.plattform-i40.de/I40/Navigation/Karte/SiteGlobals/Forms/Formulare/EN/map-use-cases-formular.html (Download 12.5.2017).
- ²⁷ **Schaeffler (2017).** Website: *Press releases.* www.schaeffler.de/content.schaeffler.de/en/press/press-releases/press-details.jsp?id=71833665 (Download 12.5.2017).
- ²⁸ **thyssenkrupp (2017).** Website: *Press releases.* www.thyssenkrupp.com/en/newsroom/press-releases/press-release-118944.html# (Download 12.5.2017).
- ²⁹ **Deutsche Akademie der Technikwissenschaften (2017).** *Industry 4.0 Maturity Index - Managing the Digital Transformation of Companies.* www.acatech.de/de/publikationen/publikationssuche/detail/artikel/industrie-40-maturity-index-managing-the-digital-transformation-of-companies.html (Download 12.5.2017).
- ³⁰ **Trumpf (2017).** Website: *Smart Factory.* www.trumpf.com/en_GB/products/smartfactory/truconnect/ (Download 12.5.2017).
- ³¹ **Destatis (2017).** *Erwerbstätigenrechnung.* www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/Arbeitsmarkt/Erwerbstaetigkeit/TabellenErwerbstaetigenrechnung/InlaenderInlandskonzept.html (Download 12.5.2017).
- ³² **Destatis (2017).** *Inlandsproduktberechnung.* www.destatis.de/DE/ZahlenFakten/GesamtwirtschaftUmwelt/VGR/Inlandsprodukt/Tabellen/BWSBereichen.html (Download 12.5.2017).
- ³³ **BCG (2017).** *Industry 4.0: The Future of Productivity and Growth in Manufacturing Industries.* www.bcg.com/de-de/publications/2015/engineered_products_project_business_industry_4_future_productivity_growth_manufacturing_industries.aspx (Download 12.5.2017).
- ³⁴ **Federal Statistical Office of Germany (2017).** Website. www.destatis.de (Download 12.5.2017).
- ³⁵ **Central Intelligence Agency (CIA) (2017).** *The World Factbook.* www.cia.gov/library/publications/the-world-factbook/geos/in.html (Download 12.5.2017).
- ³⁶ **World Bank (2016).** *World Development Report: Digital Dividends.* Data taken from http://bit.do/WDR2016-FigO_18 (12.5.2017).
- ³⁷ **Business Standard (2017).** *Infosys ex.CFO says automation will impact hiring in Indian IT sector.* www.business-standard.com/article/companies/automation-to-impact-hiring-in-indian-it-sector-balakrishnan-117042000970_1.html (Download 12.5.2017).
- ³⁸ **Financial Express (2015).** *Bosch to introduce "smart manufacturing" at India plants by 2018.* www.financialexpress.com/industry/bosch-to-introduce-smart-manufacturing-at-india-plants-by-2018/146922/ (Download 12.5.2017).
- ³⁹ **Robert Bosch Centre for Cyber-Physical Systems (2017).** Website. www.rbccps.org.
- ⁴⁰ www.wipro.com/industries/manufacturing/services/smart-manufacturing/ (Download 12.5.2017).
- ⁴¹ **Kuka (2017).** *KUKA und Infosys beschließen Industrie 4.0 Partnerschaft.* www.kuka.com/de-de/presse/news/2016/04/kuka-und-infosys-beschlie%C3%9Fen-industrie-4-0-partnerschaft (Download 12.5.2017).
- ⁴² **Markt & Technik (2016).** *Bosch kombiniert Standards von Plattform Industrie 4.0 und IIC.* www.elektroniknet.de/markt-technik/industrie-40-iot/bosch-kombiniert-standards-von-plattform-industrie-4-0-und-iic-128656.html (Download 12.5.2017).
- ⁴³ **Make in India Mittelstand (2017).** Website. www.makeinindiamittelstand.de (Download 27.3.2017).
- ⁴⁴ *Presentation of Vikram Vardhan, Second Secretary of the Embassy of India in Berlin and Deputy Head of the MIIM Programme, at the MIIM 3rd Exchange Platform, Embassy of India, 27.3.2017, Berlin.*
- ⁴⁵ **German Academic Exchange Service (DAAD) (2017).** Website. www.daad Delhi.org (Download 27.3.2017).
- ⁴⁶ **German House for Research and Innovation (DWIH) (2017).** Website. www.dwih.in (Download 27.3.2017).
- ⁴⁷ **Bitkom (2017).** *IT-Unternehmen bauen Angebot für die Industrie 4.0 aus.* www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/IT-Unternehmen-bauen-Angebote-fuer-die-Industrie-40-aus.html (Download 27.3.2017).

