



INDUSTRIE 4.0 IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

VERGLEICH DER INDUSTRIE 4.0 - WETTBEWERBSFÄHIGKEIT CHINAS,
DEUTSCHLANDS, JAPANS UND DER USA

EINE STUDIE DES

Handelsblatt
RESEARCH INSTITUTE

INDUSTRIE 4.0
IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

ERSTELLT DURCH

Handelsblatt
RESEARCH INSTITUTE

AUTOREN

Dirk Heilmann, Ludwig Eickemeyer, Jan Kleibrink

INHALT

Vorwort.....	9
1. Einleitung	13
2. Industrie 4.0 – Was ist das?	15
3. Ziele und Vorgehensweise	18
4. Industrie 4.0 in der internationalen Debatte	24
4.1. Deutschland.....	24
4.1.1. Lage, Ziele und Herausforderungen.....	25
4.1.2. Die Hightech-Strategie	26
4.1.3. Plattform Industrie 4.0	29
4.2. China.....	30
4.2.1. Lage, Ziele und Herausforderungen.....	31
4.2.2. Made in China 2025.....	33
4.2.3. Internet Plus	34
4.3. Japan.....	35
4.3.1. Lage, Ziele und Herausforderungen.....	36
4.3.2. Das Monodzukuri-Weißbuch.....	39
4.3.3. Die Roboterrevolution	41
4.3.4. Industrial Value Chain-Initiative	43
4.4. USA	43
4.4.1. Lage, Ziele und Herausforderungen.....	45
4.4.2. Advanced Manufacturing Partnership.....	47
4.4.3. Das Industrial Internet Consortium.....	47
4.5. Zusammenfassung.....	48
5. Die „digitale“ Wettbewerbsfähigkeit der Industrie im internationalen Vergleich	50
5.1. Industrie- und IKT-Kompetenz.....	50
5.1.1. Volkswirtschaftliche Bedeutung der Sektoren	51
5.1.2. Wettbewerbsfähigkeit der Sektoren	58

5.1.3.	Fazit	79
5.2.	Innovationsfähigkeit	83
5.2.1.	Forschungsintensität und -erfolg	84
5.2.2.	Kommerzialisierungsfähigkeit	87
5.2.3.	MINT-Berufe	94
5.2.4.	Fazit	96
5.3.	Bildung	99
5.3.1.	Allgemeine Qualität und Bildungsstand	99
5.3.2.	Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen	106
5.3.3.	Wirtschaftskompetenz	109
5.3.4.	Fazit	110
5.4.	Digitale Infrastruktur	112
5.4.1.	Zugang und Leistungsstärke	114
5.4.2.	Echtzeitfähigkeit	116
5.4.3.	Verlässlichkeit/ Stabilität	117
5.4.4.	Investitionen in Telekommunikationsleistungen	119
5.4.5.	Sicherheit	120
5.4.6.	Fazit	124
6.	Deutschland im internationalen Wettbewerb – Fazit und Handlungsoptionen	127
	Literatur	133
	Rechtlicher Hinweis	141

ABBILDUNGSVERZEICHNIS

Abbildung 1: Wertschöpfung des produzierenden Gewerbes und Anteil der Wertschöpfung des produzierenden Gewerbes an der Gesamtwertschöpfung	52
Abbildung 2: Anteil des produzierenden Gewerbes an der Bruttowertschöpfung des Industriesektors	53
Abbildung 3: Wertschöpfung des IKT-Sektors und Anteil der Wertschöpfung des IKT-Sektors an der Gesamtbruttowertschöpfung	54
Abbildung 4: Anzahl der abhängig Beschäftigten im sekundären Sektor (Industriesektor) und Anteil des Industriesektors an der Gesamtbeschäftigung (2014)	55
Abbildung 5: Anzahl der abhängig Beschäftigten im IKT-Sektor und Anteil des IKT-Sektors an der Gesamtbeschäftigung (2012)	56
Abbildung 6: Arbeitsproduktivität im Industriesektor in je Arbeitnehmer und Abweichung der Arbeitsproduktivität des Industriesektors von der Gesamtproduktivität	58
Abbildung 7: Arbeitsproduktivität im IKT-Sektor je Arbeitnehmer und Abweichung der Arbeitsproduktivität des IKT-Sektors von der Gesamtproduktivität	59
Abbildung 8: Güterexporte des produzierenden Gewerbes	61
Abbildung 9: Anteil des produzierenden Gewerbes am Gesamtwarenexport	62
Abbildung 10: Exporte von technologieintensiven Gütern, die hohe Qualifikationen voraussetzen	63
Abbildung 11: Chinesische Industriegüterexporte nach Veredelungsgrad	64
Abbildung 12: Industriegüterbezogene Dienstleistungsexporte	65
Abbildung 13: IKT-Güterexporte und Anteil der IKT-Güterexporte an den Gesamtgüterexporten	66
Abbildung 14: IKT-Dienstleistungsexporte und Anteil der IKT-Dienstleistungsexporte an den Gesamtdienstleistungsexporten	68
Abbildung 15: Anteil der Dienstleistungsexporte an den Gesamtexporten (Dienstleistungen und Güter) des IKT-Sektors	70
Abbildung 16: Anteil der güterbezogenen Dienstleistungsexporte an den Gesamtexporten (Dienstleistungen und Güter) des produzierenden Gewerbes	71
Abbildung 17: FuE-Ausgaben des produzierenden Gewerbes und Anteil der FuE-Ausgaben an der Bruttowertschöpfung des Sektors	72
Abbildung 18: Anteil FuE-Ausgaben des produzierenden Gewerbes an den gesamten FuE-Ausgaben	73
Abbildung 19: FuE-Ausgaben des Industriesektors pro Kopf	74
Abbildung 20: Ausgaben der IKT-Unternehmen für Forschung und Entwicklung und deren Anteil an der Bruttowertschöpfung des IKT-Sektors	75
Abbildung 21: Anteil der privaten IKT Forschungsausgaben an den gesamten privaten Forschungsausgaben	76
Abbildung 22: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes	79
Abbildung 23: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit des IKT-Sektors	82
Abbildung 24: Vollzeitäquivalente Forscher in FuE	85
Abbildung 25: FuE-Ausgaben	86

Abbildung 26: Anteil der FuE-Ausgaben am BIP	87
Abbildung 27: Anzahl der Patentanträge im internationalen Patentsystem (PCT)	89
Abbildung 28: Markenrechtsanmeldungen	90
Abbildung 29: Entrepreneurship	91
Abbildung 30: Verfügbarkeit von Risikokapital	93
Abbildung 31: Determinanten der Innovationsfähigkeit.....	97
Abbildung 32: Bildungsausgaben im Verhältnis zum BIP.....	100
Abbildung 33: Verhältnis Lehrer-Lernende (Anzahl der Lernenden geteilt durch die Anzahl der Lehrer)	101
Abbildung 34: Ausbildung der Bevölkerung zwischen 25 und 64 Jahren	103
Abbildung 35: Qualität des Bildungssystems.....	104
Abbildung 36: Hochschuleinschreibungen innerhalb von fünf Jahren nach dem Schulabschluss.....	105
Abbildung 37: Qualität der Mathematik- und Wissenschaftsausbildung	107
Abbildung 38: Schülerergebnisse im Fach Mathematik.....	108
Abbildung 39: Qualität der Management Schools	109
Abbildung 40: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit des Bildungssektors.....	110
Abbildung 41: Breitbandverträge je 100 Einwohner	114
Abbildung 42: Durchschnittliche Downloadgeschwindigkeit.....	116
Abbildung 43: Durchschnittliche Page-Load Time	117
Abbildung 44: LTE-Abdeckung.....	118
Abbildung 45: Investitionen in Telekommunikationsleistungen	120
Abbildung 46: Übersicht ITU Global Cybersecurity Index	122
Abbildung 47: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit der IKT-Infrastruktur.....	125
Abbildung 48: Die Industrie 4.0-Wettbewerbsfähigkeit Chinas, Deutschland, Japans und der USA im Vergleich	127

TABELLENVERZEICHNIS

Tabelle 1: Überblick über die Vergleichsindikatoren Industrie- und IKT-Sektor	19
Tabelle 2: Überblick über die Vergleichsindikatoren Infrastruktur.....	20
Tabelle 3: Überblick über die Vergleichsindikatoren Innovationsfähigkeit	21
Tabelle 4: Überblick über die Vergleichsindikatoren Bildung	22
Tabelle 5: Relative Anteile des IKT-Sektors an der Bruttowertschöpfung und dem Arbeitsmarkt	57
Tabelle 6: Relative Anteile des produzierenden Gewerbes an der Bruttowertschöpfung und der Gesamtbeschäftigung.....	57
Tabelle 7: Güter- und Dienstleistungsexporte des IKT-Sektors 2014	69
Tabelle 8: Wachstum der privaten FuE-Ausgaben im produzierenden Gewerbe und der gesamten privaten FuE-Ausgaben.....	76
Tabelle 9: Private FuE-Ausgaben im produzierenden Gewerbe 2012	77
Tabelle 10: Private FuE-Ausgaben im IKT-Sektor 2012.....	78
Tabelle 11: Kennzahlenvergleich produzierendes Gewerbe und IKT-Sektor.....	78

VORWORT

Vorwort von Prof. Henning Kagermann, acatech Präsident

Produktionstechnik „made in Germany“ genießt weltweit hohes Ansehen und innerhalb weniger Jahre hat sich der in Deutschland geprägte Begriff Industrie 4.0 zu einer internationalen Marke entwickelt. Das zeigt: Als Fabrikusstatter der Welt traut man uns zu, kompetent mit den Herausforderungen einer digitalisierten, vernetzten Industrieproduktion umzugehen.



2011 im Vorfeld der Hannover Messe wurde erstmalig das Konzept Industrie 4.0 vorgestellt. Für das Zukunftsprojekt „Industrie 4.0“ der Hightech-Strategie der Bundesregierung hat der von acatech koordinierte gleichnamige Arbeitskreis das Konzept zur industriepolitischen Vision weiterentwickelt. Im Fokus der Vision steht die Produktion, ihr Herzstück ist die Smart Factory. Neben dieser Sichtweise wollten wir in einem zweiten Projekt aus der Perspektive der Nutzer denken: Aufsetzend auf die intelligenten Produkte der Industrie 4.0 entstehen in der Wirtschaft der Zukunft Smart Services: Das sind Pakete aus Produkten, Dienstleistungen und Diensten, die Kunden über das Internet individuell zusammenstellen. Industrie 4.0 und Smart Services sind die zwei Seiten der Medaille im Digitalisierungswettbewerb. „Smart Service Welt“ wurde deshalb zum zweiten Zukunftsprojekt der Bundesregierung.

Aus der Vision Industrie 4.0 wird allmählich Realität: Der Begriff steht heute auf praktisch jeder industriepolitischen Agenda. Inzwischen gibt es in Deutschland die ersten Fabriken, die die Prinzipien der Industrie 4.0 in ihre Automationslinien integriert haben. Die meisten deutschen Unternehmen sehen Industrie 4.0 als Chance, wie jüngst eine Umfrage für die Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 von acatech zeigte. Und die Zukunftsprojekte der Hightech-Strategie stoßen weltweit auf große Aufmerksamkeit.

Die Digitalisierung der Wirtschaft wird international von verschiedenen Seiten aus angegangen. Während der Fokus in den USA auf innovativen, nutzernahen Produkten und Internettechnologien liegt, konzentrieren sich chinesische Unternehmen darauf, bereits entwickelte Industrie 4.0-Technologien im großen Maßstab anzuwenden. Die Stärken deutscher Firmen liegen traditionell in hochwertigen Produktionstechnologien für industrielle Kunden, in der Datenanalyse und der sehr guten Qualifikation von Ingenieuren und Facharbeitern. Zu diesen Ergebnissen kommt das Projekt „Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung“ von acatech, dem Heinz Nixdorf Institut der Universität Paderborn und der RWTH Aachen. Die unterschiedlichen Blickwinkel auf die digitale, vernetzte

Wirtschaft spiegeln sich in der Vielfalt an Initiativen in den verschiedenen Ländern: vom Industriegetriebenen Inkubator „Industrial Internet Consortium“ in den USA, über die „Made in China 2025“-Strategie der chinesischen Regierung und die japanische Roboterstrategie bis hin zur deutschen „Plattform Industrie 4.0“, in der Großbetriebe und Mittelstand, Politik sowie Wissenschaft den Schulterschluss üben. Auch international gilt es, unsere Kräfte zu bündeln und gemeinsame Standards und Normen zu erarbeiten – eine wichtige Voraussetzung für eine digitale, global vernetzte Wirtschaft.

Studien wie die vorliegende bereiten den Boden für die weltweite Zusammenarbeit. acatech unterstützt den Wissensaustausch: In unserem Projekt „Industrie 4.0 im globalen Kontext“ untersuchen wir einerseits die Wettbewerbsvorteile von internationalen Unternehmenskooperationen bei Forschung und Entwicklung, Normung sowie Standardisierung für Industrie 4.0. Andererseits nimmt die Projektgruppe auch die möglichen Risiken wie die Gefährdung von Unternehmens-Knowhow ins Visier.

Industrie 4.0 ist in der Diskussion um die Zukunft von Wirtschaft und Arbeit angekommen. Dabei sind Industrie 4.0 und Smart Services nicht allein technologische Innovationen. Sie erhöhen die Ressourceneffizienz in einer nachhaltigen Wirtschaft und sie eröffnen neue Perspektiven für den demografischen Wandel und die Vereinbarkeit von Beruf und Privatleben. Deutschland sollte das Vertrauen in seine Fähigkeiten und gute Ausgangsposition nutzen. Was wir zum Sprung in die Zukunft brauchen, sind Pioniergeist und Kooperation.



Henning Kagermann

Vorwort von Torsten Küpper, Huawei
Vice President und Mitglied der Geschäftsleitung



Die Digitalisierung der Gesellschaft und Wirtschaft steht in den Industrienationen im Fokus der wirtschaftlichen und gesellschaftlichen Entwicklung. In Deutschland stehen dafür stellvertretend die wesentlich vom BMWi und BMVi getriebenen Aktivitäten zum Thema ‚Digitale Agenda‘, und der nationale IT Gipfel mit den Plattform-Projektaktivitäten zu den Themen Digitale Infrastruktur, bzw. Industrie 4.0.

Die strategischen chinesischen Interessen im Bereich Digitalisierung lassen sich insbesondere am Breitband-Investitionsvolumen im Jahre 2015 und am Forschungsförderungsprogramm ‚Made in China 2025‘ ablesen. Darüberhinaus schreibt das chinesische Wissenschaftsministerium Projekte in den Bereichen mobile Breitbandkommunikation bzw. zu Steuerungstechnologien von Werkzeugmaschinen aus.

Der aktuelle Stand der Digitalisierung, bzw. deren weiteren Entwicklung, lässt sich auch gut an Hand von einigen generellen volkswirtschaftlichen Indikatoren wie zum Beispiel der Zahl der Breitbandanschlüsse, der Investitionen im IKT-Bereich, der Forschungsförderung oder den Bildungsanstrengungen ablesen.

Die vorliegende Studie untersucht und vergleicht den Grad und die Rahmenbedingungen der Digitalisierung in Deutschland, China, den USA und Japan und fordert hierdurch zum Dialog auf und möchte helfen, ‚best practise‘-Bedingungen in der Politik, der Wirtschaft und der Gesellschaft zu identifizieren und zu etablieren, um den technischen Fortschritt im Bereich der Digitalisierung zu fördern.

Gerade in Deutschland und China bietet sich durchaus noch Optimierungspotential, zum Beispiel durch verstärkte Kooperationen und gemeinsame Anstrengungen zur Normierung und Standardisierung und deren Umsetzung. Auf politischer Ebene wurden Kooperationen zur Digitalisierung zwischen Deutschland und China bereits vereinbart. Huawei weiß aus eigener Erfahrung, dass Deutschland ein hervorragendes Forschungsumfeld besitzt. Wir schätzen es daher sehr, dass wir als globaler IKT-Hersteller in Deutschland mit vielen lokalen Industrie- und Wissenschaftspartnern auf dem Gebiet Industrie 4.0 auch in der Praxis kooperieren können. Stellvertretend seien hier unsere Kooperationen mit KUKA und SAP genannt.

Mit der SAP konzentrierte sich die Zusammenarbeit zunächst auf hochperformante Serverprodukte, mündete in einem weiteren Schritt aber auch in gemeinsame Forschungsaktivitäten zu den Themenfeldern Internet der Dinge und die dafür notwendigen Integrationen von Netztechnologien und Datenanalysen.

Ein weiteres Kooperationsbeispiel ist unsere Forschungs- und Entwicklungszusammenarbeit mit KUKA, dem führenden deutschen Robotik-Hersteller, welche sich auf die Nutzung des kleinzelligen Internet der Dinge konzentriert und weiterhin 5G-Netztechnologie, Big Data-Lösungen für Herstellungsumgebungen und

Produktionsstätten untersucht, sowie die Bereitstellung von Huaweis 'Infrastructure as a Service'-Lösungen untersucht. Dies mit dem Ziel, Cloud-gehostete intelligente Produktionsleistungen zu generieren. Beide Beispiele fallen unmittelbar mit den jeweiligen Länderinteressen zusammen.

Digitale Innovationen, die Gesellschaft und Wirtschaft nutzen und erschwinglich sind, brauchen einen fairen globalen Wettbewerb, aber auch die oben exemplarisch aufgezeigten globalen Kooperationen und eben die Offenheit für Beides. Offenheit erfordert Transparenz und Hintergrundwissen. Wir hoffen, dass die vorliegende Studie hierzu einen Beitrag leisten kann.

A handwritten signature in blue ink that reads "Torsten Küpper".

Torsten Küpper

1. EINLEITUNG

„Es kommt darauf an, Deutschland als Ausrüster in eine internationale Spitzenposition zu bringen, um neue zukunftsfähige Arbeitsplätze in unserem Land zu schaffen. Wir dürfen nicht abwarten, bis uns die Entwicklungen aus den USA und Asien überholen.“ (Bundesregierung 2012, S. 53)

Die Digitalisierung ist eines der prägenden Themen unserer Zeit. Sie beeinflusst unsere Gesellschaft auf vielfältige Weise und verändert unseren Alltag in nahezu allen Lebensbereichen. Unter der Digitalisierung der Wirtschaft versteht man die Übersetzung menschlicher Arbeitsleistungen in eine von Maschinen lesbare Sprache, um diese Tätigkeit von miteinander kommunizierenden Computern und Robotern ausführen zu lassen. Daraus ergeben sich Potenziale zur Steigerung der Produktivität oder zur Schaffung individualisierter Produkte und neuer Geschäftsmodelle. In Deutschland ist die Digitalisierung der Wirtschaft unter dem Stichwort Industrie 4.0 zu einem zentralen Gegenstand einer öffentlichen politischen Debatten geworden.

Diese Debatte ist eine Reaktion auf die international fortschreitende Digitalisierung der Wirtschaft, in der deutsche Unternehmen bisher keine große Rolle spielten. Sie stellt das Rückgrat der deutschen Exportwirtschaft – die Industrie – vor große Herausforderungen und setzt sie neuer Konkurrenz aus. In der Herstellung der Hardware (Maschinen) und der Organisation industrieller Prozesse ist Deutschland führend, aber zur Produktion gehört zunehmend auch das Sammeln und Verarbeiten von Daten über die Grenzen einzelner Wertschöpfungsstufen hinweg. Das ermöglicht neue Geschäftsmodelle – nicht nur für traditionelle Industrieunternehmen, sondern auch für neue Akteure, vor allem aus der IKT-Branche. Die traditionellen Unternehmen der Industrie sind gefordert, diese Entwicklung nicht zu verpassen und von neuen kreativen Unternehmen überholt und abgelöst zu werden.

Die erfolgreiche und schnelle Umsetzung der Industrie 4.0 ist eine bedeutende Voraussetzung für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandortes Deutschland. Allerdings litt – und leidet – die Entwicklung und Implementierung einer Industrie 4.0-Strategie im Kontext der Digitalisierung an einer Zerfaserung der Debatte in Wirtschaft und Politik gleichermaßen. In Deutschland wächst deshalb die Sorge, die Implementierungs- und Innovationsgeschwindigkeit in Asien und den USA könnte deutlich höher sein als in Deutschland (Bönsch 2015; Stratmann 2015; Wegner 2015). Darüber hinaus trägt die Zurückhaltung deutscher Unternehmen bei der Nutzung von vorhandenen Industrie 4.0-Technologien (siehe dazu Kapitel 4.1.1), zum Beispiel wegen Bedenken bezüglich der Datensicherheit, zu den Befürchtungen bei, international den Anschluss zu verlieren (Fouhy und Kellerhoff 2015).

Als Beleg für diese Perspektive wird immer wieder die Aussage des CEOs von T-Systems, Reinhard Clemens, auf der Tagung des VDI Anfang des Jahres 2015 zitiert, dass in den vorangegangenen zwei Jahren keine

wesentlichen Ergebnisse – hinsichtlich beispielsweise der Entwicklung von gemeinsamen Standards – erzielt worden seien, während die Arbeit in den USA viel schneller und zielorientierter vorangehe. Die VDI Nachrichten relativieren diese Wahrnehmung – auch in den USA ginge es nicht schnell und das Interesse an Industrie 4.0 wäre bisher in der Breite mäßig (Weiss 2015). Klaus Mittelbach, Vorsitzender der Geschäftsführung des ZVEI, schlägt in dieselbe Kerbe: Der Eindruck, die Amerikaner wären in der Digitalisierung der Produktion viel schneller, entstünde vor allem durch geschicktes Marketing der angelsächsischen Akteure (Lindekamp 2015).

Das zeigt, dass die Debatte um die Wettbewerbsfähigkeit im Bereich von Industrie 4.0 bisher stark von Meinungen und anekdotischer Evidenz geprägt ist. Die vorliegende Studie leistet einen Beitrag zur Analyse der internationalen Wettbewerbssituation, indem sie die deutsche und internationale Debatte rund um Industrie 4.0 ordnet und die vier größten Volkswirtschaften, China, Deutschland, Japan und die USA – die gleichzeitig die wichtigsten Wettbewerber der Digitalisierung der Produktion sind – systematisch hinsichtlich ihrer makroökonomischen Industrie 4.0-Fähigkeiten vergleicht. Das Ergebnis ist ein Überblick über die Industrie 4.0-relevanten Stärken und Schwächen der vier untersuchten Länder, mit deren Hilfe die zentralen Handlungsfelder für die Akteure der deutschen Wirtschaft und Politik identifiziert werden.

Dazu werden im ersten Schritt der Begriff Industrie 4.0 und die damit verbundenen Herausforderungen definiert, um die relevanten Vergleichskategorien ableiten zu können. Diese Kategorien und die Methode der Studie werden im Kapitel „Ziele und Vorgehensweise“ erläutert.

Zur Einordnung der makroökonomischen Vergleichskriterien in den wirtschaftspolitischen Kontext wird die aktuelle Digitalisierungsdebatte in den vier Ländern in Politik und Wirtschaft nachvollzogen. Hier werden die geschaffenen Strukturen und Arbeitsergebnisse relevanter Institutionen und Forschungsinstitute analysiert und die deutsche Selbstwahrnehmung der internationalen gegenübergestellt. Dieses Kapitel wird durch die Korrespondenten des Handelsblatts Thomas Jahn (USA), Martin Kölling (USA), Finn Mayer-Kuckuk (China) und Axel Postinett (Japan) unterstützt.

Daran anschließend werden auf Grundlage eines breiten Indikatorensets die vier Wirtschaftsstandorte systematisch und objektiv hinsichtlich ihrer Industrie 4.0-Wettbewerbsfähigkeit evaluiert und verglichen. Die Ergebnisse dieses Vergleichs und die Kernaussagen der wirtschaftspolitischen Debatte werden anschließend zusammengeführt, um die Situation Deutschlands im internationalen Wettbewerb zu bestimmen und Handlungsempfehlungen für die Akteure der Politik und der Wirtschaft zu entwickeln. Der Vergleich mit den anderen Ländern erlaubt es, die einzelnen Empfehlungen besser zu priorisieren.

2. INDUSTRIE 4.0 – WAS IST DAS?

Der in Deutschland geprägte Begriff Industrie 4.0 beschreibt die vierte industrielle Revolution, die durch die fortschreitende Nutzung von Informations- und Kommunikationstechnik in der Produktion gekennzeichnet wird. Technisch ausgedrückt bezieht sich Industrie 4.0 auf die Weiterentwicklung der Vernetzung von Datenbeständen und Produktionssystemen, die im Rahmen des Computer Integrated Manufacturing (CIM) bereits seit den 1980er Jahren Anwendung findet (Hirsch-Kreinsen 2014, S. 3). Industrie 4.0 steigert den Automatisierungsgrad über die einzelne Fabrik und Unternehmensgrenzen hinaus, indem Ressourcen, Vorprodukte, Logistik, verarbeitende Maschinen und Werkzeuge sowie die operative und strategische Steuerung der Unternehmen miteinander vernetzt werden. Dadurch wird die physikalische Welt mit der virtuellen zu sogenannten Cyber-Physischen-Systemen verschmolzen (Kagermann 2013, S. 50).

Ein Cyber-Physisches-System (CPS) überwacht und steuert physikalische Vorgänge. Es besteht aus eingebetteten Systemen. Das sind mehrere Computer, die über Sensoren und Aktuatoren mit der physikalischen Welt verbunden sind. Das System nimmt über Sensoren Informationen aus der Umwelt auf, verarbeitet sie und steuert über die Aktuatoren physikalische Vorgänge. Cyber-Physische-Systeme vernetzen eine Vielzahl solcher eingebetteter Systeme und bilden so Systeme von Systemen (Broy 2010, S. 17f und 23).

Während die Automatisierung der Produktion zuerst auf im Vorhinein optimierten Teilprozessen beruhte, optimiert sich die Produktion der Industrie 4.0 laufend selbst und passt sich in Echtzeit an sich ändernde Bedingungen an – zum Beispiel auf Absatzmärkten oder in Lieferketten. Damit reagiert Industrie 4.0 auf die „wachsende[n] Flexibilitätsanforderung[en] der Absatzmärkte, eine zunehmende Individualisierung der Produkte, kürzer werdende Produktlebenszyklen sowie eine steigende Komplexität der Prozessabläufe und Produkte“ (Hirsch-Kreinsen 2014, S. 6). Um diese Anforderungen erfüllen zu können, setzt Industrie 4.0 die horizontale Integration über Wertschöpfungsnetzwerke hinweg voraus. Das bedarf der Zusammenarbeit und Vernetzung über Unternehmensgrenzen hinweg, zum Beispiel von Lieferanten, Dienstleistern und Endherstellern (Plattform Industrie 4.0).

Dem deutschen Begriff Industrie 4.0 steht unter anderen der amerikanische des Industrial Internet gegenüber. Das Industrial Internet Consortium definiert Industrial Internet ähnlich wie Industrie 4.0 als ein Internet von Maschinen, Computern, Menschen und Dingen. In den USA war dieses Konzept allerdings vom Start weg nicht auf die Produktion beschränkt, sondern umfasste immer schon die Digitalisierung aller Wirtschaftsbereiche, die vom Internet der Dinge profitieren können. (Evans und Annunziata 2012; Industrial Internet Consortium 2015, S. 9f)

Ob Industrie 4.0 oder Industrial Internet, die vierte industrielle Revolution bedeutet neben der Optimierung der Prozesse die Verschmelzung der physikalischen und virtuellen Aspekte der Produktion, das Entstehen neuer Geschäfts- und Kooperationsmodelle sowie weitere, a priori nicht näher bestimmbare, Möglichkeiten (Forschungsunion und Acatech 2013, S. 18).

Industrie 4.0 und das Industrial Internet können umso besser realisiert werden, je besser die Länder folgende, vom Industrial Internet Consortium beschriebene, Herausforderungen bewältigen (Evans und Annunziata 2012, S. 4, 31):

- Die **Forschung und Entwicklung** in folgenden Bereichen muss vorangetrieben werden:
 - **Ausrüstung:** Die für die Industrie 4.0 benötigte Ausrüstung muss entwickelt und flächendeckend eingeführt werden. Dazu zählen
 - der Einsatz von *Sensoren* und deren Integration in Maschinen;
 - die Entwicklung von neuer *Ausrüstung* und *Maschinen*;
 - die Entwicklung von Geräte zur schnellen *Erfassung* und zum schnellen *Transport von Daten*.
 - **Analyse:** Neben der Bereitstellung von Ausrüstung müssen Fortschritte bei der Datenanalyse erzielt werden. Zentral dafür sind
 - die Entwicklung von *Datenstandards*, um die Integration von gleichen Maschinen verschiedener Hersteller oder verschiedenen Maschinentypen zu ermöglichen;
 - die Entwicklung von Architekturen, die eine *schnelle Verarbeitung von Daten* zu analyse- und entscheidungsbefähigenden Informationen erlauben.
 - **Systemplattformen:** Die Nutzung der Industrie 4.0-Potenziale erfordert die Entwicklung von *gemeinsamen Plattformen*, die es den Akteuren erlauben, Anwendungen zum gegenseitigen Nutzen zu entwickeln, anzubieten und einzusetzen.
 - **Geschäftsprozesse:** Die Möglichkeiten der Industrie 4.0 ermöglichen die Nutzung vollkommen neuer Prozesse, unter anderem
 - zur *Integration von intelligenten Maschinen* und deren Datenprodukten in die Geschäftsprozesse und die Entscheidungsfindung;
 - zur *Überwachung* der von Maschinen gelieferten *Qualität der Daten*;
 - zur *Flexibilisierung der Rechtsabteilungen*, um besser und einfacher mit Partnern kooperieren zu können.
- **Schutz geistigen Eigentums:** *Innovationen müssen ausreichend geschützt werden*, um durch ihre Vermarktung die Anreize für Investitionen in die Forschung und Entwicklung zur Verfügung zu stellen und aufrecht zu erhalten.

- **Investitionen:** Es muss in die technische Ausstattung investiert werden, um diese *Innovationen in den Kapitalstock einzuführen* und die Effizienzpotenziale zu heben.¹
- **Infrastruktur:** Industrie 4.0 benötigt ein industriellen Prozessen *angemessenes Breitband- und Datennetz*, das nicht nur die nötige Übertragungsgeschwindigkeit garantiert, sondern auch entsprechend geschützt ist (Cybersecurity). Vor allem in Deutschland muss ein entsprechendes *Vertrauen in die Infrastruktur* entwickelt werden.
- **Bildung und Ausbildung:** Neben den technischen Voraussetzungen bedarf die Umsetzung auch der Entwicklung der Fähigkeiten des Personals und der Schaffung von funktionenübergreifenden Positionen. (z. B. digitale Mechaniker, Datenanalysten für die Entwicklung der Analysewerkzeuge und Algorithmen, Software- und Cybersecurity-Spezialisten).

¹ David Floyer schätzt, dass 2012 der „Return on Investment“ auf Industrie 4.0-Technologien noch 13 Prozent betrug, aber bereits 2020 149 Prozent betragen wird (Floyer 2013).

3. ZIELE UND VORGEHENSWEISE

Das Ziel dieser Studie ist eine makroökonomische Analyse der Wettbewerbssituation der vier führenden globalen Wirtschaftsnationen mit Blick auf deren strategische Fähigkeiten, die vierte industrielle Revolution erfolgreich bewältigen zu können. Durch eine systematische Analyse der Voraussetzungen der vier Länder wird der Diskussion um die Frage, wie gut Deutschland im Vergleich mit der internationalen Konkurrenz aufgestellt ist, eine quantitative Basis geben.

Auf Grundlage der vorgenannten Definition von Industrie 4.0 und den Herausforderungen zur erfolgreichen Implementierung werden fünf Vergleichskategorien definiert. Diese stellen jeweils einen makroökonomisch-strategischen Aspekt der Industrie 4.0-bezogenen Wettbewerbsfähigkeit dar. Jede Kategorie umfasst Indikatoren, durch deren Ausprägung die Wettbewerbsfähigkeit in den jeweiligen Dimensionen dargestellt und verglichen werden kann.

Die Untersuchung hat den Anspruch eines internationalen Vergleiches. Wie das Kapitel 4 zeigt, gibt es in allen vier betrachteten Ländern eine unterschiedliche Wahrnehmung davon, wie die aktuelle technologische Revolution analytisch und begrifflich erfasst werden kann und was sie für die einzelnen Länder konkret bedeutet. Bei der Entwicklung der Kategorien und Indikatoren wird daher das deutsche Verständnis von Industrie 4.0 und ihre Anforderungen als Maßstab genutzt.

Ein Vergleich der Länder China, Deutschland, Japan und USA muss darüber hinaus damit umgehen, dass die Länder durch ganz unterschiedliche strukturelle Bedingungen geprägt sind. Vor diesem Hintergrund sind quantitative Ergebnisse immer interpretationsbedürftig. Zum Beispiel verläuft Chinas wirtschaftliche Entwicklung ausgesprochen heterogen. Während sich an der Ostküste technologisch hochentwickelte wirtschaftliche Kraftzentren gebildet haben, sind große Teile des Binnenlandes industriell noch sehr rückständig. Diese Heterogenität muss bei der Beurteilung von landesweiten Kennziffern berücksichtigt werden. Die unterschiedliche Größe der Länder ist ebenfalls ein Faktor, der einen erhöhten Erklärungsaufwand rechtfertigt: So haben kleinere Länder wegen des kleineren Binnenmarktes in der Regel einen höheren Offenheitsgrad als größere Länder. Unter anderem deshalb darf etwa die internationale Wettbewerbsfähigkeit nie allein aus dem Wert der Exporte abgeleitet werden.

Aus den vorgenannten Herausforderungen für die erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0 ergeben sich für die makroökonomisch-strategische Analyseebene vier Themenfelder:

1. der sektorale Schwerpunkt der Industrie 4.0;
2. technische und infrastrukturelle Voraussetzungen;
3. die Entwicklung neuer Geschäftsfelder und
4. die personellen Herausforderungen.

Das **erste** Themenfeld ist der sektorale Schwerpunkt der aktuellen industriellen Revolution. Der Industriesektor, genauer das produzierende Gewerbe², und die Informations- und Kommunikationstechnologiebranche (IKT) sind die Schlüsselsektoren für die erfolgreiche Implementierung von Industrie 4.0. Die gegenwärtige Situation dieser Sektoren bildet deshalb den Einstieg in den Ländervergleich.

Mithilfe der Kategorie **Industriekompetenz** werden die Bedeutung des produzierenden Gewerbes und seine Wettbewerbsfähigkeit in den vier Ländern miteinander verglichen, in der Kategorie **IKT-Kompetenz** erfolgt dieser Vergleich für die IKT-Branche.

Tabelle 1: Überblick über die Vergleichsindikatoren Industrie- und IKT-Sektor

INDIKATOR	MESSVERFAHREN	QUELLE(N)
Wertschöpfung	Bruttowertschöpfung absolut und in Relation zur Gesamtwirtschaft.	Weltbank; ICT sector data base, Predict Project (IPTS)
Arbeitsplätze	Anzahl der Beschäftigten absolut und in Relation zur Gesamtbeschäftigung.	ILO; ICT sector data base, Predict Project (IPTS)
Produktivität	Wertschöpfung je Beschäftigtem des Sektors.	Weltbank; ILO; ICT sector data base, Predict Project (IPTS)
Exporte	Güterexporte und güterbezogene Dienstleistungsexporte sowie IKT-Güterexporte und IKT-Dienstleistungsexporte. Jeweils absolut und in Relation zu den Gesamtexporten und der Wertschöpfung der Sektoren.	UNCTAD; WTO; Weltbank; ICT sector data base, Predict Project (IPTS)
Ausgaben für Forschung und Entwicklung	Private Ausgaben für FuE absolut und in Relation zur Wertschöpfung der Sektoren sowie den Gesamt-FuE-Ausgaben.	OECD; ICT sector data base, Predict Project (IPTS)

Das **zweite** Themenfeld sind die technischen und infrastrukturellen Voraussetzungen für Industrie 4.0. Neben der Sensortechnik und den mechatronischen Komponenten (die Aktuatoren) benötigen die Cyber-Physischen-Systeme eine für industrielle Prozesse geeignete informationstechnische Infrastruktur (Hirsch-Kreinsen 2014, S. 6f). Diese Infrastruktur muss Maschinen untereinander und mit Menschen standardisiert (Plattformen), verlässlich und sicher (Daten- und Cyberschutz) vernetzen und zur Kommunikation miteinander befähigen (Internet der Dinge, Daten und Dienste). Während das Netzwerk die Verbindung herstellt, ermöglicht Software die Kommunikation, indem sie den Netzwerkmitgliedern hilft, sich gegenseitig zu verstehen; das Eine ist ohne das Andere von geringem Wert (Shapiro und Varian 2008, S. 2f).

² Zum begrifflichen Unterschied von Industrie und produzierendem Gewerbe siehe Kapitel 5.1. Bis dahin werden beide Begriffe synonym gebraucht.

Das Gleiche gilt für die Netzwerkstruktur: Produzierende Unternehmen sind bei der Nutzung des Internets für die Steuerung der Fertigungsprozesse aufgrund ihrer Ansprüche an die Sicherheit, den Datenschutz und die Verfügbarkeit der Verbindungen noch eher zurückhaltend (Dorst 2013, S. 67). Das heißt, dass die Anforderungen an den Ausbau der **Infrastruktur** über die Bedürfnisse der etablierten Digitalwirtschaft hinausgehen müssen, um den Ansprüchen der Industrie Rechnung zu tragen. Die Indikatoren der Kategorie Infrastruktur sind unter anderem der Zugang zu Breitbandnetzen, deren Echtzeitfähigkeit, Netzstabilität und Sicherheit sowie die Infrastrukturinvestitionen.

Tabelle 2: Überblick über die Vergleichsindikatoren Infrastruktur

INDIKATOR	MESSVERFAHREN	QUELLE(N)
Breitbandverträge	Kabellose und kabelgebundene Breitbandverträge	ITU
Downloadgeschwindigkeiten	Durchschnittliche Downloadgeschwindigkeiten	Akamai
Echtzeitfähigkeit	Durchschnittliche Page-Load Time	Akamai
Verfügbarkeit/Abdeckung	Durchschnittliche LTE-Abdeckung	OpenSignal
Investitionen in Telekommunikationsleistungen	Absolute Investitionen und Anteil der Investitionen am Umsatz der Telekommunikationsunternehmen	ITU
Sicherheit	ITU Global Security Index	ITU

Drittens ermöglicht Industrie 4.0 nicht nur eine effizientere Produktion, sondern auch neue Geschäftsmodelle. Hardwarehersteller können neue digitale Produkte und Dienstleistungen anbieten, wodurch sie neue Umsatzquellen erschließen, aber auch Kosten senken können. So kann zum Beispiel durch vorausschauende Wartung von Anlagen und Maschinen die Anzahl der unerwarteten Ausfälle reduziert werden (Accenture 2014, S. 4).

Neue Geschäftsmodelle, technische Herausforderungen und Möglichkeiten, die jetzt noch gar nicht absehbar sind, fordern die **Innovationsfähigkeit** von Unternehmen heraus. In dieser Kategorie wird der Forschungs- und Entwicklungssektor der vier Volkswirtschaften unter die Lupe genommen. Wie viel Personal eingesetzt wird, ob genügend qualifiziertes Personal zur Verfügung steht und welche Budgets bereitgestellt werden, sind Fragen, die hier beantwortet werden. Innovationsfähigkeit impliziert darüber hinaus die Vermarktung neuen Wissens oder neuer Produkte, weshalb diese Kategorie auch die Kommerzialisierungsfähigkeit beinhaltet. Hier werden zum Beispiel die Zahl der Patente in ihrer Brückenfunktion zwischen Erfindung und Vermarktung untersucht, genauso wie die Anzahl der Gründungen oder die Verfügbarkeit von Risikokapital.

Tabelle 3: Überblick über die Vergleichsindikatoren Innovationsfähigkeit

INDIKATOR	MESSVERFAHREN	QUELLE(N)
Beschäftigte	Anzahl der Beschäftigten im FuE-Sektor	OECD
Ausgaben FuE	Ausgaben für FuE absolut und in Relation zum BIP	OECD
Patentanmeldungen	Patentanmeldung nach dem PCT nach Sitz des Antragstellers	OECD
Trademark Applications	Absolute Markenrechanmeldungen	Weltbank
Gründungstätigkeit	Anteil der Unternehmensbesitzer an Gesamtbevölkerung, Anteil der Neugründungen, Gründe für Unternehmensgründung	Global Entrepreneurship Monitor
MINT Berufe	Mangels einheitlicher und belastbarer Daten auf Studien beruhende qualitative Diskussion	

Viertens stellt Industrie 4.0 die Belegschaft von Unternehmen vor Herausforderungen. Die technologische Infrastruktur besteht aus verschiedenen Schichten (layers), die einen veränderten Entwicklungs- und Produktionsprozess erfordern. Diese Infrastruktur zu entwickeln, bedeutet nicht nur substanzielle Investitionen in Ausrüstung, sondern auch in die komplementären Fähigkeiten der Mitarbeiter. Im produzierenden Gewerbe werden zukünftig Fähigkeiten benötigt, die dort traditionell nicht im benötigten Umfang anzutreffen sind. Diese Fähigkeiten werden etwa durch Softwareentwickler Datenanalytiker, Systemingenieure oder Experten für die Netzwerksicherheit ausgebildet (Porter und Heppelmann 2014, S. 68f).

Diese veränderten Anforderungen an Erwerbstätige müssen durch die Entwicklung neuer Kompetenzprofile für Industrie 4.0 in den Kontext des produzierenden Gewerbes übertragen werden. Das heißt zum Beispiel, dass ein Softwareentwickler Grundkenntnisse in industriellen Produktionsprozessen oder im Maschinenbau erwirbt (Dorst 2013, S. 67f), noch bedeutender aber ist, dass in vielen klassischen Industrie-Berufen grundlegende IKT-Kenntnisse benötigt werden. Hierunter fällt auch die Entwicklung einer gemeinsamen Kultur von Programmierern und Ingenieuren (Broy 2010, S. 24).

Die Führung der neu organisierten Unternehmen, die Kontrolle und Steuerung der digitalisierten Prozesse, die intensivierete Forschungs- und Entwicklungstätigkeit oder die Analyse der anfallenden Daten ist nur mit einem qualitativ hochstehend ausgebildeten Personal möglich. Die noch fehlende Kategorie ist deshalb die Industrie 4.0-relevante *Bildung*. Hier stehen Fragen nach dem Verhältnis von Lehrern zu Schülern, der Anzahl der Universitätsabsolventen oder der Qualität der Vermittlung mathematisch-naturwissenschaftlicher und wirtschaftlicher Kompetenzen im Mittelpunkt.

Tabelle 4: Überblick über die Vergleichsindikatoren Bildung

INDIKATOR	MESSVERFAHREN	QUELLE(N)
Bildungsausgaben	Anteil der Bildungsausgaben am BIP	OECD; National Bureau of Statistics of China
Verhältnis Lehrer-Lernende	Durchschnittliche Anzahl betreuter Schüler pro Lehrer in der primären und sekundären Bildung	Weltbank
Ausbildungsstand	Bildungsgrad der 25- bis 64-jährigen Bevölkerung	OECD
Qualität des Bildungssystems	Abfrage der Beurteilung von 14.000 Wirtschaftsführern im Rahmen des Executive Opinion Surveys	World Economic Forum
Tertiärausbildung	Anteil der Bevölkerung, der sich innerhalb von fünf Jahren nach dem Schulabschluss an einer Hochschule einschreibt	Weltbank
Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenz	Abfrage der Beurteilung von 14.000 Wirtschaftsführern im Rahmen des Executive Opinion Surveys	World Economic Forum
Wirtschaftskompetenz	Abfrage der Beurteilung von 14.000 Wirtschaftsführern im Rahmen des Executive Opinion Surveys	World Economic Forum

Zusammenfassend werden die Kategorien Industriekompetenz, IKT-Kompetenz, Innovationsfähigkeit, Bildung und Infrastruktur genutzt, um die Industrie 4.0-Fähigkeiten der Vergleichsländer zu evaluieren. Auf Grundlage dieser makroökonomischen Ortsbestimmung werden am Ende der Studie strategische Handlungsoptionen abgeleitet.

Den Vergleich zwischen den vier Volkswirtschaften in einer finalen Kennzahl zu bündeln oder in Form eines Index durchzuführen, würde die Komplexität dieses Themas und dem strategischen Anspruch dieser Studie nicht gerecht werden. Wie im Rahmen der Studie zu sehen ist, hängen viele Kategorien von der Ausprägung qualitativer Indikatoren ab. So würden beispielsweise die Ergebnisse der Bildungsindikatoren ohne Berücksichtigung der bildungspolitischen Zielstellungen und Strukturen der untersuchten Länder das Urteil verfälschen. Der Vergleich arbeitet deshalb mit einer Mischung aus quantitativer und qualitativer Analyse, um am Ende ein realistisches strategisches Bild liefern zu können.

Auf dieses Kapitel folgt eine Darstellung der Industrie 4.0-Debatten in den einzelnen Ländern. Es wird dargestellt, wie die eigenen Stärken und Schwächen beurteilt werden, welche Programme es gibt, welche Chancen und Herausforderungen in den Ländern gesehen werden: Dazu gehört etwa die Frage, ob sie die Digitalisierung eher als Bedrohung oder Chance sehen – und wie die gesellschaftlichen Voraussetzungen sind, um den Wandel gestalten zu können.

Die Erhebung der Daten einer internationalen Vergleichsstudie steht regelmäßig vor der Herausforderung, Vergleichbarkeit zu gewährleisten. Da vor allem China noch häufig abweichende Maßstäbe bei der Datenerhebung anlegt, wurde im Rahmen dieser Studie auf die *Datenbanken internationaler Organisationen* zurückgegriffen, die die Datensätze vereinheitlichen. Dennoch gibt es besonders für China Datenlücken, denen auf zwei Wegen begegnet wird: Entweder werden die Daten bei den nationalen Ämtern abgefragt und dann mit einer entsprechenden Einordnung seitens der Autoren aufgenommen. Oder es werden Hilfsindikatoren gebildet, mit deren Hilfe sich die Einordnung der vier Länder annähern lässt. Dies bedingt mitunter einen interpretatorischen Mehraufwand, gewährleistet dafür aber Vollständigkeit und Standardisierung.

Zentralisierte und standardisierte Datensätze haben neben den vorgenannten Vorteilen den Nachteil, dass sie nicht immer aktuell sind. *Im Zweifel wird im Rahmen dieser Studie eher auf vergleichbare, dafür weniger aktuelle Daten zurückgegriffen.* Nur so ist ein sinnvoller Ländervergleich möglich. Über die Darstellung mehrjähriger Zeitreihen können zudem Entwicklungen und Trends abgeleitet werden, die das Problem fehlender Aktualität bei einigen Indikatoren mindern können. Der Umgang mit Datenproblemen im konkreten Einzelfall wird an den entsprechenden Stellen erklärt.

4. INDUSTRIE 4.0 IN DER INTERNATIONALEN DEBATTE

Dieses Kapitel gibt einen Überblick darüber, wie das Thema Industrie 4.0 in den einzelnen Ländern gesehen wird. Dabei wird die Bedeutung, die dem Thema beigemessen wird, ebenso dargestellt wie die Ziele und Probleme. Im Licht des gesellschaftlichen Kontextes können die folgenden ökonomischen Kategorien und Indikatoren interpretiert werden.