-
- ⁴⁸ **Bitkom (2017)**. www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/IT-Unternehmen-bauen-Angebote-fuer-die-Industrie-40-aus.html (Download 16.5.2017).
- ⁴⁹ **India Brand Equity Foundation (IBEF) (2017)**. *India: A Snapshot*. www.ibef.org/economy/indiasnapshot/about-india-at-a-glance (Download 16.5.2017).
- ⁵⁰ **Statistic Times (2017)**. *Sector-wise contribution of GDP of India*. <http://statisticstimes.com/economy/sectorwise-gdp-contribution-of-india.php> (Download 16.5.2017).
- ⁵¹ **The Hindu Business Line (2016)**. *We need Industrial Revolution 4.0*. www.thehindubusinessline.com/opinion/automation-will-hit-indias-labour-advantage/article9262553.ece (Download 16.5.2017).
- ⁵² **Plattform Industrie 4.0**. Website. www.plattform-i40.de (Download 16.5.2017).
- ⁵³ **Industrial Data Space Association (2017)**. Website. www.industrialdataspace.org (Download 16.5.2017).

Abbildungsverzeichnis

Tabelle 1	Definition für herstellende MSME in Indien (Entwicklungsbeauftragter [MSME] Ministry of MSME)	12
------------------	--	----

Grafiken

Grafik 1	Meilensteine industrieller Prozessautomation	7
Grafik 2	Daten als strategischer Link zwischen smarterer Produktion und smarten Dienstleistungen	9
Grafik 3	Deutscher Waren- und Dienstleistungshandel mit Indien, 2011–2015	10
Grafik 4	German merchandise trade & services trade with India, 2011–2015	11
Grafik 5	Designprinzipien für ein Industrie-4.0-Szenario	16
Grafik 6	Acatech Industry 4.0 Maturity Index (Beispiel)	16
Grafik 7	Industriesektoren des deutschen BIP in Prozent 2016	18
Grafik 8	Wachstumspotenzial von 2013 bis 2025, basierend auf Industrie 4.0 für ausgewählte deutsche Industriesektoren	18
Grafik 9	Geschätzter Anteil von Arbeitsplätzen, die von der Automatisierung betroffen sind	19
Grafik 10	Handlungsempfehlungen für Deutschland	24
Grafik 11	Handlungsempfehlungen für Indien	25

Abbildungen

Abbildung 1	Eine Beschichtungsmaschine mit Zustandsüberwachung	14
Abbildung 2	Mobile Fahrer-App für die Meldung der geschätzten Ankunftszeit	15
Abbildung 3	Workshop im Büro von Fraunhofer, Bangalore	23

Quellen

- [AuSi14] **W. Aulbur and H.V. Singh:** *Next Gen Manufacturing: Industry 4.0. Roland Berger Strategy Consultants*, Theme paper at the Manufacturing Excellence Conclave, New Dehli, 2014.
- [AuVi16] **W. Aulbur and N. Viswanathan:** *India Innovation Study*, Bertelsmann Stiftung, September 2016.
- [Baue15] **W. Bauer et al.:** *Industry 4.0 – Economic Potential for Germany*. BITKOM, 2014.
- [BMW16] **Federal Ministry for Economic Affairs and Energy (BMWi):** *Digital Strategy 2025*, April 2016. Retrieved from <http://www.de.digital/DIGITAL/Redaktion/EN/Publikation/digital-strategy-2025.html>, 21.04.2017
- [BoSu16] **L. Bonekamp and M. Sure:** *Consequences of Industry 4.0 on Human Labour and Work Organization*, Journal of Business and Media Psychology, vol. 1, 2016.
- [Das17] **P. Das:** *Micro, Small and Medium Enterprises (MSME) in India: Opportunities, Issues & Challenges*, Great Lakes Herald, Volume 11 Issue No 1, pp. 77–88, March 2017.
- [EvAn12] **Evans, P. C. and M. Annunziata:** *Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines*, 2012. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/271524319_Industrial_Internet_Pushing_the_boundaries_of_minds_and_machines, 03.04.2017.
- [FICC16] **FICCI:** *FICCI-TSMG Advanced Manufacturing Survey 2016 – Is Indian Manufacturing Ready to Adopt Advanced Manufacturing Trends? Federation of Indian Chambers of Commerce & Industry (FICCI) and Tata Strategic Management Group (TSMG)*, 2016. Retrieved from <http://www.ficci.com/spdocument/20893/FICCI-TSMG-report.pdf> on 17.05.2017.
- [GaMu15] **P.S. Gangadhar, H. Mühleck, eds.:** *Prospects for Indo-German Collaboration in High-Tech Manufacturing*, Embassy of India, Berlin (Germany), 2015.
- [HePO16] **Herrmann, M., T. Pentek and B. Otto:** *Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios*, Proc. 49th Hawaii International Conference on System Sciences, 2016.
- [IEC17] **IEC PAS 63088:** *2017 Smart manufacturing – Reference architecture model industry 4.0 (RAMI4.0)*.
- [KaWH13] **Kagermann, H., W. Wahlster and J. Helbig, eds.:** *Recommendations for implementing the strategic initiative Industrie 4.0: Final report of the Industrie 4.0 Working Group*, acatech, 2013.
- [MSME16] **Ministry of Micro, Small & Medium Enterprises:** *Annual Report 2015-16*, Government of India, 2016. Retrieved from <http://www.msme.nic.in/mob/ActsRule.aspx> on 14.07.2017.
- [NASS17] **NASSCOM:** *The IT-BPM Sector in India: Strategic Review 2017 – Executive Summary*. National Association of Software and Service Companies (NASSCOM), February 2017. Retrieved from <http://www.nasscom.in/itbpm-sector-india-strategic-review-2017> on 02.05.2017.
- [Otto16] **Otto, B. et al.:** *Industrial Data Space, White Paper*, Fraunhofer-Gesellschaft, Munich, 2016. Retrieved from <http://www.industrialdataspace.org/en/industrial-data-space/> on 03.04.2017.
- [PwC16] **PwC:** *Industry 4.0: Building the digital enterprise – India highlights*. PwC, 2016. Retrieved from <http://www.pwc.in/press-releases/2016/digitisation-in-industrial-sector-in-india-to-grow-to-65-percent-in-next-five-years.html> on 28.04.2017.
- [UNES15] **UNESCO:** *UNESCO Science Report: Towards 2030*. UNESCO, 2015, pp. 599ff.
- [VCI16] **VCI:** *Chemical Industry in Figures 2016. Association of the Chemical Industry (VCI)*, August 2016. Retrieved from <https://www.vci.de/services/publikationen/broschueren-faltblaetter/chemiewirtschaft-in-zahlen.jsp> on 28.04.2017.
- [VDMA17] **VDMA:** *Mechanical engineering – figures and charts 2017*, March 2017. Retrieved from <http://www.vdma.org/article/-/articleview/12874852> on 28.04.2017.
- [WDR16] **World Bank.** 2016. *World Development Report 2016: Digital Dividends*. Washington, DC: World Bank. doi:10.1596/978-1-4648-0671-1.