4.1. Deutschland

In Deutschland erhält das Thema Industrie 4.0 in den Medien eine große Aufmerksamkeit; der Begriff ist zumindest in Fachkreisen weitgehend bekannt. In der Metall- und Elektroindustrie kennen ihn beispielsweise über 76 Prozent der Befragten einer Umfrage des Institutes für angewandte Arbeitswissenschaft (Jeske 2015). In der gleichen Umfrage geben aber nur 23 Prozent an, dass sie eine klare Vorstellung mit dem Begriff verbinden würden (Bitkom 07.04.2015). Andere Umfragen bestätigen mit ihren Ergebnissen dieses Lagebild (u. a. Roland Berger 2015; Deloitte 2013; Experton Group 2016).

Das Thema Industrie 4.0 kam in Deutschland zunächst nicht unter diesem Namen auf, sondern fand sich in den Strategien und Positionspapieren der Branchenverbände und der Bundesregierung unter dem Begriff „Embedded Systems“ wieder (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2007, 2010; ZVEI 2009). 2007 wurden Embedded Systems in der IKT 2020-Strategie des Bundesministeriums für Bildung und Forschung unter Hinweis auf den Bundesverband Informationswirtschaft, Telekommunikation und neue Medien (Bitkom) als die „wahre Stärke“ der deutschen Informations- und Kommunikationstechnologie bezeichnet und bereits eng mit der Produktion und insbesondere dem Maschinen- und Automobilbau in Verbindung gebracht (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2007, S. 11). Anfänglich genoss das produzierende Gewerbe in der Betrachtung noch nicht die nahezu exklusive Aufmerksamkeit, die es heute in der öffentlichen Debatte der Industrie 4.0 einnimmt – wie nicht zuletzt der Name deutlich widerspiegelt. Der Energiesektor, das Gesundheitswesen und andere Wirtschaftsbereiche standen noch gleichberechtigt neben dem fertigen Gewerbe (ZVEI 2009) – ähnlich, wie es im amerikanischen Konzept des Industrial Internet (siehe Kapitel 4.4) oder der japanischen Roboterstrategie (siehe Kapitel 4.3.3) heute noch der Fall ist. Die Themen laufen heute in der Digitalisierungsdebatte in Deutschland unter Schlagworten wie Smart Services und Smart Grids als eigenständige Teile.

Der Begriff Industrie 4.0 wurde zur Hannover Messe im April 2011 in die öffentliche Debatte eingeführt (Kagermann et al. 2011). Die Verengung des Themas geht auf die Erkenntnis zurück, dass Deutschland nur in wenigen Bereichen der IKT führend war (und ist), weshalb eine Fokussierung auf die Themen, in denen Deutschland eine Chance auf eine Spitzenposition hat, vorgeschlagen wurde (Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft 2012, S. 4f).

Heute bestimmt das Thema Industrie 4.0 weitgehend die deutsche Debatte zur Digitalisierung der Wirtschaft und stellt andere Themen wie Intelligente Mobilität in den Schatten beziehungsweise integriert sie und

diskutiert sie im Kontext von Industrie 4.0. So heißt auch das Grünbuch des Bundesministeriums für Arbeit und Soziales, mit dem die Diskussion darüber, wie die Arbeit der Zukunft in einer digitalisierten Wirtschaft aussieht, „Arbeiten 4.0“ (Bundesministerium für Arbeit und Soziales 2015). Somit ist in der öffentlichen Debatte die begriffliche Nutzung von Industrie 4.0 nicht mehr ganz trennscharf, immer häufiger wird der Begriff als Sammelbegriff für die Digitalisierung der Volkswirtschaft genutzt. Im Zuge dieser Studie wird aber die originäre Idee des Begriffes, einer Konzentration auf das produzierende Gewerbe, genutzt.

Geprägt wird die Debatte in Deutschland vor allem durch drei Perspektiven. Erstens durch die Einsicht, dass man sich dem technologischen Wandel mitsamt seinen Folgen für Gesellschaft und Wirtschaft nicht verschließen kann. Zweitens durch die Wahrnehmung der Verschärfung des internationalen Wettbewerbs, der mehr Konkurrenten hervorbringt, Innovationszyklen beschleunigt und Geschäftsmodelle überholt. Und drittens durch die Chancen, die sich durch die vierte industrielle Revolution beziehungsweise die Digitalisierung ergeben.

In der öffentlichen Berichterstattung wird häufig die Verschärfung des internationalen Wettbewerbs und die Möglichkeit, Deutschland könne den Anschluss verlieren, betont. So wird zum Beispiel die Innovationsgeschwindigkeit in den USA und in Asien von Medien wie auch Politikern als deutlich höher wahrgenommen (Bönsch 2015; Wegner 2015), die Betonung der Chancen rückt dabei in den Hintergrund (Stratmann 2015).

In vielen Unternehmen wird die Situation dagegen weniger bedrohlich gesehen. Insbesondere die internationale Konkurrenz im Wettlauf um die Setzung von Standards sieht man dort entspannter. Unternehmen wie Siemens, Kuka oder Bosch sind sowohl in den deutschen, als auch amerikanischen oder japanischen Initiativen vertreten. Einerseits natürlich, weil keiner den Anschluss an Entwicklungen anderswo verlieren möchte, andererseits aber auch, weil den meisten Unternehmen klar ist, dass die Standards nur gemeinsam entwickelt werden können (Turbo-Norm für Industrie 4.0 2015; Ciupek 2015).

4.1.1. Lage, Ziele und Herausforderungen

Die Lageeinschätzung in Deutschland geht von einer gegenwärtig sehr guten Position des deutschen Anlagen- und Maschinenbaus aus, der sich als führender Fabrikaurüster der Welt sieht. Gleichzeitig wächst allerdings die internationale Konkurrenz – wie auch die Ansprüche an die Produktionstechnik, die eine immer flexiblere und individuellere Produktion erlauben soll. Die deutschen Hersteller sehen sich darüber hinaus einem zunehmenden Druck zur Internationalisierung ihrer Wertschöpfungsketten ausgesetzt, wodurch der Produktions- und Innovationsstandort Deutschland in Gefahr gerät (Forschungsunion 2012, S. 8; Plattform Industrie 4.0 2015, S. 5).

Ulrich Grillo, Präsident des Bundesverbandes der Deutschen Industrie e. V., meint, dass Deutschland zwar gegenwärtig führend in der Industrie und als Anbieter von Industrielösungen sei, doch die Schwächen in der Informations- und Kommunikationstechnologie und Digitalwirtschaft seien zu gravierend, um sich darauf

verlassen zu können. Wenn das Wohlstandsniveau auch für künftige Generationen gesichert werden sollte, müsse Deutschland zur Weltspitze in der digitalen Revolution vorstoßen (Grillo 2015).

Dementsprechend wird die Entstehung des Internets der Dinge als Chance begriffen, um sowohl die Produktion im Land halten als auch Arbeitsplätze schützen zu können. Denn Cyber-Physische-Systeme würden Produktionsprozesse, den Maschinenbau, die Materialverwaltung und das Management von Lieferketten und Produktlebenszyklen effizienter machen und so stark verbessern, dass sich von einer neuen Form der Industrialisierung sprechen ließe (Forschungsunion 2012, S. 9).

Das volkswirtschaftliche Potenzial für Industrie 4.0 schätzen Bitkom und Fraunhofer für die sechs Branchen, die am stärksten an deren Umsetzung arbeiten, auf knapp 79 Milliarden Euro bis 2025. Das entspräche einer Steigerung der Gesamtbruttowertschöpfung Deutschlands um 11,5 Prozent. Der größte Beitrag entfiel auf den Maschinenbau mit 23 Milliarden Euro, darauf folgten der Automobilbau und die Elektrischen Ausrüstungen mit knapp 15 beziehungsweise 12 Milliarden Euro (Bitkom und Fraunhofer IAO 2014, S. 8).

Gegenwärtig scheint Industrie 4.0 aber nur in einer Gruppe von Vorreiterunternehmen mit Entschlossenheit vorangetrieben zu werden. Laut einer Erhebung der Freudenberg IT und Pierre Audoin Consultants nutzen in der deutschen Wirtschaft gegenwärtig nur 15 Prozent der Unternehmen dezentrale, sich selbststeuernde Systeme in der Produktion, immerhin 52 Prozent verfügen aber über intelligente Produktionsanlagen (Pierre Audoin Consultants und Freudenberg 2014). Der Maschinenbau als ein Dreh- und Angelpunkt der deutschen Industrie 4.0-Strategie nutzt bisher nur zu 9 Prozent sich selbst steuernde Systeme, die Automobilindustrie hingegen nutzt diese zu 18 Prozent (Pierre Audoin Consultants und Freudenberg 2014). 61 Prozent der deutschen Maschinenbauer hält sich selbst steuernde Produktionsprozesse sogar für uninteressant (Pierre Audoin Consultants und Freudenberg 2014). 40 Prozent der Unternehmen sehen darüber hinaus keinen Bedarf für den Einsatz der Cloud, ohne die Industrie 4.0 jedoch gar nicht vorstellbar ist (Pierre Audoin Consultants und Freudenberg 2014). Hier spielt eine wichtige Rolle, dass viele Unternehmen noch kein Vertrauen in die Abhörsicherheit der Netzwerke haben und den Verlust von geistigem Eigentum bzw. Prozess-Know-how fürchten (Bönsch 2015; Delhaes und Stratmann 2015).

4.1.2.

Die Hightech-Strategie

„Wir können den Wettbewerb um die niedrigsten Arbeitskosten nicht gewinnen, aber den um die besten Ideen.“
(Bundesministerium für Bildung und Forschung 2006, S. 2)

Grundlage und Ausgangspunkt für Industrie 4.0 ist die Hightech-Strategie der Bundesregierung. Sie ist ein Instrument, mit dem sie die Akteure der deutschen Forschungs- und Innovationslandschaft hinter gemeinsamen Zielen vereinigen möchte (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2010, S. 4). Die erste Hightech-Strategie wurde im Jahr 2006, die aktuelle Version im Jahr 2014 veröffentlicht; ihr Zweck ist es, Deutschland an die Spitze der wichtigsten Weltmärkte zu führen und in Deutschland Leitmärkte für die

wichtigsten Zukunftsfelder zu entwickeln (Bundesministerium für Bildung und Forschung 2006; Bundesregierung 2014, S. 10)³.

Im Aktionsplan zur Hightech-Strategie wurde im Jahr 2012 das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 vorgestellt, mit dem die Weichen für den Einzug des Internets der Dinge in die Industrie gestellt werden sollten (Bundesregierung 2012, S. 52). Der Aktionsplan greift auf die Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0 der Forschungsunion (Forschungsunion 2012) zurück und hat das Ziel, Deutschland bis 2020 zum Leitanbieter für Cyber-Physische-Systeme zu entwickeln (Bundesregierung 2012, S. 53). Dieser Aktionsplan ist der Ausgangspunkt für die Plattform Industrie 4.0. (Acatech 2014).

Die aktuelle Hightech-Strategie aus dem Jahr 2014 wirft einen neuen Blick auf den Zustand des Innovationsstandortes Deutschland und beurteilt ihn so:

„Deutschland ist als einer der weltweit führenden Innovationsstandorte technologisch und wirtschaftlich gut aufgestellt. Doch der globale Innovationswettbewerb verschärft sich, neue Wettbewerber drängen auf die internationalen Märkte. Unternehmen sind heute bei der Wahl ihrer Standorte für Forschung und Entwicklung flexibler denn je. Ihre Wertschöpfungsketten werden internationaler und komplexer. Gleichzeitig gewinnt die jeweilige regionale Nachfrage an angepasste Innovationen an Bedeutung“ (Bundesregierung 2014, S. 10).

Um an dem Ziel, Deutschland zum weltweiten Innovationsführer zu entwickeln (Bundesregierung 2014, S. 10f) festhalten zu können, orientiert sich die Strategie an **fünf Eckpfeilern**, die die künftige Forschungs- und Innovationspolitik bestimmen:

Erstens werden die priorisierten Forschungs- und Innovationsthemen festgelegt, mit deren Auswahl die wirtschaftliche Leistungsfähigkeit Deutschlands sowie die Lebensqualität gesichert und die Quellen des Wohlstands in der Zukunft definiert werden sollen. Diese Forschungsfelder sind: Digitale Wirtschaft und Gesellschaft, Nachhaltiges Wirtschaften und Energie, Innovative Arbeitswelt, Gesundes Leben, Intelligente Mobilität und Zivile Sicherheit.

Unter dem Aufgabenfeld Digitale Wirtschaft und Gesellschaft wird die Bedeutung von Schlüsseltechnologien für neue Produkte und Dienstleistungen, von deren Implementierung und Vermarktung die Wettbewerbsfähigkeit des Wirtschaftsstandortes abhinge, herausgestellt. Von besonderer Bedeutung ist hier die Digitalisierung der Wirtschaft. In den Mittelpunkt stellt die Strategie an dieser Stelle die „Potenziale einer vernetzten intelligenten Produktion der Zukunft“ (Bundesregierung 2014, S. 36), sprich: Industrie 4.0. Besondere Erwähnung finden hier Programme, die vor allem Betriebe des Mittelstands in den Blick nehmen. Den mittelständischen Unternehmen soll geholfen werden, Vertrauen in die neuen Technologien wie Big Data und Cloud-Computing zu entwickeln und sie auch für sich nutzbar zu machen (Bundesregierung 2014, S. 16).

³ Auf der Technikkmesse Cebit 2016 wurden einzelne Projekte zur Entwicklung der aktualisierten Strategie vorgestellt.

Zweitens sollen alle Wissen schaffenden Stakeholder – Universitäten, Forschungseinrichtungen und Unternehmen – national wie international besser miteinander vernetzt werden. Damit sollen Innovationspotenziale an wissenschaftlichen Einrichtungen gesteigert und die Vermarktung von Innovationen verbessert werden (Bundesregierung 2014, S. 30ff).

Drittens soll die Dynamik der Innovationstätigkeit Deutschlands gesteigert werden. Vor allem große Unternehmen tragen zu den hohen Forschungsausgaben in Deutschland bei. Um die Forschungs- und Entwicklungstätigkeit weiter zu erhöhen, sollen besonders kleine und mittlere Unternehmen dafür gewonnen werden, sich in diesem Bereich stärker einzubringen (Bundesregierung 2014, S. 34). Dieses Ziel geht einher mit der Bedeutung, die kleinen Unternehmen und Start-ups für eine innovative Volkswirtschaft zugesprochen wird. Deren Innovations- und Vermarktungsfähigkeit will die Bundesregierung gezielt fördern. Dazu unterstützt sie verschiedene Programme, die entweder materielle oder beratende Hilfe beziehungsweise Netzwerke zur Verfügung stellen.

Viertens will die Bundesregierung innovationsfreundliche Rahmenbedingungen schaffen. Dazu zählen der Zugang zu Wagniskapital, die Verfügbarkeit qualifizierter Mitarbeiter, die Internationalisierung von Normen und Standards und der Schutz geistigen Eigentums (Bundesregierung 2014).

Schließlich beinhaltet die Strategie **fünftens** eine soziokulturelle Dimension. Die Bundesregierung will die Transparenz der wissenschaftlichen Programme und technischen Entwicklungen fördern und die Gesellschaft zur Partizipation ermutigen. Denn Grundlage für eine innovative Wirtschaft ist eine Gesellschaft, die Innovationen fördert, neue Technologien akzeptiert und auch anwendet (Bundesregierung 2014).

Zur deutschen Technologiemesse Cebit im März 2016 stellte Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel zudem die „Digitale Strategie 2025“ vor (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, 2016). Hintergrund der bis zum Jahr 2025 angelegten, milliarden schweren Strategie ist es, die deutsche Wettbewerbssituation in der digitalen Wirtschaft zu stärken. Durch die Federführung des Bundeswirtschaftsministeriums sollen dabei Ineffizienzen beim Vorantreiben der Digitalisierung abgebaut werden. Diese treten heute auf, da die Zuständigkeiten für verschiedene Bereiche der Digitalisierung in den Zuständigkeitsbereich verschiedener Ministerien fallen. Zudem benennt das Strategiepapier zehn konkrete Handlungsfelder, über die die Entwicklung der Industrie 4.0 in Deutschland gefördert werden soll. Neben der Gründung einer Ressort-übergreifenden Digitalagentur umfassen die Maßnahmen zentrale Voraussetzungen der Digitalisierung. Darunter fallen der Ausbau der Infrastruktur, die Weiterentwicklung des Ordnungsrahmens, die Unterstützung von Start-Ups und neuen Geschäftsmodellen, die Förderung von Forschung und Entwicklung sowie der digitalen Bildung. Damit fokussiert sich die Strategie auf Handlungsfelder, die im Rahmen der vorliegenden Analyse als entscheidend für die Entwicklung der Industrie 4.0 herausgearbeitet werden. Grundsätzlich hat die Digitale Strategie 2025 das Potenzial, die Wettbewerbsfähigkeit in Deutschland signifikant zu stärken. Voraussetzung dafür ist aber die schnelle, Ressort-übergreifende und zielgerichtete Umsetzung. Zudem bedarf es in einigen der benannten Handlungsfelder einer Konkretisierung der

Maßnahmen, manche der Ziele sind im internationalen Wettbewerb eher unambitioniert (u. a. Breitbandausbau).

Somit sind sowohl die Hightech-Strategie der Bundesregierung wie auch die Digitale Strategie 2025 als Ansätze zu werten, die die Digitalisierung in Deutschland potenziell unterstützen. Für den Moment sind es allerdings kaum mehr als eine Absichtserklärung, deren Wirksamkeit zukünftig evaluiert werden muss. Zudem zeigen diese nebeneinander stehenden, teilweise überlappenden Ansätze ein grundlegendes Problem der politischen Unterstützung der Industrie 4.0 in Deutschland: Die Zuständigkeit für das Thema ist nicht bei einem Akteur gebündelt. Sie fällt in den Kompetenzbereich des BMWi, des BMI, des BMVI, des BMBF, des BMJV und des BMAS. Die Ministerien verfolgen allesamt Strategien zur Förderung der Digitalisierung der deutschen Wirtschaft, die sich im besten Falle unterstützen, in vielen Fällen aber eher zu Reibungsverlusten führen.

4.1.3. Plattform Industrie 4.0

Die wichtigste Initiative in Deutschland, um die Wirtschaft in das Zeitalter der digitalen und vernetzten Produktion zu führen, ist die „Plattform Industrie 4.0“. Ursprünglich wurde sie von den Industrieverbänden Bitkom, dem Zentralverband Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI) und dem Verband Deutscher Maschinen- und Anlagenbau (VDMA) getragen. Das Ziel war es, „die vorwettbewerblichen Voraussetzungen für die wirtschaftliche Umsetzung und die Verwirklichung der Vision Industrie 4.0 zu schaffen“ (Plattform Industrie 4.0 2015, S. 3). Dazu gehört die Entwicklung von Qualitätskriterien beziehungsweise Standards, die für Industrie 4.0-Systeme sicherstellen, dass sie „im Sinne der intelligent automatisierten, sich selbst organisierenden Prozesse“ interoperabel sind (Plattform Industrie 4.0 2015, S. 6).

Als strategischer Begleiter ermöglichte die Plattform die branchenübergreifende Zusammenarbeit von Unternehmen, Verbänden und Wissenschaft. Ergebnisse dieser Zusammenarbeit sind zum Beispiel Umsetzungsstrategien für Industrie 4.0 (Bitkom et al. 2015; Forschungsunion und Acatech 2013) oder ein Themenkatalog für die Forschung und Entwicklung (Plattform Industrie 4.0 2014). In der aktualisierten Version (Plattform Industrie 4.0 2015) wurden diese Themen zu einer „Roadmap“ ausgebaut, die die Themen in ihren gegenseitigen Abhängigkeiten darstellt und konkrete Forschungsziele bestimmt. Darüber hinaus wurde mit der Entwicklung eines Referenzarchitekturmodells für Industrie 4.0 begonnen (VDI/VDE und ZVEI 2015).

Im April 2015 wurde die Plattform Industrie 4.0 unter der Führung des Bundesministeriums für Bildung und Forschung sowie des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie neu organisiert. Von diesem Schritt erhofften sich die Mitglieder der Plattform und die Politik einen Impuls für mehr Kooperation und eine bessere branchen- und unternehmensübergreifende Abstimmung. Die vorherige privatwirtschaftlich organisierte Struktur löste bei den beteiligten Unternehmen die Furcht vor wettbewerbsrechtlichen Konsequenzen aus. Die daraus resultierende Zurückhaltung führte dazu, dass es über die strategische Planung hinaus nicht zu konkreten Ergebnissen der Kooperation kam.

Die Plattform behält unter der Führung der Politik im Kern ihre Aufgaben. Sie arbeitet nicht an der operativen Realisierung von Industrie 4.0, sondern dient als Mittler zur Etablierung von Netzwerken und Allianzen, die zum Beispiel Testzentren und Forschungsprojekte initiieren. Die Plattform leistet weiter die strategische Begleitarbeit: Sie entwickelt Handlungsempfehlungen, setzt die Forschungsagenda fort oder identifiziert geeignete Anwendungsbeispiele. Letztere sollen das Thema Industrie 4.0 in alle Bereiche der deutschen Wirtschaft tragen und Verständnis, Offenheit und Vertrauen wecken.

Neben der Plattform Industrie 4.0 haben sich auch andere, eher lokal und regional ausgerichtete Industrie 4.0-Initiativen gebildet, zum Beispiel die Zukunftsallianz Maschinenbau oder die Allianz Industrie 4.0 Baden-Württemberg. Beide sind stark auf den Mittelstand ausgerichtet und wollen dort zur besseren Vernetzung und zu mehr Innovationen beitragen. Der Mangel an Ressourcen für Forschung und Entwicklung in kleineren Unternehmen soll durch Kooperationen untereinander sowie mit Hochschulen und anderen Forschungseinrichtungen ausgeglichen werden.

4.2. *China*

In China ist Industrie 4.0 wie in Deutschland auch in erster Linie ein Expertenthema. Es taucht auf Fachkonferenzen auf und ist Thema in Regierungsgesprächen – insbesondere mit Deutschland.

In den staatlichen Medien kommt das Thema Industrie 4.0 dennoch oft vor. Das liegt daran, dass die Staatsmedien verpflichtet sind, über Schlüsselprojekte der Staats- und Parteiführung zu berichten. In der Breite der Bevölkerung scheinen diese Berichte allerdings nicht anzukommen. Weder in sozialen Medien noch Internetforen – wo die chinesische Öffentlichkeit normalerweise mit großem Eifer die Themen diskutiert, die sie bewegt – wird Industrie 4.0 häufig erwähnt.

Pressemeldungen mit Industrie 4.0-Bezug betreffen häufig Nachrichten aus Deutschland: Aussagen des China-Chefs von Bosch, Berichte von der Hannover-Messe oder über den Besuch von Bundeswirtschaftsminister Sigmar Gabriel im Juli 2015 in Peking. Auch Nachrichten, die die chinesischen Entwicklungen betreffen, erwähnen oft Deutschland.

In China ist Industrie 4.0 gedanklich stark mit der Digitalwirtschaft im Sinne von Virtualisierung, Cloud-Computing, Internet der Dinge und der Einbindung von Kundenwünschen verbunden. Die Sektorenabgrenzung spielt keine so große Rolle wie in Deutschland, wo das Thema in besonderem Maße auf das produzierende Gewerbe bezogen wird. Industrie 4.0 wird in China eher als grundsätzliche Aufforderung zur Fortschrittlichkeit verstanden, die Industrieperspektive ist insgesamt aber deutlicher ausgeprägt als in Japan und den USA (siehe Kapitel 4.3 und 4.4).

In China wird Industrie 4.0 stark durch die Perspektive des Konsumenteninternets beeinflusst. So hoffen chinesische Unternehmer und Politiker, die eigene Online-Shopping-Kompetenz, das heißt, die Fähigkeit Produktpräferenzen zu identifizieren und einen reibungslosen Einkaufsprozess (Kundenerlebnis) sowie eine

fehlerlose Lieferkette zu organisieren, könnte nahtlos bis in die Fabrikhalle an die Produktionsstraße verlängert werden. Unternehmen wie Alibaba oder Tencent könnten dank ihrer Finanzkraft der Ausgangspunkt der chinesischen Entwicklung sein.

Bisher sind diese Pläne Chinas vor allem auf politischer Ebene angesiedelt und spiegeln die Interessen der Anspruchsgruppen innerhalb der Kommunistischen Partei wieder. Die Pläne ähneln daher eher Wunschlisten als Umsetzungskonzepten. Experten fürchten, dass eine Einführung von Industrie 4.0 mit Behördenmitteln von oben zum Scheitern verurteilt sei – moderne Technikrends sollten sich spontan durchsetzen oder sich zumindest markt- und bedürfnisgetrieben ausbreiten. Unklar ist zudem, wie die vielen involvierten Behörden, die mit der Umsetzung der Pläne beauftragt sind, sinnvoll koordiniert werden können. Beispielsweise sind für die Umsetzung des Internet Plus-Plans (siehe Kapitel 4.2.3) in der Landwirtschaft unter anderem das Landwirtschaftsministerium, die Nationale Entwicklungs- und Reformkommission, das Wissenschafts- und Technologieministerium, das Handelsministerium, die Behörde zur Sicherung der Qualität, Kontrolle und Quarantäne, die chinesische Nahrungs- und Arzneimittelbehörde und die Forstverwaltung zuständig (Davidson 2015). Beispiele aus der Forschung oder Bildung (siehe Kapitel 5.3) zeigen, wie die vielen unterschiedlichen Zuständigkeiten zu Fehlallokationen, redundanten Strukturen und letztlich zu schlechten Ergebnissen geführt haben.

Im März 2016 wurde der 13. Fünfjahresplan durch den Nationalen Volkskongress verabschiedet. In diesem Wirtschaftsplan⁴ wird die Weiterentwicklung Chinas zu einem innovationsorientierten, hochtechnologisierten Wirtschaftsstandort explizit in den Fokus gerückt. Eine Aufwertung der Industrie hin zu mehr Innovation und Umweltschutz war bereits im vorangegangenen Fünfjahresplan und seinen Vorgängern vorgesehen, die Entwicklung wird mit dem neuen Zukunftsplan aber deutlich fokussiert. Es soll eine verstärkte Abkehr vom Wirtschaftsmodell „Werkbank der Welt“ erfolgen. Die Ernsthaftigkeit dieses Anliegens wird dadurch untermauert, dass die Bereitschaft zum Abbau von bestehenden Überkapazitäten in arbeitsintensiven Wirtschaftsbereichen vorangetrieben werden soll. Der damit verbundene Abbau von geringqualifizierter Arbeit wird in Kauf genommen und soll sozialverträglich abgewickelt werden. Beschäftigungszuwächse werden in hochqualifizierten, innovativen Berufsfeldern abgestrebt.

4.2.1. Lage, Ziele und Herausforderungen

China sieht seine eigene Stärke in der Internetaffinität seiner Bevölkerung. Bisher herrscht bei der Einschätzung der eigenen Ausgangslage eine Betonung der Software-Aspekte vor. „China war sehr erfolgreich bei der Verlagerung von Wirtschaftstätigkeit ins Internet“, sagt Yuan Yue, Präsident der Horizon Research Consultancy Group. Diese Stärke soll nun genutzt werden, um das alte investitionsgetriebene Wachstumsmodell durch ein neues innovationsgetriebenes abzulösen. Vor diesem Hintergrund ist auch Industrie 4.0 zu sehen: Die mit diesem Konzept verbundenen Ziele sind: Die Sicherung eines weiterhin hohen Wirtschaftswachstums, Arbeitsplätze und Wohlstand.

⁴ Bei den Fünfjahresplänen handelt es sich schon lange nicht mehr um Produktionspläne, sondern um strategische Landkarten für die Entwicklung.

Die Aufwertung der chinesischen Industrie, die in Zukunft von mehr Innovation und eigenen Ideen angetrieben werden soll, gilt als einziger Weg, diese Ziele zu erreichen. Allen Akteuren im Land ist klar, dass ein Verharren auf den einfacheren Entwicklungsstufen und das Kopieren geistigen Eigentums kurzfristig zu Stagnation führen und schließlich mittelfristig zu einer ernststen Gefahr für die chinesische Wirtschaft werden würden. China droht zudem, an Wettbewerbsfähigkeit zu verlieren, die Arbeitskostenunterschiede zu Hochlohnländern werden kleiner – für arbeitsintensive Billigproduktion taugt der Standort kaum noch. Um der „Middle Income Trap“⁵ zu entkommen, lässt die Führung deutliche Lohnsteigerungen zu. So soll ein Binnenmarkt für hochwertige Waren und Dienstleistungen entstehen, deren Absatz sonst von den Märkten im Westen abhinge.

Das größte Problem sehen chinesische Experten und Kommentatoren in dem großen Abstand der derzeitigen industriellen Realität zu den Erfordernissen von Industrie 4.0 (Horizon-China.com; Opinion-China.com). China verfügt zwar über eine wachsende Riege herausragender Unternehmen der Digitalwirtschaft wie Alibaba, Tencent, Lenovo, Xiaomi, China Mobile, Huawei, Meizu und China Unicom. Die Mehrzahl der chinesischen Firmen ist jedoch noch nicht so weit wie die digitalen Vorreiter und arbeitet mit recht einfachen Mitteln. Noch sind viele Fabriken eher klein und setzen auf Handarbeit. In einigen Unternehmen gibt es programmierbare Maschinen, vereinzelt auch vernetzte Anlagen, doch sie sind auf das ganze Land gesehen noch selten. Die Produktion ist bisher stark personal- und nicht kapitalintensiv ausgelegt.

„Gegenwärtig erreichen nur etwa fünfzig chinesische Firmen das Niveau von Industrie 3.0, und das Land spricht bereits von 4.0. Das ist, als ob Kindergartenkinder eine Doktorarbeit diskutieren.“ (Horizon-China.com)

Vielfach setzen gerade die vielen Kleinunternehmer den Schwerpunkt noch auf Kostenminimierung statt auf Investitionen in einen Aufbruch in die Zukunft. Da viele Exporteure mit einer hauchdünnen Marge arbeiten, fehlen die Ressourcen für die Anschaffung teurer Maschinen, ganz zu schweigen von einem Sprung in kundenwunschgetriebene, hochflexible Roboterfertigung.

Einige Maschinenbauer, Autozulieferer, Elektrohersteller und andere Industriezweige in den hochentwickelten Regionen Chinas investieren derweil hohe Summen in die Automatisierung und stehen auch einem Übergang zu „Made in China 2025“ (siehe Kapitel 4.2.2) und Industrie 4.0 offen gegenüber.

China steht weiterhin vor der Herausforderung, die in die Städte strömende Landbevölkerung mit Arbeitsplätzen zu versorgen. In den kommenden Jahrzehnten werden sich hunderte Millionen chinesische Landbewohner in Städten niederlassen (World Bank 2015). Gleichzeitig wird aber die Produktion zunehmend automatisiert. Das geht zu Lasten von Arbeitsplätzen für wenig qualifizierte Menschen und damit auf Kosten der Einstiegsmöglichkeiten für Zuwanderer aus ländlichen Regionen.

⁵ Die „Middle Income Trap“ beschreibt die Gefahr, dass ein wirtschaftlich aufstrebendes Land seinen Wettbewerbsvorteil durch steigende Einkommen verliert. Um dieser „Falle“ zu entgehen, müssen neue Produkte und Prozesse entwickelt werden, mit denen die Wettbewerbsfähigkeit aufrecht erhalten werden kann. Zum Beispiel durch den Wandel von einer arbeitsintensiven Produktion zu einer kapitalintensiven und innovationsgeleiteten Produktion.

Diese Entwicklungen sollen sich nach den Plänen der Regierung im Laufe der Zeit ergänzen. Die Industrie würde durch die Automatisierung wieder wettbewerbsfähig und gesünder, während das Warenangebot zu günstigen Preisen hoch bliebe, so die Vorstellung. Die materiellen Bedürfnisse wären damit abgesichert. Das gesamtwirtschaftliche Wachstum würde dann hauptsächlich durch den Dienstleistungssektor getrieben. Für die Arbeitsplätze, die durch die Modernisierung der Fertigung verlorengehen, sollen nahtlos an anderer Stelle neue Beschäftigungsmöglichkeiten entstehen, was bei früheren Transformationen der chinesischen Wirtschaft auch geklappt hat. Prognosen über die erwartenden Effekte der Modernisierung wagt zum gegenwärtigen Zeitpunkt aber noch niemand abzugeben (工业 4.0 将为中国经济带来什么变化? 2015).

Kritik an dem ökonomischen Zielkonflikt einer steigenden Automatisierung (Industrie 3.0) mit dem Anspruch einer sehr hohen Beschäftigungsquote ist praktisch nicht zu hören. Zu eindeutig ist der kollektive Wille, unter die entwickelten Volkswirtschaften aufzusteigen und den Wohlstand weiter radikal zu steigern – China will keinesfalls auf der Ebene von „Sweatshops“ stehenbleiben, viele Chinesen erwarten gute Rahmenbedingungen für die Gründung ihres eigenen Unternehmens oder Geschäfts. Sie zeigen sich insgesamt flexibel und sind bereit, zwischen Branchen und Regionen zu wechseln, um ihre Arbeitskraft möglichst gewinnbringend einzusetzen (Mayer-Kuckuk 2015).

Vor dem Hintergrund von Industrie 4.0 und zur Modernisierung des chinesischen Wachstumsmodells hat die chinesische Regierung zwei zentrale Programme gestartet.

4.2.2. Made in China 2025

Am 19. Mai 2015 wurde die vom Ministerium für Industrie und Informationstechnik entworfene Strategie Made in China 2025 vorgestellt. Made in China 2025 orientiert sich stark an der deutschen Industrie 4.0-Strategie. Im Zuge dessen wurde im Juli 2015 bei einem Chinabesuch des deutschen Wirtschaftsministers Sigmar Gabriel eine gemeinsame Absichtserklärung mit China unterzeichnet, die eine engere Verzahnung der bisher national ausgerichteten Initiativen Industrie 4.0 und Made in China 2025 anstrebt (Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2015a). Während allerdings Industrie 4.0 die effizientere Vernetzung von Produktionsprozessen über mehrere Unternehmen hinweg durch die Schaffung Cyber-Physischer-Systeme meint, ist die Made in China 2025-Strategie wegen des stark heterogenen Entwicklungsstandes der chinesischen Industrie inhaltlich breiter angelegt und konzentriert sich eher darauf, das produzierende Gewerbe auf das Industrie 3.0-Niveau zu heben (Kennedy 2015). Trotzdem werden in China Industrie 4.0 und die Strategie Made in China 2025 oft synonym verwendet.

Der Zweck der Made in China 2025-Strategie ist es, China von einem industriellen Großproduzenten zu einer führenden Produktionsmacht weiterzuentwickeln und in der globalen Wertschöpfungskette nach oben zu klettern.⁶ Dafür, so der chinesische Premierminister Li Keqiang, müsse die Qualität der Produkte wichtiger werden als die Quantität. Die Grundlage dafür seien eine innovationsgeleitete Produktion, die Nutzung

⁶ Der Plan sieht vor, dass ab 2020 der Anteil der heimischen Produktion an den wichtigsten Gütern und Werkstoffen 40 Prozent beträgt, ab 2025 soll er 70 Prozent betragen.

intelligenter Technologien und umweltfreundlicher Prozesse (Liu 2015). Zur Unterstützung dieser Ziele hat der Staatsrat einen Fonds mit einem Kapital von 40 Milliarden Yuan (6,4 Milliarden US-Dollar) eingerichtet (Manufacturing Industry Topics 2015).

Die Rolle des Staates soll es im Rahmen der Made in China 2025-Strategie sein, die allgemeinen Rahmenbedingungen zu definieren, Finanzmittel zur Verfügung zu stellen und Produktionsinnovationszentren aufzubauen. 15 dieser Zentren sollen bis zum Jahr 2020 entstehen, bis zum Jahr 2025 sollen es 40 sein. Die Ziele der Strategie sollen aber grundsätzlich über Marktmechanismen erreicht werden. Dafür sollen unter anderem der Schutz geistigen Eigentums für kleine und mittelständische Unternehmen verbessert und generell die effektive Nutzung des geistigen Eigentumsrechts in der Unternehmensstrategie gefördert werden.

Made in China 2025 konkretisiert neun Ziele:

- Verbesserung der Innovationsfähigkeit,
- Integration von Informationstechnologie und Produktion,
- Stärkung der industriellen Basis,
- Förderung chinesischer Marken,
- Umweltfreundliche Produktion,
- Förderung von Durchbrüchen in den zehn wichtigen Sektoren IT, CNC, Robotik, Luftfahrttausrüstung und Avionik, Hochtechnische Seefahrttausrüstung, Energiesparende und emissionsfreie Fahrzeuge, Energietechnik, Werkstoffe, Biomedizin, Landwirtschaftsmaschinen,
- Umstrukturierung des produzierenden Gewerbes,
- Serviceorientierte Produzenten und Dienstleister,
- Internationalisierung der Produktion.

4.2.3. Internet Plus

Der Internet-Plus-Aktionsplan ist ein Teil des 13. Fünfjahresplans der Kommunistischen Partei Chinas. Das Ziel ist es, digitale Technologien wie das mobile Internet, Cloud-Computing, Big Data und das Internet der Dinge mit moderner Fertigung zu vereinen. Damit sollen die Entwicklung von eCommerce, industrieller Netzwerke und Internetbanken sowie die Internationalisierung von chinesischen Internetunternehmen gefördert werden. Mit Internet Plus beabsichtigt die chinesische Regierung, die Integration des Internets in

die Wirtschaft voranzutreiben, um neue industrielle Verfahren bis 2018 zu einem wesentlichen wirtschaftlichen Wachstumstreiber zu entwickeln (The State Council 2015b).

Der Plan enthält Entwicklungsziele und unterstützende Maßnahmen für die Schlüsselsektoren Produktion, Landwirtschaft, Energie, Finanzwesen, öffentliche Versorgungsbetriebe, Logistik, Internethandel, Verkehr, Biologie und künstliche Intelligenz. (Generalkonsulat der Volksrepublik China in München) Außerdem fördert er Innovationen und Unternehmertum, unter anderem durch die Erleichterung von Unternehmensgründungen (The State Council 2015a).

4.3. Japan

Industrie 4.0 beziehungsweise das „Internet of Things“ (IoT) ist eines der Mega-Themen in Japan, und zwar nicht nur in der Wirtschaftspresse, der Politik und der Wirtschaft, sondern durchaus auch in den nationalen Massenzeitungen. Deutschland, mitsamt dem Begriff „Industry 4.0“, wird in den Berichten häufig erwähnt und im Ministerium für Wirtschaft, Handel und Industrie (Meti), das in Sachen Industriepolitik die Federführung hat, sogar als Pionier bezeichnet.

Japanische Wirtschaftsdelegationen besuchen deshalb gezielt Messen wie die Hannover Messe in Deutschland, um sich über die Entwicklungen auf dem Laufenden zu halten. Inzwischen richtet sich der Blick aber auch auf andere große Industrie 4.0-Länder, wie zum Beispiel China mit seiner Internet Plus-Initiative.

Japanische Firmen sind aus innerem Antrieb für dieses Thema hochsensibilisiert. Denn Japan ist das Reich der Roboter. Japanische Firmen wie Fanuc, Yaskawa, aber auch Autohersteller wie Toyota und Honda sind für die Optimierung von Produktionsprozessen weltbekannt. Japanische Manager weisen deshalb darauf hin, dass das Thema Internet of Things für sie nicht neu ist: Bei Toyota werden zum Beispiel Maschinen und Transportroboter schon lange vernetzt. Auch der Baumaschinenhersteller Komatsu verbaut schon länger IT in seinen Trucks. So gibt es selbstfahrende Kipplaster und ferngesteuerte Bulldozer, die sogar in Kinderbüchern auftauchen. In einem nächsten Schritt will Komatsu nun die im Einsatz entstehenden Daten nutzen, um sie effizienter einzusetzen. Deshalb sehen Manager, die Deutschland besucht haben, japanische Firmen auf der Firmenebene nicht im Nachteil.

Darüber hinaus gibt es viele Konferenzen zu den Themenkomplexen Industrie 4.0 oder IoT. Im Juni 2015 hat Japan auch ein eigenes Konsortium gegründet, um seine Internet-of-Things-Anstrengungen zu bündeln oder, wie die Wirtschaftszeitung Nikkei schrieb, „Deutschlands Initiative“ zu begegnen (Nakayama 2015). In der „Industrial Value Chain Initiative“ (IVI) haben sich bisher 120 Unternehmen⁷ und Organisationen zusammengeschlossen, um zu diskutieren, wie Standards für vernetzte Fabriktechnologien entwickelt und

⁷ Vertreten sind neben japanischen Schwergewichten wie Panasonic, Nissan oder Fujitsu auch die deutschen Vertretungen von Bosch und der Beckhoff Automation GmbH.

weltweit verbreitet werden können. Damit hat die IVI eine ähnliche Zielstellung wie das „Industrial Internet Consortium“ (siehe Kapitel 4.4.3) oder die Plattform Industrie 4.0 (siehe Kapitel 4.1.3).

Insgesamt gehen die Initiativen zu Industrie 4.0 eher vom Privatsektor als vom Staatsektor aus. Großkonzerne wie Fujitsu oder Hitachi begannen lange bevor der Begriff Industrie 4.0 geprägt wurde, das Thema voranzutreiben. Sie reduzieren ihre Abhängigkeit vom einst starken Endkonsumentengeschäft und bauen sich zu Dienstleistungsunternehmen um.

Seit dem Platzen der New Economy Blase engagiert sich auch die Politik wieder stärker in der Wirtschafts- und Industrieförderung. Seit der Wahl Shinzō Abes im Jahr 2012 wurden diese Bemühungen intensiviert. Abe fordert von seinen Ministern, Initiativen der Industrie stärker zu fördern und auch neue Industrien zu gründen. Deshalb haben viele Ministerien eigene Venture Capital-Fonds aufgelegt, um im risikokapitalarmen Japan auch in Sektoren Gründungen anzustoßen, für die sich sonst kein Investor interessiert, zum Beispiel in der Landwirtschaft.

Industriepolitische Initiativen spielen ebenfalls wieder eine größere Rolle. Eine Initiative ist die „Smart Japan“ ICT-Strategie (Ministry of Internal Affairs and Communications 2014), die das Innen- und Telekommunikationsministerium im Juni 2014 veröffentlicht hat. Diese zweiteilige Strategie konzentriert sich vor allem auf die Entwicklung von eGovernment, Smart Cities und smarterer Landwirtschaft. Es gibt aber auch Überschneidungen mit dem Internet of Things und vernetzten Fabriken. Die neuen Produkte und Dienste sollen in der Folge global verbreitet werden. Die Vision ist, wie auch bei anderen nationalen Hightechprojekten, bis 2020, also bis zu den Olympischen Spielen in Tokio, eine „wissens- und technikbasierte Nation“ aufzubauen.

4.3.1. Lage, Ziele und Herausforderungen

Japan verfügt sowohl in vielen relevanten Wissenschaftsbereichen, wie zum Beispiel den Materialwissenschaften oder der Halbleiterforschung, als auch in wichtigen Bereichen des produzierenden Gewerbes, wie Maschinenbau, Automatisierungstechnik, Robotik, IT oder Automobilproduktion, in großer Breite über ein hohes Niveau. Aber diese Stärken werden noch zu sehr in den Dienst der klassischen Konzepte der Verbesserung der Produktion vor Ort gestellt. Japans industrieller Schwerpunkt liegt auf der Massenproduktion; eine Disziplin, in der japanische Methoden weltweit Vorbild sind. Das erschwert die Umstellung auf das neue Produktionsparadigma der massenweisen Individualisierung durch das Internet der Dinge (IoT), wie die Autoren des Monozdukuri-Weißbuchs⁸ beklagen. Hier hinke Japan anderen Nationen hinterher: „Cases of enhancement of added value and differentiation through the utilization of the IoT are fewer than those in Europe and the U.S., and in particular there are actually no providers of versatile platforms“ (Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 28).

⁸ Monozdukuri heißt so viel wie „Das Prinzip des Herstellens von Dingen“. Das Weißbuch wird vom Meti gemeinsam mit dem Arbeits- und Gesundheitsministerium und dem Erziehungs- und Wissenschaftsministerium herausgegeben.

In Japan sind beispielsweise nur 28 Prozent der IT-Experten in IT-anwendenden Unternehmen angestellt, die restlichen 72 Prozent arbeiten für IT-Dienstleister. In den USA ist das Verhältnis umgekehrt: Hier arbeiten 75 Prozent der IT-Experten direkt für IT-Nutzer und nur 25 Prozent für IT-Dienstleister. Dazu passt, dass in Japan knapp 77 Prozent der Unternehmen Big Data nicht nutzen (43 Prozent haben davon noch nichts gehört), während in den USA 91 Prozent der Unternehmen Big Data-Anwendungen und -Analysen mindestens testweise einsetzen (Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 26).

Der Erfolg früherer Jahre macht es Japan schwer, sich anzupassen. Zum Beispiel ist die Innovationskultur japanischer Firmen geprägt von einer starken Inhouse-Forschung. Dabei kooperieren die Firmen zwar in festen Strukturen wie Konsortien miteinander, aber grundsätzlich werden eigene Lösungen gefördert. Neue, außerhalb entwickelte Technologien werden oft nicht berücksichtigt (*not invented here-Syndrom*). Doch im Zeitalter der Industrie 4.0 wird „Open Innovation“ wichtiger und damit ein offener Forschungsprozess und die schnelle Integration außerhalb produzierten Wissens. Notwendig sind auch Firmenzukäufe und damit die Integration neuer Kulturen in die Unternehmensorganisation. Ein Punkt, bei dem japanische Firmen mit ihrem Fokus auf japanische Firmenstrukturen oft ein Problem haben.

Keita Kawamori, der stellvertretende Direktor des Büros für Industriepolitik des Meti, drückt es so aus:

„The strength of the Japanese manufacturing industries was generated through the processes of competition between companies and refinement of their technology and systems. It can be said to be the result of ‘individual optimization’. Today, however, what is taking place, based on the keywords ‘IoT (Internet of Things)’ and ‘being connected’, represents a shift to ‘overall optimization’. Only the few who design the ‘overall’ system will be able to gain higher added value. Shifting from being closed to being open and other such trends drive ‘international standardization’.“ (Japanese Factories Connected Together 2015, S. 13).

Um diesen Trends folgen zu können, müssen laut dem Start-up-Mentor und Regierungsberater William Saito die japanischen Unternehmen auch ihre Firmenkultur ändern: Japans Firmen sind zwar gruppenorientiert. Doch sind diese Gruppen strukturiert und von vornherein mit klaren Anführern ausgestattet. Damit fällt es schwer, ad hoc firmen- oder gar kulturübergreifende Teams zu organisieren, die sich selbst strukturieren – Fähigkeiten, die in „Open Innovation“ wichtiger werden (Daimon 2013).

Der ehemalige Präsident von Google Japan, Norio Murakami, ergänzt, dass es japanischen Unternehmen schwer fällt, ihrem Streben nach Perfektion zu widerstehen. Deshalb gäben sie oft die Chance aus der Hand, durch eine frühzeitige Vermarktung eine starke Marktposition aufzubauen. In diesem Streben verfehlen sie auch oft die richtige Balance zwischen den Kosten, die für ein Produkt entstehen und den Preisen, die die Konsumenten bereit sind zu zahlen (Sekiguchi 2012).

Dazu kommt die mangelnde Start-up-Kultur. Nicht nur ist Scheitern gesellschaftlich wenig akzeptiert, auch drängen Eltern ihre Kinder traditionell dazu, respektable Jobs bei Großunternehmen anzustreben. Start-ups oder mittelständische Firmen haben daher schlechtere Chancen, Top-Talente zu gewinnen. Auch lebt(e) in

der japanischen Gesellschaft die Vorstellung von einer lebenslangen Anstellung, was noch immer die Mobilität zwischen den Unternehmen schwächt.

Diese mangelnde Mobilität spiegelt sich auch in der verhältnismäßig schwachen internationalen Vernetzung wider. Shinji Fukukawa, ehemaliger Vize-Minister für Wirtschaft, Handel und Industrie, beklagt beispielsweise die geringe internationale Erfahrung und Kommunikationsfähigkeit japanischer Manager (Fukukawa 2013). Das gilt weniger für global tätige Großkonzerne, aber umso mehr für das Management des Mittelstandes. Diese Geschäftsstrategie mittelständischer Unternehmen ist oft sehr japanisch geprägt und sie verfügen im Vergleich zu Deutschland über eine geringere technologische Tiefe und Innovationskraft.⁹

Japanische Unternehmen haben Probleme, technische Vorsprünge dauerhaft in globale Marktführerschaft umzumünzen. Beispiele dafür sind Smartphones, Flachbildfernseher oder der „Chademo“-Standard für Elektroautos. Diese Schwäche wird als die größte Gefahr dafür angesehen, den Anschluss an den internationalen Wettbewerb durch die 4. industrielle Revolution zu verlieren. Japans Regierung und Unternehmen haben diese Herausforderung erkannt und reagieren darauf. Hitachi hat beispielsweise eine Reform des Unternehmens durchgeführt, bei dem die stark amerikanisch geprägte Tochter Hitachi Data Systems als Blaupause diente. Konzerne wie Panasonic haben zudem mehrere Milliarden Euro für Firmenkäufe eingeplant. Fujitsu und andere Firmen setzen sogar auf eine globale Streuung von Hauptquartieren. So wird die Computer-Server-Sparte Fujitsu Technology Solutions aus Deutschland und England gesteuert. Andere Firmen wie Japans größter Pharmakonzern Takeda haben Ausländer als operative Chefs eingestellt, um sich stärker zu internationalisieren.

In Japan wurde außerdem die Rolle der Standardisierung für eine erfolgreiche Positionierung in der IoT-Wirtschaft erkannt. Vor allem die jüngsten Niederlagen bei Ladeanschlüssen für Elektroautos haben die Unternehmen aufgerüttelt, weil es Japans „Chademo“-Standard trotz des japanischen Frühstarts nicht geschafft hat, sich auf anderen Märkten durchzusetzen. Standards sollen deshalb in Zukunft von Anfang an international gedacht und nicht zuerst als „Insellösung“ entwickelt werden. Ein Beispiel ist die eingangs bereits erwähnte Industrial Value Chain-Initiative für vernetzte Fabriken. Ein weiteres ist die Entwicklung von Industrierobotern: Das Meti hat jüngst eine Initiative gestartet, um Bauteile und Schnittstellen von Robotern zu vereinheitlichen und so die Produktionskosten zu senken.

⁹ Diese Strukturen gehen zurück auf die „Gänseflug-Strategie“, mit deren Hilfe Japan zur Wende des 19. zum 20. Jahrhundert möglichst schnell zu den alten Industrienationen aufzuholen wollte. Diese Strategie setzte darauf, einige „Siegerfirmen“ auszusuchen, in deren Windschatten andere Firmen mitfliegen können. Dadurch bildeten sich mehr oder weniger lose Firmengruppen, in denen formal unabhängige kleinere Unternehmen traditionell in die Lieferkette einer „Siegerfirma“ integriert waren. Damit gab es wenig Anreize, einen eigenen (globalen) Kundenstamm und global führende Technik zu entwickeln.

Die Rolle von Daten- und Cyberschutz gewinnt in der öffentlichen Diskussion ebenfalls an Bedeutung. Denn Japans Unternehmen und Behörden hatten in den vergangenen Jahren mit teils massiven Datenlecks zu kämpfen. Im Gedächtnis sind noch die Angriffe auf Sonys Playstation, durch die den Angreifern Daten von mehreren Millionen Nutzern in die Hände fielen und der Verlust von Daten mehr als einer Million minderjähriger Kunden des Lehrmaterialherstellers Benesse.

Im Vergleich zu Deutschland gibt es aber keine weithin wahrnehmbare Empörung über Datendiebstähle. Vielmehr kommt es zu einer Art stillem Widerstand in der Bevölkerung. Die Regierung versucht beispielsweise seit Jahren, eine einheitliche, lebenslange persönliche Identifikationsnummer durchzusetzen, um die Verwaltung der Steuern sowie der Sozialkassen zu rationalisieren. Aber bisher ist die Annahme gering und es ist offen, ob die Bevölkerung bei neuen Versuchen mitziehen wird. In den Medien wird vor allem das mangelnde Vertrauen der Bevölkerung in den Daten- und Cyberschutz als ein Grund für den mangelnden Erfolg der Identifikationsnummer genannt.

Im Zusammenhang mit dem Internet of Things wird das Thema Daten- und Cyberschutz mitgedacht, allerdings hat es noch nicht den Stellenwert wie in Deutschland oder den USA.

4.3.2. Das Monozukuri-Weißbuch

Das produzierende Gewerbe hat in Japan einen hohen Stellenwert, dennoch hat seine Bedeutung für die Gesamtwirtschaft abgenommen (siehe Kapitel 5.1.1.1.). Dem will die Regierung entgegenwirken. Die Argumente für die Wichtigkeit des Sektors sind dabei größtenteils die gleichen wie in Deutschland: Hohe Löhne, hohe Wertschöpfung und hohe Multiplikatoreffekte für andere Wirtschaftszweige (Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 11).

Im internationalen Vergleich wird Deutschland als positives Beispiel genannt, weil es die wichtige Rolle des produzierenden Gewerbes für die Wirtschaft immer betont habe und der Sektor gesamtwirtschaftlich nicht an Bedeutung verloren habe. Japan sieht darin ein Vorbild (Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015). Das gilt auch für die Rolle des Mittelstands in Deutschland und seiner starken regionalen Verwurzelung. Die japanische Regierung hofft, dass sich mittelständische Unternehmen in Japan – ähnlich wie die deutschen Pendanten – zu Weltmarktführern in bestimmten Nischen entwickeln könnten. Ihnen will der Staat dabei helfen, indem er sie bei der Personalentwicklung, der Forschung und Entwicklung, der Vertiefung internationaler Verkaufskanäle, der Firmennachfolge und dem Schutz geistigen Eigentums unterstützt (Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 23).

Die japanische Regierung sieht das produzierende Gewerbe mit einem schnellen technologischen Wandel konfrontiert, der vor allem durch die Entwicklung der IT-Branche befördert wird. Die USA und Deutschland werden als Beispiele genannt, in denen die neue industrielle Revolution und die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle vorangetrieben werden (Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 12). Japan liege hier aber hinter anderen Ländern zurück (siehe 4.3.1), weshalb sich die japanischen Unternehmen

stärker mit den Möglichkeiten, die IT und das Internet der Dinge bieten, auseinander setzen müssten (Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 28).

Mit den neuen Technologien und Geschäftsmodellen ist nicht nur die Hoffnung verbunden, den Anschluss an die globale technologische Entwicklung zu halten, sondern auch das Ziel, die ins Ausland verlagerte Produktion nach Japan zurückzuholen (Abe 2015; Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 14-20). Außerdem bietet das Internet der Dinge die Möglichkeit, dem demografischen Wandel zu begegnen: Um das Wohlstandsniveau trotz einer kleiner werdenden Erwerbsbevölkerung aufrechtzuerhalten, müsse die Produktivität gesteigert werden. Das könne mit den neuen Technologien gelingen (Abe 2015; The Headquarters for Japan's Economic Revitalization 2015, S. 6).

Zwischen den USA mit seinen Kompetenzen im Cloud-Computing und Deutschland mit seinen Stärken im Maschinenbau sieht Japan seinen Wettbewerbsvorteil auf dem Gebiet der Robotertechnik (Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 31). Daher hat die Regierung eine Roboterrevolution ausgerufen, die Bestandteil der als „Abenomics“ bekannten Strategie zur Revitalisierung der japanischen Wirtschaft ist (Prime Minister of Japan and his Cabinet 2015; Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 31).

Die Roboterrevolution soll einen Ausgangspunkt für die japanische Wirtschaft schaffen, von dem aus sie mit der deutschen Industrie 4.0-Plattform und dem US-amerikanischen Industrial Internet Consortium kooperieren und gemeinsame Standards für das Internet der Dinge entwickeln kann (Prime Minister of Japan and his Cabinet 2015, S. 17).

Neben den wissenschaftlichen und technologischen Innovationen ist die Entwicklung des Humankapitals ein wichtiger Pfeiler der japanischen Wachstumspolitik. Sie beginnt bei einer Neuausrichtung der Bildungspolitik zu einer stärkeren Wirtschafts- und Naturwissenschaftsorientierung unter teilweiseem Verzicht auf die Geistes- und Sozialwissenschaften und endet bei einer Verstärkung der Vernetzung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft (Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 47 ff). Bei der Neuausrichtung der Bildungspolitik stößt die Regierung allerdings auf den Widerstand der Wirtschaft. Während die Regierung die Einsatzfähigkeit japanischer Universitätsabsolventen in den Unternehmen durch den Verzicht auf die sogenannten weichen Fächer stärken möchte, fordern die Unternehmen, die bisher die Absolventen ohnehin intern auf ihre Aufgaben vorbereiten, Kandidaten, die lösungsorientiert arbeiten können. Auch Japans Topuniversitäten in Tokyo und Kyoto verweigern sich der Neuausrichtung der staatlichen Agenda (Grove 2015).

4.3.3.

Die Roboterrevolution

„Once a „robot barrier-free society“ comes true, there will be routine collaboration between robots and human[s] of all ages from children to seniors. Robots will help release human from cumbersome tasks and enrich interaction for a higher quality of life than ever“ (The Headquarters for Japan’s Economic Revitalization 2015).

Japan sieht sich selbst als eine Roboter-Supermacht. So hielten 2012 japanische Unternehmen 50 Prozent des Weltmarktes für Industrieroboter und beheimateten selbst 23 Prozent der weltweit eingesetzten Roboter (The Headquarters for Japan’s Economic Revitalization 2015, S. 2). Andererseits nimmt Japan eine Abnahme seiner Wettbewerbsfähigkeit im produzierenden Gewerbe und seines Anteils an der Wertschöpfungskette wahr, weil viele Unternehmen aus Kostengründen ihre Produktion ins Ausland verlagert haben (The Headquarters for Japan’s Economic Revitalization 2015, S. 3).

Vor diesem Hintergrund werden in der neuen Roboterstrategie drei Trends der aktuellen Roboterentwicklung festgestellt: Erstens wandeln sich Roboter von verhältnismäßig einfache Routinetätigkeiten ausführenden Maschinen zu autonomen Einheiten, die lernen und initiativ tätig werden können. Darüber hinaus werden Roboter zweitens nicht mehr nur von einer Datenquelle kontrolliert, sie entwickeln sich selbst zu Informationsterminals, die Computer oder Smartphones ersetzen können. Diese Art von Robotern ist in vielen Lebensbereichen einsetzbar, zum Beispiel im Haushalt. Drittens gliedern sich Roboter in Netzwerke ein und werden so Teil eines Systems, in dem sie Aufgaben nicht mehr nur auf der individuellen Ebene, sondern auf der Systemebene erfüllen können (The Headquarters for Japan’s Economic Revitalization 2015, S. 4f).

Im Kontext der vierten industriellen Revolution sieht sich Japan im internationalen Vergleich besonders durch die Konkurrenz aus den USA und Europa unter Druck gesetzt. Dort sieht Japan den Versuch, sich durch Forschungsverbünde und den Einsatz großer Geldbeträge eine Führungsrolle für die Produktion der Zukunft zu erarbeiten. Auch China rückt hier zunehmend ins Blickfeld (The Headquarters for Japan’s Economic Revitalization 2015, S. 5 f).

Um in der internationalen Entwicklung nicht abgehängt zu werden, setzt hier die Strategie zur Verwirklichung der Roboterrevolution an, die auf drei Säulen beruhen soll:

1. Japan soll ein globales Zentrum für Innovationen in der Robotertechnik werden.
2. Japan soll die Gesellschaft beheimaten, die Roboter am besten über alle Lebensbereiche hinweg nutzt.
3. Japan soll die Welt mit Robotern in das Zeitalter des Internets der Dinge führen. Das heißt, Roboter sollen in die Netzwerke integriert werden, um sie zu befähigen, Big Data oder künstliche Intelligenz

zu nutzen (Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 31; The Headquarters for Japan's Economic Revitalization 2015, S. 10).

Dafür setzen die Roboterstrategie und das Monodzukuri-Weißbuch konkrete strategische Ziele. Das Land soll zum einen zu einem weltweiten Vorzeigeland für „State-of-the-art“-Roboter, die alle Lebensbereiche durchdringen, aufgebaut werden. Zum anderen soll eine Strategie entwickelt werden, um Robotertechnologie mit den Entwicklungen des Internets der Dinge zu vereinen. Dazu möchte Japan:

1. das Rennen um die internationalen Standards für die Infrastruktur von Robotern in der Produktion gewinnen;
2. an führender Stelle die Nutzung von Robotern und die Sammlung von Daten in bestimmten Sektoren wie der Pflege vorantreiben;
3. das Know-how auf dem Gebiet der künstlichen Intelligenz ausbauen, um durch sinnvolle Nutzung der neu entstehenden Datenmengen eine globale Spitzenposition einzunehmen (Ministry of Economy, Trade and Industry et al. 2015, S. 31; The Headquarters for Japan's Economic Revitalization 2015, S. 7).

In quantitativen Zielen ausgedrückt hat sich die japanische Regierung vorgenommen, bis zum Jahr 2020 den japanischen Robotermarkt von aktuell 440 Millionen Euro auf 880 Millionen Euro zu verdoppeln. Außerdem soll die Arbeitsproduktivität jährlich um zwei Prozent wachsen, der Anteil der Roboterarbeit in der Produktion soll in großen Unternehmen von aktuell 10 auf 25 Prozent und in kleinen und mittleren Unternehmen auf 10 Prozent gesteigert werden (The Headquarters for Japan's Economic Revitalization 2015, S. 54).

Unter dem Begriff der Roboterrevolution wird folglich die Ausrüstung der Roboter mit Sensorik und künstlicher Intelligenz und ihre Nutzung in der Produktion und verschiedenen Lebensbereichen verstanden. Daraus folgt die Gestaltung einer Gesellschaft, in der Wertschöpfung, Wohlstand und die Lösung sozialer Herausforderungen durch die Stärkung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit in Produktion und Dienstleistungen gesichert werden. Gegenwärtig werden Roboter hauptsächlich in großen Unternehmen der Automobil- und der Elektronikbranche eingesetzt. Damit die Roboterrevolution greifen kann, müssen die Roboter in weiteren Branchen – zum Beispiel der Nahrungsmittelindustrie, der Kosmetikindustrie und der Pharmazie – zum Einsatz kommen. Darüber hinaus müssen sie multitaskingfähig sein, damit auch kleine und mittlere Unternehmen sie kostengünstig einsetzen können (The Headquarters for Japan's Economic Revitalization 2015, S. 51-57).

Im Bereich der Produktion ist mit der Roboterrevolution im Grunde nichts anderes gemeint als Industrie 4.0: Die Einbindung der (computergesteuerten) Maschinen in Netzwerke, deren Verbindung mit Cloud-Computing und die Nutzung von künstlicher Intelligenz (The Headquarters for Japan's Economic Revitalization 2015). Während allerdings in Deutschland und den USA die Prozesse der Produktion im

Zentrum stehen, legt Japan den Schwerpunkt auf ein konkretes Produkt – nämlich den Roboter – und erst in zweiter Linie auf die Prozesse, in die Roboter integriert werden sollen. Die aktuelle Entwicklung rückt allerdings die vernetzte Fabrik stärker in den Blickpunkt (Japanese Factories Connected Together 2015, S. 12). Hier schließt die Industrial Value Chain-Initiative an.

4.3.4. Industrial Value Chain-Initiative

Generell konzentrieren sich in Japan die Forschung und die Optimierung der Produktion auf große Unternehmen und binden kleine und mittlere Unternehmen – auch die Zulieferer der großen Unternehmen – nur unzureichend ein. Unter der Federführung von Yasuyuki Nishioka, einem auf die Anwendung von Informationstechnologie in Fabriken spezialisierten Professor der Hosei Universität, wurde deshalb am 18. Juni 2015 nach dem Vorbild von Industrie 4.0 die Industrial Value Chain-Initiative (IVI) gegründet. Das Ziel der Initiative ist es, Strukturen aufzubauen, die auch kleine und mittlere Unternehmen über Branchengrenzen hinweg vernetzten, um die Wertschöpfungskette insgesamt zu optimieren (Nakayama 2015). Damit reagieren die japanischen Unternehmen auf den Druck, unter den aus ihrer Sicht ihre Technologieführerschaft bei Produktionstechnologien durch Initiativen wie Industrie 4.0 oder das Industrial Internet Consortium gerät (Japans eigene Initiative Industrie 4.0 vor hohen Hürden 2015; Legewie 2015).

Das Ziel der Initiative ist, Standards für die Vernetzung von Fabriken und zugehörigen Sicherheitstechnologien zu entwickeln und diese international zu etablieren (Nakayama 2015). Die japanischen Unternehmen sehen darin einen Kraftakt, denn bisher entwickelten sie ihre IT-Systeme selbst und griffen kaum auf Open Source oder andere Standardsoftware zurück. Oft ist die Software deshalb veraltet, fehleranfällig und leicht anzugreifen (Japans eigene Initiative Industrie 4.0 vor hohen Hürden 2015).

Insgesamt steht die noch junge Initiative gerade am Anfang und ist über die Etablierung einer Website und der Definition einiger beispielhafter Geschäftsmodelle und erster Leitlinien noch nicht hinaus gekommen. Nach den bisher veröffentlichten Strategien zu urteilen, ist die Initiative in erster Linie als Teil der Roboterstrategie zu verstehen. Sie soll deren Implementierung im produzierenden Gewerbe vorantreiben.

Das Internet der Dinge wird in Japan nicht nur in Bezug auf den Produktionssektor diskutiert, sondern im Hinblick auf seine Auswirkungen auf alle Wirtschaftszweige. Die offiziellen Strategien spiegeln das wider; die Strategie zur Reformierung der Produktion ist zwar zentral, steht aber in einer Reihe mit anderen Strategien, wie der Nutzung des Internets der Dinge in der Pflege.

4.4. USA

In den USA beschränkt sich die Diskussion um Industrie 4.0 auf Expertenkreise. In der Öffentlichkeit kommt das Thema zwar zur Sprache, wird aber oft mit dem Internet der Dinge (IoT) gleichgesetzt. Der Begriff Industrie 4.0 wird nur selten genutzt, es ist die Rede vom Internet of Industrial Things (IIOT) oder Industrial Internet. Die Diskussion wird in erster Linie von der Politik und einigen Unternehmen, unterstützt durch die Wissenschaft, geführt. Das National Science and Technology Council, das den amerikanischen Präsidenten

berät, spricht in diesem Zusammenhang von „Advanced Manufacturing“. Darunter wird nicht nur alles verstanden, was auch Industrie 4.0 ausmacht, sondern ebenfalls die Nutzung von innovativen Materialien und Fähigkeiten, zum Beispiel aus der Nanotechnologie, Biologie oder Chemie (National Science and Technology Council 2012, S. 2). Neben der volkswirtschaftlichen Bedeutung des produzierenden Gewerbes als Quelle von Arbeitsplätzen, Exporten und technologischen Innovationen betont die Regierung auch die sicherheitspolitische Bedeutung einer starken und innovativen heimischen Produktion (National Science and Technology Council 2012, S. 2, 6 und 30; President's Council of Advisors on Science and Technology 2012).

Auch in den USA wird die internationale Konkurrenz wahrgenommen. Der Verlust industrieller Arbeitsplätze durch Offshoring, also die Verlagerung von Fabriken in Niedriglohnländer, ist seit vielen Jahren ein wichtiges politisches Thema. Die Regierung hat sich die Reindustrialisierung der USA auf die Fahnen geschrieben und widmet sich vermehrt der Förderung moderner Produktionstechniken (National Science and Technology Council 2012, S. 4 ff; President's Council of Advisors on Science and Technology 2014, S. 1). Mit der Verlagerung von Produktionsstätten in den vergangenen Jahrzehnten ging ein Verlust von Forschungs- und Entwicklungskapazitäten wie -fähigkeiten einher. Dies führte zu einem Rückgang der Wettbewerbsfähigkeit in vielen Produktfeldern. Der Verlust industrieller Kompetenzen sowie eine stärker werdende ausländische Konkurrenz setzt auch die verbliebene Industrie unter Druck (President's Council of Advisors on Science and Technology 2014, S. 13).

Die US-amerikanischen Unternehmen gehen das Thema Industrie 4.0 breiter an als die Politik und begrenzen es nicht auf die Produktion. Deren Sicht wird stark durch General Electric geformt, das den Begriff Industrial Internet (Evans und Annunziata 2012) geprägt und das Industrial Internet Consortium (IIC) mitgegründet hat.

Aus der Sicht US-amerikanischer Unternehmen ist die aktuelle industrielle Revolution erst die dritte und nicht die vierte. Die erste Revolution ist eine Zusammenfassung der mechanisierten Produktion und der Fließbandproduktion, also der ersten beiden Revolutionen nach der Definition der Erfinder des Begriffs Industrie 4.0. Die zweite Revolution ist das Internet und die dritte vereint nun die Fortschritte der ersten und zweiten Revolutionen zum Industrial Internet (Evans und Annunziata 2012, S. 7–12). Das Industrial Internet beschränkt sich konzeptionell nicht auf den Industriesektor oder das produzierende Gewerbe, sondern schließt einen großen Teil des Dienstleistungssektors – zum Beispiel die Luft- oder Seefahrt und das Gesundheitswesen – und des Landwirtschaftssektors mit ein (Evans und Annunziata 2012, S. 13 f; Industrial Internet Consortium 2015, S. 10). Während Industrie 4.0 konzeptionell etwa ein Drittel bis ein Viertel der globalen Wirtschaft erfasst, schätzt General Electric, dass etwa 46 Prozent der Weltwirtschaft vom Industrial Internet profitieren können und, dass diese Zahl bis 2025 auf etwa 50 Prozent steigen werde (Evans und Annunziata 2012, S. 14). Accenture und das World Economic Forum sind noch optimistischer; sie sehen in

den G20 Staaten 62 Prozent (Accenture 2014, S. 4) beziehungsweise global etwa 66 Prozent der Wirtschaft vom Industrial Internet profitieren (World Economic Forum 2015, S. 7).¹⁰

Der technologische Fokus der US-amerikanischen Firmen ist also ein anderer als in Deutschland. Zwar ist das Konzept des Cyber-Physischen-Systems grundsätzlich die Basis der Industrie 4.0 und des Industrial Internets. In Deutschland liegt das Augenmerk dabei besonders auf der Produktions- und Lieferkette, also eingebetteten Systemen, Automation und Robotertechnologie. In den USA wiederum gehört alles dazu, was mit dem Internet verbunden werden, Feedback in Form von Daten generieren und die Effizienz steigern kann. In diesem Sinne spielen Big Data und prädiktive Analyse eine größere Rolle (Bledowski 2015).

Deutschland wird im Bereich der Industrie 4.0 als stark empfunden, aber an Selbstbewusstsein mangelt es den US-Unternehmen nicht. Es gibt verschiedene Organisationen von bedeutenden Firmen, die Standards setzen möchten und sie kraft Marktmacht auch setzen können.

Datensicherheit ist das größte Thema der amerikanischen Debatte. Auch fürchten vor allem kleinere Unternehmen hohe Kosten, die sich erst langfristig wieder durch Produktivitätsgewinne einspielen lassen.

4.4.1. Lage, Ziele und Herausforderungen

In den USA wird, ebenso wie in den anderen Vergleichsländern, dem produzierenden Gewerbe eine besondere Rolle in der Volkswirtschaft eingeräumt. Jeder im US-amerikanischen produzierenden Gewerbe erwirtschaftete Dollar erzeugte 1,35 Dollar Output in den anderen Sektoren (National Science and Technology Council 2012, S. 4). Damit ist der Multiplikatoreffekt größer als in anderen Sektoren (President's Council of Advisors on Science and Technology 2012, S. 2). Die Wettbewerbsfähigkeit und der technologische Fortschritt der Wirtschaft insgesamt hängen wesentlich von der Stärke des produzierenden Gewerbes ab (National Science and Technology Council 2012, S. 4). In den neuen Produktionstechnologien und dem mit ihnen einhergehenden Paradigmenwechsel in der Produktion hin zu einer kontinuierlichen Verbesserung der Prozesse und einer immer schnelleren Einführung neuer Produkte sehen Experten die Chance, die US-amerikanische industrielle Basis nach einer längeren Schwächephase (President's Council of Advisors on Science and Technology 2012, S. 7) wieder zu stärken (National Science and Technology Council 2012, S. 4). Die dank der Fracking-Technologie gewonnene Unabhängigkeit der USA von Öl- und Gasimporten hat in den vergangenen Jahren die Diskussion um eine mögliche Reindustrialisierung befeuert.

Das National Science and Technology Council macht die relative Schwäche des US-amerikanischen produzierenden Gewerbes dafür mitverantwortlich, dass mittlerweile viele Produkte, die in den USA erfunden und zur Marktreife gebracht wurden, hauptsächlich in europäischen und asiatischen Ländern hergestellt und vermarktet werden (National Science and Technology Council 2012, S. 6; President's Council of Advisors on Science and Technology 2012, S. 2). Diese Entwicklung betrifft nicht nur Produkte und

¹⁰ Die Prozentangaben beziehen sich auf den Anteil am BIP der Sektoren und Branchen, die für Industrie 4.0 beziehungsweise das Industrial Internet relevant sind.

Arbeitsplätze im Lowtech-, sondern auch im Hightech-Bereich. So sehen sich die USA mittlerweile gegenüber anderen Hochlohnländern wie Deutschland und Japan im Hintertreffen, was Forschung und Entwicklung im produzierenden Gewerbe angeht (President's Council of Advisors on Science and Technology 2012, S. 2).

Das Advanced Manufacturing Partnership Steering Committee verbindet mit der Strategie zur Stärkung der Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes zuerst die Belebung der amerikanischen Wirtschaft insgesamt. Das Committee hebt hervor, dass es falsch gewesen sei, die Industrie ziehen zu lassen und sich auf den Dienstleistungssektor zu konzentrieren. Dieser sei nicht unabhängig vom produzierenden Gewerbe. Im Gegenteil hingen viele Dienstleistungsarbeitsplätze vom produzierenden Gewerbe ab (President's Council of Advisors on Science and Technology 2012, S. 7). Genauso verhalte es sich mit Investitionen in Forschung und Entwicklung: Ohne das produzierende Gewerbe stagniere auch die Innovationstätigkeit in anderen Sektoren und die Innovationsfähigkeit insgesamt sinke. Schließlich wird die Bedeutung des produzierenden Gewerbes für die Exporte betont. Das chronische Handelsdefizit könne nur mit dessen Hilfe beseitigt werden (President's Council of Advisors on Science and Technology 2012, S. 8).

Kurz: Die Regierung will durch die Förderung des Advanced Manufacturing Arbeitsplätze sichern und mehren, das Handelsdefizit reduzieren und die Innovationskraft der US-Wirtschaft stärken. Alles zusammen soll zu einer Reindustrialisierung in den USA beitragen und die Wirtschaft insgesamt beleben.

Anders als die Regierung sehen Wirtschaftsvertreter die USA in einer starken Position. US-Unternehmen sind in allen Dimensionen des Industrial Internet – Produktion, Kommunikation und Informationstechnologie – führend. In jedem dieser Bereiche besitzen US-Firmen Spitzen-Know-how, sowohl in den Technologien als auch in der Vermarktung. In der von der Privatwirtschaft geführten Debatte sind deshalb eher die Potenziale im Blick als die Furcht, im internationalen Wettbewerb abgehängt zu werden.¹¹ Die Debatte konzentriert sich darauf, wie diese Potenziale gehoben werden und die Entwicklung vorangetrieben werden können. Gleichzeitig wird die globale Perspektive mitgedacht, weniger um die Wettbewerber zu beobachten als um den Mehrwert für alle deutlich zu machen (Bledowski 2015; Riemenschneider 2015).

Konkrete Ziele werden hier nicht national gedacht, sondern auf Unternehmensebene oder gleich global. Auf Unternehmensebene wird die operative Effizienz betont (Accenture 2014, S. 4). Schätzungen zufolge kann durch IoT die Produktivität des produzierenden Gewerbes um 30 Prozent verbessert werden (Heng 2014). Auf globaler Ebene geht zum Beispiel General Electric davon aus, dass die Branchen, die vom Internet der Dinge profitieren, ihren Anteil am globalen BIP bis 2025 von 46 Prozent auf 50 Prozent steigern können (Evans und Annunziata 2012, S. 14).

¹¹ Diese Position kann auch als eine aus Marketinggründen zur Schau getragene interpretiert werden Lindekamp 2015; Bönsch 2015.

4.4.2. Advanced Manufacturing Partnership

Die Advanced Manufacturing Partnership ist ein von Präsident Obama im Jahr 2011 aufgelegtes Programm zur Förderung der zukünftigen Produktion. Advanced Manufacturing beschreibt: „[...] a family of activities that (a) depend on the use and coordination of information, automation, computation, software, sensing, and networking, and/or (b) make use of cutting edge materials and emerging capabilities enabled by the physical and biological sciences, for example nanotechnology, chemistry, and biology. It involves both new ways to manufacture existing products, and the manufacture of new products emerging from new advanced technologies“ (President's Council of Advisors on Science and Technology 2012, S. 1).

Mit diesem Programm sollen die Innovationsfähigkeit des produzierenden Gewerbes, die Sicherung von Fachkräften und die Verbesserung des Geschäftsumfeldes gefördert werden. Im Rahmen des Programms sollen Unternehmen, die Regierung und weitere Anspruchsgruppen gemeinsam neue Produktionstechnologien identifizieren, die potenziell dazu beitragen, Arbeitsplätze für hochqualifiziertes Personal zu schaffen und die Wettbewerbsfähigkeit der USA zu verbessern (President's Council of Advisors on Science and Technology 2012, S. 14).

Unter dem Dach der „Advanced Manufacturing Partnership“ finden sich von öffentlicher und privater Hand gemeinsam unterstützte Forschungsinitiativen wie das „National Network for Manufacturing Innovation“ (NNMI). Mittlerweile gibt es 7 NNMI-Zentren, die miteinander verbunden sind, aber mit jeweils eigener Spezialisierung neue Technologien, Produktionsprozesse, Produkte, wie auch Anforderungen an die Ausbildung erforschen (Manufacturing.gov 2015).

Neben den NNMI hat das President's Council of Advisors on Science and Technology vorgeschlagen, die Forschungsinfrastruktur auszubauen und zusätzlich Manufacturing Centers of Excellence (MCE) und Manufacturing Technology Testbeds (MTT) zu schaffen. Die MCEs sollen im Forschungs- und Entwicklungszyklus noch vor den NNMI ansetzen und Grundlagentechnologien entwickeln, die dann in die Arbeit der NNMI einfließen können. Die MTT sollen helfen, das Anpassungsrisiko vor allem für kleine und mittlere Unternehmen zu reduzieren (President's Council of Advisors on Science and Technology 2012, S. 4).

4.4.3. Das Industrial Internet Consortium

Das Industrial Internet Consortium (IIC) ist ein Zusammenschluss von über 200 Unternehmen, Universitäten, Forschungseinrichtungen und Regierungsbehörden aus 26 Ländern. 2014 wurde es von AT&T, Cisco, General Electric, Intel und IBM geründet. Damit sind bereits durch die Gründungsmitglieder alle Aspekte, die Industrie 4.0 beziehungsweise das Industrial Internet ausmachen – Produktion, Kommunikation und Informationstechnologie – in Form jeweils führender amerikanischer Unternehmen repräsentiert. Das IIC folgt keiner ausformulierten Strategie, die quantifizierte Ziele vorgibt. Vielmehr versteht es sich als eine Plattform, deren Zweck die möglichst breite Befähigung der Wirtschaft zum Industrial Internet ist.

Laut Richard Soley, Geschäftsführer des IIC, versteht es sich als eine internationale, offene Organisation, was sich in der Mitgliederstruktur auch widerspiegelt. In ihrer Arbeit konzentriert sich die Organisation auf Testbeds zur Identifikation von Best Practices und die Erforschung neuer Geschäftsmodelle. Durch diese Arbeit entstehen auch Vorschläge für Standards, die jedoch nicht im Zentrum der Aufmerksamkeit stehen (Riemenschneider 2015).

Darüber hinaus sollen im Rahmen des IIC realitätsnahe Anwendungsbeispiele in der Industrie und eine Referenzarchitektur, um Interoperabilität zu gewährleisten, entwickelt werden. Ein erster Entwurf für eine Referenzarchitektur liegt mit der Industrial Internet Reference Architecture bereits vor (Industrial Internet Consortium 2015).

Das IIC hat entsprechend dem Begriff Industrial Internet einen weiteren Fokus als die deutsche Plattform Industrie 4.0 und schließt zum Beispiel die Energieversorgung oder das Gesundheitswesen mit ein.

4.5. Zusammenfassung

Der Begriff Industrie 4.0 wurde in Deutschland geprägt. Der Name drückt bereits aus, dass die dahinterstehenden Bemühungen auf das produzierende Gewerbe im engeren, die Industrie im weiteren Sinne, konzentriert sind. Am Anfang von einem Zusammenschluss aus der Wirtschaft ins Leben gerufen, wird die Plattform Industrie 4.0 mittlerweile von der Regierung koordiniert und angetrieben.

China beobachtet die deutschen Bemühungen mit Interesse und sieht sie als Vorbild für die eigene Entwicklung, die in den Strategien Made in China 2025 und Internet Plus von der Regierung vorangetrieben wird. Dabei ist das Thema deutlich weiter gefasst als in Deutschland. Zudem ist die chinesische Wirtschaft sehr heterogen und in vielen Fällen noch nicht auf dem Stand der deutschen Unternehmen, weswegen die chinesische Strategie eher darauf angelegt ist, das produzierende Gewerbe zunächst in der Breite auf den Stand Industrie 3.0 zu entwickeln.

Japan verfügt im Durchschnitt über eine deutlich stärker automatisierte Produktion als China; viele Unternehmen sind als Vorreiter auf diesem Gebiet bekannt. Japan gelingt es allerdings nur bedingt, diese Überlegenheit in Wettbewerbsvorteile umzumünzen. Auch in Japan wird die deutsche Strategie Industrie 4.0 mit Interesse verfolgt; die eigene Strategie fokussiert allerdings nicht so stark auf die Industrie. Obwohl es mit der Industrial Value Chain Initiative einen Ansatz gibt, der die Produktion in den Mittelpunkt stellt, ist die Roboterrevolution das eigentlich zentrale Thema in Japan.

In den USA wirkt die Entwicklung von Industrie 4.0 – im amerikanischen Verständnis ist es eher Industrie 3.0, da die ersten beiden industriellen Revolutionen gemeinsam betrachtet werden – weniger politisch organisiert als dies in den anderen drei Ländern der Fall ist. Die Federführung auf dem Gebiet nimmt zumindest in der öffentlichen Wahrnehmung das Industrial Internet Consortium ein, das von Industrieunternehmen gegründet wurde und auch stark von der Wirtschaft angetrieben wird. Dennoch gibt

es mit der Advanced Manufacturing Partnership auch eine Regierungsinitiative, die das Thema Industrie 4.0 vorantreibt. Diese ist ähnlich wie die deutsche Industrie 4.0-Plattform angelegt und konzentriert sich auf die Produktion. Allerdings schließt sie die Materialforschung und Nutzung von Erkenntnissen aus den Naturwissenschaften explizit mit ein.

Insgesamt ist das Thema Industrie 4.0 – unter verschiedenen Begriffen und in mehr oder weniger engen Definitionen – in allen vier Ländern von Bedeutung. Deutlich wird, dass dieses Thema aus der Sicht der Regierungen und der Politik der Verbesserung der internationalen Wettbewerbsfähigkeit dient, die Stellung der heimischen Volkswirtschaft in den Mittelpunkt gestellt wird. In den Unternehmen dominiert eher der Blick auf die Potenziale. Vor allem zwischen deutschen, amerikanischen und japanischen Unternehmen lässt sich eine internationale Kooperation beobachten, chinesische Hightech-Unternehmen spielen in solchen Kooperationen vereinzelt eine Rolle. Von unterschiedlichen Institutionen forciert und mit unterschiedlichen Schwerpunkten belegt, wird das Thema Industrie 4.0 in allen vier Ländern in den kommenden Jahren auf der Agenda bleiben.

5. DIE „DIGITALE“ WETTBEWERBSFÄHIGKEIT DER INDUSTRIE IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

In diesem Kapitel werden auf Grundlage von fünf Kategorien und einem breiten Indikatorenset die vier führenden Industriestaaten systematisch hinsichtlich ihrer makroökonomischen und strategischen Industrie 4.0-Wettbewerbsfähigkeit evaluiert und verglichen.

5.1. *Industrie- und IKT-Kompetenz*

Der Begriff Industrie 4.0 beschreibt die Verschmelzung der analogen physikalischen Produktionswelt mit den Möglichkeiten der digitalen Datenverarbeitung. Es liegt deshalb nahe, zuerst die Rollen der Industrie und des Informations- und Kommunikationssektors (IKT-Sektor) in den einzelnen Ländern zu vergleichen, um auf die Industriekompetenzen der Länder schließen zu können. Wie viel tragen die Industrie und der IKT-Sektor zur Wertschöpfung bei, welcher Sektor ist der wichtigere, wie viel wird in dem jeweiligen Sektor in Forschung und Entwicklung investiert, wie stark ist der Export? Die Antworten auf diese und weitere Fragen dienen als Indikatoren zur Bestimmung der Wettbewerbsfähigkeit der Industrie und des IKT-Sektors in den vier Vergleichsländern.

Grundvoraussetzung dieses Vergleichs ist es, die Begriffe Industrie und IKT zu bestimmen.

Der Begriff Industrie wird einerseits im deutschen Sprachgebrauch oft synonym für das produzierende Gewerbe verwendet. Andererseits wird unter Industrie auch der Industriesektor, das heißt, der sekundäre Sektor verstanden, der neben dem produzierenden Gewerbe auch die Energie- und Wasserwirtschaft, den Bergbau und das Baugewerbe umfasst.

Es gibt für beide Abgrenzungen gute Argumente. In der deutschen Industrie 4.0-Debatte wird dieser Begriff auf das produzierende Gewerbe bezogen. Da diese Studie zum Ziel hat, Deutschlands Industrie 4.0-Wettbewerbsposition zu bestimmen, wäre es folglich sinnvoll, sich dieser Definition anzuschließen. Auf der anderen Seite umfasst die internationale Sicht auf das Industrial Internet viel mehr Branchen als nur das produzierende Gewerbe und geht auch über den sekundären Sektor hinaus, schließt Teile des ersten und dritten Sektors mit ein.

Da in dieser Studie Impulse für die deutsche Industrie 4.0-Strategie gegeben werden sollen, wird hier der Begriff Industrie in erster Linie mit dem produzierenden Gewerbe gleichgesetzt. Aufgrund der Datenlage ist diese Definition allerdings nicht konsequent durchzuhalten. Das erfordert an den Stellen, wo das der Fall ist, einen höheren Interpretationsaufwand. Damit es für die Aussagefähigkeit der Studie kein Problem darstellt, werden zur behelfsmäßigen Orientierung in diesen Fällen im anschließenden Abschnitt die Anteile des produzierenden Gewerbes (Abbildung 2) am Industriesektor gezeigt und eingeordnet. Darüber hinaus gilt, wie bei der gesamten Datenauswahl, dass die Vergleiche sich immer für alle Vergleichsländer auf die gleiche

Ausgangsbasis beziehen. Müssen also für ein Land die klassischen Sektoren des produzierenden Gewerbes um weitere Sektoren erweitern werden, weil die Datenlage dies nötig macht, wird dies auch für die Vergleichsländer getan.

Für den IKT-Sektor liegt eine Definition der OECD (OECD 2007) nach ISIC 4 vor, die international verwendet wird. Enthalten sind die IKT-Branchen (Gruppen) des produzierenden Gewerbes, der IKT-Handel und IKT-Dienstleistungen. In der Praxis treten mit dieser Beschreibung allerdings Probleme bei der Datenverfügbarkeit auf. Im Rahmen dieser Studie betrifft das vor allem China. Zur besseren internationalen Vergleichbarkeit hat die Europäische Kommission deshalb eine operative Definition des IKT-Sektors abgeleitet (Mas und Robledo 2012). Hier sind im Vergleich zur OECD-Definition die Herstellung von magnetischen und optischen Medien und der IKT-Handel ausgenommen.

Für die Zwecke der vorliegenden Studie stellt die operative Definition der EU keine relevante Einschränkung dar, denn der Groß- und Einzelhandel sowie die Herstellung von magnetischen Video- und Audiobändern, Disketten, optischen Medien wie DVDs und Festplatten sind vor dem Hintergrund von Industrie 4.0 von eher untergeordneter Bedeutung.

Von der operativen Definition muss im Rahmen der Betrachtung der IKT-Kompetenz aufgrund von Dateneinschränkungen vereinzelt abgewichen werden. Innerhalb eines Indikators werden nur Daten aus derselben Quelle verwendet, da die Vergleichbarkeit zwischen den vier Ländern ansonsten nicht gegeben wäre. Vergleiche zwischen den Indikatoren finden dann auf der Basis von Niveauunterschieden und Trends, aber nicht auf der Grundlage der absoluten Zahlen statt.

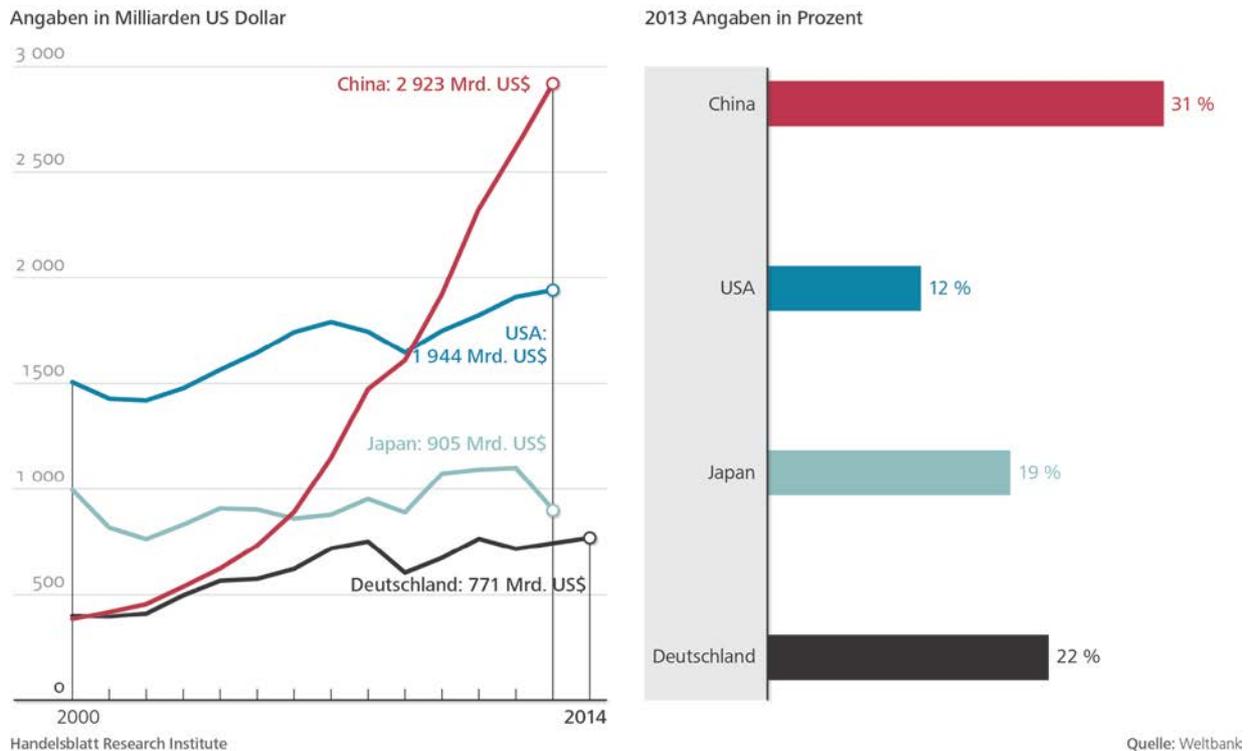
5.1.1. Volkswirtschaftliche Bedeutung der Sektoren

5.1.1.1. Wertschöpfung

Abbildung 1 zeigt die Entwicklung der Wertschöpfung des produzierenden Gewerbes seit dem Jahr 2000. Während China noch am Anfang der Betrachtung mit 385 Milliarden US-Dollar die geringste Wertschöpfung aller betrachteten Länder aufwies, hatte diese Volkswirtschaft im Jahr 2013 den ursprünglich größten Güterproduzenten, die USA, hinter sich gelassen. Die USA produzierten 2013 rund ein Drittel weniger als China, das mit durchschnittlich 16 Prozent das mit Abstand stärkste jährliche Wachstum im Betrachtungszeitraum verzeichnete. Nach China zeigte das deutsche produzierende Gewerbe mit im Schnitt vier Prozent jährlichem Wachstum die dynamischste Entwicklung. Die USA folgen mit zwei Prozent. Insgesamt gelang China eine Steigerung der Produktion um 659 Prozent, Deutschland konnte sie mit 92 Prozent fast verdoppeln, die USA legten 29 Prozent zu und Japan verlor sogar ein Prozent.

Es fällt auf, dass die chinesische Entwicklung weitgehend unbeeindruckt von der Finanzkrise blieb, während die anderen Länder um das Jahr 2009 Einbrüche von bis zu 20 Prozent verkraften mussten. Japan hatte über die gesamten 14 Jahre mehrmals mit starken Einbrüchen von bis zu 18 Prozent zu kämpfen.

Abbildung 1: Wertschöpfung des produzierenden Gewerbes und Anteil der Wertschöpfung des produzierenden Gewerbes an der Gesamtwertschöpfung



Der Anteil der Wertschöpfung des produzierenden Gewerbes an der Gesamtbruttowertschöpfung der Länder gibt Aufschluss darüber, wie bedeutend die Güterproduktion für die einzelnen Volkswirtschaften ist.

Das produzierende Gewerbe in China leistet mit zuletzt 31 Prozent den größten Beitrag zur Gesamtbruttowertschöpfung des Landes, allerdings mit fallender Tendenz zugunsten des Dienstleistungssektors. In Deutschland trägt das produzierende Gewerbe etwa 22 Prozent bei. In Japan sind es 19 Prozent und in den USA hat das produzierende Gewerbe mit 12 Prozent die geringste Bedeutung für die Volkswirtschaft.