Abkürzungen

BPO	<i>Business Process Outsourcing – Geschäftsprozess-Outsourcing</i>
CPPS	<i>Cyber-physical production system – Cyber-physisches Produktionssystem</i>
CPS	<i>Cyber-physical system – Cyber-physisches System</i>
DAAD	<i>Deutscher Akademischer Austausch-Dienst</i>
DWIH	<i>Deutsche Wissenschafts- und Innovationshäuser</i>
ERP	<i>Entreprise resource planning system – Unternehmensressourcenplanung</i>
FDI	<i>Foreign Direct Investment – Ausländische Direktinvestitionen</i>
BIP	<i>Bruttoinlandsprodukt</i>
ICT	<i>Information and communication technology – Informations- und Kommunikationstechnologie</i>
IGCC	<i>Indo-German Chamber of Commerce – Deutsch-Indische Handelskammer</i>
IGSTC	<i>Indo-German Science & Technology Centre – Deutsch-Indisches Wissenschafts- und Technologiezentrum</i>
IoE	<i>Internet-of-Everything – Internet von Allem</i>
IoT	<i>Internet-of-Things – Internet der Dinge</i>
IT	<i>Information technology – Informationstechnologie</i>
IT-BPM	<i>Information technology and business process management – Informationstechnologie- und Geschäftsprozessmanagement</i>
MES	<i>Manufacturing execution system – Fertigungsausführungssystem</i>
MIIM	<i>Make in India Mittelstand! (Programm der indischen Regierung)</i>
MSME	<i>Micro, small and medium enterprises – Kleinste, kleine und mittlere Unternehmen</i>
OEM	<i>Original equipment manufacturer – Erstausrüster</i>
RAMI 4.0	<i>Reference Architecture Model for Industry 4.0 – Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0</i>
SCADA	<i>Supervisory control and data acquisition – Überwachung und Datenerfassung</i>
VDMA	<i>Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau</i>
WAN	<i>Wide-area network – Weitverkehrsnetz</i>
WLAN	<i>Wireless local area network – drahtloses lokales Netzwerk</i>

Impressum

Industrie 4.0

Die Zukunft der industriellen Zusammen-
arbeit zwischen Deutschland und Indien

© Februar 2018

Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh

Herausgeber:
Bertelsmann Stiftung

Autoren:
Dr. Bernhard Holtkamp,
Anandi Iyer

Verantwortlich: Murali Nair
Forschungsunterstützung: Fabienne Frauendorfer
Gestaltung: Lucid. Berlin
Lektorat: Sibylle Reiter

Bildnachweise:
Titelbild: Shutterstock/tonefotografia,
Abbildung 1 (S. 14): Mitsubishi HiTec Paper Europe GmbH,
Abbildung 2 (S. 15): Fraunhofer ISST,
Abbildung 3 (S. 23): Fraunhofer ISST

Adresse | Kontakt

Bertelsmann Stiftung
Carl-Bertelsmann-Straße 256
33311 Gütersloh
Phone +49 5241 81-0

Murali Nair
Senior Project Manager
Bertelsmann Stiftung
Phone +49 5241 8181521
murali.nair@bertelsmann-stiftung.de

www.bertelsmann-stiftung.de