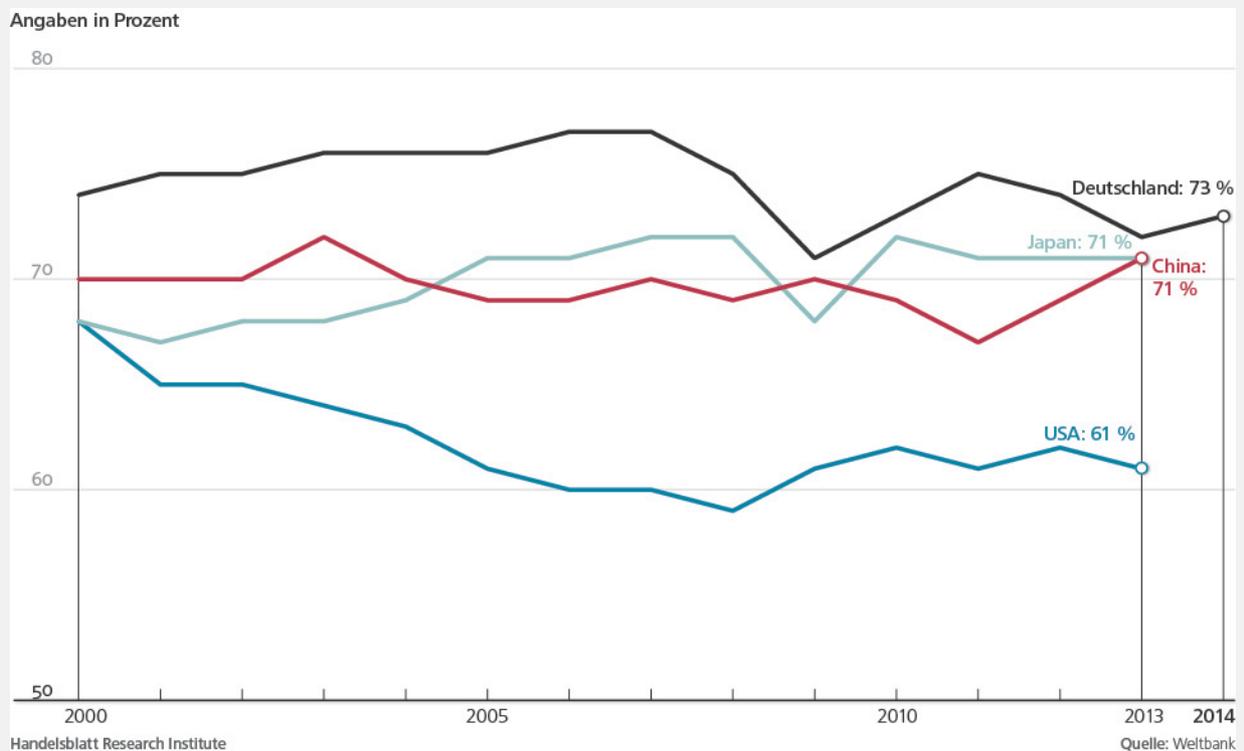
Abgesehen von den Einbrüchen um das Jahr 2009 hält sich der Anteil des produzierenden Gewerbes in Deutschland in etwa auf einem Niveau; in Japan und den USA sinkt es hingegen seit Beginn der Betrachtung. In den USA zeigt sich seit dem Jahr 2009 eine Stabilisierung des Niveaus des relativen Wertschöpfungsanteils; in Japan verläuft die Entwicklung volatiler, aber mit Tendenz nach unten.

Während in Deutschland das produzierende Gewerbe seine Bedeutung für die Gesamtwirtschaft in etwa halten konnte, also ähnlich schnell wuchs wie die Gesamtwirtschaft, zeigt sich in allen anderen Ländern ein relativer Bedeutungsrückgang. In den USA und China liegt dies daran, dass die Wertschöpfung im produzierenden Gewerbe langsamer wuchs als in anderen Sektoren, in Japan schrumpfte sie.

Exkurs: Verhältnis Industrie und produzierendes Gewerbe

Einige der folgenden Indikatoren zur Bestimmung der Industriekompetenz können wegen der Datenlage nur für den gesamten Industriesektor erhoben werden. Deshalb empfiehlt es sich, die Bedeutung des produzierenden Gewerbes für den Industriesektor zu bestimmen (Abbildung 2). Damit fällt die Interpretation von Indikatoren, die sich nur für den Industriesektor erheben lassen, leichter. In den USA hat das produzierende Gewerbe innerhalb des Industriesektors deutlich an Bedeutung verloren. Der Anteil fiel von 68 Prozent im Jahr 2000 auf 61 Prozent im Jahr 2013.

Abbildung 2: Anteil des produzierenden Gewerbes an der Bruttowertschöpfung des Industriesektors



Während der Anteil der Industrie an der Bruttowertschöpfung des Landes zwischen 2000 und 2013 um 12 Prozent zurückging, nahm der Anteil des produzierenden Gewerbes innerhalb der Industrie noch einmal um 10 Prozent ab. Mit anderen Worten: Das produzierende Gewerbe verlor für die USA noch schneller an Bedeutung als der sekundäre Sektor (Industrie) insgesamt.

In den anderen Ländern hat das produzierende Gewerbe zwischen 2000 und 2013/14 weitgehend das Niveau gegenüber der Industrie halten können. In Deutschland mit leicht negativer Bilanz von einem Prozentpunkt; China und Japan mit leicht positiver Bilanz von einem beziehungsweise drei Prozentpunkten.

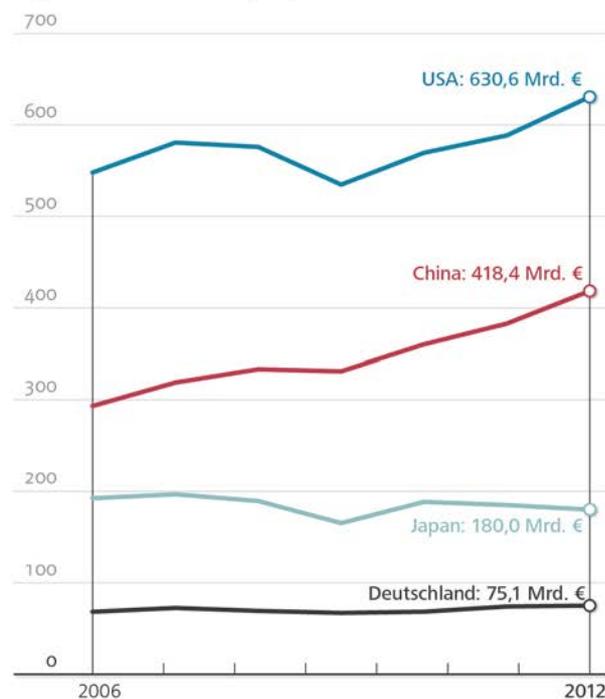
Dieser Befund erlaubt es, für die Länder China, Deutschland und Japan in den Fällen, in denen nur die Industriedaten zur Verfügung stehen, davon auszugehen, dass die Niveauänderungen der Industrie den

Änderungen des produzierenden Gewerbes entsprechen. Für die USA muss dagegen davon ausgegangen werden, dass negative Entwicklungen des Industriesektors sich noch stärker im produzierenden Gewerbe niederschlagen, während positive Entwicklungen eher abgeschwächt werden.

Abbildung 3 zeigt die Entwicklung der Wertschöpfung der IKT-Sektoren von 2006 bis 2012. Spitzenreiter sind mit knapp 631 Milliarden Euro im Jahr 2012 die USA, gefolgt von China mit 418 Milliarden Euro. Japan liegt mit 180 Milliarden Euro vor Deutschland mit 75 Milliarden Euro. Am stärksten sind im Betrachtungszeitraum China und die USA mit jährlich fünf beziehungsweise zwei Prozent gewachsen. Deutschland schaffte noch ein jährliches Wachstum von einem Prozent, Japan schrumpfte dagegen mit durchschnittlich einem Prozent im Jahr.

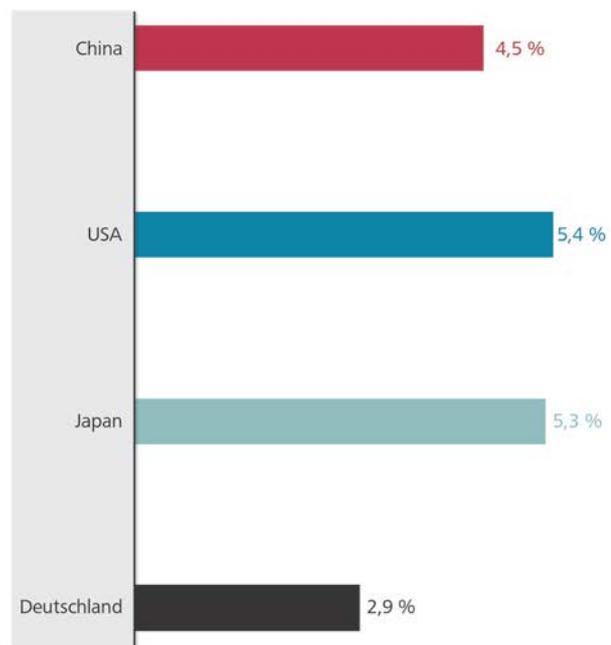
Abbildung 3: Wertschöpfung des IKT-Sektors und Anteil der Wertschöpfung des IKT-Sektors an der Gesamtbruttowertschöpfung

Angaben in Milliarden Euro (PPS)



Handelsblatt Research Institute

2012 Angaben in Prozent



Quellen: ICT sector database, PREDICT project (PTS)

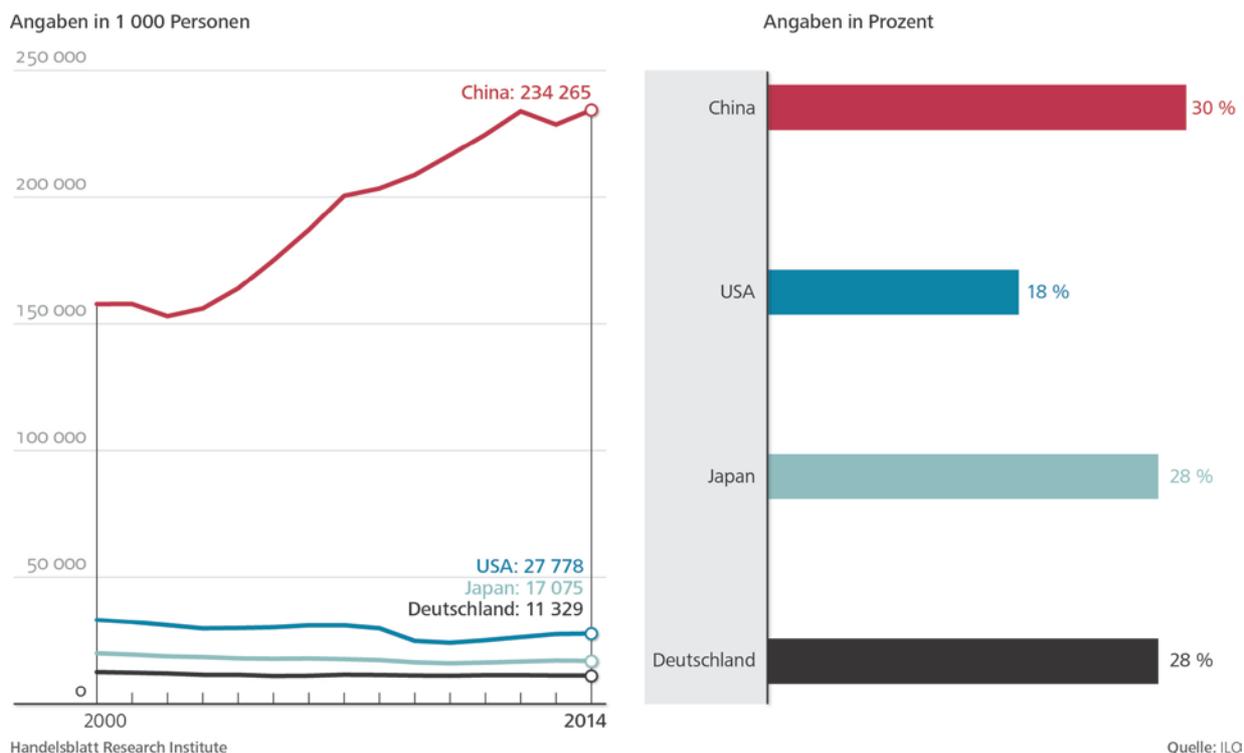
Die Entwicklung der relativen Bedeutung des IKT-Sektors zeigt ebenfalls Abbildung 3. Hier zeigt sich, was der Vergleich der Entwicklung der Wertschöpfung im produzierenden Gewerbe und dem IKT-Sektor bereits erwarten ließ: In China ging die Bedeutung des IKT-Sektors für die Gesamtwirtschaft trotz des Wachstums zurück. Erwirtschaftete der IKT-Sektor 2006 noch knapp sechs Prozent der Bruttowertschöpfung, waren es 2012 nur noch 4,5 Prozent. In den USA hat die Bedeutung des IKT-Sektors von fünf Prozent auf 5,4 Prozent dagegen leicht zugenommen. In Deutschland blieb sie gleich bei drei Prozent und in Japan nahm sie von 5,8 auf 5,3 Prozent ab.

5.1.1.2. Arbeitsplätze

Für das produzierende Gewerbe liegen keine vergleichbaren Daten zur Beschäftigung vor, weshalb sich die folgenden Aussagen auf den Industriesektor im Sinne des gesamten sekundären Sektors beziehen.

Die Anzahl der Arbeitsplätze im Industriesektor (Abbildung 4) entwickelt sich in China gegenläufig zu den Trends der anderen Länder. In China nahm die Zahl der Beschäftigten im Industriesektor seit dem Jahr 2000 um 50 Prozent zu, während sie in den anderen Ländern zwischen 11 Prozent (Deutschland) und 16 Prozent (USA) abnahm. In Deutschland und Japan ist der Abwärtstrend ungebrochen, in den USA zeigt sich seit 2010 eine Erholung. In China zeigte sich 2012 ein leichter Rückgang, der im darauffolgenden Jahr ausgeglichen wurde.

Abbildung 4: Anzahl der abhängig Beschäftigten im sekundären Sektor (Industriesektor) und Anteil des Industriesektors an der Gesamtbeschäftigung (2014)

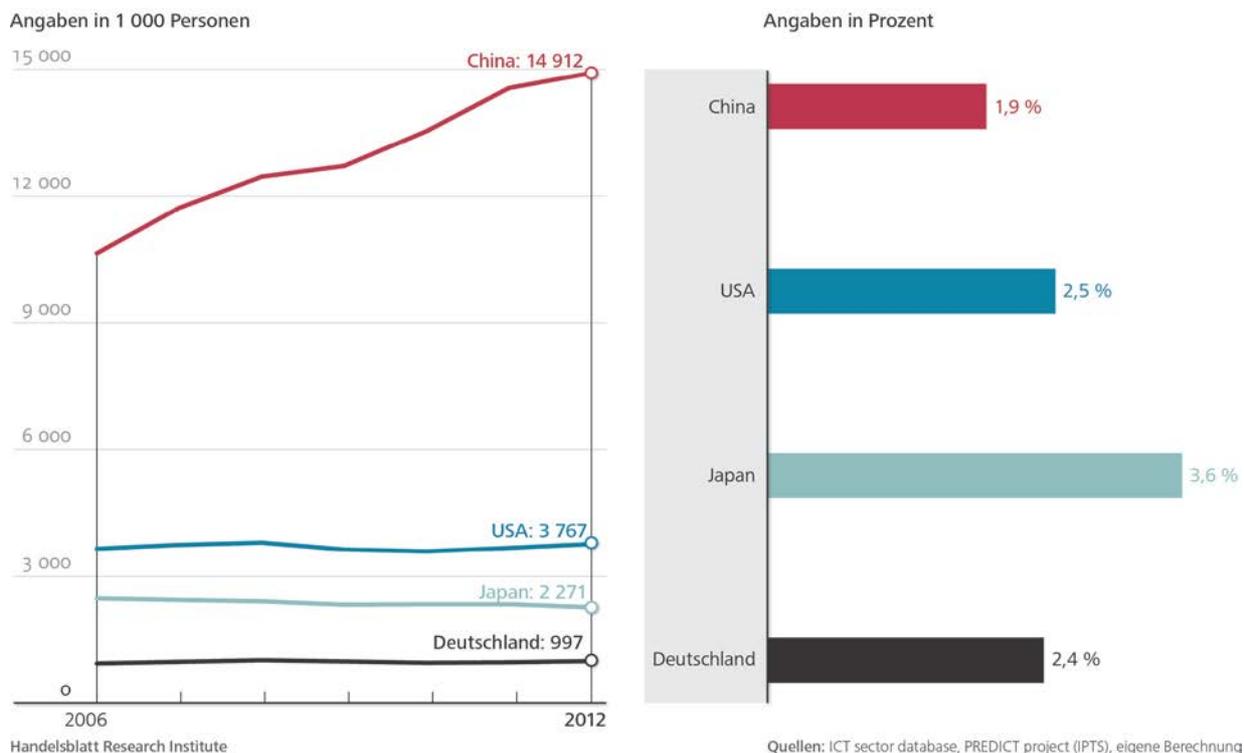


Der relative Anteil der Arbeitsplätze im sekundären Sektor macht die Trends noch deutlicher. Seit 2003 nimmt der relative Anteil der Beschäftigten im chinesischen Industriesektor deutlich zu (von 22 auf 30 Prozent im Jahr 2014), während in den anderen Ländern der relative Anteil der Arbeitsplätze im sekundären Sektor eher abnimmt. Am deutlichsten und ungebrochen ist dieser Abwärtstrend in Deutschland. Waren im sekundären Sektor im Jahr 2000 noch knapp 34 Prozent der Arbeitnehmer angestellt, lag der Wert im Jahr 2014 nur noch bei knapp 28 Prozent. In den USA gab es ab dem Jahr 2009 eine leichte Aufwärtsbewegung und Japan zeigt seit 2011 einen Anstieg der relativen Bedeutung der Arbeitsplätze im Industriesektor.

Insgesamt sank der Anteil der Industriearbeitnehmer aber auch hier von 31,5 Prozent auf 28 Prozent im Jahr 2014.

Im IKT-Sektor stieg die Zahl der Beschäftigten zwischen 2006 und 2012 in China von knapp 11 Millionen auf knapp 15 Millionen Personen an (Abbildung 5). Die Zunahme der Mitarbeiter war damit in etwa so hoch wie das Wachstum der Bruttowertschöpfung. In den USA blieb die Anzahl der Mitarbeiter gleich, während der Sektor um zwei Prozent wuchs. In Deutschland stieg die Anzahl von 940.000 auf 997.000 Mitarbeiter, was einer jährlichen Steigerung von knapp einem Prozent entspricht und ebenfalls in etwa der Steigerung der Wertschöpfung. In Japan schrumpfte die Beschäftigung im gleichen Umfang (ein Prozent p. a.) wie die Wertschöpfung des Sektors.

Abbildung 5: Anzahl der abhängig Beschäftigten im IKT-Sektor und Anteil des IKT-Sektors an der Gesamtbeschäftigung (2012)



Relativ hat die Beschäftigung im IKT-Bereich nur in China deutlich an Bedeutung gewonnen. Hier stieg ihr Anteil an den abhängig Beschäftigten von 1,4 Prozent auf knapp unter zwei Prozent. In den USA und Deutschland blieb er gleich, in Japan verlor der IKT-Sektor um knapp 0,3 Prozentpunkte.

5.1.1.3. Gegenüberstellung produzierendes Gewerbe und IKT-Sektor

In der Gegenüberstellung der Entwicklungen des produzierenden Gewerbes und des IKT-Sektors zeigt sich, dass zwischen 2006 und 2012 das produzierende Gewerbe in allen Ländern bis auf die USA stärker wuchs als der IKT-Bereich. In China stehen durchschnittlich 17 Prozent jährliches Wachstum im produzierenden Gewerbe nur fünf Prozent Wachstum im IKT-Sektor gegenüber; in Japan beträgt das Verhältnis vier Prozent

zu minus einem Prozent¹² und in Deutschland zwei Prozent zu einem Prozent. In den USA legte der IKT-Sektor dagegen im Durchschnitt um zwei Prozent pro Jahr zu, das produzierende Gewerbe nur um ein Prozent.

Relativ gesehen hat der IKT-Sektor in Deutschland die geringste Bedeutung. Denn dort erwirtschaftet er nur etwa drei Prozent der Bruttowertschöpfung, allerdings auf stabilem Niveau. In China und Japan nimmt die Bedeutung des Sektors ab, am stärksten jedoch in China, nämlich von sechs Prozent 2006 auf 4,5 Prozent 2012. Die USA sind das einzige Land, in dem eine deutliche Zunahme des Wertschöpfungsbeitrags des IKT-Sektors zu beobachten ist.

Tabelle 5: Relative Anteile des IKT-Sektors an der Bruttowertschöpfung und dem Arbeitsmarkt

	ANTEIL DES IKT-SEKTORS AN DER BRUTTOWERTSCHÖPFUNG 2012	ANTEIL DES IKT-SEKTORS AM ARBEITSMARKT 2012
CHINA	4,5%	1,9%
DEUTSCHLAND	2,9%	2,4%
JAPAN	5,3%	3,6%
USA	5,4%	2,5%

Quelle: ICT Sector database, PREDICT project (IPITS)

Der IKT-Sektor hat für den Arbeitsmarkt in allen Ländern eine zum Teil wesentlich geringere Bedeutung als für die Wertschöpfung (Tabelle 5). Am deutlichsten fällt der Unterschied in den USA aus – was für die hohe Produktivität der IKT-Mitarbeiter in den USA spricht. Hier beträgt der Unterschied 2,9 Prozentpunkte, dicht gefolgt von China mit einem Unterschied von 2,6 Prozentpunkten. In Deutschland entspricht die relative Bedeutung des IKT-Sektors am meisten der für den Arbeitsmarkt – der Unterschied beträgt hier nur 0,5 Prozentpunkte.

Tabelle 6: Relative Anteile des produzierenden Gewerbes an der Bruttowertschöpfung und der Gesamtbeschäftigung

	ANTEIL DES PROD. GEW. AN DER BRUTTOWERTSCHÖPFUNG 2012	ANTEIL DES PROD. GEW. AM ARBEITSMARKT 2012
CHINA	31%	30,5%
DEUTSCHLAND	23%	28,2%
JAPAN	19%	27,0%
USA	13%	17,9%

Quelle: Weltbank, ILO

Anders verhält es sich für das produzierende Gewerbe (Tabelle 6). In Deutschland, Japan und den USA zeigt sich, wie wichtig es für die Arbeitsmärkte ist. In diesen Ländern liegt die relative Bedeutung für die gesamte Beschäftigung zwischen 4,9 und 8 Prozentpunkten über der Bedeutung für die gesamte Wertschöpfung. Es wird offensichtlich deutlich arbeitsintensiver produziert als es im IKT-Bereich der Fall ist. In China sind die

¹² Wenn für Japan das schwache Abschneiden des produzierenden Gewerbes im Jahr 2013 berücksichtigt wird, fällt die Bilanz für das Land erheblich schlechter aus, dann konnte Japan zwar im produzierenden Gewerbe immer noch zulegen, aber nur noch um durchschnittlich ein Prozent pro Jahr.

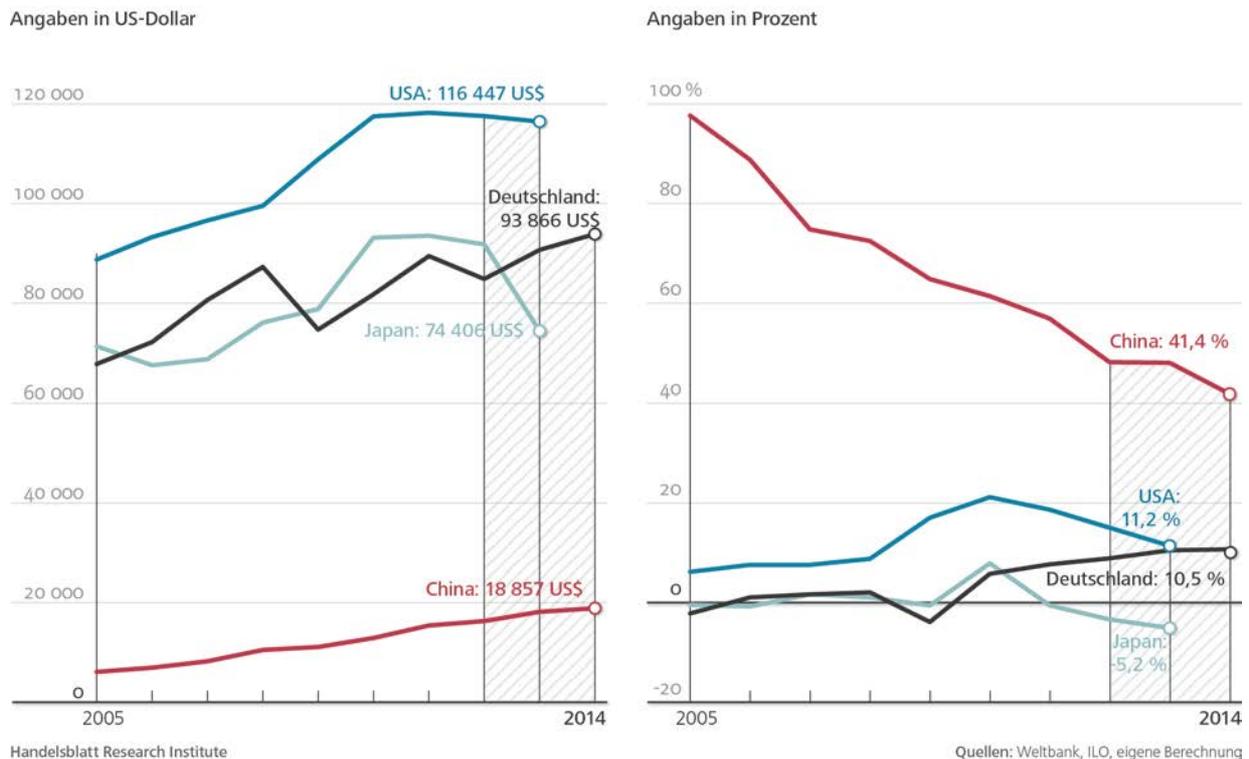
relative Bedeutung für den Arbeitsmarkt und die Wertschöpfung fast gleich, die Differenz beträgt nur 0,5 Prozentpunkte zugunsten der Wertschöpfung.

5.1.2. Wettbewerbsfähigkeit der Sektoren

5.1.2.1. Produktivität

Bisher gibt es keine international vergleichbaren Produktivitätsdaten, die auch einen aktuellen Vergleich mit China ermöglichen. Da die nominale Bruttowertschöpfung des Sektors und die Anzahl der Arbeitskräfte bekannt sind, können vergleichende Aussagen über die nominale Produktivität pro Kopf in den vier Ländern getroffen werden (Abbildung 6).

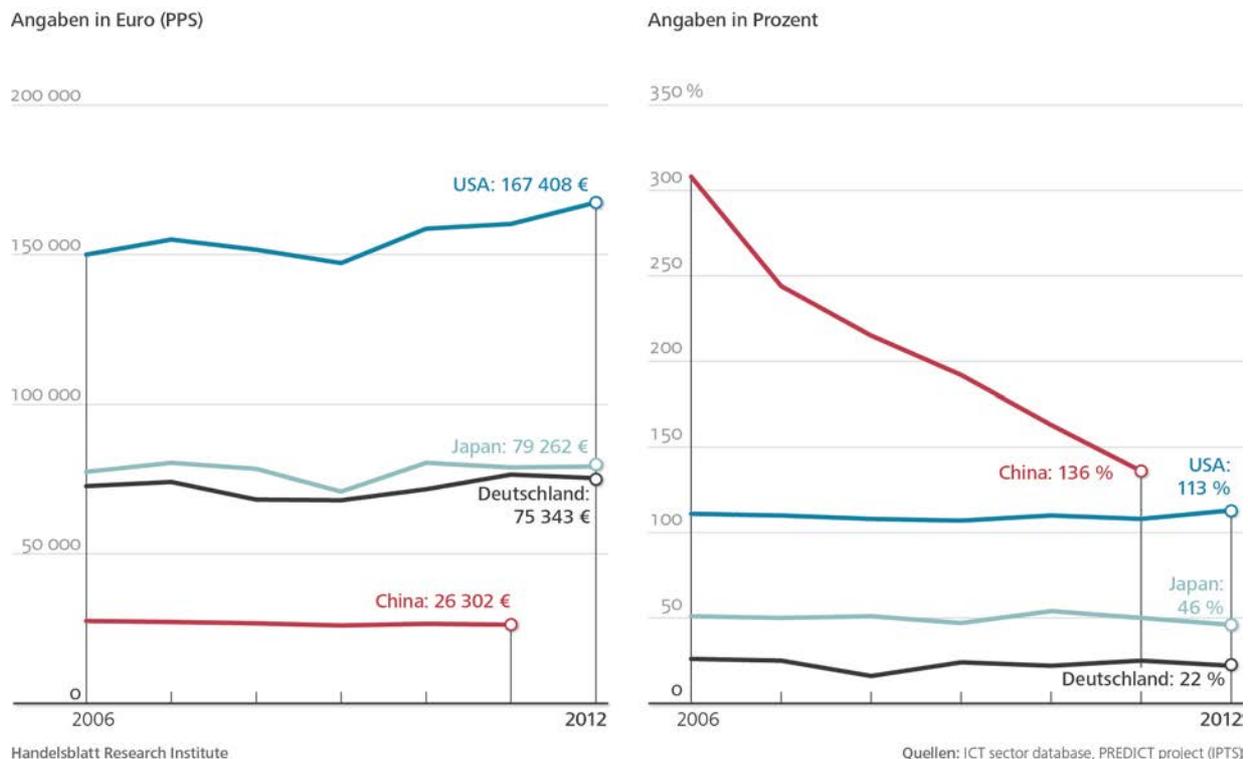
Abbildung 6: Arbeitsproduktivität im Industriesektor in je Arbeitnehmer und Abweichung der Arbeitsproduktivität des Industriesektors von der Gesamtproduktivität



Wie bei der Arbeitsproduktivität der Gesamtwirtschaft liegen die USA auch im Industriesektor an der Spitze. Die USA steigerten die nominale Wertschöpfung pro Arbeitnehmer zwischen 2005 und 2013, auch Deutschland konnte im gleichen Zeitraum seine Arbeitsproduktivität deutlich steigern. Eine starke nominale Produktivitätssteigerung zeigten auch die chinesischen Industriebeschäftigten. In Japan dagegen entwickelte sich die Produktivität deutlich weniger positiv. Konnte Japan im Jahr 2005 noch eine höhere Wertschöpfung pro Kopf erzielen als Deutschland, hat sich in Japan die Wertschöpfung je Arbeitnehmer seitdem kaum verbessert und ist nach einem deutlichen Anstieg bis zum Jahr 2010 zuletzt sogar gefallen. Dies legt nahe, dass besonders Japans Industriesektor in Schwierigkeiten steckt, denn nicht nur die Produktivität wächst kaum, sondern der Sektor schrumpft auch insgesamt.

Im IKT-Sektor zeigt der Vergleich der Arbeitsproduktivität eine deutliche Einteilung in drei Gruppen. Deutschland und Japan teilen in etwa ein Niveau bei leichten Vorteilen (zwischen drei und 15 Prozent) für Japan. Zuletzt war Deutschland jedoch wieder in der Lage, den Produktivitätsrückstand gegenüber Japan aufzuholen. Die USA befinden sich dagegen auf einem viel höheren Niveau. Die Arbeitnehmer des US-amerikanischen IKT-Sektors sind mehr als doppelt so produktiv wie die in Deutschland oder Japan. Seit dem Jahr 2009 nimmt die Produktivität um durchschnittlich 3,3 Prozent pro Jahr zu, während in Deutschland und Japan die Produktivität um 2,6 Prozent beziehungsweise 2,9 Prozent pro Jahr steigt. Die USA bauen ihren sowieso schon sehr großen Produktivitätsvorsprung also weiter aus.

Abbildung 7: Arbeitsproduktivität im IKT-Sektor je Arbeitnehmer und Abweichung der Arbeitsproduktivität des IKT-Sektors von der Gesamtproduktivität



China wiederum befindet sich am unteren Ende des Vergleichs. Die Arbeitnehmer im chinesischen IKT-Sektor erreichen nur ein Fünftel der Produktivität ihrer US-amerikanischen Kollegen und sind etwa zweieinhalb Mal weniger produktiv als in Japan und Deutschland. Dies liegt in erster Linie daran, dass China die Rolle der IKT-Werkbank der Welt einnimmt und die Produktion noch sehr arbeitsintensiv abläuft. Bei einer weiteren Automatisierung der Produktion ließen sich im dem Land Produktivitätssteigerungen herausarbeiten – voraussichtlich aber bei einer kleiner werdenden Arbeitsnachfrage.

Vergleich Industrie und IKT-Sektor

Die Produktivitätswerte der Sektoren spiegeln die Verteilung der Anteile an der Wertschöpfung und den Arbeitsmärkten im Großen und Ganzen wider. In China und den USA ist der IKT-Sektor deutlich produktiver

als der Industriesektor (Abbildung 7). Die Produktivität eines Beschäftigten im chinesischen IKT-Sektor betrug im Jahr 2011 über 230 Prozent der Produktivität der Gesamtwirtschaft, der Industriesektor erwirtschaftete im selben Jahr „nur“ 156 Prozent der Wertschöpfung je Beschäftigten der Gesamtwirtschaft. In den USA betrug 2012 die Produktivität des IKT-Sektors 213 Prozent der Produktivität der Gesamtwirtschaft. Der Industriesektor erwirtschaftete im selben Jahr „nur“ 118 Prozent der Bruttowertschöpfung je Beschäftigten der Gesamtwirtschaft.

Auch die IKT-Sektoren Deutschlands und Japans weisen eine höhere Produktivität aus als die Gesamtwirtschaft und der Industriesektor, allerdings in geringerem Maß als in China und den USA. Pro Kopf erreichten die Beschäftigten des IKT-Sektors 2012 in Japan 146 Prozent der gesamtwirtschaftlichen Produktivität, in Deutschland waren es 122 Prozent. Für die Industrie lag die Bruttowertschöpfung pro Kopf 2012 in Japan nur bei 97 Prozent, war also geringer als die pro Kopf- Wertschöpfung der Gesamtwirtschaft. In Deutschland betrug die pro Kopf-Wertschöpfung des Industriesektors 109 Prozent der gesamtwirtschaftlichen Wertschöpfung.

Anders als der IKT-Sektor, der in allen Ländern durchweg durch eine höhere Produktivität charakterisiert ist als die Gesamtwirtschaft, erreichte nur die chinesische Industrie regelmäßig eine höhere Wertschöpfung je Beschäftigten als die Gesamtwirtschaft (Abbildung 6). Allerdings nimmt der Produktivitätsvorsprung hier kontinuierlich ab. Seit 2010 ist nur noch für Deutschland ein positiver Trend festzustellen, während sich in allen anderen Ländern die Wertschöpfung der Industrie schwächer entwickelt als die Gesamtwertschöpfung.

Fasst man die Ergebnisse zusammen, zeigt sich, dass nur in Japan über die Betrachtungszeiträume hinweg die Wertschöpfung sowohl in der Industrie (2000 bis 2013/14) als auch in der IKT-Wirtschaft (2006 bis 2012) gesunken ist und zwar im Schnitt jeweils um ein Prozent pro Jahr. Das stärkste Wachstum war in China mit 15,5 und 5 Prozent zu beobachten. Deutschland konnte in der Industrie mit 4,7 Prozent zulegen, im IKT-Sektor nur mit einem Prozent. Die USA zeigten in der Industrie ein Wachstum von 2,6 Prozent und der IKT-Sektor wuchs um etwa zwei Prozent.

5.1.2.2. Exporte

Die Exporte des produzierenden Gewerbes können Aufschluss darüber geben, wie wettbewerbsfähig die Industriesektoren der einzelnen Ländern im internationalen Vergleich sind.¹³ Während das Angebot für den Binnenmarkt zum Beispiel durch staatliche Maßnahmen gestützt werden kann, treten Unternehmen im Export gegen die globale Konkurrenz an und müssen international wettbewerbsfähig sein.

¹³ Abgesehen von der Manipulation von Wechselkursen, Zöllen und nichttarifären Handelshemmnissen.

Abbildung 8: Güterexporte des produzierenden Gewerbes

Angaben in Mrd. US-Dollar

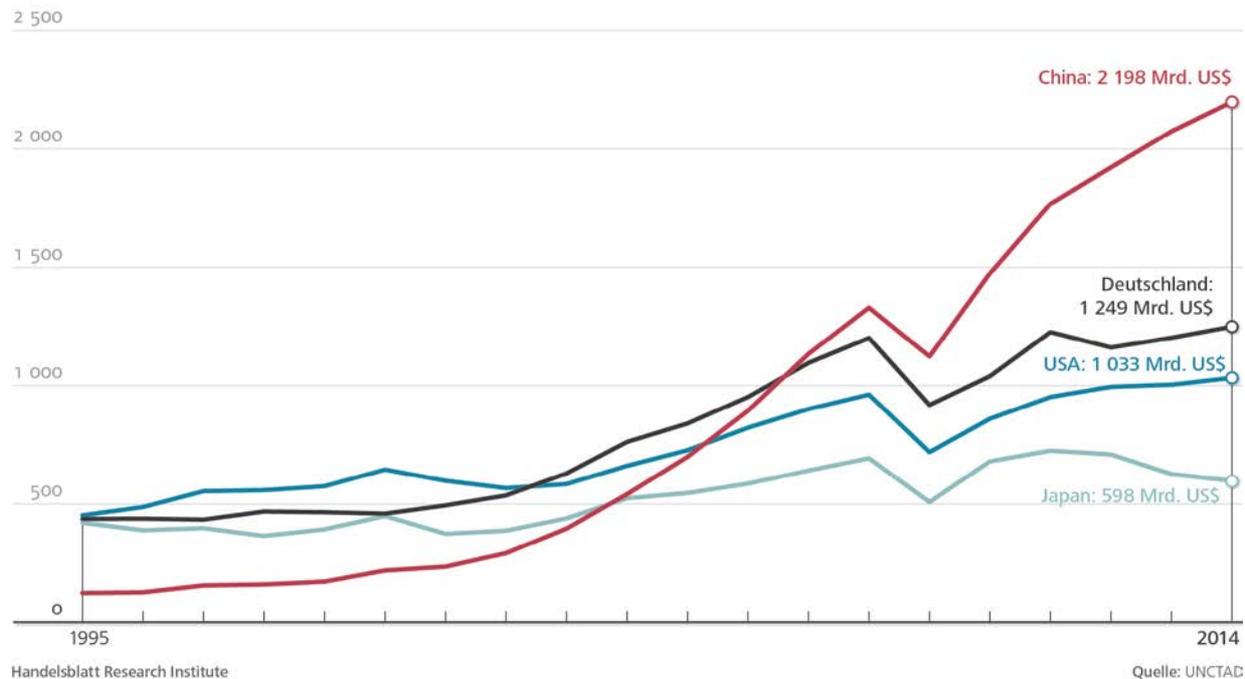
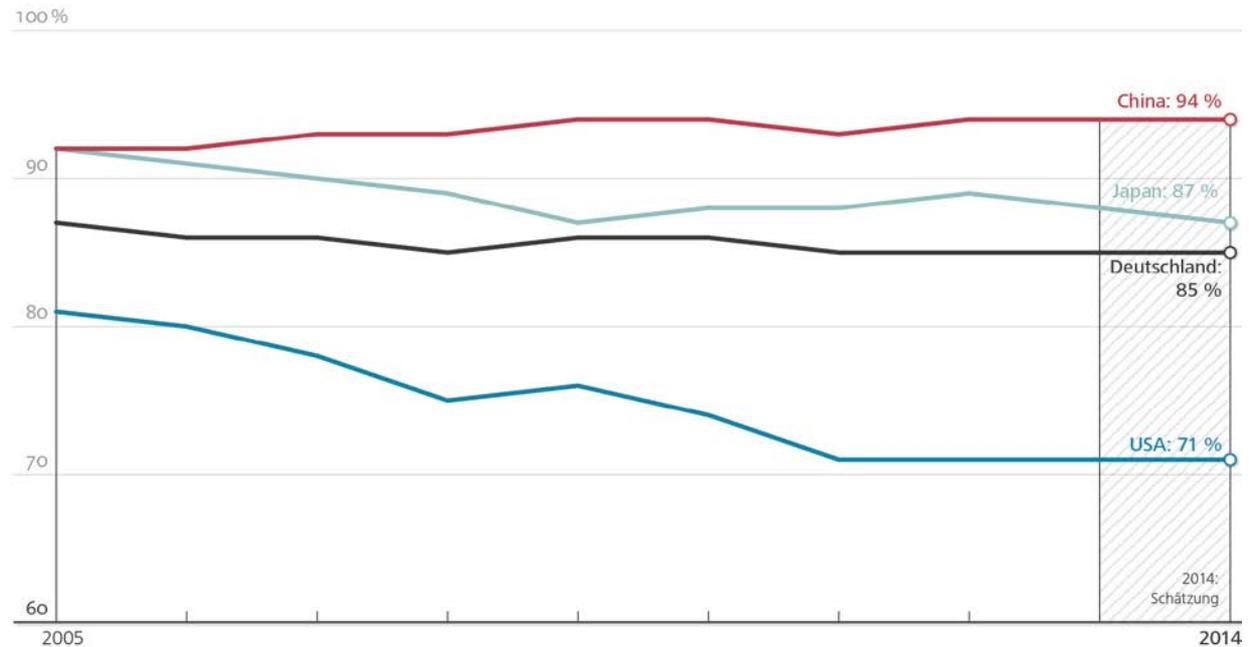


Abbildung 8 zeigt die Entwicklung der Exporte des produzierenden Gewerbes der vier Vergleichsländer seit dem Jahr 1995. China lag am Anfang des Betrachtungszeitraums mit einem Exportvolumen von 124 Milliarden US-Dollar an letzter Stelle. Japan, das damals an dritter Stelle stand, exportierte im selben Jahr Waren im Wert von 421 Milliarden US-Dollar – fast dreieinhalb Mal so viel wie China. Im Jahr 2014 lag China dagegen unangefochten an der Spitze: Es exportierte Waren im Wert von 2.198 Milliarden US-Dollar und damit 76 Prozent mehr als das zweitplatzierte Deutschland. Damit legte China im Betrachtungszeitraum um 15,4 Prozent pro Jahr zu. Zum Vergleich: Deutschland konnte im selben Zeitraum seine Exporte um 5,4 Prozent pro Jahr steigern. Schlusslicht ist Japan, das mit nur 1,8 Prozent jährlichen Wachstums im Jahr 2014 abgeschlagen an letzter Stelle liegt und nur noch auf die Hälfte der deutschen Exporte kommt.

1995 waren die Exportvolumina Deutschlands, Japans und der USA in etwa gleich groß. An den Gesamtexporten der vier Länder hatten diese drei jeweils einen Anteil von etwa 30 Prozent, China exportierte die verbleibenden zehn Prozent. 2014 sah das Bild anders aus: China exportierte nun 43 Prozent der Exporte dieser Vierergruppe, Deutschland knapp 25 Prozent, die USA noch 20 Prozent und nun war es Japan, das gerade noch knapp zwölf Prozent exportierte. Während sich China unangefochten an die Spitze gesetzt hat, gab es auch zwischen den drei verbleibenden Ländern eine starke relative Gewichtsverschiebung, durch die sich Deutschland von den anderen absetzen konnte.

Abbildung 9: Anteil des produzierenden Gewerbes am Gesamtwarenexport

Angaben in Prozent



Handelsblatt Research Institute

Quelle: WTO, eigene Berechnung

Abbildung 9 relativiert die schwache Entwicklung der Exporte des produzierenden Gewerbes für die USA. Denn hier zeigt sich, dass das produzierende Gewerbe relativ gegenüber den Gesamtwarenexporten abgebaut hat. Die Exporte von Gütern wie Energieträger sind also stärker gewachsen als die des produzierenden Gewerbes. Dennoch bleibt die Schlussfolgerung, dass das produzierende Gewerbe der USA im Vergleich mit den vier anderen Staaten an Wettbewerbsfähigkeit verloren hat.

Für die anderen Staaten zeigt sich, dass der relative Anteil von Gütern des produzierenden Gewerbes an den Gesamtwarenexporten nahezu gleich geblieben ist. Japan konnte also die Schwäche im produzierenden Gewerbe nicht mit anderen Waren ausgleichen.

China hatte lange Zeit den Ruf als Werkbank der Welt, wo vor allem arbeitsintensive Güter günstig produziert wurden. Dies war lange Zeit zutreffend: Von den arbeits- und ressourcenintensiven Gütern¹⁴ wurden schon 1995 am meisten aus China exportiert. 2014 hat China Waren aus dieser Kategorie im Wert von 522 Milliarden US-Dollar exportiert. Der Wert solcher Güter aus Deutschland liegt bei knapp 102 Milliarden US-Dollar und die USA exportierten Güter im Wert von 63 Milliarden US-Dollar. Japan exportierte 2014 mit Abstand am wenigsten arbeitsintensive Güter; sie hatten nur einen Wert von zwölf Milliarden US-Dollar.

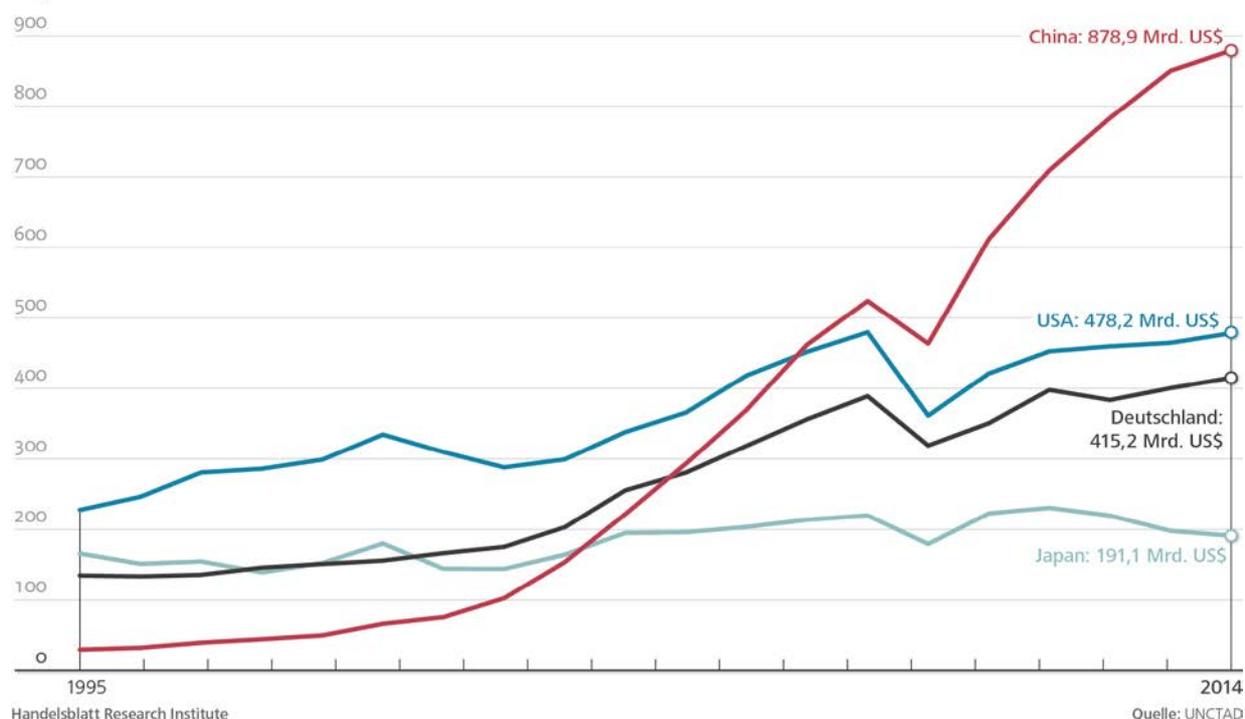
¹⁴ Eine Übersicht der arbeitsintensiven Gütern der Vereinten Nationen findet sich unter:

http://unctadstat.unctad.org/EN/Classifications/DimSitcRev3Products_Tdr_Hierarchy.pdf [8.10.2015].

Ähnlich verhält es sich bei den technologieintensiven Gütern, deren Herstellung nur geringe Qualifikationen voraussetzen. Hier überholte China die anderen betrachteten Länder zwischen 2003 und 2006. Im Jahr 2014 exportierte China solche Güter im Wert von 242 Milliarden US-Dollar, während Deutschland an zweiter Stelle Waren im Wert von weniger als der Hälfte (110 Milliarden US-Dollar) exportierte. Auch hier liegt Japan an letzter Stelle dieser vier Länder, der Abstand zu den USA ist mit sieben Milliarden US-Dollar aber wesentlich geringer als bei den arbeitsintensiven Gütern.

Abbildung 10: Exporte von technologieintensiven Gütern, die hohe Qualifikationen voraussetzen

Angaben in Milliarden US-Dollar



Wie Abbildung 10 zeigt, ist China nicht nur beim Export arbeitsintensiver Güter führend, sondern auch im Export von Gütern, die technologieintensiv sind und deren Herstellung eine hohe Qualifikation der Beschäftigten voraussetzt. 2008 überholte China die bis dahin führenden USA und hat sich seitdem auch in dieser Kategorie von den anderen Ländern abgesetzt. Mit 879 Milliarden US-Dollar war der Exportwarenwert Chinas in dieser Produktkategorie im Jahr 2014 fast doppelt so hoch wie der der USA.

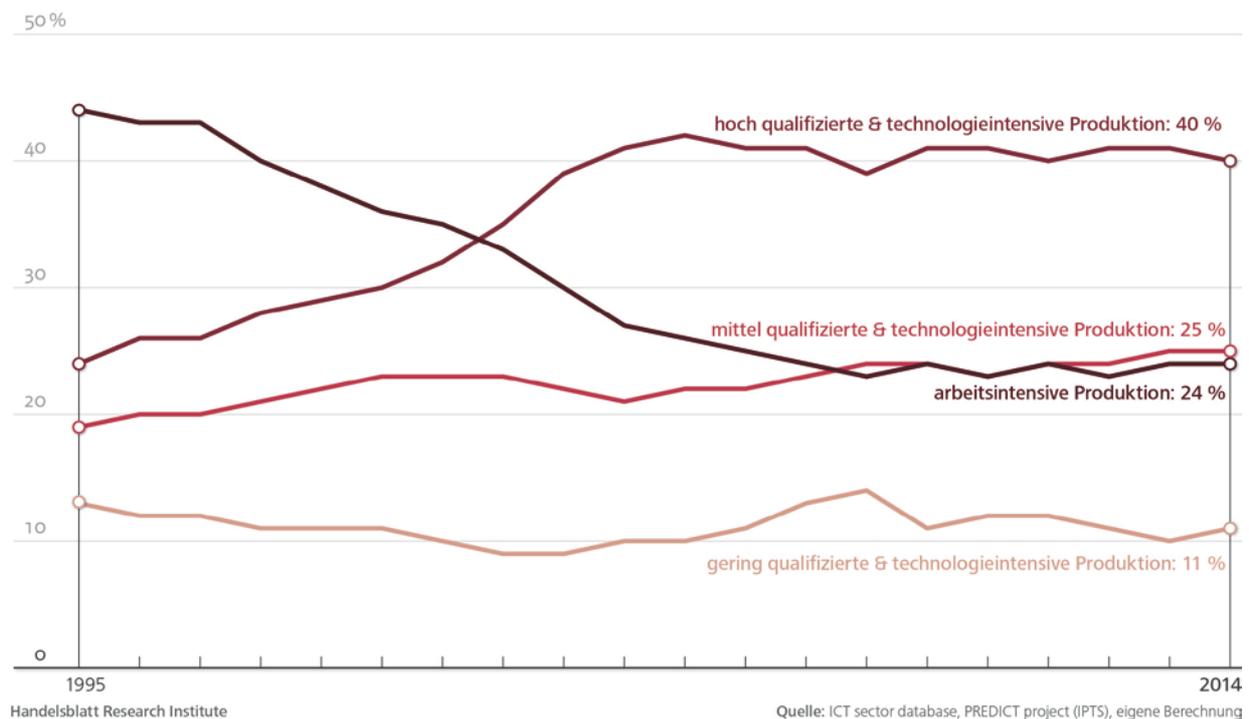
Das zeigt: China ist nicht nur der führende Exporteur arbeitsintensiver Güter und solcher, die nur geringe Qualifikationen voraussetzen, sondern beherrscht auch die Herstellung anspruchsvoller Güter. 2014 waren 40 Prozent der Exporte technologieintensive Waren, die von hochqualifizierten Arbeitern hergestellt wurden. Nur elf Prozent der Exporte setzten geringe Qualifikationen voraus. In Deutschland werden am stärksten Waren exportiert, die mittlere Qualifikationen voraussetzen (50 Prozent), in den USA liegt der Schwerpunkt mit 46 Prozent auf den hoch qualifizierten Gütern und in Japan sind es wie in Deutschland mit 54 Prozent

die Güter, die mit mittleren Qualifikationen hergestellt werden, die den größten Anteil an den Exporten haben.

Diese Statistik ist allerdings mit einer gewissen Vorsicht zu beurteilen. So fallen in die Kategorie der Güter, deren Produktion mittlere Qualifikationen voraussetzt, auch Motoren und Maschinen, bei denen der zu ihrer Herstellung benötigte Qualifikationsgrad stark von der Qualität der Produkte abhängt. Gerade die Länder Deutschland und Japan, deren größter Teil der Exporte in diese mittlere Kategorie fällt, stellen hier Produkte her, deren Qualität und Ausstattung nur mit hohen Qualifikationen erreicht werden kann. Dennoch: Gerade mit Blick auf die Entwicklung Chinas ist diese Statistik aufschlussreich. Abbildung 11 zeigt die Veränderung der relativen Anteile der chinesischen Industriexporte nach ihrem Veredelungsgrad. Auffällig ist, dass im Zeitraum zwischen 1995 und 2008 die arbeitsintensiven Güter ihren Platz mit den hoch qualifizierten Gütern getauscht haben.

Abbildung 11: Chinesische Industriegüterexporte nach Veredelungsgrad

Angaben in Prozent

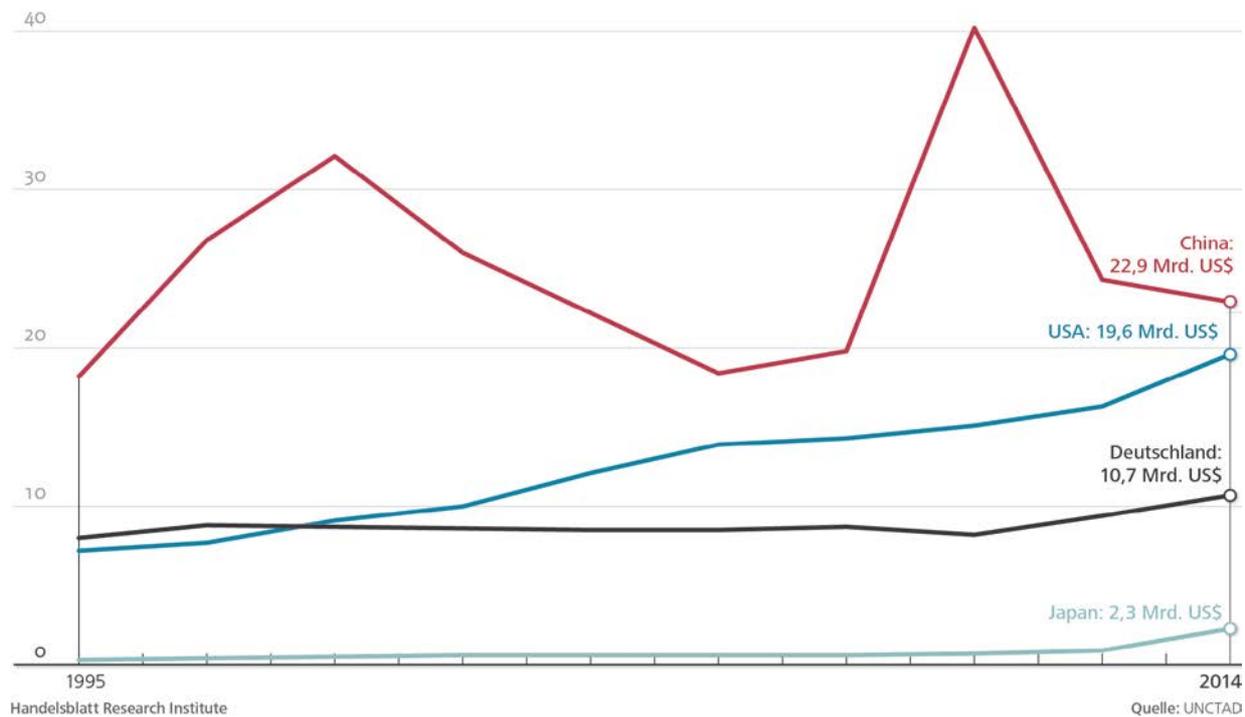


Bei den industriegüterbezogenen Dienstleistungsexporten (Abbildung 12) zeigt sich beim Spitzenreiter China ein volatiler Verlauf, der keinen klaren Trend erkennen lässt. In den anderen drei Ländern ist dies nicht der Fall. Vor allem die US-amerikanischen güterbezogenen Dienstleistungsexporte zeigen einen deutlichen langfristigen Aufwärtstrend: Seit dem Jahr 2005 wuchsen sie im Durchschnitt um zehn Prozent. Der Sprung, den die japanischen Dienstleistungsexporte zwischen 2013 und 2014 machten, ist angesichts des verhaltenen Wachstums in den vorherigen Jahren mit Zurückhaltung zu betrachten. Er könnte aber ein Hinweis darauf sein, dass die Hochtechnologiefirmen Japans nun schnell auf den durch die Digitalisierung

angestoßenen Dienstleistungstrend aufspringen und ihre Produkte mit Services verknüpft in die Welt verkaufen. Auch in Deutschland ist ein zuletzt beschleunigtes Wachstum zu erkennen, das als erster Hinweis gedeutet werden kann, dass auch hier der Trend, Produkte mit Dienstleistungen verknüpft zu verkaufen, erkannt wurde.

Abbildung 12: Industriegüterbezogene Dienstleistungsexporte

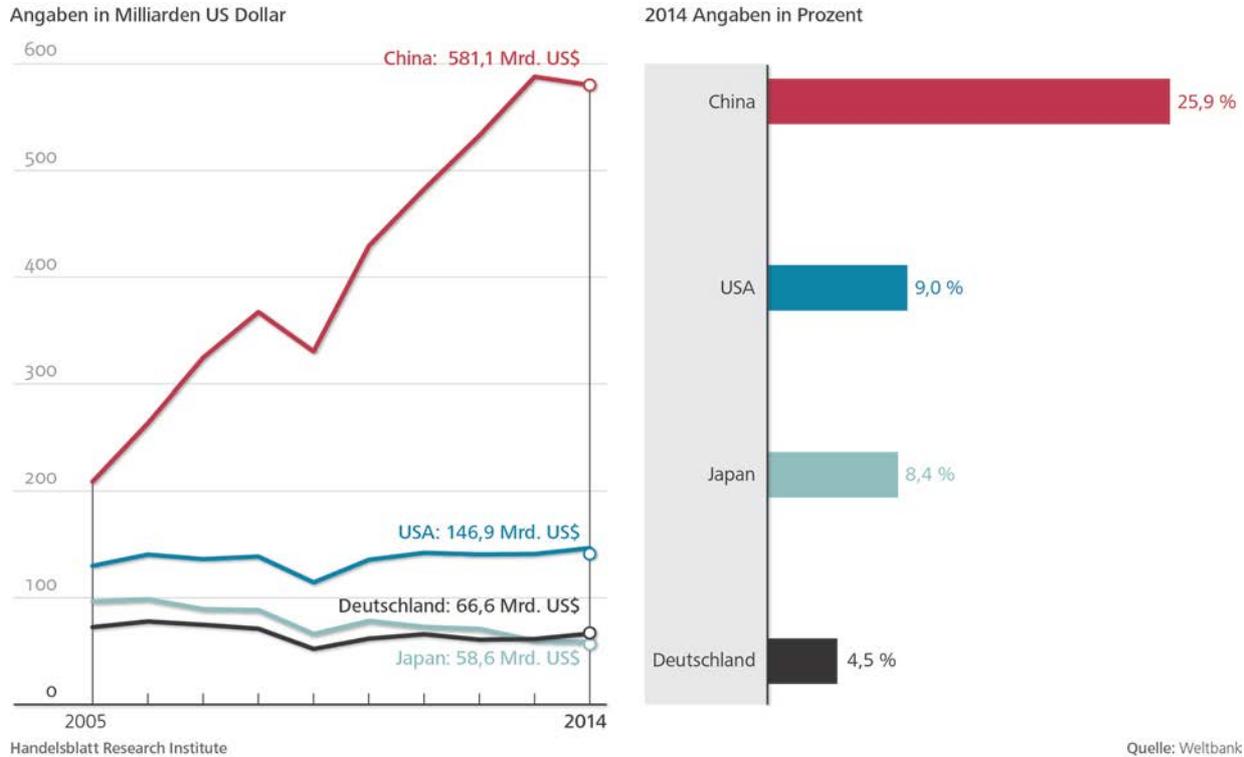
Angaben in Milliarden US-Dollar



Bestätigt wird dieser Trend allerdings nur in den USA. Denn nur dort wachsen die güterbezogenen Dienstleistungsexporte schneller als die Güterexporte. In Deutschland und China wachsen sie langsamer und in Japan gibt es bis auf den Ausreißer 2014 keinen klaren Trend.

Abbildung 13 zeigt die Entwicklung der IKT-Güterexporte. China exportiert von den vier Vergleichsländern mit zunehmendem Abstand am meisten. Im Jahr 2014 exportierte das Land vier Mal mehr IKT-Güter als die USA und knapp zehn Mal mehr als Deutschland und Japan. China steigerte seine Exporte im Betrachtungszeitraum von 209 Milliarden US-Dollar im Jahr 2005 auf 581 Milliarden im Jahr 2014. Deutschland verlor im gleichen Zeitraum rund zwei Prozent pro Jahr seiner IKT-Güterexporte und Japan sogar sechs Prozent, wodurch dieses Land im Jahr 2013 von Deutschland überholt wurde. Die USA steigerten ihre Exporte im Betrachtungszeitraum.

Abbildung 13: IKT-Güterexporte und Anteil der IKT-Güterexporte an den Gesamtgüterexporten



Trotz der starken Steigerungen des IKT-Güterabsatzes Chinas nahm dort die relative Bedeutung der IKT-Güter im Vergleich zu anderen Exportprodukten ab. 2005 lag der Anteil der IKT-Güter noch bei fast 31 Prozent, im Jahr 2014 ist er auf knapp 26 Prozent gesunken. In den anderen Ländern ist dieser Trend noch klarer zu erkennen.

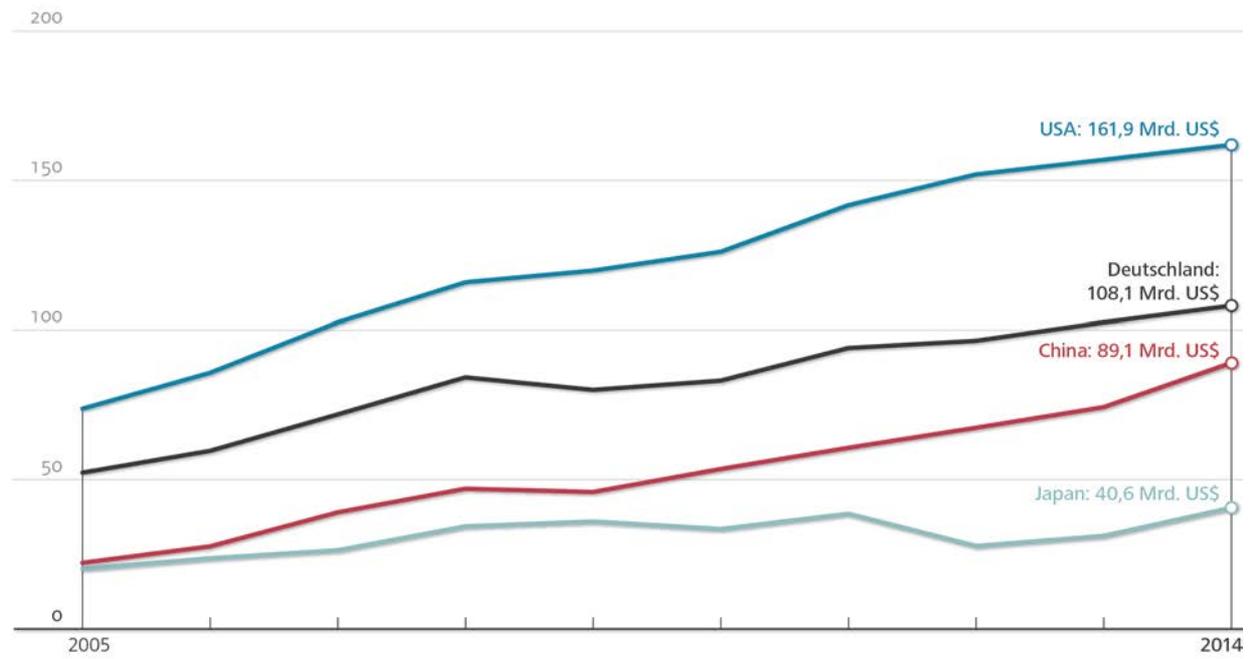
Ein anderes Bild zeigt sich bei den IKT-Serviceexporten (Abbildung 14). Generell weist hier die Entwicklung bei allen Ländern nach oben. Mit großem Abstand führen die USA vor Deutschland, China und Japan. Chinas IKT-Serviceexporte hatten 2005 noch das Niveau Japans, konnten sich bis 2013 aber absetzen. China wuchs in dieser Zeit um durchschnittlich 16 Prozent, Japan – wegen heftiger Rückschläge in den Jahren 2009 und 2012 – nur um acht Prozent. Auch Deutschland wuchs „nur“ um gut acht Prozent, jedoch von einem höheren Niveau aus startend; von Japan konnte sich Deutschland damit absetzen, China holt jedoch auf. Die IKT-Serviceexporte der USA wuchsen zwischen 2005 und 2013 um durchschnittlich neun Prozent, relativ verloren also auch die USA gegenüber China. Trotzdem exportieren sie noch mehr als doppelt so viel wie China.

Beim Vergleich der IKT-Serviceexporte mit den IKT-Güterexporten fällt vor allem die unterschiedliche Dynamik auf. Nur China wächst im Vergleich mit den anderen betrachteten Ländern in beiden Gruppen überdurchschnittlich stark. Die sehr schnelle Steigerung der IKT-Güterexporte spiegelt wider, dass sich China zur IKT-Werkbank der Welt entwickelt hat. Damit erklärt sich auch, dass dieses Land trotz geringer Produktivität im IKT-Sektor im internationalen Handel eine herausragende Stellung einnimmt. Gleichzeitig

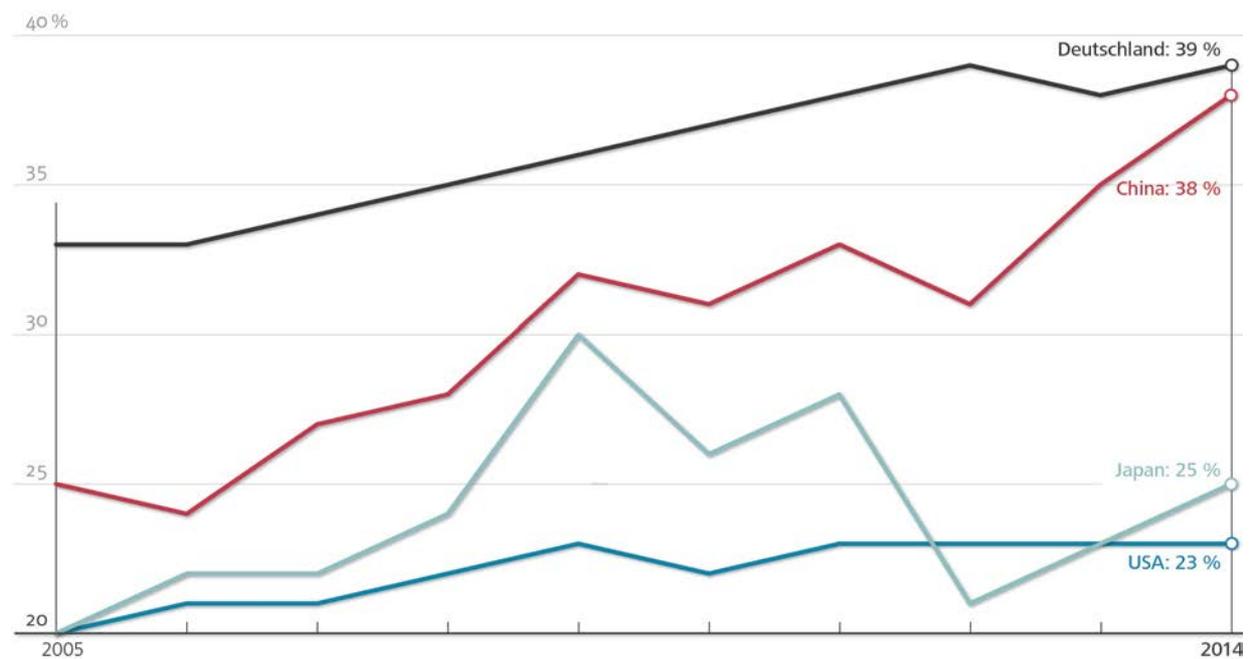
steigert das Land aber auch sehr schnell seine IKT-Serviceexporte und schließt die im Vergleich zu Deutschland und den USA bestehende Lücke. Die Entwicklung zeigt, dass China sich neuen Geschäftsfeldern über die reine Fertigung hinaus zugewandt hat. Die USA zeigen ein schwaches Wachstum, Deutschland und Japan sogar einen Rückgang der IKT-Güterexporte. In allen drei Fällen geht das aber mit einer dynamischen Entwicklung der IKT-Serviceexporte einher. Diese Entwicklung unterstreicht die zunehmende Bedeutung von auf Dienstleistungen beruhenden Geschäftsmodellen.

Abbildung 14: IKT-Dienstleistungsexporte und Anteil der IKT-Dienstleistungsexporte an den Gesamtdienstleistungsexporten

Angaben in Mrd. US-Dollar



Angaben in Prozent



Handelsblatt Research Institute

Quelle: Weltbank

Anders als bei den Güterexporten legt der relative Anteil der IKT-Dienstleistungsexporte an den Gesamtdienstleistungsexporten in allen Ländern zu, die Bedeutung des IKT-Sektors steigt auch außerhalb

Chinas. Auffällig ist die besonders volatile Entwicklung Japans. Hier sind die Anteile bis 2009 stark gestiegen, um dann im Jahr 2012 um fast ein Drittel einzubrechen. In Deutschland hat der IKT-Dienstleistungssektor für die Dienstleistungsexporte mit 39 Prozent im Jahr 2014 die größte Bedeutung im Ländervergleich.

Vergleich Industrie und IKT-Sektor

Die chinesischen IKT-Güterexporte wuchsen zwischen 2005 und 2013 um 14 Prozent pro Jahr, die US-amerikanischen nur schwach um ein Prozent pro Jahr. Die deutschen IKT-Güterexporte gingen um zwei Prozent pro Jahr zurück, die japanischen gar um sechs Prozent pro Jahr. Damit sanken die japanischen IKT-Güterexporte so stark, dass das Land mittlerweile auf dem letzten Platz, knapp hinter Deutschland liegt.

Tabelle 7: Güter- und Dienstleistungsexporte des IKT-Sektors 2014

	GÜTEREXPORTE DES IKT-SEKTORS 2014 IN MILLIARDEN US-DOLLAR (NOMINAL)	DIENSTLEISTUNGSEXPORTE DES IKT-SEKTORS 2014 IN MILLIARDEN US-DOLLAR (NOMINAL)
CHINA	581,1	89,1
DEUTSCHLAND	66,6	108,1
JAPAN	58,6	40,6
USA	146,9	161,9

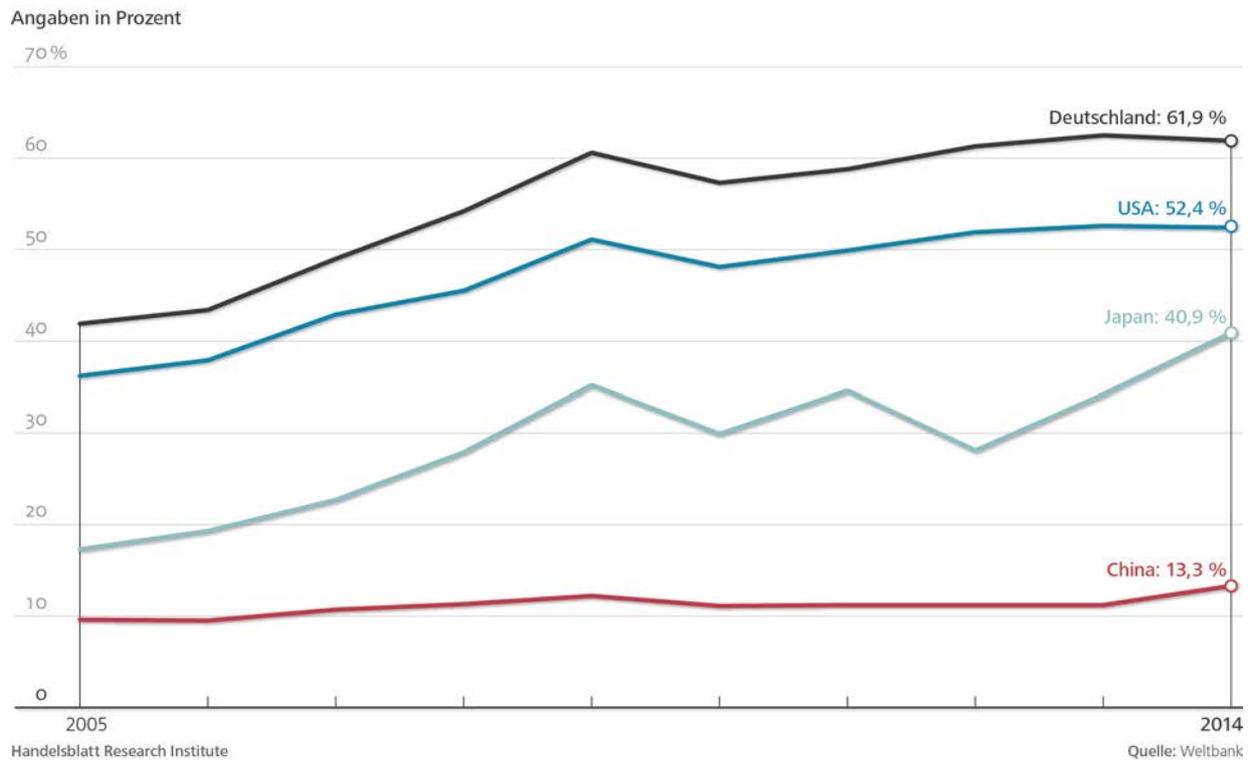
Quelle: Weltbank

Für China haben die IKT-Güterexporte die größte Bedeutung: Im Jahr 2014 machten sie 25,9 Prozent aller chinesischen Güterexporte aus. In Deutschland ist die Bedeutung dagegen am geringsten, hier betrug der Anteil der IKT-Güterexporte an allen Güterexporten nur 4,5 Prozent. In den USA waren es 9 und in Japan 8,4 Prozent.

Die IKT-Dienstleistungsexporte zeigen ein anderes Bild. Hier führen die USA 2014 mit 162 Milliarden US-Dollar vor Deutschland mit gut 108 Milliarden, China mit 89 Milliarden und Japan mit knapp 41 Milliarden. Im Betrachtungszeitraum zwischen 2005 und 2014 legten die chinesischen Dienstleistungsexporte am stärksten zu.

In Deutschland haben die IKT-Dienstleistungsexporte das relativ höchste Gewicht an den Dienstleistungsexporten insgesamt: Im Jahr 2014 stammten 39 Prozent der Dienstleistungsexporte aus dem IKT-Sektor. In China haben sie, obwohl sie absolut verhältnismäßig niedrig sind, mit 38,4 Prozent eine hohe Bedeutung für die Dienstleistungsexporte insgesamt. In den USA tragen sie gut 23 Prozent zu den Gesamtdienstleistungsexporten bei, in Japan 25 Prozent.

Abbildung 15: Anteil der Dienstleistungsexporte an den Gesamtexporten (Dienstleistungen und Güter) des IKT-Sektors

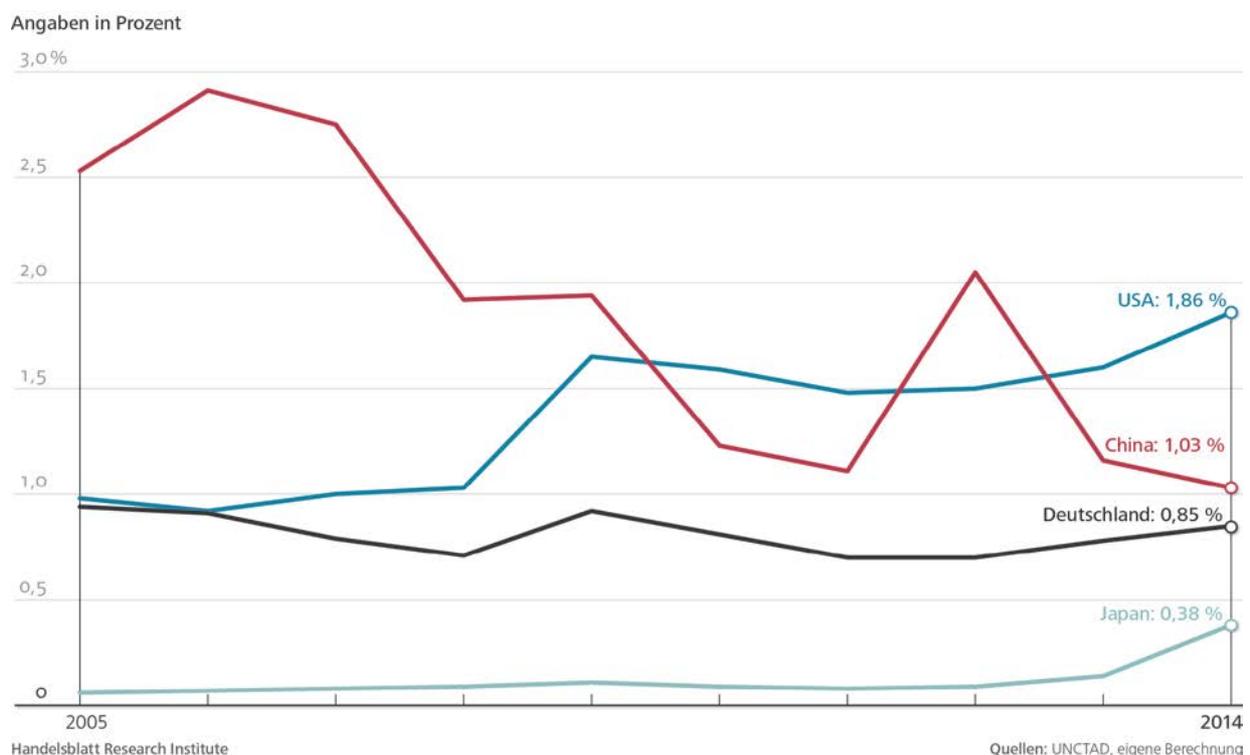


In Deutschland und den USA sind die Exporte im IKT-Sektor bereits stärker auf Dienstleistungen ausgerichtet als auf Waren (Abbildung 15 und Tabelle 7). Beide Länder haben höhere IKT-Dienstleistungsexporte als IKT-Produktexporte. In China und Japan ist das Verhältnis umgekehrt. Das absolute Niveau der IKT-Dienstleistungsexporte ist in Japan (41 Milliarden) und China (89 Milliarden) sehr niedrig. Dienstleistungen spielen dort also eine eher untergeordnete Rolle, was angesichts der paradigmatischen Veränderungen der Geschäftsmodelle, die durch die Digitalisierung viel stärker von Dienstleistungen abhängen werden, eine Gefahr für die Wettbewerbsfähigkeit der beiden Länder bedeutet. Die USA und Deutschland sind hier bereits weit voraus, wobei eingeschränkt werden muss, dass der deutsche IKT-Sektor zwar auf dem richtigen Weg, aber sehr klein ist.

Im produzierenden Gewerbe spielen die Dienstleistungsexporte dagegen noch eine sehr geringe Rolle (Abbildung 16). Den höchsten Anteil an den kombinierten Waren- und Dienstleistungsexporten erreichten die Dienstleistungsexporte Chinas im Jahr 2006, seitdem haben sie sich auf ein Prozent verringert. Im Jahr 2014 hatten die USA den höchsten Dienstleistungsanteil mit 1,9 Prozent, Deutschland hatte 0,9 und Japan 0,4 Prozent.

Abbildung 16 zeigt den Anteil der produktbezogenen Dienstleistungsexporte im Zeitverlauf. Klare Trends sind dort nicht zu erkennen. Es deutet also nichts darauf hin, dass im produzierenden Gewerbe der Vergleichsländer bereits güterbezogene Dienstleistungen wie vorausschauende Wartung oder Prozessoptimierung, wie sie für Industrie 4.0-Geschäftsmodelle typisch sind, im makroökonomisch wahrnehmbaren Maßstab Einzug gehalten haben.¹⁵

Abbildung 16: Anteil der güterbezogenen Dienstleistungsexporte an den Gesamtexporten (Dienstleistungen und Güter) des produzierenden Gewerbes



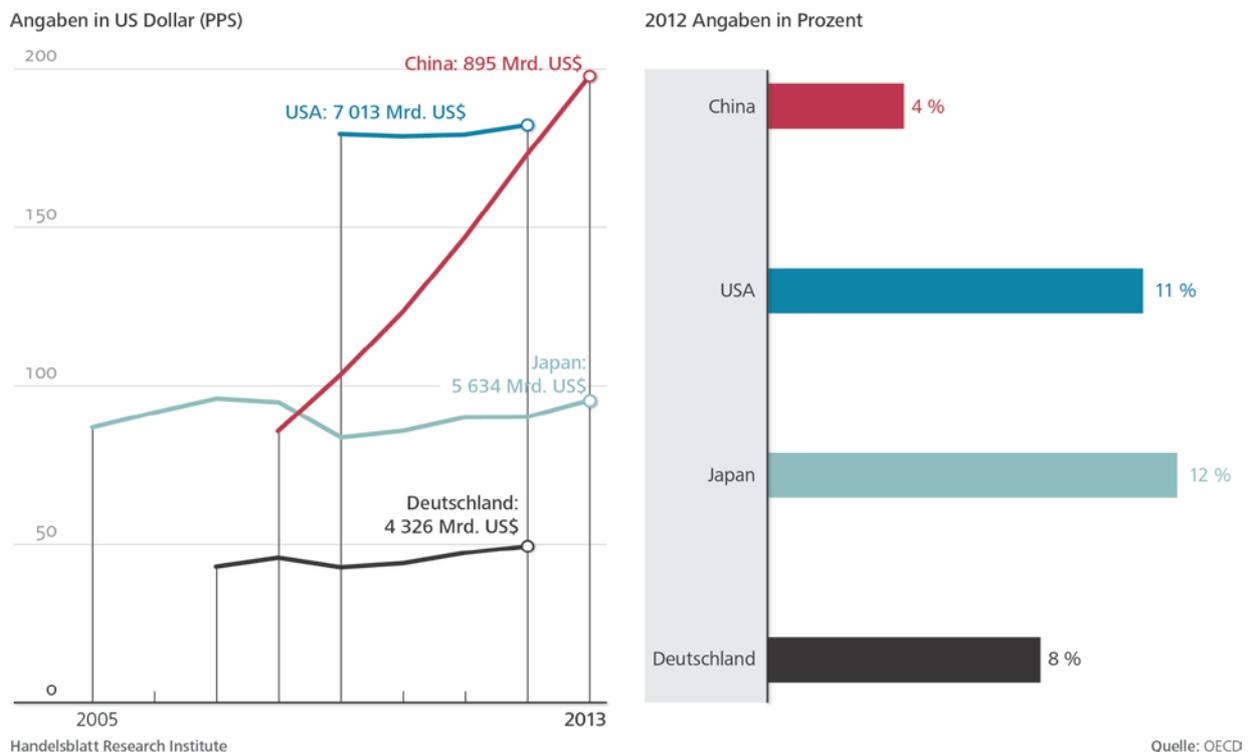
5.1.2.3. Ausgaben für Forschung und Entwicklung

Die Ausgaben für Forschung und Entwicklung im produzierenden Gewerbe (Abbildung 17 und Abbildung 18) können Aufschluss darüber geben, wie viel der Sektor in seine Zukunfts- und Wettbewerbsfähigkeit investiert. Forschung und Entwicklung sind Schlüssel für ein langfristig erfolgreiches Bestehen der Industrie. Vor dem Hintergrund der Entwicklung zu Industrie 4.0 kommt diesem Bereich eine noch bedeutendere Rolle zu. Bei den absoluten Ausgaben zeigt sich wieder eine sehr dynamische Entwicklung in China, welches sich zwischen 2008 und 2013 vom dritten Rang auf den ersten vorgearbeitet hat. Im letzten Berichtsjahr 2013

¹⁵ Grundsätzlich lassen sich diese Geschäftsmodelle in den makroökonomischen Daten eher schwer identifizieren, da dort güterbezogene Dienstleistungsexporte eines Unternehmens aus dem produzierenden Sektor den Güterexporten zugerechnet werden. Nur die güterbezogenen Dienstleistungsexporte von Dienstleistungsunternehmen tauchen auch in dieser Exportkategorie auf. Bei der Interpretation dieser Daten ist also entsprechende Vorsicht geboten.

wurden in China 198 Milliarden US-Dollar für FuE im produzierenden Gewerbe ausgegeben, das entspricht einer Steigerung gegenüber dem Jahr 2008 von 15 Prozent pro Jahr oder von insgesamt 131 Prozent. Auch Japan und Deutschland haben ihre absoluten FuE-Ausgaben gesteigert, allerdings nur um ein beziehungsweise zwei Prozent jährlich. Die USA verharren auf relativ hohem Niveau.

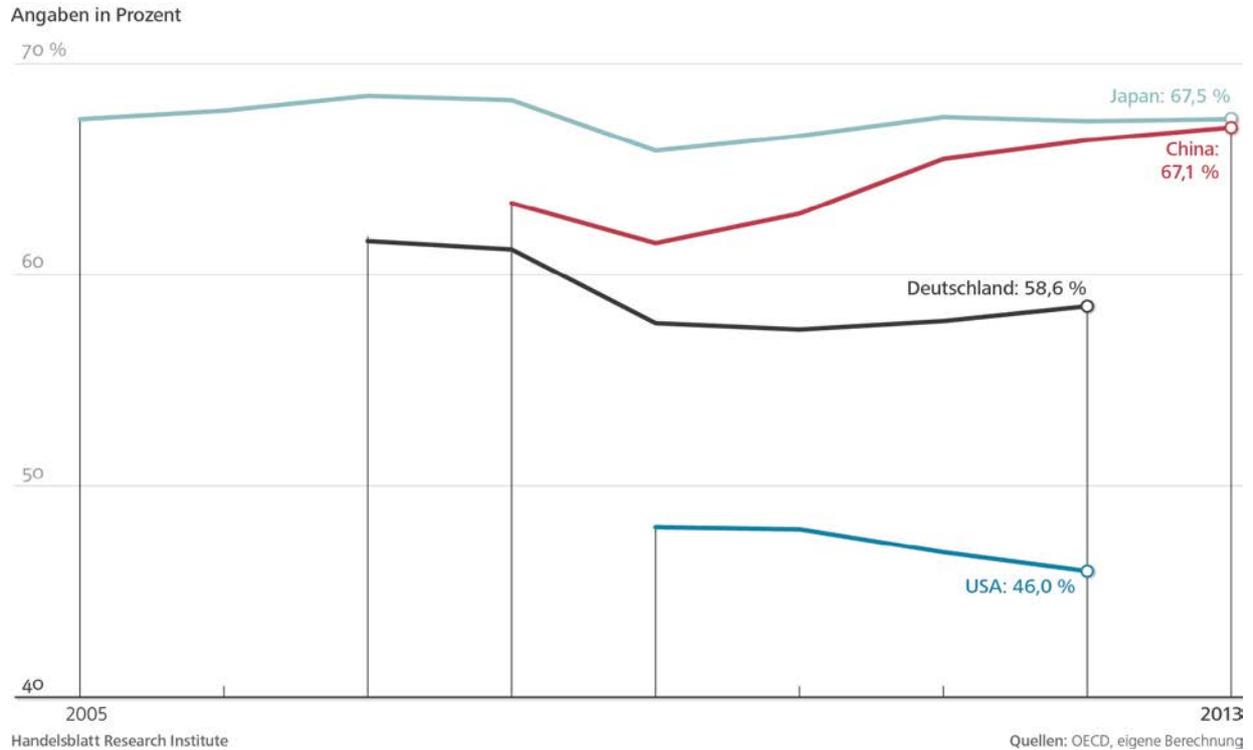
Abbildung 17: FuE-Ausgaben des produzierenden Gewerbes und Anteil der FuE-Ausgaben an der Bruttowertschöpfung des Sektors



In Relation zur Entwicklung der Bruttowertschöpfung des produzierenden Gewerbes hat China den mit weitem Abstand geringsten Anteil der Forschungsausgaben. Das muss aber in Relation mit der schieren Größe des Sektors gesehen werden, die absoluten Forschungsausgaben Chinas sind die höchsten der Vergleichsländer. Dennoch wäre durchaus Spielraum in China vorhanden, noch mehr Mittel in den FuE-Bereich zu investieren. Deutschland liegt bei den FuE-Ausgaben hinter den anderen Nationen, sowohl absolut als auch in Relation zur Wertschöpfung. Im Vergleich mit den USA und Japan ist zu erkennen, dass in Deutschland mehr Mittel in Forschung und Entwicklung fließen könnten.

In Abbildung 18 werden die FuE-Ausgaben des produzierenden Gewerbes den Gesamtausgaben der Länder für Forschung und Entwicklung gegenübergestellt. In dieser Betrachtung liegt Japan (2013: 68 Prozent) vorn, dicht gefolgt von China (2013: 67 Prozent). China hat in den letzten Jahren den Anteil seiner FuE-Ausgaben für das produzierende Gewerbe erhöht, während er in den USA zurückging, also andere Sektoren an Bedeutung gewannen. In Japan hält sich das Niveau trotz einiger Schwankungen stabil, in Deutschland erhöht sich der Anteil seit 2009 wieder leicht.

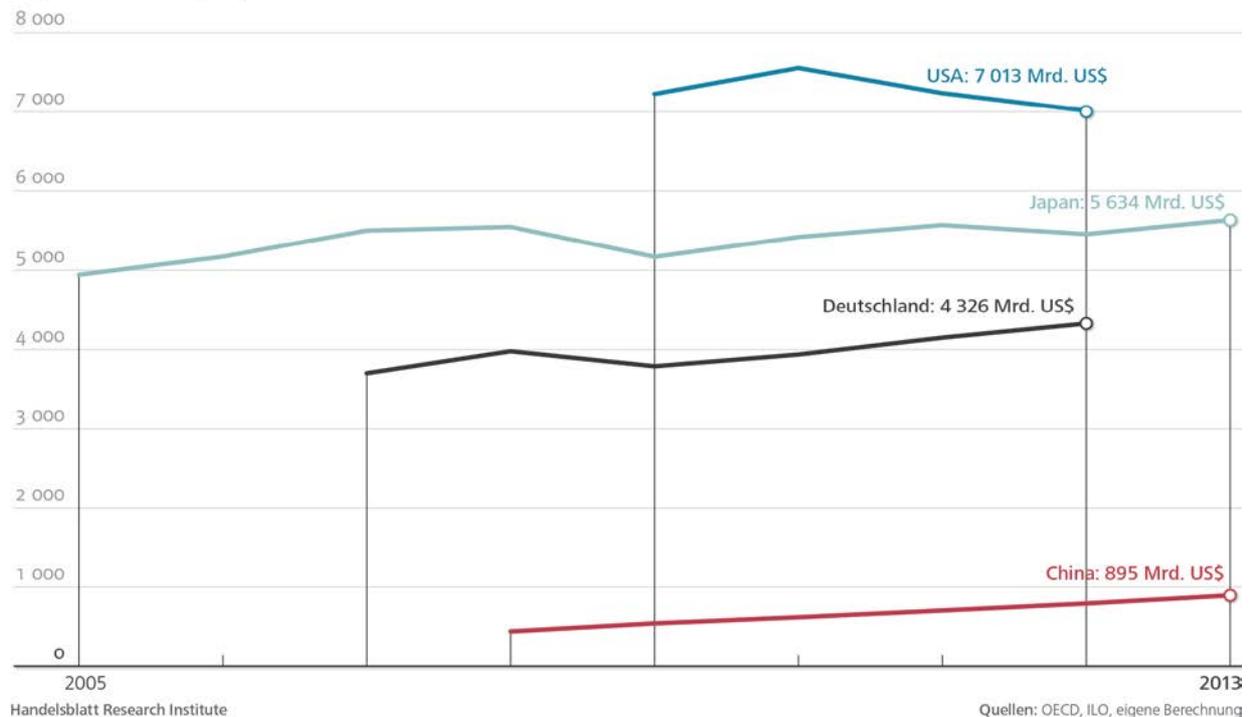
Abbildung 18: Anteil FuE-Ausgaben des produzierenden Gewerbes an den gesamten FuE-Ausgaben



Auffällig ist darüber hinaus der Niveauunterschied zwischen China und Japan, die am oberen Ende fast 70 Prozent ihrer FuE-Ausgaben im produzierenden Gewerbe investieren, und den USA, in denen das produzierende Gewerbe nur für 46 Prozent der FuE-Ausgaben aufkommt.

Abbildung 19: FuE-Ausgaben des Industriesektors pro Kopf

Angaben in US Dollar (PPS)



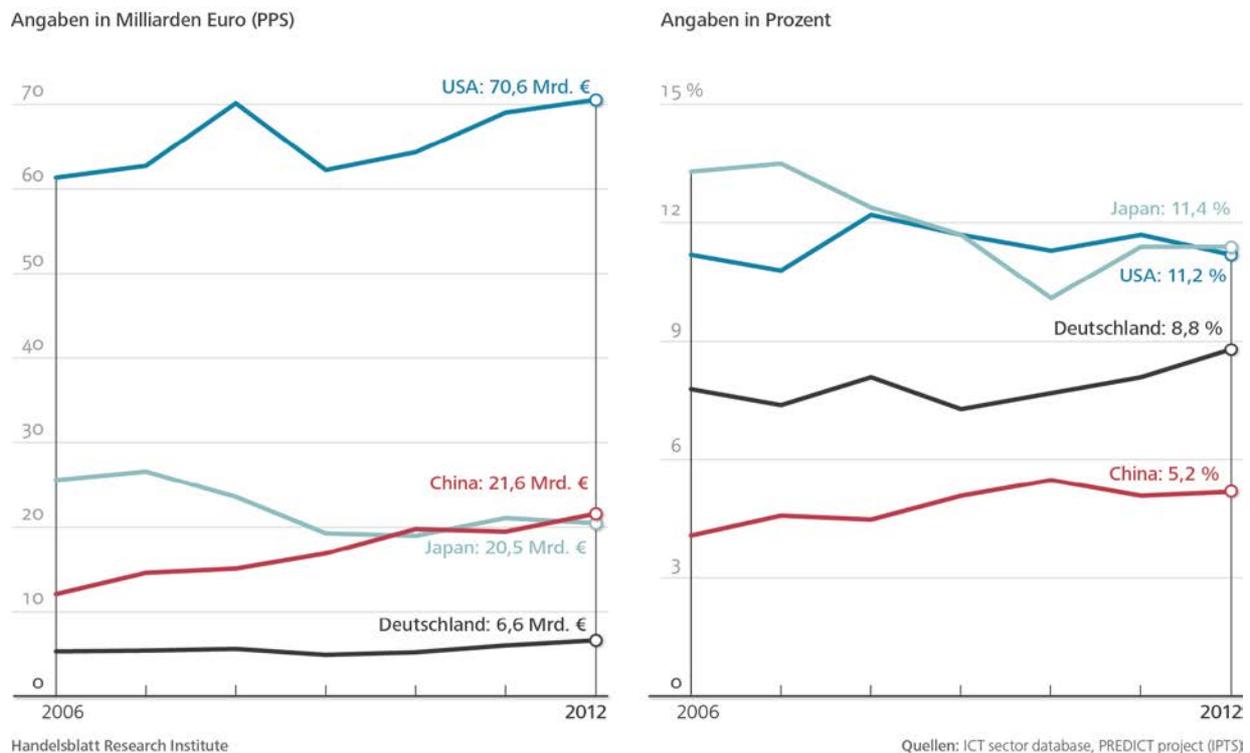
Handelsblatt Research Institute

Quellen: OECD, ILO, eigene Berechnung

Der Zusammenhang des niedrigen Anteils des produzierenden Gewerbes an den FuE-Ausgaben in den USA mit der geringeren Bedeutung der Produktion in den USA (Abbildung 1) wird durch einen Blick auf die FuE-Ausgaben pro Beschäftigten in der Industrie deutlich. Hier liegen die USA mit 7.000 US-Dollar im Jahr 2012 deutlich vor Japan mit 5.500 US-Dollar und Deutschland mit 4.300 US-Dollar. China liegt in dieser Ansicht abgeschlagen auf dem letzten Rang, pro Kopf wurde dort nur ein Neuntel des US-Wertes für FuE ausgegeben.

Ein Blick auf die absoluten Forschungsausgaben der Unternehmen des IKT-Sektors macht sehr große Niveauunterschiede zwischen den USA und den anderen Ländern deutlich (Abbildung 20). Die US-amerikanischen IKT-Unternehmen gaben zuletzt etwa 70 Milliarden Euro für Forschung und Entwicklung aus, China und Japan etwa 20 Milliarden Euro und Deutschland bildet mit 6,5 Milliarden das Schlusslicht. Allerdings hat Deutschland ähnlich wie China die Ausgaben zwischen 2010 und 2012 zwischen sechs und 14 Prozent gesteigert, während die Ausgaben der US-amerikanischen Unternehmen, von einem deutlich höheren Niveau ausgehend, nur zwischen drei und sieben Prozent wuchsen. Japans Ausgaben fielen zwischen 2008 und 2010 recht stark mit bis zu 18 Prozent, dieser Trend scheint aber gestoppt.

Abbildung 20: Ausgaben der IKT-Unternehmen für Forschung und Entwicklung und deren Anteil an der Bruttowertschöpfung des IKT-Sektors

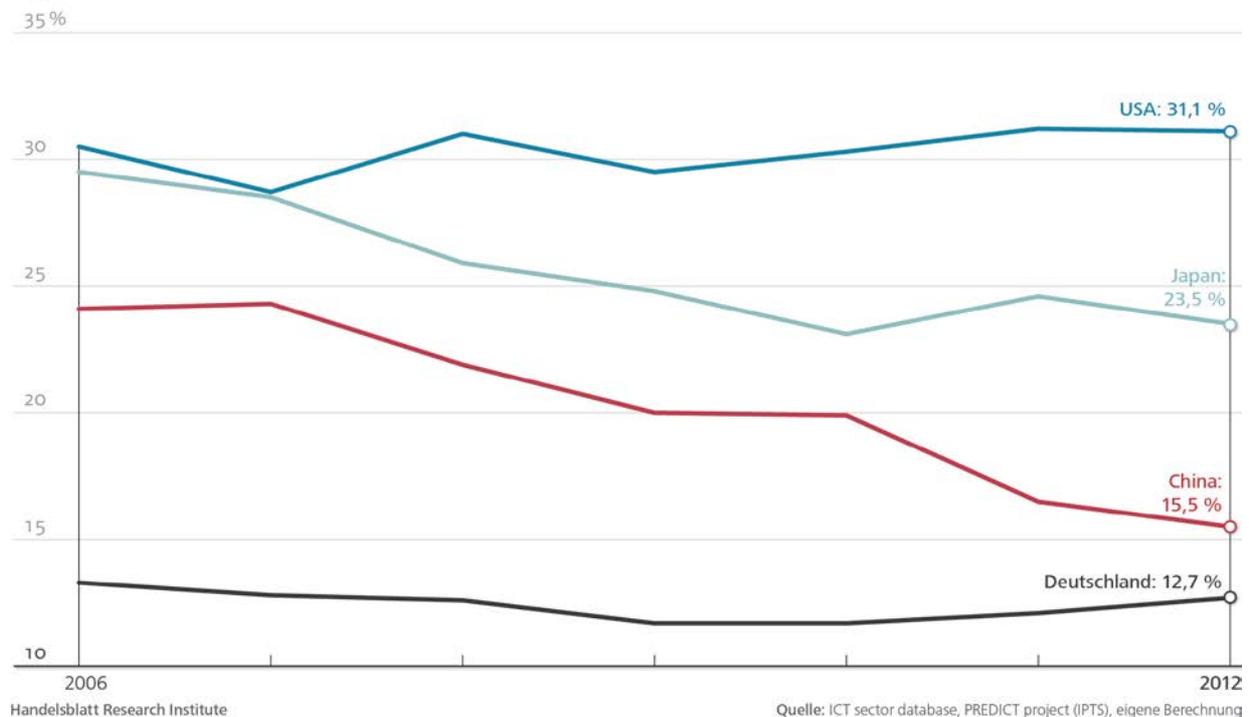


Wenn man die absoluten Ausgaben der IKT-Unternehmen für Forschung und Entwicklung ins Verhältnis zur Bruttowertschöpfung des Sektors setzt, relativiert sich der große Vorsprung der US-amerikanischen Unternehmen. Chinesische IKT-Unternehmen gaben in dieser Betrachtung mit 5,2 Prozent am wenigsten aus. Japan lag 2012 mit 11,4 Prozent leicht vor den USA mit 11,2 Prozent. In Deutschland wurden immerhin 8,8 Prozent der Bruttowertschöpfung des Sektors in die Zukunftsfähigkeit investiert. Hier bietet sich ein ähnliches Bild wie im produzierenden Gewerbe. Während die USA und Japan relativ viel für FuE ausgaben, war Deutschland deutlich zurückhaltender und China bildete mit Abstand das Schlusslicht.

Der Anteil der IKT-Forschungsausgaben an den gesamten privaten Ausgaben für Forschung und Entwicklung (Abbildung 21) war in Deutschland mit 12 bis 13 Prozent am geringsten, die amerikanischen Unternehmen gaben dagegen am meisten für die IKT-Forschung aus (um die 30 Prozent). Japans private Forschungsausgaben waren 2006 noch gleichauf mit den amerikanischen, seitdem befinden sie sich aber in einem Abwärtstrend. 2012 betrug der Anteil nur noch 24 statt 30 Prozent. Auch China gab 2006 noch 24 Prozent für die IKT-Forschung aus, dieser Anteil sank seitdem fast auf das deutsche Niveau.

Abbildung 21: Anteil der privaten IKT Forschungsausgaben an den gesamten privaten Forschungsausgaben

Angaben in Prozent



Handelsblatt Research Institute

Quelle: ICT sector database, PREDICT project (IPITS), eigene Berechnung

Die deutschen Unternehmen scheinen die Notwendigkeit erkannt zu haben, im Zuge der Digitalisierung mehr in Forschung und Entwicklung investieren zu müssen: Die FuE-Ausgaben steigen hier schneller (3,1 Prozent pro Jahr), als die Branche wächst (1,4 Prozent pro Jahr) – allerdings ausgehend von einem im Vergleich zu den anderen Ländern niedrigen Niveau. Die relative Stagnation der Ausgaben chinesischer Unternehmen ist vor dem Hintergrund des zuletzt schnellen absoluten Wachstums nicht problematisch. In Anbetracht der niedrigen Produktivität der chinesischen Arbeiter liegt es nahe, die guten absoluten Werte zum Anlass zu nehmen, dieses Potenzial zu nutzen, und mehr in die IKT-Forschung zu investieren.

Im produzierenden Gewerbe steigerten sich die privaten FuE-Etats in China stärker als die gesamtwirtschaftlichen privaten Ausgaben für FuE (Tabelle 8). In Japan wuchsen die Ausgaben in beiden Sektoren gleich schnell und in den USA und Deutschland stiegen die FuE-Ausgaben im produzierenden Gewerbe langsamer als in der Gesamtwirtschaft. Hier hat das produzierende Gewerbe als Forschungsschwerpunkt zumindest relativ an Bedeutung verloren.

Tabelle 8: Wachstum der privaten FuE-Ausgaben im produzierenden Gewerbe und der gesamten privaten FuE-Ausgaben

	WACHSTUM DER PRIVATEN FUE-AUSGABEN IN PROZENT PRO JAHR	
	PRODUZIERENDES GEWERBE	GESAMTWIRTSCHAFT
CHINA (2008 -2012)	14,9%	13,9%
DEUTSCHLAND (2007-2012)	2,4%	3,3%
JAPAN (2006-2012)	1,1%	1,1%

Quelle: HRI

Tabelle 9 zeigt, dass die USA es sich wegen ihres hohen Niveaus der FuE-Ausgaben leisten können – insbesondere pro Kopf und gemessen an der Bruttowertschöpfung des Sektors – den FuE-Etat weniger zu steigern als in anderen Sektoren. Deutschland dagegen hat pro Kopf und im Verhältnis zur Bruttowertschöpfung des Sektors vor China die zweitniedrigsten FuE-Ausgaben, hätte deutlich Luft nach oben.

China befindet sich, was die Gesamtausgaben anbelangt, schon fast auf dem Niveau der USA, die relativen Werte sind dagegen sehr niedrig. Gemeinsam mit den starken Steigerungsraten der chinesischen FuE-Ausgaben deutet sich hier ein sehr großes zukünftiges Potenzial an. In Japan wird, gemessen an der Wertschöpfung des Sektors, am meisten für Forschung und Entwicklung ausgegeben, was auch mit der schwachen Entwicklung der Wertschöpfung zusammenhängt. Von den vier Vergleichsländern investiert Japan den größten Anteil seiner FuE-Ausgaben ins produzierende Gewerbe, was bei den verhältnismäßig schlechten Ergebnissen des Sektors die Frage nach der Effektivität der Forschungsaktivitäten und den Vermarktungsfähigkeiten der japanischen Wirtschaft aufwirft.

Tabelle 9: Private FuE-Ausgaben im produzierenden Gewerbe 2012

	PRIVATE FUE-AUSGABEN IN MILLIARDEN US- DOLLAR (2005)	PRIVATE FUE-AUSGABEN PRO KOPF IN US-DOLLAR (2005)	ANTEIL PRIVATER FUE- AUSGABEN PRODUZIERENDES GEWERBE AN DEN FUE- AUSGABEN DER GESAMTWIRTSCHAFT IN PROZENT	ANTEIL PRIVATER FUE- AUSGABEN AN DER BRUTTOWERT- SCHÖPFUNG DES SEKTORS IN PROZENT
CHINA	173,1	793	66,5%	4,1%
DEUTSCHLAND	49,4	4.326	58,6%	8,3%
JAPAN	90,2	5.455	67,4%	12,2%
USA	182,3	7.013	46,0%	10,9%

Quelle: HRI

Im IKT-Sektor wuchsen in den USA zwischen 2006 und 2012 die FuE-Ausgaben um zwei Prozent pro Jahr und damit schneller als die gesamten FuE-Ausgaben (1,7 Prozent pro Jahr)¹⁶. In den anderen Ländern verlor der IKT-Sektor für die Ausgaben in Forschung und Entwicklung an Bedeutung. In Deutschland wuchsen beispielsweise die gesamten FuE-Ausgaben um 3,8 Prozent, die für den IKT-Sektor jedoch nur um 3,1 Prozent. Am schlechtesten sieht es für den japanischen IKT-Sektor aus, er verlor 3,1 Prozent pro Jahr, während die Gesamtausgaben stabil blieben.

Damit sind die FuE-Ausgaben des IKT-Sektors in Deutschland und China immer noch stärker als die Bruttowertschöpfung des Sektors. Bezogen auf die gesamte Volkswirtschaft hat der IKT-Sektor aber auch hier verloren. Bei der deutschen IKT-Schwäche ist das aus gesamtwirtschaftlicher Sicht bedenklich.

¹⁶ Die Werte unterscheiden sich von denen, die in Bezug auf das produzierende Gewerbe genannt werden. Das liegt an den unterschiedlichen Währungsmaßstäben. Alle Aussagen innerhalb eines Sektors und innerhalb einer Kategorie beruhen aber auf den gleichen Maßstäben.

Tabelle 10: Private FuE-Ausgaben im IKT-Sektor 2012

	PRIVATE IKT-FUE-AUSGABEN IN MILLIARDEN EURO PPS (NOMINAL)	PRIVATE IKT-FUE-AUSGABEN PRO KOPF IN EURO PPS (NOMINAL)	ANTEIL PRIVATER FUE-AUSGABEN AN DEN GESAMTEN PRIVATEN FUE-AUSGABEN IN PROZENT	ANTEIL PRIVATER FUE-AUSGABEN AN DER BRUTTOWERTSCHÖPFUNG DES SEKTORS IN PROZENT
CHINA	21,6	1.446	15%	5,2%
DEUTSCHLAND	6,6	6.606	13%	8,8%
JAPAN	20,5	9.038	24%	11,4%
USA	70,6	18.755	31%	11,2%

Quelle: HRI

Zwar fahren die deutschen IKT-Unternehmen ihre Investitionen in FuE stärker hoch als der Sektor insgesamt wächst, dennoch ist Deutschland bei den Gesamtausgaben weit abgeschlagen hinter den anderen drei Ländern (Tabelle 10). Die Entwicklung Japans ist die schlechteste, das Niveau der Ausgaben ist aber immer noch recht hoch.

Tabelle 11: Kennzahlenvergleich produzierendes Gewerbe und IKT-Sektor

	ANTEIL PRIVATER FUE-AUSGABEN AN DEN PRIVATEN FUE-GESAMTAUSGABEN 2012 IN PROZENT		ANTEIL PRIVATER FUE-AUSGABEN AN DER WERTSCHÖPFUNG DES JEWEILIGEN SEKTORS 2012 IN PROZENT	
	PRODUZIERENDES GEWERBE	IKT-SEKTOR	PRODUZIERENDES GEWERBE	IKT-SEKTOR
CHINA	66%	15%	4,1%	5,2%
DEUTSCHLAND	59%	13%	8,3%	8,8%
JAPAN	67%	24%	12,2%	11,4%
USA	46%	31%	10,9%	11,2%

Quelle: HRI

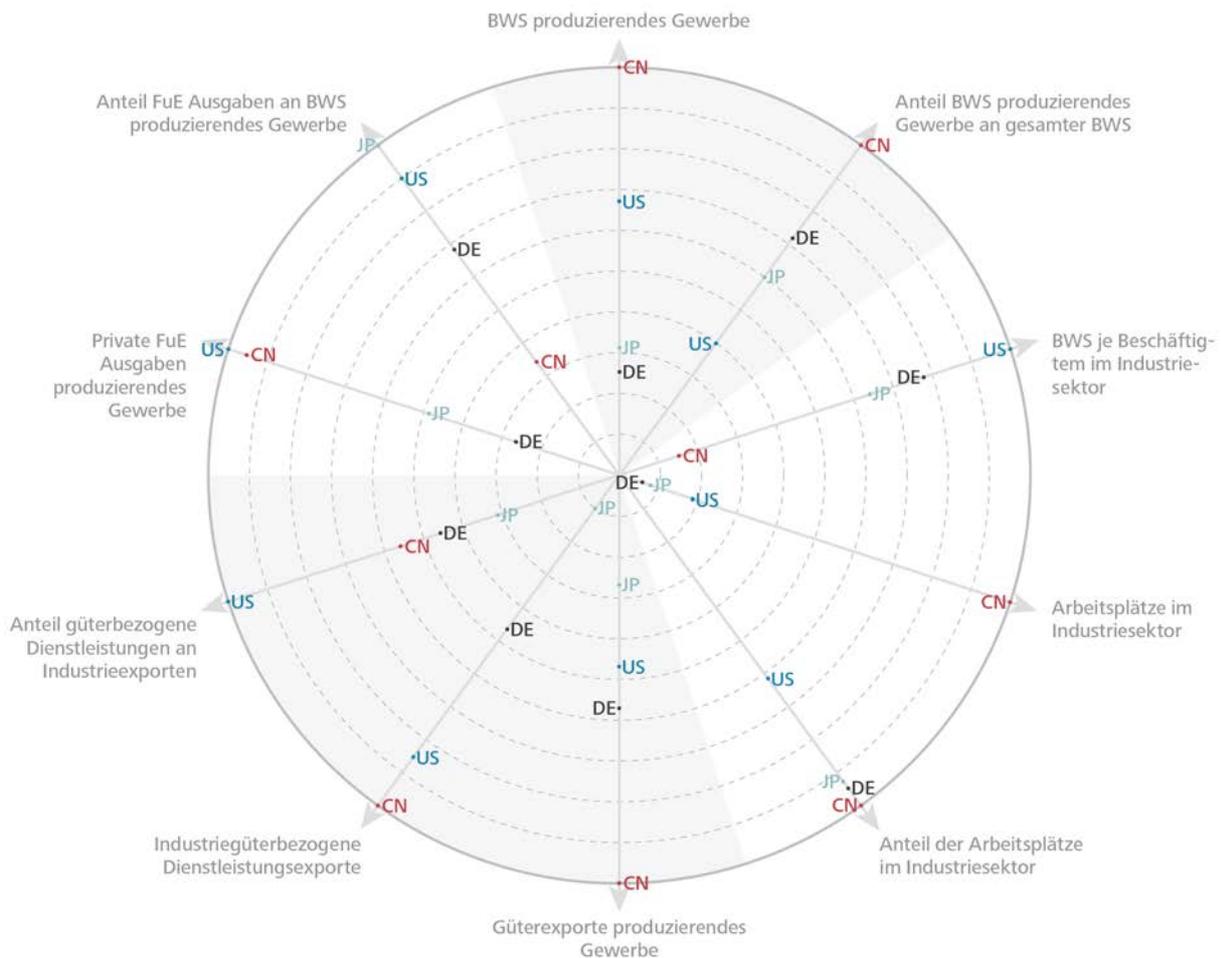
Im Vergleich der beiden Sektoren wird deutlich, dass besonders in der US-amerikanischen Forschung und Entwicklung die Themen produzierendes Gewerbe und IKT wesentlich gleichberechtigter behandelt werden als in den anderen Ländern. In den USA werden 31 Prozent des privaten Forschungsbudgets für IKT-Themen ausgegeben, 46 Prozent für das produzierende Gewerbe. Den größten Niveauunterschied gibt es in China. Hier bekommt das produzierende Gewerbe den Löwenanteil von 66 Prozent, in den IKT-Sektor fließen noch 15 Prozent. Auch in Deutschland sind die Prioritäten beziehungsweise Fähigkeiten klar: 59 Prozent der privaten FuE-Mittel fließen in die Fertigung, nur 13 Prozent in den IKT-Sektor. Im Vergleich mit den anderen Ländern genießt der deutsche IKT-Sektor die geringste Priorität.

Gemessen an der wirtschaftlichen Leistungsfähigkeit gibt es zwischen den Sektoren kaum Unterschiede: In allen Ländern wird etwa der gleiche Anteil der Bruttowertschöpfung in FuE investiert. Bis auf Japan ist in allen Ländern der IKT-Sektor nur leicht FuE-investitionsfreudiger. Zwischen den Ländern gibt es jedoch große Unterschiede: In den USA und Japan ist das Investitionsniveau in FuE am höchsten, in China am geringsten und Deutschland befindet er sich zwischen beiden Gruppen.

5.1.3. Fazit

Bei der absoluten Größe des produzierenden Gewerbes zeigt sich das zu erwartende Bild: Die Bruttowertschöpfung der chinesischen Industrie lag im Jahr 2013 dank einer sehr dynamischen Entwicklung von fast 16 Prozent jährlichem Wachstum mit 2.923 Milliarden US-Dollar weit vor den USA, die etwa zwei Drittel der chinesischen Wertschöpfung erwirtschafteten. Japan folgte an dritter Stelle mit knapp der Hälfte der US-amerikanischen Industrie-Wertschöpfung, allerdings mit einer negativen Dynamik. In Deutschland wuchs dieser Bereich seit 2009 recht stark. Obwohl die deutsche Wirtschaft kleiner ist als die japanische, sind die Chancen gegenwärtig gut, dass die industrielle Wertschöpfung Deutschlands die Japans bald einholen wird.

Abbildung 22: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes¹⁷



Handelsblatt Research Institute

Quelle: HRI

¹⁷ Die Werte sind indiziert, wobei der jeweils stärkste Wert auf 100 gesetzt wurde. Alle Angaben beziehen sich auf das jeweils letzte vollständig vorhandene Berichtsjahr.

In China hat das produzierende Gewerbe im Vergleich mit den anderen drei Ländern mit 31 Prozent die größte Bedeutung für die Gesamtwirtschaft. Dies ist auch darauf zurückzuführen, dass China die Entwicklung von der Industrie- zur Dienstleistungsgesellschaft, die die anderen drei Länder in den vergangenen Jahrzehnten vollzogen, (noch) nicht durchlebt hat. In Deutschland ist die Bedeutung des produzierenden Gewerbes mit 22 Prozent der Gesamtbruttowertschöpfung im Jahr 2013 vergleichsweise groß, insbesondere für eine entwickelte Volkswirtschaft. Am geringsten ist der Anteil der Bruttowertschöpfung des produzierenden Gewerbes mit nur zwölf Prozent in den USA.

Für den Warenexport ist das produzierende Gewerbe in allen Staaten besonders wichtig. Auch hier ist China mit 94 Prozent aller Warenexporte am abhängigsten vom produzierenden Gewerbe, die USA sind mit 74 Prozent am unabhängigsten. In absoluten Werten zeigt sich allerdings die starke Wettbewerbsfähigkeit Deutschlands. Obwohl das chinesische produzierende Gewerbe vier Mal größer ist als das deutsche, exportiert es weniger als das Doppelte Deutschlands. Deutschland liegt außerdem klar vor Japan, das nur die Hälfte des deutschen Exportwertes erreicht und auch vor den USA, die etwa ein Fünftel weniger als Deutschland exportieren. Bei der Interpretation der Exportwerte muss allerdings die Größe der Volkswirtschaften berücksichtigt werden. Vor dem Hintergrund des tendenziell höheren Offenheitsgrades kleinerer Volkswirtschaften ist Deutschlands Exportstärke ein starkes Indiz für seine Wettbewerbsfähigkeit, kann aber im Vergleich mit den anderen Ländern, insbesondere mit China und den USA, nicht ausschließlich darauf zurückgeführt werden.

Die güterbezogenen Dienstleistungen fallen in allen Ländern recht gering aus. Allerdings werden Dienstleistungen von Güterproduzenten in der Statistik nicht als Dienstleistung, sondern als Güter ausgewiesen. Sofern sie sich in makroökonomischen Statistiken erfassen lassen, sind die Industrie 4.0-Geschäftsmodelle als Exportprodukt in noch keinem Land wirklich angekommen, am wenigsten in Japan. Dort beträgt der Anteil der güterbezogenen Dienstleistungsexporte an den Gesamtexporten nur 0,14 Prozent. Die USA sind hier in der Gruppe führend – kommen allerdings auch nur auf 1,6 Prozent.

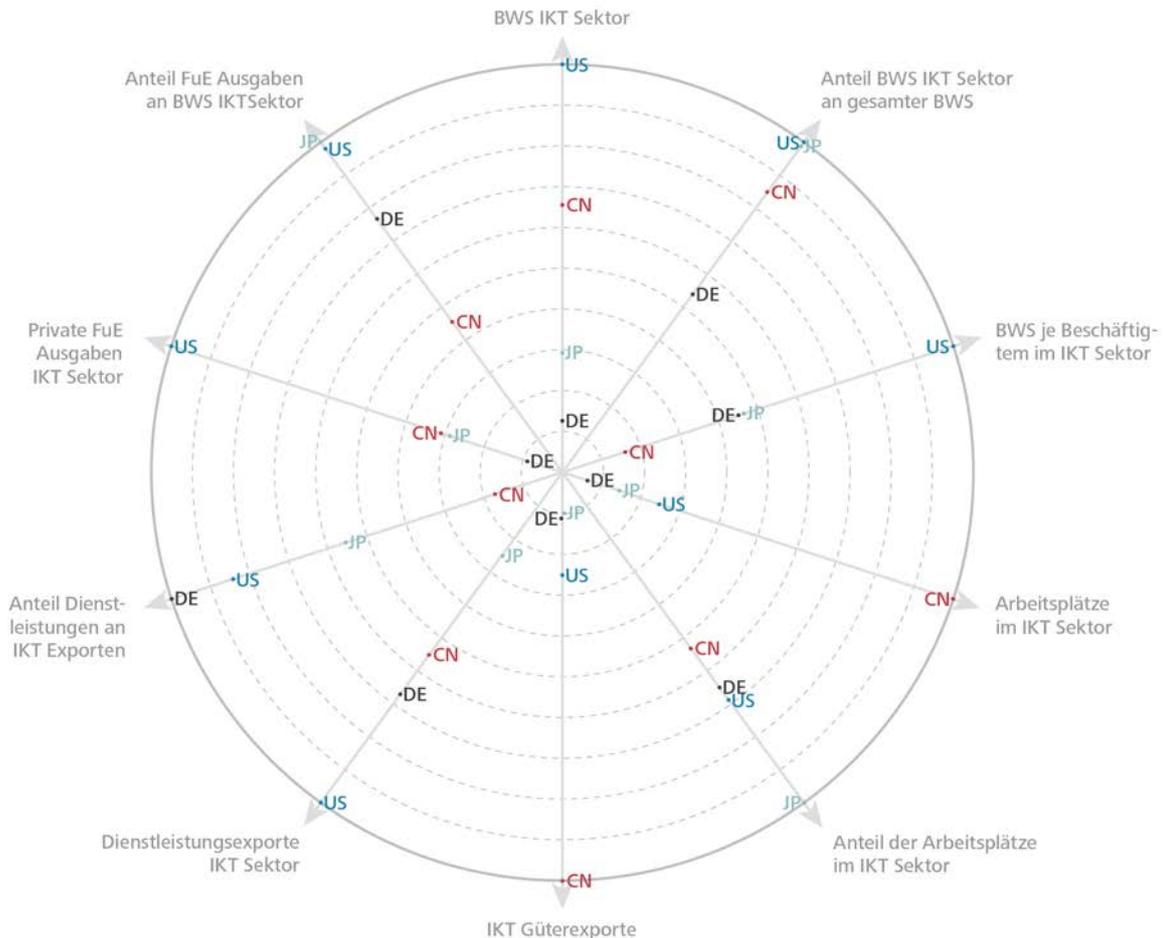
Von großer Bedeutung ist der Industriesektor für die gesamtwirtschaftliche Beschäftigung. Außer in China sind hier prozentual mehr Beschäftigte angestellt als der Sektor zur Bruttowertschöpfung beiträgt. Am produktivsten sind die Beschäftigten in den USA: 116.000 US-Dollar werden dort pro Kopf erwirtschaftet, in China sind es nur 18.000 US-Dollar¹⁸. Deutschland liegt mit knapp 91.000 US-Dollar vor Japan mit 74.000 US-Dollar.

¹⁸ Die niedrigen Produktivitätswerte kommen auch wegen des künstlich niedrig gehaltenen Yuan zustande. Dieser erklärt unter anderem die hohe internationale Wettbewerbsfähigkeit chinesischer Güter trotz der statistisch niedrigen Produktivität. Kaufkraftbereinigte Daten wurden hier nicht verwendet, weil sonst der Maßstab mit anderen Statistiken verzerrt würde, denn für andere auf Berechnungen beruhende Statistiken in dieser Studie konnte nur auf nominale Daten zurückgegriffen werden.

Verhältnismäßig schwach schneidet die deutsche Industrie bei den Ausgaben für Forschung und Entwicklung ab. In diesem Bereich gibt das deutsche produzierende Gewerbe nur acht Prozent seiner Bruttowertschöpfung aus. In Japan sind es über zwölf Prozent, in den USA über zehn Prozent. Die hohen Exportwerte deuten zudem darauf hin, dass die deutsche Industrie technisch wettbewerbsfähige Produkte herstellt, für die knappere FuE-Mittel effizient eingesetzt werden. Vor dem Hintergrund, dass sich die Entwicklung von Industrie 4.0-Anwendungen auf verschiedenen Ebenen abspielt und Neuerungen auf der Produkt- und Prozessebene von Bedeutung sind, kommt den FuE-Aktivitäten der Unternehmen eine gewichtige Rolle zu, sich in diesem Bereich gut aufzustellen. Somit könnte es durch eine Steigerung der FuE-Ausgaben auf dasselbe Niveau wie in Japan oder den USA in Deutschland gelingen, die Implementierung von Industrie 4.0 schneller voranzutreiben.

Das deutsche produzierende Gewerbe ist international in einer starken Position. Es trägt nach China am meisten zur Bruttowertschöpfung des Landes bei und liefert den höchsten relativen Beschäftigungsanteil. Nachholbedarf hat Deutschland bei den Forschungsausgaben in der Industrie. Diese werden zwar effektiv eingesetzt, aber das allgemeine Niveau liegt deutlich unter dem der USA und Japans. Bei der Produktivität hat Deutschland gegenüber dem Spitzenreiter USA ebenfalls einen beachtlichen Rückstand. Die große Chance der deutschen Industrie, die sehr gute Wettbewerbsposition weiter auszubauen, liegt deshalb vor allem im Ausbau der Forschung und Entwicklung.

Die USA haben im Vergleich der vier Staaten mit Abstand den größten IKT-Sektor mit einer Bruttowertschöpfung von 631 Milliarden Euro im Jahr 2012. An zweiter Stelle folgt China mit 418 Milliarden Euro, Japan liegt mit 180 Milliarden vor Deutschland mit 75 Milliarden. Die größte Wachstumsdynamik wies China auf: Seit 2006 wuchs der chinesische IKT-Sektor mit – für chinesische Verhältnisse allerdings unterdurchschnittlichen – fünf Prozent pro Jahr. Der japanische IKT-Sektor schrumpfte um etwa ein Prozent pro Jahr, der US-amerikanische IKT-Sektor wuchs um zwei Prozent pro Jahr, der Deutschlands um 1,4 Prozent.

Abbildung 23: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit des IKT-Sektors¹⁹

Handelsblatt Research Institute

Quelle: HRI

Für die Gesamtwirtschaft hat der IKT-Sektor für Japan und die USA die größte Bedeutung. In beiden Ländern erwirtschaftet er etwa 5,3 Prozent der gesamten Wertschöpfung. Am kleinsten ist der Sektor in den vier betrachteten Ländern mit einem Anteil von 2,9 Prozent an der gesamten Wertschöpfung in Deutschland. Trotz der geringen Bedeutung für die Gesamtwirtschaft sind im deutschen IKT-Sektor mit 2,4 Prozent im relativen Vergleich fast genauso viele Menschen angestellt wie in den USA (2,5 Prozent). In China ist mit 1,9 Prozent der Gesamtbeschäftigten der im internationalen Vergleich geringste Anteil an Menschen im IKT-Sektor angestellt.

Für die Exporte hat der IKT-Sektor in China dagegen eine recht große Bedeutung; immerhin 27 Prozent aller Warenexporte entstammen der Informations- oder Kommunikationstechnologie. Die geringe Produktivität chinesischer IKT-Arbeitskräfte deutet allerdings darauf hin, dass China in diesem Bereich in der Breite eher

¹⁹ Die Werte sind indiziert, wobei der jeweils stärkste Wert auf 100 gesetzt wurde. Alle Angaben beziehen sich auf das jeweils letzte vollständig vorhandene Berichtsjahr.

als Werkbank der Welt fungiert, denn mit innovativer Spitzentechnologie aufwartet. In Deutschland ist die Bedeutung mit gut vier Prozent für den Warenexport dagegen gering, in den USA und Japan sind es jeweils knapp neun Prozent. Anders sieht es bei den Dienstleistungsexporten aus. Hier liegt Deutschland vor den anderen, über 38 Prozent aller Dienstleistungsexporte sind IKT-Services. In China sind es knapp 35, der Anteil in den USA und Japan beträgt etwa 23 Prozent.

Wie auch schon im gesamten Industriesektor geben die deutschen IKT-Firmen relativ wenig für Forschung und Entwicklung aus. Während die Unternehmen in den USA und in Japan jeweils gut elf Prozent der Bruttowertschöpfung des Sektors ausgeben, sind es in Deutschland nur acht Prozent, nur China liegt mit fünf Prozent noch weiter zurück.

In allen Ländern außer Japan wuchs der IKT-Sektor zwischen 2006 und 2012. In Japan sank die Wertschöpfung um ein Prozent pro Jahr. Im IKT-Bereich kann China Deutschland und Japan hinter sich lassen, allerdings wächst der chinesische IKT-Sektor seit der Finanzkrise nur einen Prozent schneller als der US-amerikanische (fünf Prozent gegenüber vier Prozent). Da die absolute chinesische Wertschöpfung zwei Drittel der amerikanischen beträgt, kann unter Berücksichtigung der gegenwärtig sichtbaren Trends davon ausgegangen werden, dass die USA in dem Sektor noch lange führend sein werden.

Die deutsche IKT-Hardwarekompetenz ist mit deutlichem Abstand die schwächste. Um hier aufzuholen, reicht keine strategische Anpassung mehr. Vielmehr wären tiefgreifende Anpassungen der in diesem Bereich tätigen Unternehmen nötig, die mit großen materiellen Ressourcen unterfüttert werden müssten. Die im deutschen IKT-Sektor geringen Ausgaben für Forschung und Entwicklung, nicht nur absolut, sondern auch relativ, müssten deutlich ausgeweitet werden, um in diesem Bereich stärkeres Wachstum zu generieren. Die hohen absoluten und relativen IKT-Dienstleistungsexporte deuten allerdings darauf hin, dass Deutschland im Hinblick auf die zunehmende Bedeutung der Dienstleistungen in den Geschäftsmodellen der Zukunft im IKT-Sektor zumindest nicht gänzlich abgehängt ist. Hier bestehen große Kooperationspotenziale mit dem produzierenden Gewerbe. Die deutschen Industrieunternehmen sind im internationalen Vergleich stark aufgestellt, müssen aber zukünftig auf IKT und Dienstleistungen beruhende Geschäftsmodelle entwickeln, um wettbewerbsfähig bleiben zu können. Eine solche Beziehung des produzierenden Gewerbes zum IKT-Sektor bietet in der Entwicklung von Industrie 4.0 eine Chance für Deutschland, die starke Stellung der Industrie zu bewahren und auszubauen. Sollten diese Potenziale allerdings nicht im nationalen Kontext genutzt werden, droht der deutsche IKT-Sektor noch deutlicher an Bedeutung zu verlieren – der deutschen Industrie bliebe wiederum die Möglichkeit zur Kooperation mit internationalen IKT-Unternehmen.

5.2. Innovationsfähigkeit

Nach Schumpeter sind Innovationen der Motor der Wirtschaft. Innovatives Handeln ändert die Struktur einer Ökonomie, indem etwas Neues getan, das Bestehende neu organisiert oder um neue Aspekte ergänzt wird (Schumpeter 2006, S. 132f). Vor dem Hintergrund von Industrie 4.0 gilt dieser Zusammenhang umso mehr:

Gerade für entwickelte Volkswirtschaften hängt die Wettbewerbsfähigkeit immer stärker von ihrer Innovationsfähigkeit ab (Kagermann 2013, S. 51).

Innovationen beruhen auf Lernprozessen, sie haben einen kommerziellen Kern und sind in erster Linie das Resultat des Strebens von Unternehmen nach neuen Möglichkeiten der Wertschöpfung. Der Anreiz für Innovationen entstammt der kommerziellen Domäne in Form der Nachfrage nach Produkten zu bestimmten Preisen, wodurch auch Prozesse und Organisationsformen Gegenstand der Innovation werden (Müller und Veyrassat 2001, S. 9). Darin grenzen sie sich von der Erfindung beziehungsweise der reinen Forschung ab, die in erster Linie ohne Berücksichtigung kommerzieller Interessen an Problemlösungen interessiert ist (Haller 2014, S. 98). Als Quelle neuen Wissens und neuer Möglichkeiten ist die reine Forschung jedoch ebenfalls eine treibende Kraft für Innovationen.

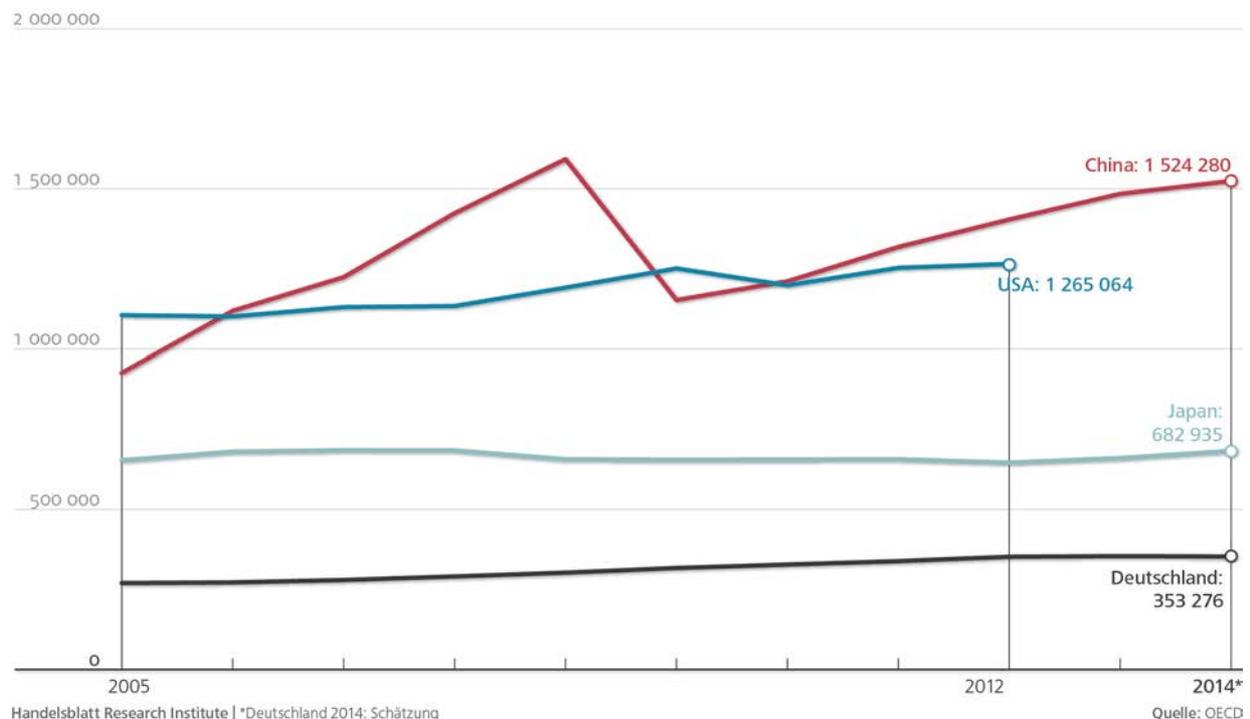
Die Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft drückt folglich ihre Fähigkeit aus, neue Technologien, Produkte und Prozesse zu entwickeln und zu vermarkten. Dabei spielen die eigenen Forschungsanstrengungen (FuE-Personal, FuE-Ausgaben, Anteil der FuE-Ausgaben am BIP) genauso eine Rolle wie die Kommerzialisierungsfähigkeit neuer Ideen (Patente, Trademark Applications) als auch die Möglichkeit und Bereitschaft, neue Unternehmen zu gründen (Anzahl der Gründungen, Verfügbarkeit von Risikokapital).

5.2.1. Forschungsintensität und -erfolg

5.2.1.1. Beschäftigte des Forschungs- und Entwicklungssektors

Forschung und Entwicklung ist die Grundlage für die Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft oder eines Unternehmens. Durch Investitionen in Forschung, ob auf Ebene der Grundlagenforschung oder der stärker anwendungsorientierten Forschungsstufen, wird die Basis für neue Prozesse oder Produkte und deren Weiterentwicklung gelegt. Für die Fähigkeit der Volkswirtschaften, Industrie 4.0-Prozesse und -Produkte zu entwickeln, ist die Stärke des FuE-Sektors deshalb besonders wichtig.

Abbildung 24: Vollzeitäquivalente Forscher in FuE



Als erster Indikator für die Stärke des FuE-Sektors einer Volkswirtschaft dient die Anzahl der Vollzeitäquivalenten Forscher (Abbildung 24). Im Jahr 2005 waren in den USA 1,1 Millionen Beschäftigte im privaten und öffentlichen FuE-Bereich angestellt. Damit lagen die USA in diesem Bereich etwa gleichauf mit China und deutlich vor Japan (680.000) und Deutschland (272.000). In Japan blieb dieser Wert über die kommenden zehn Jahre relativ konstant (682.935 im Jahr 2014), während Deutschland eine kontinuierliche Steigerung verzeichnete (353.276 im Jahr 2014) und damit die Lücke zu Japan verkleinerte. Die schwache Entwicklung in dieser Zeit ist ein weiterer Indikator für die Probleme der japanischen Wirtschaft, die bereits in der Betrachtung des produzierenden Gewerbes und des IKT-Sektors deutlich wurden. Begleitet von einigen Schwankungen war die Grundtendenz in den USA die gleiche wie in Deutschland: Eine stetige Ausweitung des FuE-Personals bis auf knapp 1,3 Millionen Beschäftigte im Jahr 2012.²⁰ Die stärkste Entwicklung war in China zu beobachten. Im Jahr 2005 bei 1,1 Millionen Beschäftigten gestartet, ließ das Land die USA im Zeitverlauf deutlich hinter sich.

5.2.1.2. Ausgaben für Forschung und Entwicklung

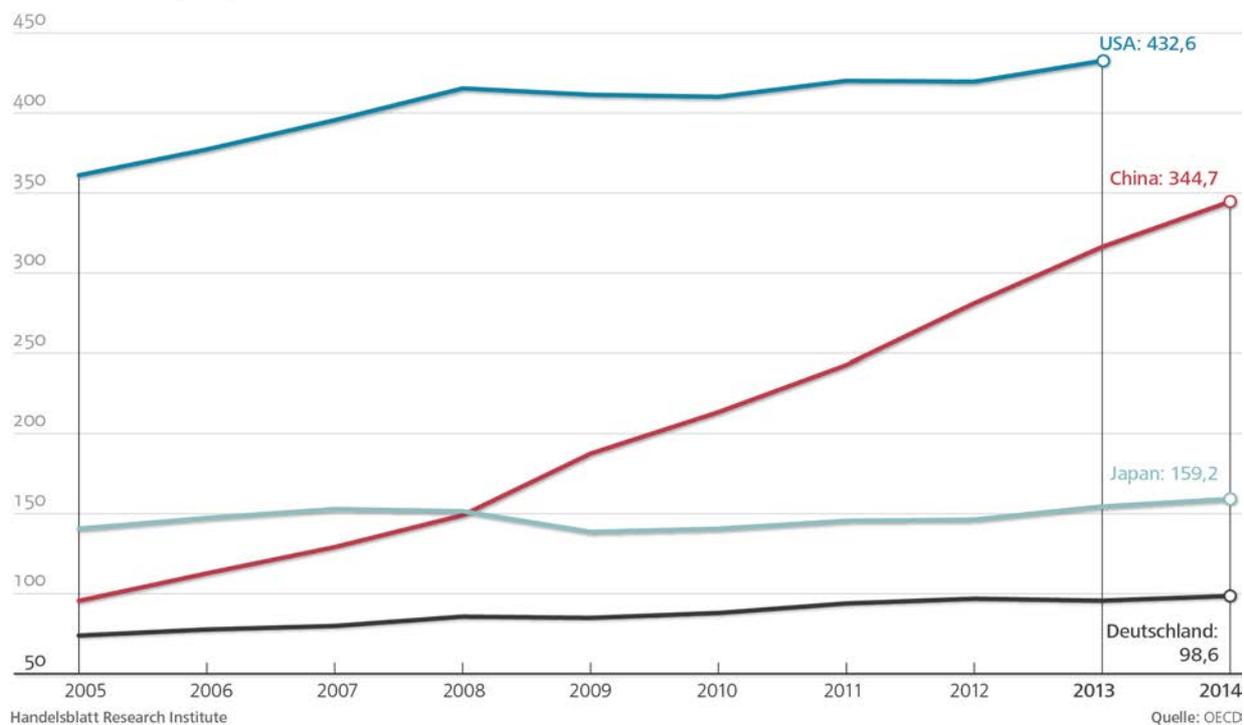
Die USA gaben im Jahr 2005 gut 361 Milliarden US-Dollar im FuE-Bereich aus, und damit mehr als dreieinhalb Mal so viel wie China (95,5 Milliarden US-Dollar), rund zweieinhalb Mal so viel wie Japan und fast fünf Mal so viel wie Deutschland (Abbildung 25). Wie auch schon beim FuE-Personal, nahmen Japan und Deutschland in der Folge eine mäßige Aufwärtsentwicklung, wobei Deutschland (+25 Milliarden US-Dollar)

²⁰ Daten für 2013 waren zum Zeitpunkt der Studiererstellung für die USA noch nicht verfügbar.

die Lücke zu Japan (+19 Milliarden US-Dollar) ein wenig verkleinerte. Die USA steigerten die FuE-Ausgaben bis ins Jahr 2013 deutlich um rund 70 Milliarden US-Dollar und vergrößerten den Abstand zu Deutschland und Japan. Wie auch beim Personal in diesem Bereich, nahm China eine bemerkenswerte Entwicklung. Die 344 Milliarden US-Dollar im Jahr 2014 sind mehr als das dreieinhalbfache der Ausgaben im Jahr 2005. Damit hat China Japan und Deutschland weit hinter sich gelassen und ist auf dem Wege, zu den USA aufzuschließen.

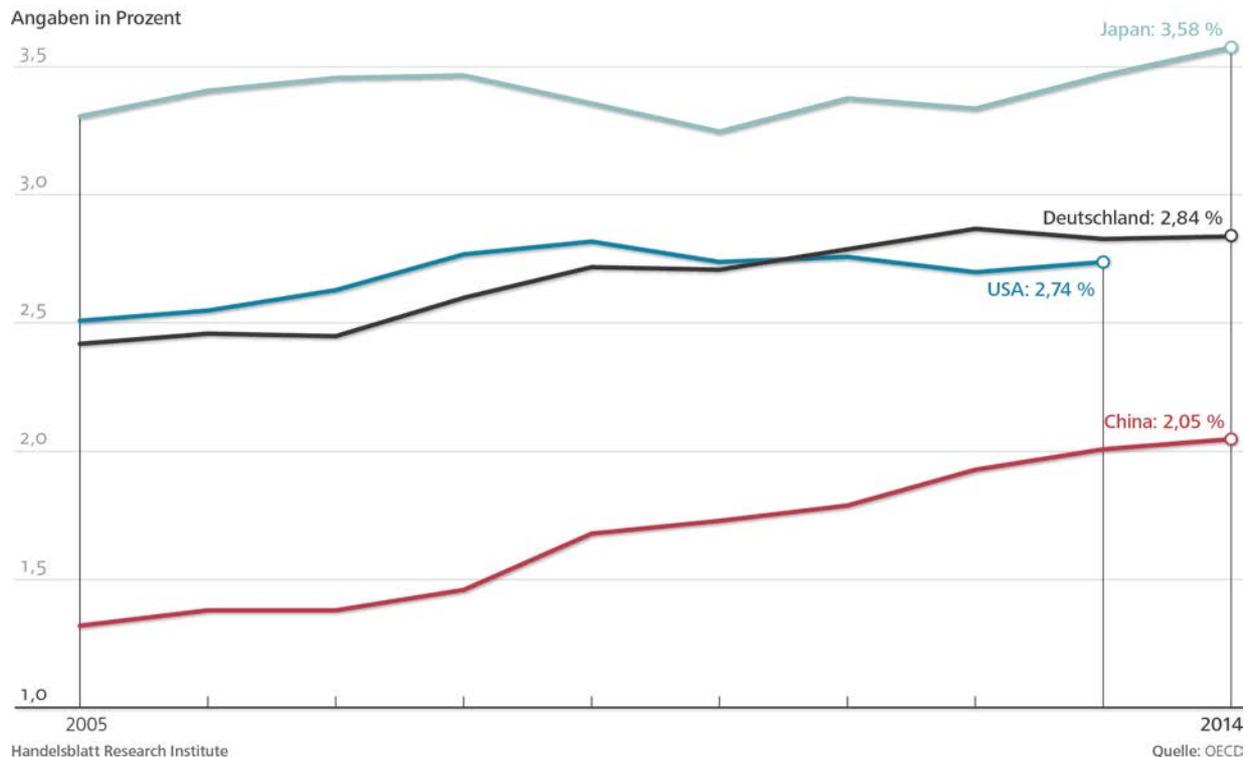
Abbildung 25: FuE-Ausgaben

Milliarden US Dollar, Basisjahr 2010



Der Anteil der Ausgaben für Forschung und Entwicklung an der wirtschaftlichen Leistung (BIP) der vier Länder (Abbildung 26) ergänzt und relativiert die absoluten Zahlen. Spitzenreiter über den gesamten Zeitraum sind hier nicht die USA, sondern Japan, das im Jahr 2014 3,58 Prozent des BIPs für den Bereich FuE aufwendete. Die Entwicklung zwischen den Jahren 2005 und 2014 war dabei leicht positiv. Deutlicher stiegen diese Anteile in Deutschland und den USA. Im Jahr 2005 bei 2,42 (Deutschland) und 2,51 (USA) Prozent gestartet, entwickelten sich die Anteile über die kommenden Jahre deutlich aufwärts, wobei Deutschland (2014: 2,84 Prozent) seit dem Jahr 2011 vor den USA liegt.

Abbildung 26: Anteil der FuE-Ausgaben am BIP



Zusammenfassend zeigt sich, dass die Forschung und Entwicklung zwischen 2005 und 2014 in allen vier betrachteten Industrieländern an Bedeutung gewonnen hat. Sowohl die absoluten und relativen Ausgaben als auch das beschäftigte Personal stiegen deutlich an. Blickt man auf die absoluten Zahlen, dann liegen die USA und China weit vor Japan und Deutschland. Setzt man die FuE-Ausgaben ins Verhältnis zum BIP, dann dreht sich das Bild um und Japan und Deutschland nehmen die Spitzenpositionen ein. Chinas wirtschaftlicher Aufstieg schlägt sich sehr deutlich in den FuE-Ausgaben nieder; bei allen betrachteten Indikatoren ist ein deutlich stärkeres Wachstum als in den anderen Ländern zu sehen. Das zeigt, dass China die Entwicklung von der arbeitsintensiven Fertigung zur wissensorientierten Wirtschaft vorantreibt.

Zudem spiegelt der große Anteil des privaten Sektors an den FuE-Ausgaben deutlich wider, dass öffentliche Förderung zwar ein Mittel ist, die Forschung voranzutreiben, es aber letztlich vor allem auf die Privatwirtschaft ankommt. Das hat Implikationen für die eingangs der Studie diskutierte Herangehensweise der vier Länder an das Thema Industrie 4.0: Während in den USA bereits stark die Privatwirtschaft die Richtung bestimmt, treiben in den anderen drei Ländern die Regierungen die Entwicklung zur Industrie 4.0 wesentlich voran. Wenn sie primär eine organisatorische Rolle einnimmt, muss das auch kein Problem sein – aber ohne die Einbindung privater Träger ist kein nachhaltiger Erfolg zu erwarten.

5.2.2. Kommerzialisierungsfähigkeit

Die Entwicklung von neuen Prozessen und Technologien zur Steigerung der Produktivität ist nur eine Voraussetzung, um die Wettbewerbsfähigkeit zu verbessern. Zudem braucht es die erfolgreiche Vermarktung

neuer Produkte, Prozesse und Technologien. Hier kommt die Kommerzialisierungsfähigkeit ins Spiel, die über die folgenden Indikatoren abgebildet werden soll.

5.2.2.1. Patentanmeldungen

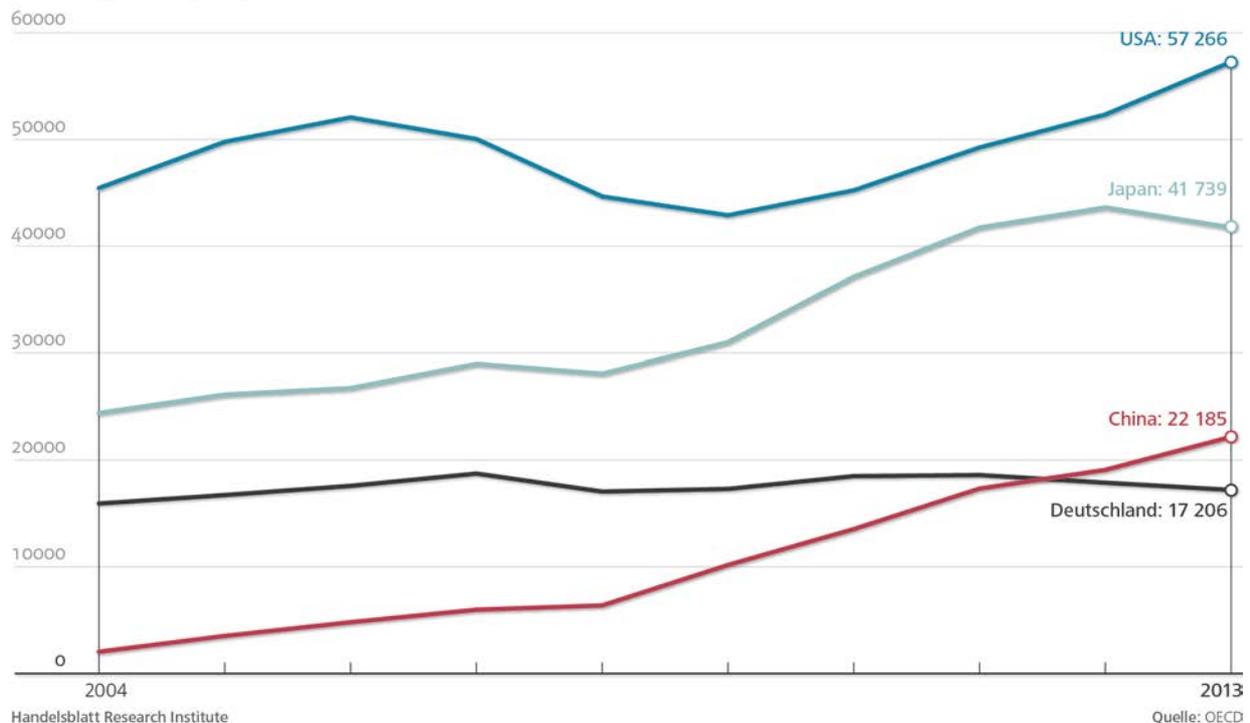
Die Ausgaben für FuE stellen einen zentralen Indikator der Innovationsfähigkeit eines Landes dar, sagen allerdings nichts über die Ergebnisse der damit finanzierten Forschung aus. Diesem kann man sich durch einen Blick auf die Patentanmeldungen annähern (OECD patent statistics manual 2009, S. 26).

Da gerade technologieintensive Firmen global agieren und dem internationalen Wettbewerb ausgesetzt sind, ist der Patentschutz nicht nur auf dem Heimatmarkt, sondern auch auf den wichtigsten ausländischen Märkten eine Voraussetzung für deren Wettbewerbsfähigkeit. Patente können als Maß für den Transfer von Forschungs- und Entwicklungsergebnissen in den Innovationsprozess gelten. Patente sind einerseits der Output der Forschung und Entwicklung und andererseits der Input in die Innovationsprozesse und Marktaktivitäten (OECD patent statistics manual 2009, S. 27; Frietsch et al. 2010, S. 6). Damit sind Patente ein Maß für die Produktivität des Forschungs- und Entwicklungssektors im Kontext der potenziellen Vermarktbarkeit sowie der technologischen Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes (Frietsch et al. 2010, S. 6).

Diese Definition ruft allerdings zwei Probleme hervor. Erstens verzerren unterschiedliche Rechtslagen und Prüfprozesse die internationale Vergleichbarkeit nationaler Patentstatistiken (OECD patent statistics manual 2009, S. 28). Zweitens werden nicht nur kommerziell verwertbare Patente angemeldet; die übergroße Mehrzahl der Patentanmeldungen ist kommerziell sogar wertlos (Frietsch et al. 2010, S. 1). Um diese Probleme zu umgehen, werden im Rahmen dieser Studie die Patentanmeldungen unter dem Patent Cooperation Treaty (PCT) berücksichtigt. Unter dem PCT kann die Patentanmeldung relativ einfach in mehreren Ländern gleichzeitig erfolgen, ohne zum Beispiel Übersetzungen anfertigen zu müssen. Ab dem Jahr 2000 gelten die Patentanmeldungen unter dem PCT als repräsentativ für internationale Vergleiche (Frietsch et al. 2010, S. 4). Darüber hinaus zeigen Studien, dass internationale Patente einen höheren ökonomischen Wert haben als nationale (Frietsch et al. 2010, S. 7). Von einer Gewichtung der Patente wird abgesehen, da sie keinen relevanten Nutzen verspricht (Frietsch et al. 2010, S. 111).

Abbildung 27: Anzahl der Patentanträge im internationalen Patentsystem (PCT)

Anmeldungen nach priority date und Sitz des Erfinders



Im Überblick (Abbildung 27) zeigt sich, dass im Betrachtungszeitraum 2004 bis 2013 alle Vergleichsländer außer Deutschland ihren Patentoutput deutlich gesteigert haben. Während der in Deutschland relativ konstant war, konnten die USA die Anzahl der Patente nach einem Zwischentief im Jahr 2009 deutlich steigern, auch in Japan gab es eine deutlich positive Entwicklung. China startete 2004 auf einem niedrigen Niveau, hatte aber im Jahr 2012 Deutschland überholt; insgesamt konnte China die Zahl der Patente um 868 Prozent²¹ steigern und befand sich 2013 an dritter Stelle vor Deutschland.

Auffällig ist der relativ starke Anstieg der Patentanmeldungen in Japan, der erst 2012 – nahe am US-amerikanischen Niveau – unterbrochen wurde. Gegenüber 2004 hat Japan damit seinen Abstand zu Deutschland fast verdreifacht. Diese Entwicklung steht in einem Gegensatz zur gesamtwirtschaftlichen Entwicklung sowie der Entwicklung des IKT-Sektors und des produzierenden Gewerbes (vgl. Kapitel 5.1.1).

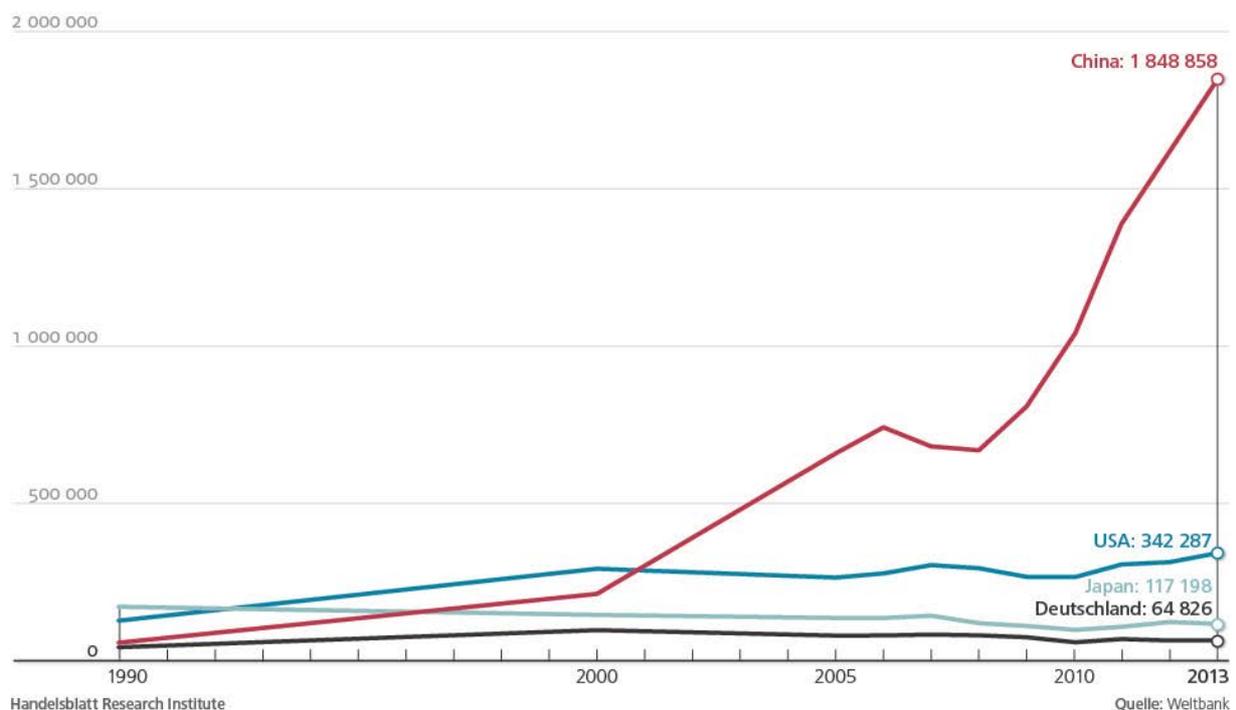
5.2.2.2. *Trademark Applications*

Neben Patenten ist auch der Schutz von Markenrechten ein Indikator, der auf die Kommerzialisierungsfähigkeit der Länder hindeutet. Anders als durch ein Patent wird dabei nicht die Nutzung einer Erfindung an sich reguliert, sondern die Kennzeichnung einer Marke. Die Zahl an

²¹ Diese Zahl sollte mit einer gewissen Zurückhaltung betrachtet werden, denn in China können die Bezirke Patente durch finanzielle Anreize fördern, wodurch FuE-Abteilungen sogar zu Profitcentern ausgebaut werden können. PCT-Anmeldungen scheinen dabei sogar bevorzugt zu werden. (Germany Trade & Invest 2015)

Patentanmeldungen zeigt an, wie viele Produkt- und Unternehmensentwicklungen als schutzwürdig betrachtet werden. Sie gibt einen Hinweis auf die Kommerzialisierbarkeit unternehmerischer Leistungen. Die Anmeldung von Markenrechten zeigt den Schutz von Marken an und ist damit noch näher an der Marktsituation. Zwar ist der Entwicklungsaspekt hier deutlich weniger ausgeprägt, im Zusammenspiel zeichnen die Indikatoren Patente und Markenrechte allerdings ein Bild der marktnahen Entwicklungstätigkeit.

Abbildung 28: Markenrechtsanmeldungen



Im Jahr 1990 wies Japan gut 170.000 Markenrechtsanmeldungen auf, 127.000 waren es in den USA, deutlich dahinter folgten China mit 57.000 und Deutschland mit 48.000 (Abbildung 28). In den folgenden Jahren gab es in Deutschland einen klaren Aufwärtstrend. Bis ins Jahr 2009 stieg die Zahl der Anmeldungen auf über 80.000, ehe sie im Zuge der Finanzkrise ein wenig absackte und sich in den Jahren 2012/13 auf rund 65.000 einpendelte. In Japan gab es einen Abwärtstrend. Im Jahr 2009 auf dem Tiefstwert von 110.000 Anmeldungen angekommen, lag die Anmeldezahl im Jahr 2013 bei 117.000 deutlich unter dem Wert im Jahr 1990. Die Anmeldezahl in den USA stieg bis zur globalen Finanzkrise kontinuierlich an, der dann folgende leichte Rückgang wurde in der Folge überkompensiert, sodass sich das Land im Jahr 2013 mit 342.000 Anmeldungen deutlich vor Deutschland und Japan positionierte. Die auffälligste Entwicklung ist allerdings in China zu beobachten, wo sich der gesamtwirtschaftliche Erfolg auch im Schutz von Markenrechten niederschlägt. Zwischen den Jahren 1990 und 2000 wurde die Zahl der Anmeldungen bereits annähernd vervierfacht, in der Folge stieg die Zahl der Markenrechtsanmeldungen explosionsartig an. Waren

es im Jahr 2005 660.000, wurde im Jahr 2010 erstmals die Marke von einer Millionen Neuanmeldungen durchbrochen. Im Jahr 2013 war mit 1,85 Millionen bereits die Zweimillionen-Marke im Visier.

Die stark steigende Zahl der Markenrechtsanmeldungen zeigt den deutlichen wirtschaftlichen Aufschwung an, den China in den vergangenen Jahren erlebte. Erst seit den 1980er Jahren gibt es hier ein Markenrecht. In den vergangenen Jahren ließ China die anderen drei Länder bei der Zahl der Anmeldungen weit hinter sich. Dazu trugen noch weitere Faktoren bei: Einen Antrag auf Markenrecht zu stellen, ist in China vergleichsweise günstig, zudem gab es in den vergangenen Jahren viele Fälle, in denen chinesische Hersteller der Markenschutz zur Legitimation von Quasi-Plagiaten nutzten.²² Es ist also kaum möglich, eins zu eins von der steigenden Anzahl von Anträgen auf Markenschutz auf das Innovationspotenzial eines Landes zu schließen. Dennoch lässt die Entwicklung in den vier Ländern zumindest in begrenztem Rahmen Rückschlüsse auf ihre Innovationstätigkeit zu.

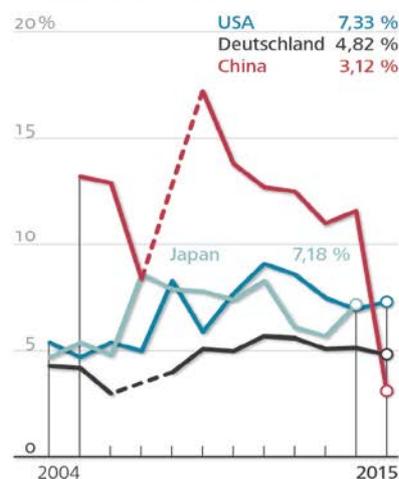
5.2.2.3. Gründungstätigkeit

Unternehmensgründungen sind ein Treiber wirtschaftlichen Wachstums und ein Indikator für die Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft. Etablierte Unternehmen, vor allem ab einer gewissen Größe, greifen in der Regel auf spezielle FuE-Abteilungen oder Kooperationen mit anderen Unternehmen oder Hochschulen zurück. Neue Unternehmen sind häufig deshalb Motor unternehmerischer Innovationen und radikaler Veränderungen, weil der Gründung selbst in vielen Fällen eine Innovation zugrunde liegt (Sternberg et al. 2015).

Abbildung 29: Entrepreneurship

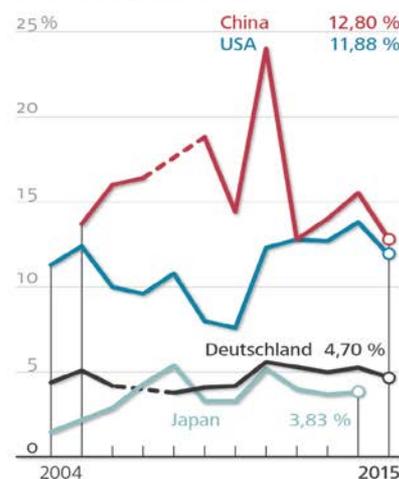
Established Business Ownership Rate

Anteil der Bevölkerung (18-64) in Prozent, dem ein eigenes Unternehmen gehört, das seit mindestens 42 Monaten Gehälter zahlt und ein tatsächliches Geschäft führt.



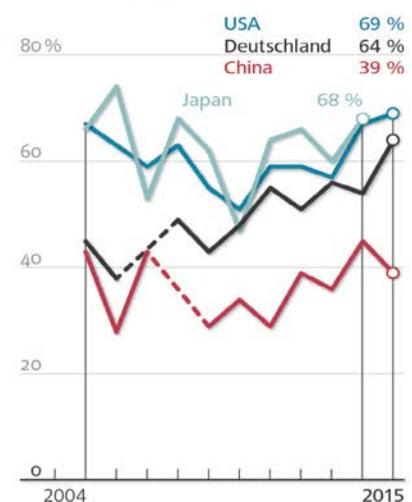
Total early stage Entrepreneurial Activity (TEA)

Anteil der Bevölkerung (18-64) in Prozent, dem ein eigenes Unternehmen gehört, das seit höchstens 42 Monaten existiert oder die die Gründung vorbereiten.



Improvement-driven Entrepreneurial Activity

Anteil der TEA in Prozent, die gründen, weil sich ihnen eine Gelegenheit bietet und nicht, weil sie keine andere Wahl haben.



²² <http://www.faz.net/aktuell/wirtschaft/markenschutz-in-china-wenn-puma-und-armani-ploetzlich-chinesisch-werden-11978090.html>

Trotz der großen Zahl international erfolgreicher Mittelstandsunternehmen gilt Deutschland eher als ein Land von Gründungsmuffeln – unter anderem wegen einer schlechten Vorbereitung auf das Gründen im Bildungssystem und der stark ausgeprägten Angst vor dem Scheitern. Die fehlende Gründungsbereitschaft zeigt sich auch im Vergleich mit Japan, China und den USA. Im Jahr 2004 besaßen rund fünf Prozent der deutschen Bevölkerung im erwerbsfähigen Alter ein neu gegründetes Unternehmen. Damit stand Deutschland auf dem dritten Rang, nur Japan lag mit gerade einmal 1,5 Prozent noch dahinter. Zwar stieg der Gründeranteil in den folgenden Jahren etwas, der Rückstand auf China und die USA vergrößerte sich allerdings noch. Die USA, denen vor dem Hintergrund der weltberühmten Start-up-Szene in Silicon Valley und einer ausgeprägten Kultur der Akzeptanz des Scheiterns eine hohe Gründungsaktivität nachgesagt wird, liegen tatsächlich deutlich vor Deutschland und Japan. Die Anteile schwankten über die zehn Betrachtungsjahre relativ stark zwischen acht Prozent (2009) und 13,8 Prozent (2015), stiegen aber nach einem Einbruch auf dem Hochpunkt der Finanzkrise wieder deutlich an.

Weit vor den anderen drei Ländern liegt die Begeisterung für Gründungen in China. Der niedrigste Wert wurde bei knapp 13 Prozent im Jahr 2012 errechnet, nur ein Jahr zuvor waren es sogar 24 Prozent. Im Jahr 2015 fiel China aber auf die 12,8 Prozent des Jahres 2012 zurück. Das zeigt auf der einen Seite die Bedeutung von Gründungen in China, auf der anderen Seite aber auch eine starke Volatilität der Gründungsaktivitäten. Laut Angaben des Global Entrepreneurship Monitors (Singer et al. 2015) hält die Qualität der Neugründungen nicht mit der Quantität Schritt – was die hohen Anteile relativiert und gleichzeitig die überdurchschnittlich starken Schwankungen erklärt.

Während Gründungen auf der einen Seite als positives Phänomen für eine Volkswirtschaft gesehen werden können, spielt für eine genauere Betrachtung auch die Motivation hinter einer Gründung eine Rolle. So können auf der einen Seite Unternehmen gegründet werden, weil eine ökonomische Chance gesehen wird, auf der anderen Seite, weil die Gründer keine andere Jobperspektive haben. Beim ersten Motiv liegt eine bewusste Entscheidung für die eigene Idee und gegen alternative Berufschancen vor, während bei Gründungen aufgrund von Perspektivlosigkeit die Erfolgchancen generell als geringer eingeschätzt werden können und weniger ein Zeichen einer innovativen, sondern einer kränkelnden Volkswirtschaft sind.

Der Blick auf die Erhebungen des Global Entrepreneurship Monitors lässt vor allem die hohe Zahl an Gründungen in China in einem weniger positiven Licht erscheinen. Hier liegt der Anteil der Gründungen, die aufgrund einer wirtschaftlichen Gelegenheit erfolgen, konstant unter 50 Prozent, seit dem Jahr 2011 allerdings langfristig mit aufsteigender Tendenz.

Auch in Deutschland, wo der Wert in den Jahren 2004 und 2005 sehr niedrig war, gab es zuletzt eine positive Entwicklung; seit dem Jahr 2011 liegt der Anteil bei über 50 Prozent. Die Entwicklung in Japan war über den betrachteten Zeitraum negativ – gründeten im Jahr 2005 noch drei Viertel der Neuunternehmer, weil sie eine wirtschaftliche Gelegenheit sahen, war es im Jahr 2010 weniger als die Hälfte aller Gründer, die dieses Motiv sahen. Danach stieg der Anteil aber wieder an, im Jahr 2015 waren es rund zwei Drittel.

Die USA sind das einzige Land des Rankings, in dem über den gesamten Betrachtungszeitraum mehr als die Hälfte der Gründer aus dem Chancenmotiv heraus die Selbstständigkeit wählte. Zwar fiel der Anteil während der Finanzkrise deutlich und Gründungen aufgrund von Perspektivlosigkeit gewannen an Bedeutung, zuletzt gab es aber im Zuge der Erholung der US-Konjunktur auch wieder eine positive Entwicklung der Motivation hinter Firmengründungen.

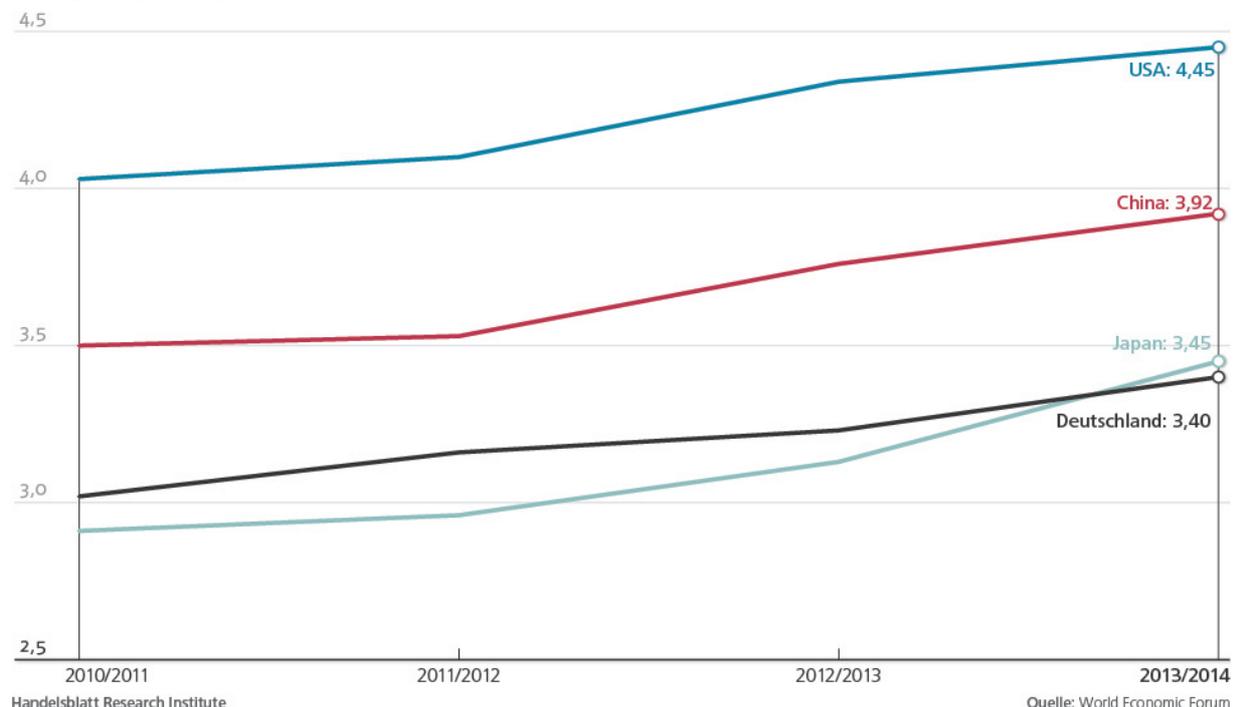
Die USA sind ihrem Ruf als Gründernation in den letzten Jahren durchaus gerecht geworden: Die Anzahl an Gründungen ist hoch und die Motivation dahinter chancenorientiert. Deutschland und Japan sind deutlich weniger aktiv auf diesem Gebiet. China weist zwar eine sehr hohe Zahl an Neugründungen auf, allerdings ist die Qualität dieser Gründungen eher zweifelhaft. Die Motivation ist in vielen Fällen Perspektivlosigkeit, was die innovative Stärke vieler chinesischer Gründungen in Frage stellt.

5.2.2.4. Verfügbarkeit von Risikokapital

Die Verfügbarkeit von Risikokapital ist eng mit der Gründeraktivität verknüpft. Risikokapital dient in der Regel zur frühen Finanzierung von technologieorientierten Start-ups, also genau den Gründungen, die besonders im Hinblick auf Industrie 4.0 als Innovationsmotor gelten können.

Abbildung 30: Verfügbarkeit von Risikokapital

1 bis 7 (Höchstpunktzahl) Skala



Im Networked Readiness Index (Dutta et al. 2015), in dem das World Economic Forum darstellt, wie Länder in Bezug auf die Herausforderung eines wachsenden Informations- und Technologiesektors aufgestellt sind, wird auch die Verfügbarkeit von Risikokapital analysiert. Grundlage der Bewertung für die Verfügbarkeit von

Risikokapital bilden die Umfragen des Executive Opinion Surveys, einer repräsentativen Umfrage unter Experten und Entscheidern jedes dargestellten Landes.²³ In allen vier hier untersuchten Ländern gibt es einen klaren Aufwärtstrend – auf der Notenskala von eins bis sieben ist die Verfügbarkeit von Risikokapital gestiegen. Deutschland und Japan liegen fast gleichauf, doch erreichten im Durchschnitt der Jahre 2013/14 trotz der positiven Entwicklung nicht einmal die Hälfte der Maximalnote von sieben. Hier ist also eindeutig noch Luft nach oben. China steht ein wenig besser da und lag mit 3,9 im Jahr 2013/14 auf dem zweiten Rang unter den vier hier betrachteten Ländern. An der Spitze des Feldes stehen die USA, die mit 4,4 im Jahr 2013/14 auch mit Abstand die beste Platzierung erreichten.

Hier ist festzuhalten, dass die USA in Bezug auf die Verfügbarkeit von Wagniskapital klare Vorteile gegenüber den anderen Nationen haben und auch China deutlich besser abschnitt als Deutschland und Japan. Die Implikationen dahinter sind allerdings nicht ganz eindeutig. In den USA kann argumentiert werden, dass die starke IT-Start-up-Szene in Silicon Valley von den Finanzierungsmöglichkeiten profitiert, allerdings kann auch der internationale Erfolg vieler IT-Konzerne und der gute Ruf amerikanischer Start-ups dazu führen, mehr Kapital anzuziehen – eine kausale Interpretation erlauben die Zahlen nicht. In China ist die Finanzierungssituation ebenfalls relativ gut und es gibt eine hohe Anzahl an Gründungen, deren Erfolgsaussichten allerdings nicht immer hoch sind. Eine gute Bereitstellung von Risikokapital kann im Zweifel auch Fehlanreize setzen und zu riskante Unternehmen fördern.

5.2.3. MINT-Berufe

Die Ausweitung der Ausbildung in den sogenannten MINT-Fächern (Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft, Technik) ist ein zentrales Ziel der Bildungspolitik in vielen Ländern, darunter auch in den hier betrachteten. In Deutschland gibt es eine Reihe von Förderprogrammen wie „mint – Zukunft schaffen“, die USA haben ein „Committee on STEM²⁴ Education“ und einen aktuell laufenden bundesweiten Fünfjahresplan zur STEM-Förderung.

Diese Bemühungen sind ökonomisch wohlbegründet. So zeigt das IW in Köln in einer aktuellen Studie (Anger et al. 2015), dass es eine enge Korrelation zwischen Innovationen und MINT-Qualifikation gibt. Die fünf Branchen mit dem höchsten Anteil an Arbeitnehmern mit akademischen MINT-Abschlüssen liegen auch in einem Ranking anhand von Bildungsindikatoren vorn. Branchen mit einem hohen MINT-Anteil zeichnen sich zudem durch hohe finanzielle Aufwendungen für Forschung und Entwicklung aus. Die MINT-Förderung ist also weniger ein bildungspolitischer Selbstzweck als eine wirksame Innovationsförderung. Vor diesem Hintergrund soll die aktuelle Situation der MINT-Absolventen in Deutschland, den USA, China und Japan betrachtet werden. Die Qualität des Bildungssystems im MINT-Bereich wird unter dem Indikator Bildung

²³ Weitere Informationen zum Networked Readiness Index und dem darin enthaltenen Executive Opinion Survey lassen sich in Dutta et al. 2015 finden.

²⁴ Science, Technology, Engineering and Mathematics – die englische Entsprechung von MINT.

abgehandelt. Die aktuelle Innovationskraft einer Volkswirtschaft wird allerdings maßgeblich durch die aktuelle Nachfrage und das Angebot an Fachkräften beeinflusst – diese sollen hier abgebildet werden.

In Deutschland ist die Zahl der Beschäftigten mit einem akademischen MINT-Abschluss zwischen 2005 und 2012 um gut 20,9 Prozent auf knapp 2,4 Millionen gestiegen, bei nicht-akademischen Facharbeitern aus dem MINT-Bereich lag der Anstieg im gleichen Zeitraum bei 8,5 Prozent (Anger et al. 2015, S. 13). Allerdings waren im Jahr 2012 rund 470.000 erwerbstätige MINT-Akademiker über 55 Jahre alt, sodass in den kommenden Jahren ein hoher Ersatzbedarf auftritt – eine Steigerung der Zahl der MINT-Arbeitskräfte ist dabei noch nicht eingerechnet (Anger et al. 2015, S. 16). Nicht alle MINT-Absolventen arbeiten in Berufen, auf die ihre Ausbildung klassisch zugeschnitten ist. Um den MINT-Arbeitsmarkt vollständig abzubilden, muss auch die Nachfrageseite betrachtet werden. Im Jahr 2014 waren in Deutschland 6,5 Millionen Arbeitnehmer in MINT-Berufen beschäftigt, 1,15 Millionen von ihnen in Berufen, die eine akademische Ausbildung voraussetzen (Anger et al. 2015, S. 13). Auch hier gab es einen deutlichen Anstieg in den vergangenen Jahren: Die Anzahl der Arbeitnehmer in akademischen MINT-Berufen stieg seit 2010 um rund sieben Prozent.

In den vergangenen Jahren ist in Deutschland sowohl die Zahl der MINT-Absolventen im Arbeitsmarkt als auch die Anzahl der MINT-Berufe gestiegen. Das ist vor dem Hintergrund der Bedeutung, die dies für die Innovationsfähigkeit des Landes hat, eine sehr positive Entwicklung. Allerdings werden Angebot und Nachfrage noch nicht optimal zusammengebracht. So wurden im April 2015 immerhin 335.000 MINT-Stellen nicht besetzt, während es 234.000 arbeitssuchende MINT-Absolventen gab. Dadurch nutzt Deutschland das Potenzial, das MINT-Absolventen entfalten könnte, nicht im vollen Maße aus. Zudem ist vor dem Hintergrund der demografischen Entwicklung in den kommenden Jahren mit einer Verschärfung des Fachkräftemangels über die gesamte Volkswirtschaft hinweg zu rechnen (Zika et al. 2015).

In den USA ist die Lage schwierig zu beurteilen, wie aus einer breit angelegten Studie des „Monthly Labor Review“, einer Veröffentlichung des „Bureau of Labor Statistics“ im US-Arbeitsministerium, hervorgeht (Yi und Larson 2015). Sie zeigt, dass auf dem akademischen Arbeitsmarkt in keinem der STEM-Fächer von einem Mangel an Fachkräften gesprochen werden kann. Im Gegenteil stehen für die wissenschaftlichen Nachwuchskräfte nur eine begrenzte Anzahl von Festanstellungen zur Verfügung, im Bereich der Ingenieurwissenschaften gibt es im Durchschnitt für 14 Prozent der Nachwuchswissenschaftler eine Festanstellung. In der privaten Wirtschaft sieht es anders aus. Während es eher einen Angebotsüberschuss an Naturwissenschaftlern wie Biologen oder Chemikern gibt, werden im IT-Bereich dringend Fachkräfte gesucht. Hier herrscht ein Mangel, der teilweise mit unterqualifizierten oder fachfremden Arbeitskräften aufgefangen wird.

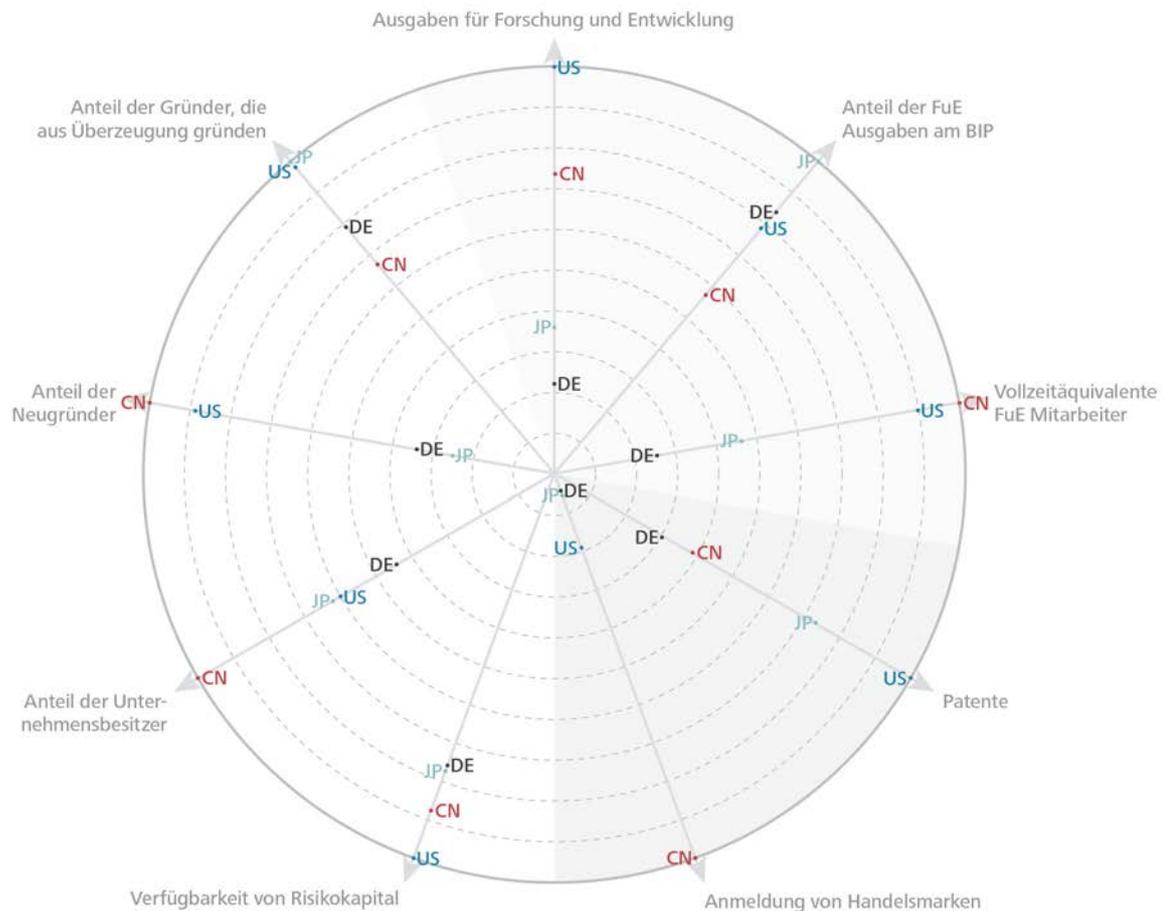
In den kommenden Jahren könnte sich allerdings ein klarerer Trend herausbilden. In den USA wächst der Anteil der Berufe, die ein MINT-Studium voraussetzen, nach Angaben des „Center on International Education Benchmarking“ (Center on International Education Benchmarking 2012) doppelt so stark wie die Zahl der MINT-Absolventen.

Die reinen Graduiertenzahlen in China legen nahe, dass die chinesische Wirtschaft den wachsenden Bedarf an hochqualifizierten Fachkräften problemlos decken können. So gab es im Jahr 2013 rund 6,9 Millionen Universitätsabsolventen, im Jahr 2014 waren es 7,3 Millionen (German Chamber of Commerce in China 2014/15). Gleichzeitig steht die chinesische Hochschulausbildung allerdings nicht auf einem konstant hohen Niveau. Nach einer McKinsey-Studie aus dem Jahr 2005 (Farrell et al. 2005) wurden nur zehn Prozent der chinesischen MINT-Absolventen nach höchsten internationalen Standards ausgebildet, während es in den USA rund 80 Prozent waren. Inwieweit das chinesische Hochschulsystem, gerade vor dem Hintergrund der sich schnell verändernden Anforderungen moderner Volkswirtschaften, ausreichend gut aufgestellt ist, wurde in den vergangenen Jahren immer wieder in Zweifel gezogen (Financial Times 2014, Zhao 2014, Times Higher Education 2015). Der Vergleich der Bildungssysteme zeigt, dass die chinesische Ausbildung auch heute noch nicht das Niveau der anderen Staaten erreicht hat. Die teilweise schlechte Qualität der chinesischen Ausbildung führt dazu, dass es trotz einer ausreichenden Zahl an Absolventen in einigen Berufen zu einem Fachkräftemangel kommen wird, da die Absolventen die Anforderungen des Arbeitsmarkts nicht erfüllen. So kommen bei *Senior Engineers* zwei Stellen auf einen geeigneten Kandidaten, bei *Senior Technicians* sind es 1,78, bei *Technicians* 1,68 und bei *Ingenieuren* 1,64.

5.2.4.

Fazit

In der Kategorie Innovationsfähigkeit haben die USA insgesamt einen Vorsprung vor den anderen Ländern. Sie geben viel Geld für Forschung und Entwicklung aus und beschäftigen viele Mitarbeiter in diesem Bereich. Die Indikatoren zum geistigen Eigentum deuten auf hohes kommerzielles Potenzial der Innovationen hin und die Gründungsszene ist aktiv.

Abbildung 31: Determinanten der Innovationsfähigkeit²⁵


Handelsblatt Research Institute

Quelle: HRI

Auch China hat sich gut positioniert und über die vergangenen Jahre viel Boden gutgemacht. Vor allem der Bereich Forschung und Entwicklung wächst seit einigen Jahren stark. So ist China zwar noch nicht in allen Bereichen an der Spitze angekommen, wenn sich allerdings der Trend der vergangenen Jahre fortsetzt, dürfte China in den kommenden Jahren den Schritt zur wissensorientierten Wirtschaft vollziehen und damit den anderen drei Ländern folgen.

Deutschland und Japan liegen im Bereich der Innovationsfähigkeit in etwa auf Augenhöhe. Sie haben einigen Rückstand auf die USA und über die vergangenen Jahre gegenüber China deutlich verloren.

²⁵ Die Werte sind indiziert, wobei der jeweils stärkste Wert auf 100 gesetzt wurde. Alle Angaben beziehen sich auf das jeweils letzte vollständig vorhandene Berichtsjahr.

Deutschland und Japan zeichnen sich aber durch einen starken Forschungs- und Entwicklungsbereich aus: Gemessen an den Ausgaben im Verhältnis zum BIP liegen sie vor China und den USA. Japan produziert mit diesen Aufwendungen allerdings erheblich mehr Patente als Deutschland.

Bei Firmengründungen haben Deutschland und Japan dagegen einen klaren Nachholbedarf. In Japan gab es in den vergangenen Jahren eine hohe Anzahl an Neugründungen, allerdings ist die Zahl der Bürger, die ein eigenes Unternehmen besitzen, insgesamt noch niedrig. Letzteres gilt auch für Deutschland. Die relativ schlechte Ausstattung mit Risikokapital in beiden Ländern lässt zudem nicht darauf schließen, dass die Gründerszene in naher Zukunft substantziell belebt wird.

Die Innovationsfähigkeit Deutschlands im Vergleich zu den anderen Ländern ist nicht ganz klar zu beurteilen. Zwar ist Deutschland gegenüber Japan, dessen wirtschaftliche Probleme der jüngeren Vergangenheit sich auch bei der Entwicklung von Innovationen niederschlagen, gut positioniert, aber es droht gegenüber den wichtigen Wettbewerbern China und den USA an Boden zu verlieren. Um international wettbewerbsfähig zu bleiben, sollte Deutschland auf dem Gebiet der Innovationsförderung noch aktiver werden. Deutschland kann bei den absoluten Ausgaben für Forschung und Entwicklung nicht zu den deutlich größeren Volkswirtschaften China und USA aufschließen, gibt allerdings gemessen am BIP des Landes relativ viel Geld im FuE-Bereich aus. Die deutsche Forschungslandschaft gilt, unter anderem mit der „Fraunhofer Gesellschaft zur Förderung der angewandten Forschung“, als vorbildlich. Eine besondere Rolle kommt zudem bestehenden deutschen Unternehmen zu. Seit langem bestehende Unternehmen gelten als weniger flexibel und innovativ als neue Unternehmen. Da Deutschland keine große Start-up-Kultur hat, kann dies zum Problem werden. Gleichzeitig sind auch lange bestehende deutsche Unternehmen als durchaus innovativ bekannt, eine enge Kooperation in formalen und nicht formalen Netzwerken unterstützt die Zusammenarbeit. Diese Bildung von Netzwerken, ob auf der Ebene von Unternehmen oder auch mit privaten und öffentlichen Forschungseinrichtungen gewinnt bei der Entwicklung von Industrie 4.0-Anwendungen zunehmend an Bedeutung. Daher sollten die Rahmenbedingungen für Kooperationen zwischen Unternehmen und Hochschulen oder Forschungseinrichtungen verbessert werden. Zum einen sollte die Start-up-Kultur in Deutschland gefördert werden, um die Innovationsfähigkeit zu erhalten und zu stärken. Dies kann über finanzielle Wege geschehen – etwa durch steuerliche Investitionsanreize, um die Verfügbarkeit von Risikokapital zu erhöhen – aber auch durch Beratung und Begleitung, etwa durch Business Angels. Zum anderen müssen auch bestehende Unternehmen das Thema Industrie 4.0 aktiv gestalten. Dies gilt für Großunternehmen, die über große Kapazitäten verfügen, um die Entwicklung voranzutreiben, aber auch für den berühmten deutschen Mittelstand. Auch, wenn mittelständische Unternehmen über begrenzte Mittel verfügen, Entwicklungen zu forcieren, können sie Kooperationen suchen, national und international, um sich für die zu erwartenden Veränderungen aufzustellen. Ein Festhalten an „analogen“ Lösungen wird in der mittleren bis langen Frist zum Risiko für die Wettbewerbsfähigkeit des Standortes Deutschland.

5.3. Bildung

„In time, the Industrial Internet will drive the world towards a blended workforce, where it is no longer humans versus machines but humans with machines, working together to deliver outcomes that neither could produce alone“ (World Economic Forum 2015, S. 21)

94 Prozent der im Rahmen des World Economic Forum Industrial Internet Surveys Befragten gaben an, dass sich die Arbeitsplätze und die Anforderungen an die Arbeitnehmer durch die Digitalisierung fundamental verändern werden (World Economic Forum 2015, S. 21). Industrie 4.0 und das Industrial Internet werden neue Betätigungsfelder wie Digitalmedizin, die digitale Landwirtschaft oder die digitale Produktion schaffen. Dort werden neue Jobs entstehen, die allerdings andere Fähigkeiten voraussetzen als in den Berufsbildern der betroffenen Branchen bisher zu finden waren. Die Maschinen werden routinemäßige Aufgaben übernehmen und der Mensch wird wegen seiner Fähigkeiten gefragt sein, kreative Lösungen zu finden, zu kommunizieren und sich an eine unvorhersehbare Situation anzupassen (World Economic Forum 2015, S. 23).

Arbeit bildet neben Boden und Kapital den Grundstock volkswirtschaftlicher Produktion. Dabei ist nicht nur die Verfügbarkeit von Arbeitskräften an sich von Bedeutung, sondern auch deren Ausbildung, das Humankapital. Bei der Betrachtung der Industrie 4.0-Fähigkeiten einer Volkswirtschaft ist die Bildung deshalb ein bedeutender Indikator, denn grundlegende Umwälzungen im Produktionsprozess stellen die Beschäftigten vor neue Aufgaben und senken die Halbwertszeit von Wissen. Damit werden auch neue Anforderungen an Bildungssysteme gestellt. Bildung gewinnt als Grundlage von selbstständigen Lern- und Weiterbildungsprozessen an Bedeutung, es ist also weniger die Vermittlung von (Fach-)Wissen, die die Qualität der Bildung ausmacht, als vielmehr die Vermittlung von lösungsorientierten Transferkompetenzen. Somit muss die generelle Qualität des Bildungssystems, etwa die Ausstattung, genauso betrachtet werden wie die Teilnahme der Bevölkerung an Bildungsangeboten und nicht zuletzt die Ausrichtung des Systems in Bezug auf die vermittelten Kompetenzen.

Die Qualität der Bildungssysteme der untersuchten Länder wird anhand der folgenden Indikatoren bewertet. Diese Indikatoren bilden zentrale Voraussetzungen der sich verändernden Anforderungen im Zuge des industriellen Transformationsprozesses ab.

5.3.1. Allgemeine Qualität und Bildungsstand

5.3.1.1. *Bildungsausgaben in Relation zum BIP*

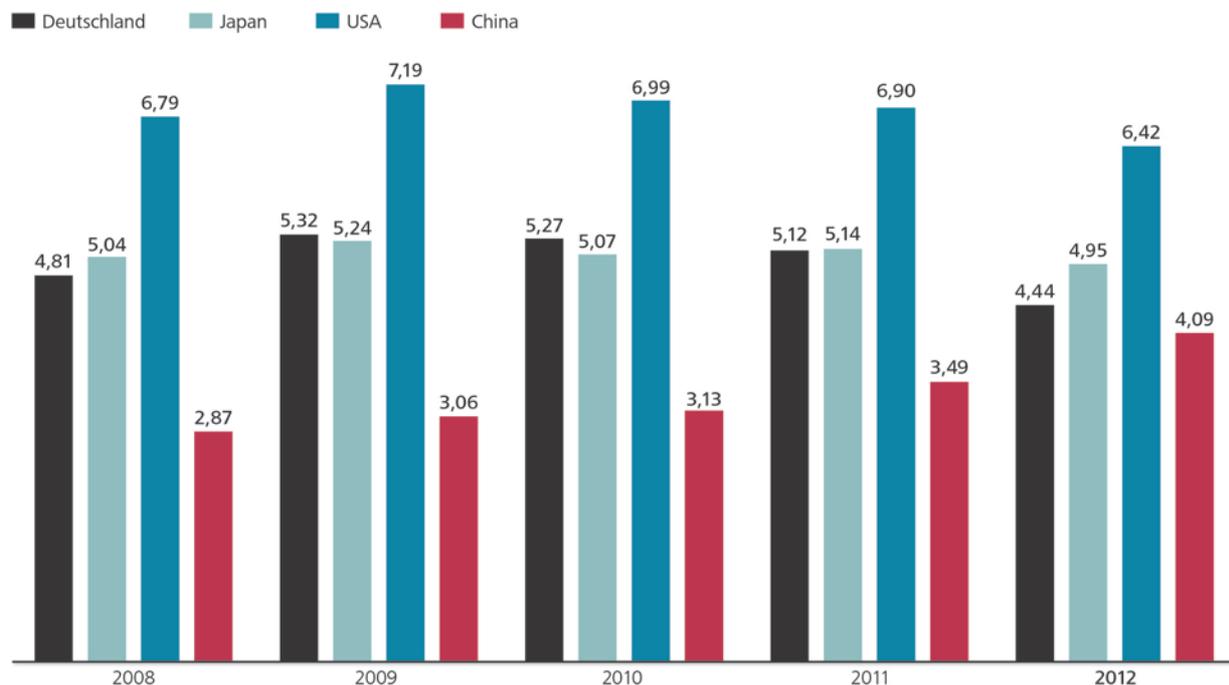
Die Bedeutung und Ausstattung des Bildungssystems kann durch die Ausgaben für den Bildungsbereich angenähert werden (Abbildung 32).

Die USA haben gemessen am BIP die mit Abstand höchsten Bildungsausgaben. Im Jahr 2000 lag der Anteil bei genau sechs Prozent, stieg kontinuierlich bis auf 7,2 Prozent im Jahr 2009 an, fiel allerdings nach diesem

Höchststand auf 6,4 Prozent. Damit lag der Anteil allerdings noch immer deutlich über denen Deutschlands und Japans, die beide auf sehr ähnlichem Niveau im Zeitverlauf ohne einen klaren Trend zwischen 4,4 Prozent und 5,3 Prozent pendelten. Anders die Situation in China: Zwar lag der chinesische Anteil mit 2,9 Prozent (2008) bis 4,1 Prozent (2011) unter den anderen drei Ländern, allerdings zeigte die Tendenz deutlich nach oben – schließlich ist das chinesische BIP in dieser Zeit sehr stark gewachsen.

Abbildung 32: Bildungsausgaben im Verhältnis zum BIP

Angaben in Prozent



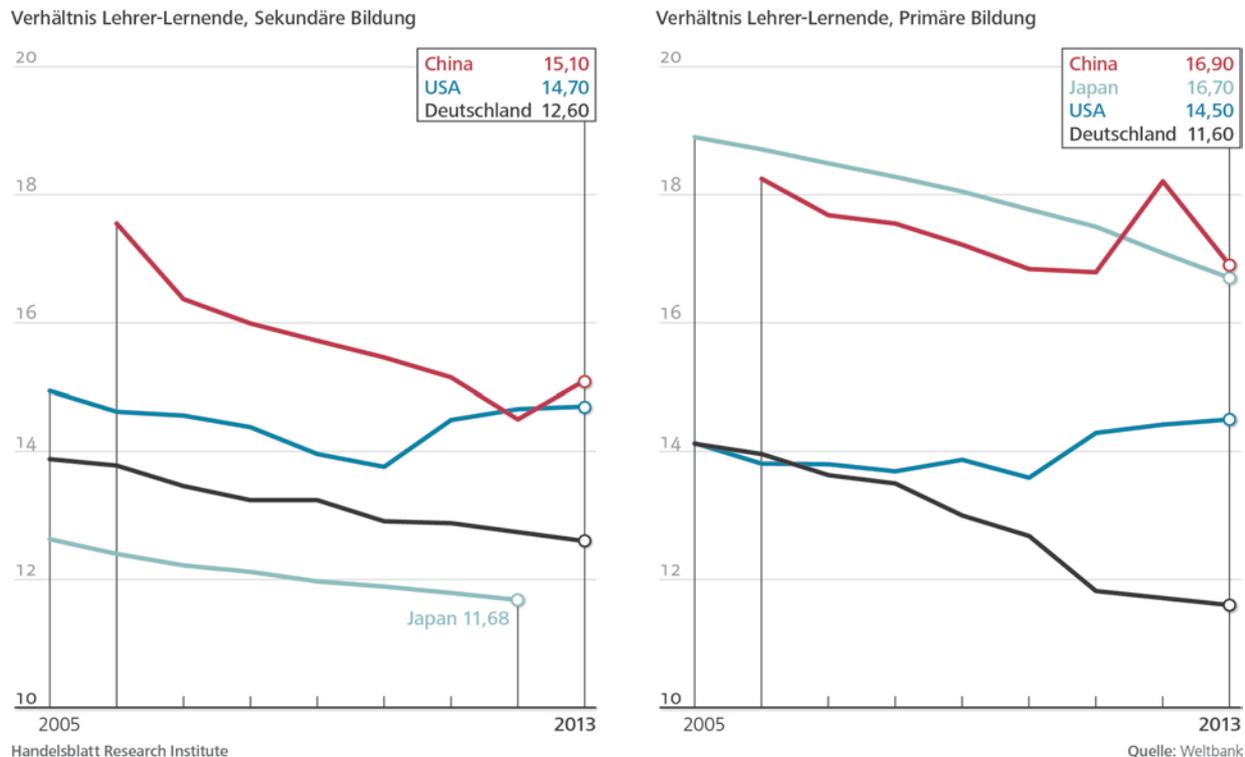
Handelsblatt Research Institute

Quellen: OECD, National Bureau of Statistics of China

5.3.1.2. *Verhältnis Lehrer-Lernende*

Während die Bildungsausgaben in Prozent des BIP einen ersten Indikator für die Bedeutung und finanzielle Ausstattung des Bildungssektors liefern, erlauben sie noch keine ausreichenden Aussagen über die Bildungsqualität. Als weiterer Indikator wird deshalb das Verhältnis von Lehrern zu Lernenden (Abbildung 33) analysiert. Dieses Verhältnis ist ein Indikator dafür, wie intensiv Lernende im Bildungssystem betreut werden können.

Abbildung 33: Verhältnis Lehrer-Lernende (Anzahl der Lernenden geteilt durch die Anzahl der Lehrer)



Im Bereich der Primärbildung entfallen in China die meisten Lernenden auf einen Lehrer, 18,2 waren es im Jahr 2006. In der Folge verbesserte sich das Verhältnis auf 16,9 Lernende je Lehrer im Jahr 2013. Auch Japan weist einen relativ hohen Wert aus, bis ins Jahr 2011 lag das Verhältnis über dem chinesischen. Allerdings zeigt sich in Japan ein kontinuierlicher Abwärtstrend, sodass es im Jahr 2013 nur noch 16,7 Lernende pro Lehrer waren. Die USA und Deutschland hatten im Jahr 2004 fast exakt das gleiche Verhältnis von rund 14,2, entwickelten sich aber in der Folge auseinander. In den USA lag das Verhältnis im Jahr 2013 fast auf dem gleichen Wert wie im Jahr 2005, während Deutschland eine kontinuierliche Verbesserung aufwies und im Jahr 2013 noch 11,6 Schüler auf einen Lehrer kamen.

Im Bereich der Sekundärbildung sieht die grundsätzliche Entwicklung ähnlich aus, weist aber doch einige bemerkenswerte Unterschiede auf. Die deutlich meisten Schüler pro Lehrer gab es zu Beginn des Beobachtungszeitraums in China, im Jahr 2006 waren es 17,5. In der Folge gab es aber eine deutliche Entspannung dieses Verhältnisses, im Jahr 2013 waren es noch 15,1. Damit lag das Verhältnis fast auf dem Niveau der USA (im Jahr zuvor sogar darunter), deren Schüler-Lehrer-Verhältnis relativ konstant um 14 pendelte und im Jahr 2013 14,5 betrug. Damit kommen mehr Schüler auf jeden Lehrer als in Deutschland und Japan. Vor allem die japanische Entwicklung von 14,2 auf 11,7 im Zeitverlauf ist bemerkenswert, da sie im Gegensatz zum Verhältnis in der Primärbildung steht.

Wie die Bildungsausgaben zeigt auch das Schüler-Lehrer-Verhältnis nur einen Aspekt der Bildungsqualität, es trägt aber weitere Erkenntnisse zum Gesamtbild bei. Die Grundrichtung in China ist mit den Ergebnissen der

Bildungsausgaben zu vergleichen: Das Land hat massiv in das Bildungswesen investiert, ist aber im internationalen Vergleich noch nicht an der Spitze angekommen. Deutschland schneidet bei den bisher betrachteten Indikatoren überdurchschnittlich ab, das Bild in Japan und den USA ist nicht eindeutig. Während die USA hohe Ausgaben, aber ein eher ungünstiges Schüler-Lehrer-Verhältnis haben, liegt Japan in diesem Verhältnis an der Spitze der Sekundärausbildung – aber in der Primärausbildung auf dem letzten Rang.

5.3.1.3. Ausbildungsstand der Bevölkerung

Neben dem finanziellen und personellen Mitteleinsatz im Bildungssystem muss auch dessen Ertrag in den Blick genommen werden. Dies kann durch einen Vergleich der erzielten Abschlüsse und der Qualität der Abschlüsse geschehen.

Zunächst liegt der Fokus auf den erzielten Abschlüssen, also dem Ausbildungsstand der Bevölkerung. Statistiken der OECD zeigen (Abbildung 34), dass im Jahr 2000 18 Prozent der Deutschen im Alter von 25 bis 64 Jahren keinen höheren Schul- oder Berufsausbildungsabschluss vorweisen konnten – also geringqualifiziert waren. Der größte Teil der Bevölkerung im erwerbstätigen Alter verfügte über einen höheren Schul- oder Ausbildungsabschluss und damit einen mittleren Bildungsabschluss. Einen Hochschulabschluss konnten 23 Prozent der Deutschen vorweisen. In der Folge war eine deutliche Entwicklung zu beobachten: Während der Anteil der Bevölkerung mit einem mittleren Bildungsabschluss konstant blieb, sank der Anteil der Geringqualifizierten bis ins Jahr 2014 um fünf Prozentpunkte auf 13 Prozent, während der Anteil der Hochschulabsolventen auf 27 Prozent anstieg – die durchschnittliche Ausbildung der Bevölkerung im erwerbstätigen Alter verbesserte sich also. Vor dem Hintergrund der sich ändernden Anforderungen an die Arbeitnehmer und den Arbeitsmarkt ist der steigende relative Anteil der hochqualifizierten Arbeitskräfte auf Kosten des Anteils der Geringqualifizierten als sehr positiv zu werten.

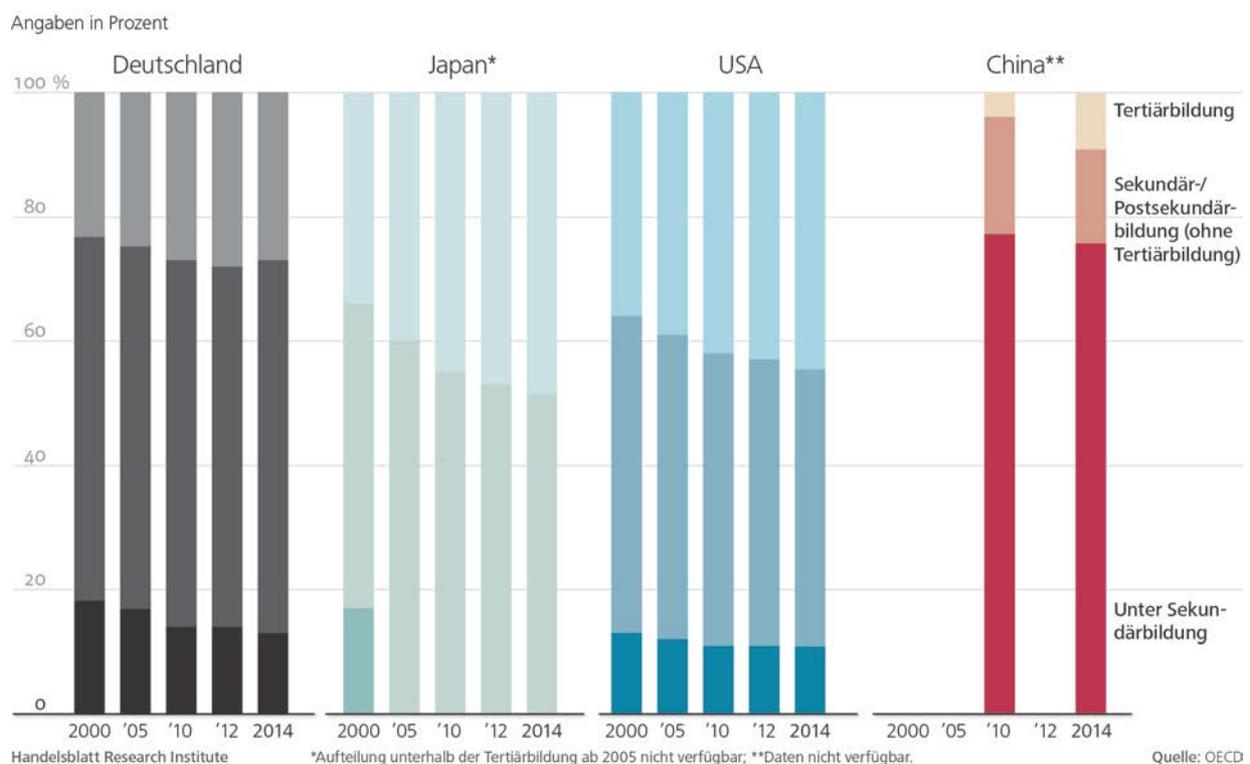
Japan hatte im Jahr 2000 bereits eine deutlich höhere Quote an Hochqualifizierten: 40 Prozent der Menschen zwischen 25 und 64 hatten einen Hochschulabschluss, 60 Prozent einen mittleren Bildungsabschluss.²⁶ In den folgenden Jahren erhöhte sich der Anteil der Hochschulabsolventen und das Verhältnis wurde im Jahr 2014 fast ausgeglichen.

Der Ausbildungsstand in den USA liegt zwischen denen Deutschlands und Japans. Im Jahr 2000 waren 13 Prozent der Menschen geringqualifiziert, gut 50 Prozent in der mittleren Qualifikationsgruppe, 36 Prozent hatten einen Hochschulabschluss. In den folgenden Jahren ging der Anteil der Gering- und Mittelqualifizierten zurück. Zwangsläufig stieg der Anteil der Hochschulabsolventen – im Jahr 2014 waren es 45 Prozent. Die Entwicklung ist der deutschen also ähnlich, allerdings ist der Anstieg der Hochqualifizierten ausgeprägter.

²⁶ Die Datenbasis der OECD erlaubt für Japan keine Unterscheidung zwischen Geringqualifizierten und Personen mit einem mittleren Bildungsabschluss.

Für China lassen die verfügbaren Daten keinen so ausführlichen Vergleich über die Zeit zu, allerdings lassen die Daten eine Entwicklung erkennen, die zu den anderen Bildungsindikatoren in China passt. Im Jahr 2010 gab es deutliche Unterschiede zur Situation der anderen drei Länder. Die Zahl der Geringqualifizierten lag bei 78 Prozent, machte also bei weitem den größten Anteil aus, während nur vier Prozent einen Hochschulabschluss hatten – im Vergleich zu den anderen Ländern ein verschwindend geringer Anteil. Bis ins Jahr 2014 stieg die Zahl der Hochqualifizierten allerdings deutlich bis auf neun Prozent an. Der Anstieg erfolgte zu gleichen Teilen auf Kosten der Gering- und Mittelqualifizierten, beide Gruppen wurden um knapp drei Prozentpunkte kleiner. Somit liegt China im Ausbildungsstand der Bevölkerung noch immer deutlich hinter den anderen drei Ländern, die Entwicklung ist allerdings positiv zu werten.

Abbildung 34: Ausbildung der Bevölkerung zwischen 25 und 64 Jahren



Die Zahlen zum Ausbildungsstand der Bevölkerung im klassischen Erwerbsalter stellen die Situation in den Ländern anschaulich dar, müssen allerdings zur Interpretation in einen breiteren Kontext eingeordnet werden. Der Anteil der Hochschulabsolventen in Deutschland ist deutlich geringer als dies in Japan und den USA der Fall ist, was seit Jahren Kritik der OECD am deutschen Bildungssystem zur Folge hat (OECD 2015). Auf der anderen Seite gilt die deutsche Berufsausbildung als weltweit führend und findet in vielen Ländern Nachahmer. Außerdem sind nicht wenige Berufe, die in Deutschland Ausbildungsberufe sind, in anderen Ländern Hochschulstudiengänge. Das zeigt, dass der vergleichsweise niedrige Anteil von Akademikern in Deutschland nicht zwangsläufig ein Problem darstellt. Außerdem sagen die Zahlen nichts über die Qualität der Ausbildung aus – ein Hochschulabschluss in China ist nicht das gleiche wie ein Hochschulabschluss in den USA (German Chamber of Commerce in China 2014/15).

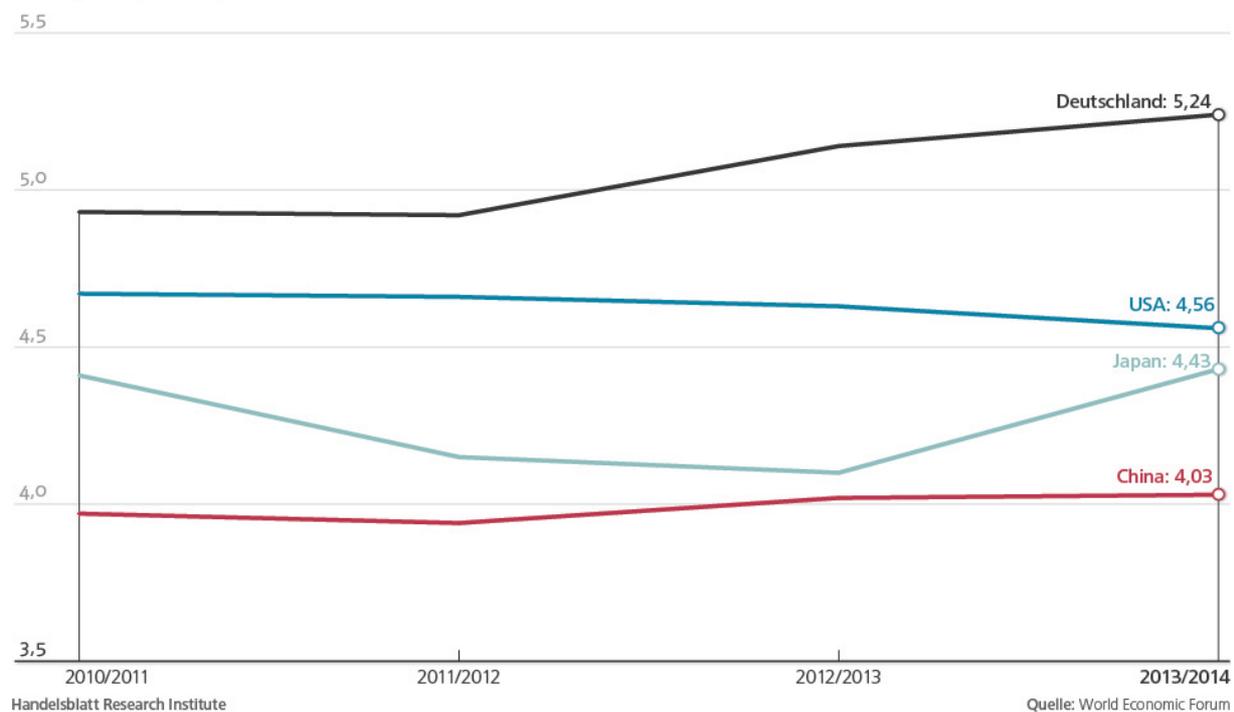
Zuletzt ist festzuhalten, dass die Zahlen die Ist-Situation der Gesamtbevölkerung im klassischen erwerbsfähigen Alter im Jahr 2014 ausdrücken. Aufgrund der in allen vier Ländern kontinuierlich steigenden Anteile von Schulabgängern, die sich für Hochschulstudien entscheiden, ist absehbar, dass der Akademikeranteil unter den Arbeitskräften aller vier Länder in den kommenden Jahren weiter steigen wird.

5.3.1.4. Qualität des Bildungssystems

Das World Economic Forum bietet mit dem Networked Readiness Index (Dutta et al. 2015) eine Beurteilung der Gesamtqualität des Bildungssystems. Die Beurteilung erfolgt auf Grundlage des Executive Opinion Surveys. In dieser internationalen Umfrage beurteilen 14.000 Wirtschaftsführer aus 148 Ländern die Lage ihres Landes in verschiedenen Bereichen auf einer Skala von eins bis sieben (Höchstnote). Dadurch wird eine internationale Vergleichbarkeit qualitativer Kategorien erreicht (Browne et al. 2015).

Abbildung 35: Qualität des Bildungssystems

1 bis 7 (Höchstpunktzahl) Skala



An der Spitze dieses Rankings liegt Deutschland (Abbildung 35). Im Durchschnitt der Jahre 2010/11 bekam das Land die Note 4,9, bis ins Jahr 2013/14 stieg die Bewertung auf 5,2. Die zweitbeste Bewertung bekamen die USA – allerdings mit leicht absteigender Entwicklung im Zeitverlauf. Im Durchschnitt 2013/14 war der Abstand zu Japan sehr gering und China folgte noch mit einigem Abstand auf dem letzten Rang. Bemerkenswert ist, dass China nicht nur auf dem letzten Rang der Ländergruppe liegt, sondern dass der positive Trend, auf den die Einzelindikatoren hindeuten, hier noch nicht zu erkennen ist. Die Gesamtqualität des Bildungssystems hat China also trotz des gestiegenen Ressourceneinsatzes bisher nicht deutlich verbessern können. Es ist allerdings wahrscheinlich, dass sich die deutlich erhöhte Ressourcenausstattung

des chinesischen Bildungssystems in den kommenden Jahren auch in einer insgesamt steigenden Qualität ausdrücken wird.

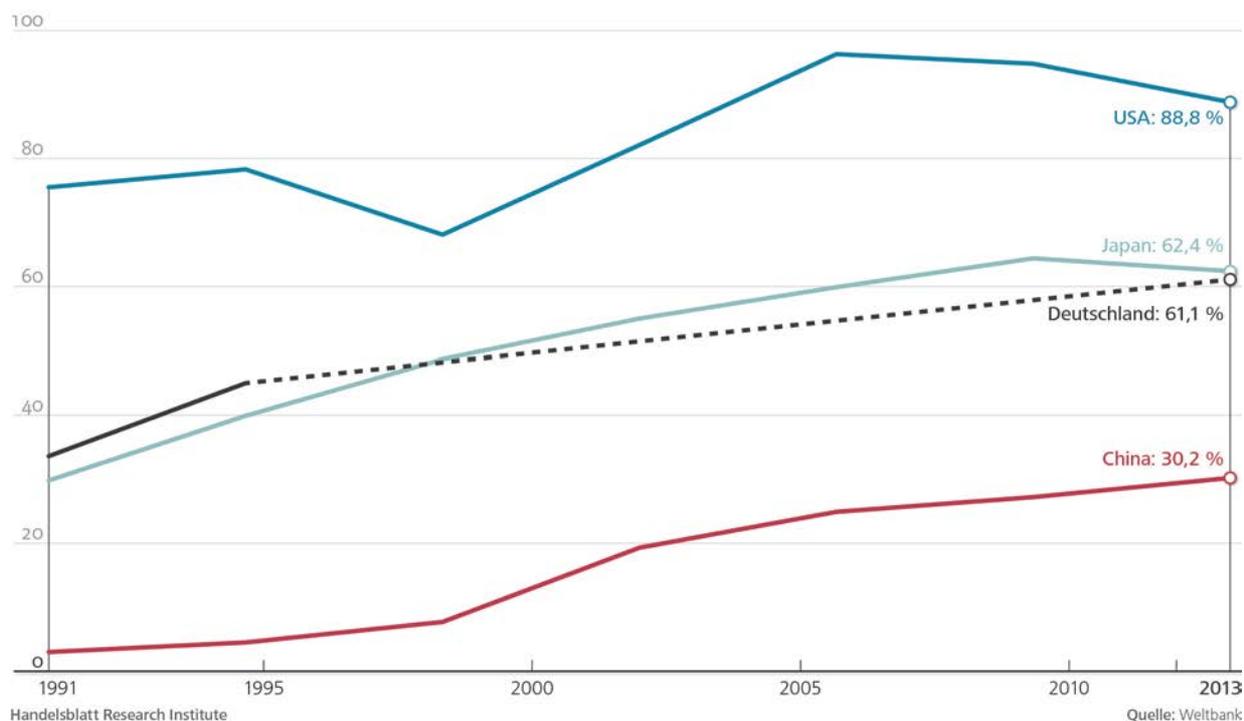
Mit Ausnahme Chinas bestätigt die Gesamtbeurteilung die Tendenz der vorher diskutierten Indikatoren: Deutschland schneidet stärker ab als die anderen drei Länder, die Entwicklung Japans und der USA zeigt keinen klaren Trend.

5.3.1.5. Tertiärausbildung

Für eine erfolgreiche Transformation zur Industrie 4.0 spielen hochqualifizierte Arbeitskräfte eine immer wichtigere Rolle. Die Hochschulbildung ist ein Indikator dafür, inwieweit ein Land in diesem Bereich gut für die Zukunft aufgestellt ist (Abbildung 36).

Abbildung 36: Hochschuleinschreibungen innerhalb von fünf Jahren nach dem Schulabschluss

Angaben in Prozent



Im Jahr 1991 schrieben sich gut 75 Prozent der Schulabgänger in den USA in einer Hochschule ein – mit weitem Abstand der höchste Wert in diesem Ländervergleich. In Deutschland und Japan lagen die Werte in dieser Zeit bei gut 33 beziehungsweise 30 Prozent. China kam als Schlusslicht auf gerade einmal drei Prozent. Die Entwicklung in den darauffolgenden Jahren war in allen vier Ländern eindeutig: Die Hochschulbildung bekam über die Zeit eine deutlich größere Bedeutung. In den USA stieg die Quote bis ins Jahr 2013 bis auf 88,8 Prozent an (2012 waren es fast 95 Prozent), in Japan und Deutschland lag sie fast gleichauf bei gut 62 beziehungsweise 61 Prozent. Eine sehr deutliche Steigerung erlebte auch China: Im Jahr 2013 lag der Anteil der Schulabsolventen, die sich in einer Hochschule einschrieben, bei gut 30 Prozent.

Die Zahlen sind relativ eindeutig. Die Teilnahme an der Tertiärausbildung in den USA liegt deutlich vor Deutschland und Japan, China liegt mit weitem Abstand auf dem letzten Rang. Bei der Interpretation der Zahlen sind allerdings Unterschiede im Hochschulwesen zu beachten. Denn Schüler in den USA verlassen die Schule früher als dies etwa in Deutschland der Fall ist. Im Anschluss beginnen sie in der Regel eine Collegeausbildung, die viele berufsnahe und angewandte Inhalte vermittelt. In Deutschland werden diese Aufgaben teilweise von der Berufsausbildung übernommen, während Hochschulen einen akademischeren Schwerpunkt haben. Die Teilnahmezahlen an den amerikanischen Universitäten, die mit dem deutschen Hochschulverständnis vergleichbar sind, sind niedriger²⁷.

Allerdings sind die Hochschuleinschreibungen ein Indiz, inwieweit die Hochschulausbildung auf breiter Ebene von Bedeutung ist. Während die Unterschiede zwischen Deutschland, Japan und den USA nicht ganz so eindeutig sind, wie es auf den ersten Blick aussieht, hat China noch deutlichen Nachholbedarf, um hohe Qualifikationen auf breiter Ebene zu erreichen. Von Bedeutung ist hier allerdings, wie bei vielen anderen Indikatoren auch, dass China nicht nur das größte, sondern bei weitem auch das heterogenste Land der Betrachtung ist. In den fortschrittlichen Regionen wie Shanghai und Peking ist nicht nur die Wirtschaftskraft um ein Vielfaches höher als in den ländlichen Gebieten im Hinterland, auch bei vielen anderen Indikatoren wie der Qualität des Bildungssystems und dem Verhalten der Bürger innerhalb dieses Systems tun sich deutliche Unterschiede auf.

5.3.2. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen

Das Bildungssystem und seine Qualität sind insgesamt von großer Bedeutung für die Industrie 4.0-Fähigkeit eines Landes, in besonderem Maße gilt das für die Fächergruppen Mathematik und Naturwissenschaften (Wirtschaftsrat 2015, Bußmann/Seyda 2014, Anger et al. 2015, Hammermann/ Stettes 2015).

Einen Blick auf die Ausbildungsqualität in diesem Bereich erlaubt abermals der Networked Readiness Index des World Economic Forum (Dutta et al. 2015), der die Qualität anhand des Executive Opinion Surveys auf einer Skala von eins bis zur Höchstnote sieben abbildet (Abbildung 37).

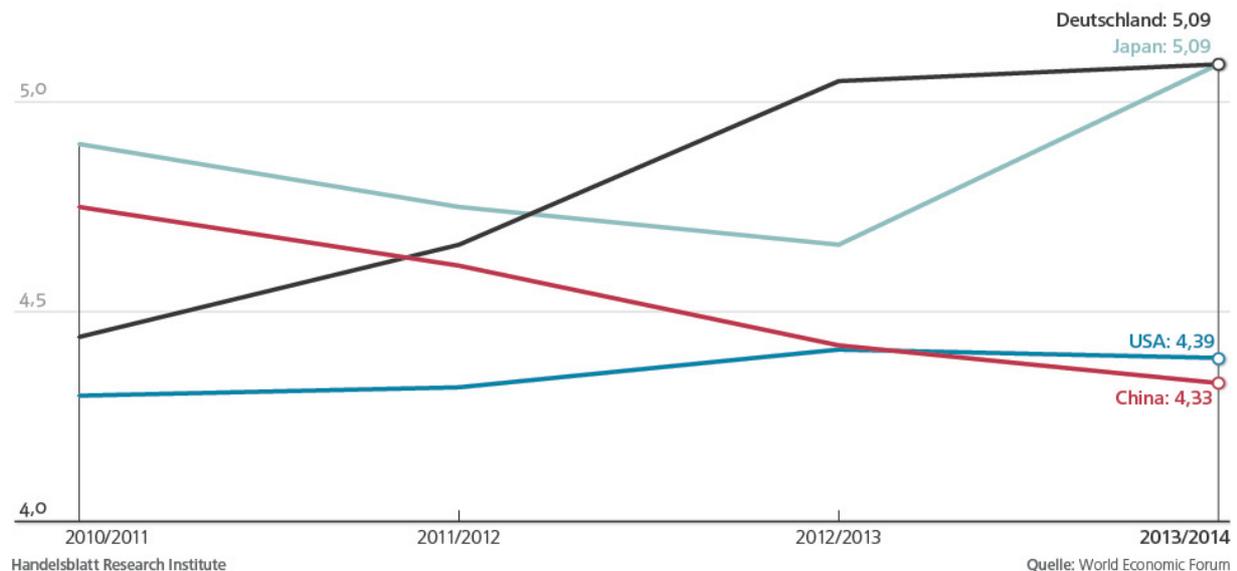
Durchaus überraschend liegen Japan und China dabei im Durchschnitt der Jahre 2010/11 auf den ersten beiden Rängen, es folgen Deutschland und die USA auf dem letzten Rang.

²⁷ <https://www.daad.de/laenderinformationen/usa/land/de/4470-hochschul-und-bildungswesen/>

Abbildung 37: Qualität der Mathematik- und Wissenschaftsausbildung

1 bis 7 (Höchstpunktzahl) Skala

5,5



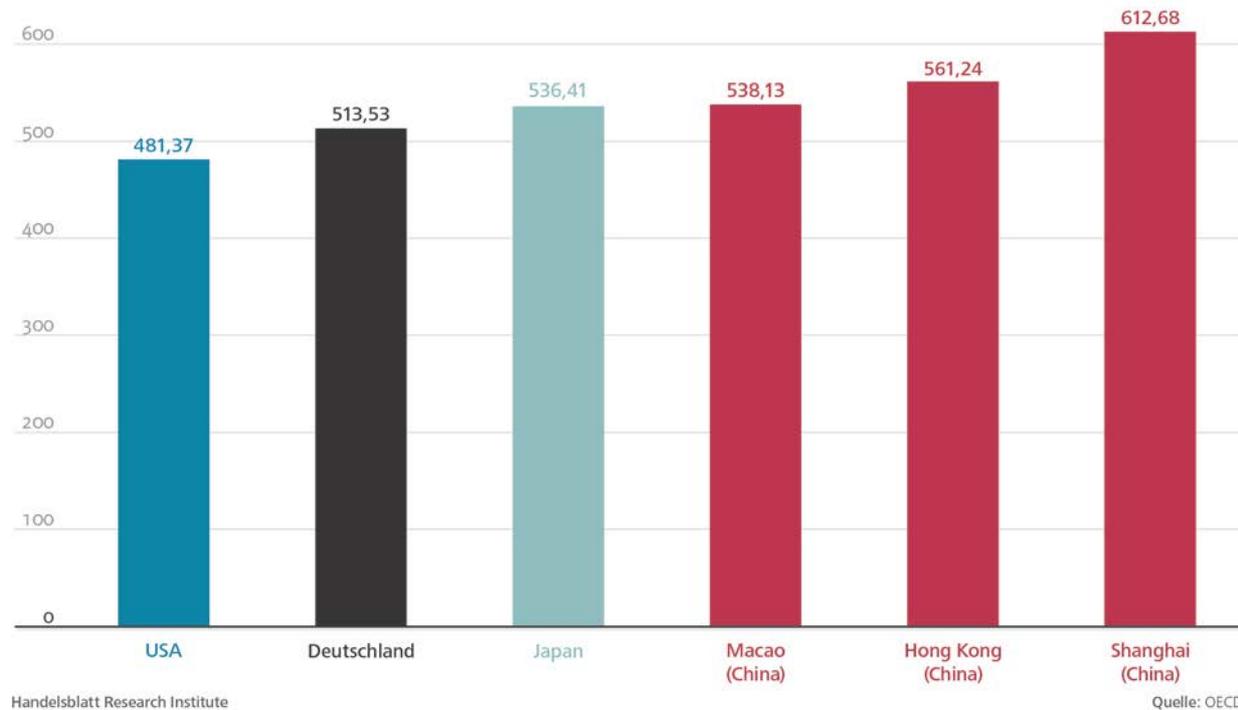
Die USA konnten den letzten Rang im Jahr 2013/14 verlassen, was zum einen an einem leichten, aber stetigen Aufwärtstrend liegt, zum anderen an einem starken Einbruch Chinas. Mit einer Beurteilung von 4,75 auf dem dritten Rang gestartet, ist das Land nach einer kontinuierlichen Abwärtsentwicklung mit einem Durchschnitt von 4,32 im Jahr 2013/14 auf dem letzten Rang angekommen. Die Gründe für die chinesische Entwicklung sind nur zu erahnen. Möglich ist, dass China aufgrund der starken wirtschaftlichen Entwicklung der vergangenen Jahre an der Quantität in der Bildung gearbeitet hat, dies aber nicht auf einem qualitativ gleichbleibenden Niveau realisieren konnte.

Eine sehr positive Entwicklung verzeichnete Deutschland. Im Jahr 2010 noch mit einigem Rückstand auf China und Japan auf dem dritten Rang, verbesserte sich das Land kontinuierlich und liegt seit dem Jahr 2012/13 an der Spitze. Im Jahr 2013/14 liegt Deutschland wieder fast gleichauf mit Japan, das sich nach einer Delle im Jahr 2012/13 wieder erholte.

Neben der Gesamtbewertung des breiten Feldes Mathematik- und Wissenschaftsausbildung des World Economic Forums kann ein spezieller Vergleich der Mathematikausbildung auch über die standardisierten PISA-Tests der OECD vorgenommen werden, an denen zuletzt auch einige chinesische Regionen als Gäste teilnahmen (Abbildung 38).

Abbildung 38: Schülerergebnisse im Fach Mathematik

Durchschnittspunktzahl



Bei der aktuellen Testreihe aus dem Jahr 2012 nahmen die chinesischen Regionen Shanghai, Hong Kong, und Macao als Gäste teil. Dabei nahmen sie gleich vordere Ränge ein und positionierten sich alle vor Japan, Deutschland und den USA.

Das PISA-Ranking bestätigt die teilweise überraschend guten Platzierungen Chinas in der Gesamtbeurteilung der Mathematik- und Wissenschaftsausbildung, muss allerdings in einer näheren Analyse genauer betrachtet werden.

Zunächst ist speziell beim standardisierten PISA-Test zu beachten, dass die Art der Befragung stark wissensorientierte Bildungssysteme bevorzugt. Die Bildungssysteme in China und Japan haben den Ruf, die Wissensvermittlung in den Vordergrund zu stellen und, teils unter großem Druck für die Schüler, großen Lern- und Übungsaufwand zu betreiben, was das gute Abschneiden bei den PISA-Tests teilweise erklären kann (Dambeck 2013). Das deutsche und auch das amerikanische Bildungssystem sind eher auf Transfer- und Problemlösungskompetenzen ausgerichtet. Während das bei der Übertragung der Ausbildung in den Arbeitsmarkt von Vorteil sein kann, führt es bei wissensorientierten Tests zu tendenziell schlechteren Ergebnissen.

Bei der Beurteilung des chinesischen Abschneidens ist zudem zu berücksichtigen, dass die Regionen, die an den PISA-Tests teilgenommen haben, kein repräsentatives Abbild Chinas darstellen. Sie gehören zu den westlich geprägten, wohlhabenden und stark industrialisierten Teilen Chinas. Ländliche Teile Chinas hinken

dieser Entwicklung zum Teil deutlich hinterher, was sich auch in der Bildungsqualität niederschlägt (Glöckner 2013, Heng 2015).

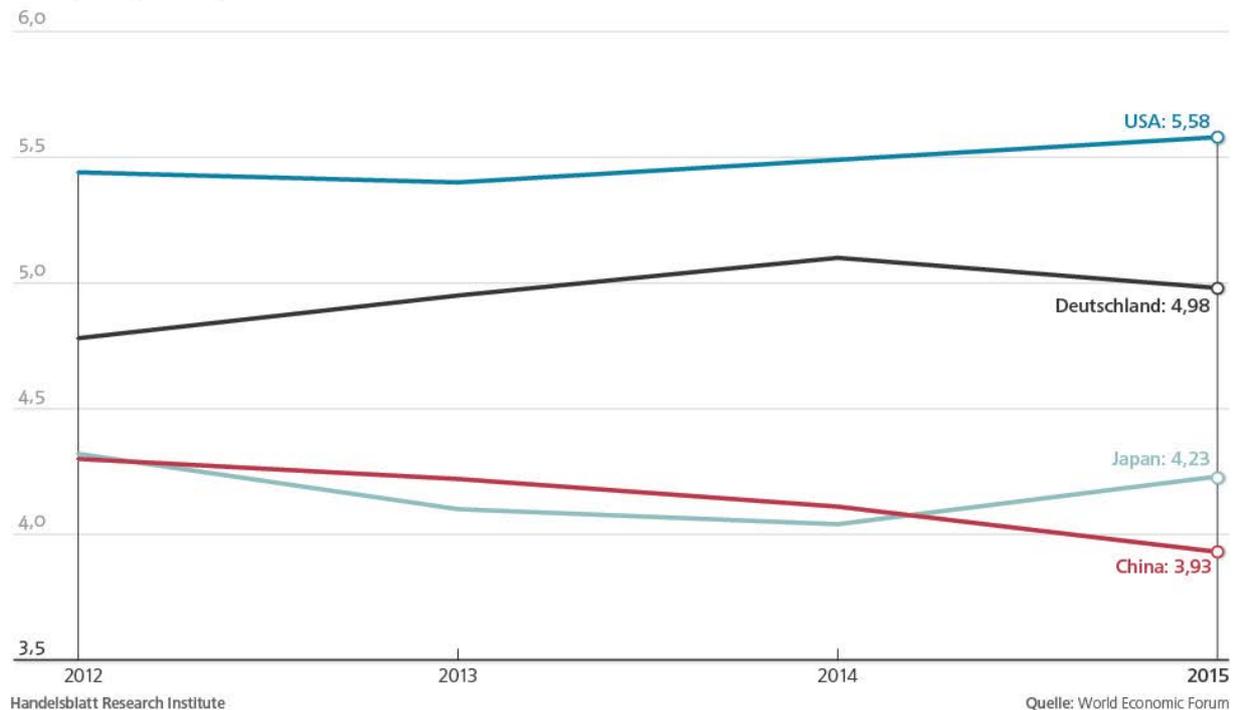
5.3.3. Wirtschaftskompetenz

Die Qualität der Ausbildung in den Bereichen Wissenschaft und Mathematik ist für die technische Seite der Industrie 4.0-Entwicklung bedeutend, doch wirtschaftlicher Sachverstand muss hinzukommen, um die Prozesse im konkreten Unternehmen an die neuen technischen Möglichkeiten anzupassen.

Die Kompetenzen im Fach Wirtschaft können nicht durch einen globalen Vergleichstest beschrieben werden, wie das in der Mathematik der Fall ist. Daher ist ein Hilfsindikator nötig. In dieser Studie wird auf einen Indikator des Networked Readiness Index zurückgegriffen (Dutta et al. 2015), der über die Befragung des Executive Opinion Surveys die Qualität von Business Schools in einem Land beurteilt (Abbildung 39). Zwar bilden diese nur einen Teil der wirtschaftlichen Ausbildung ab, können aber als Indikator für die Ausbildung zukünftiger Entscheider sowie die Bedeutung des Fachgebietes im Ausbildungssystem interpretiert werden.

Abbildung 39: Qualität der Management Schools

1 bis 7 (Höchstpunktzahl) Skala



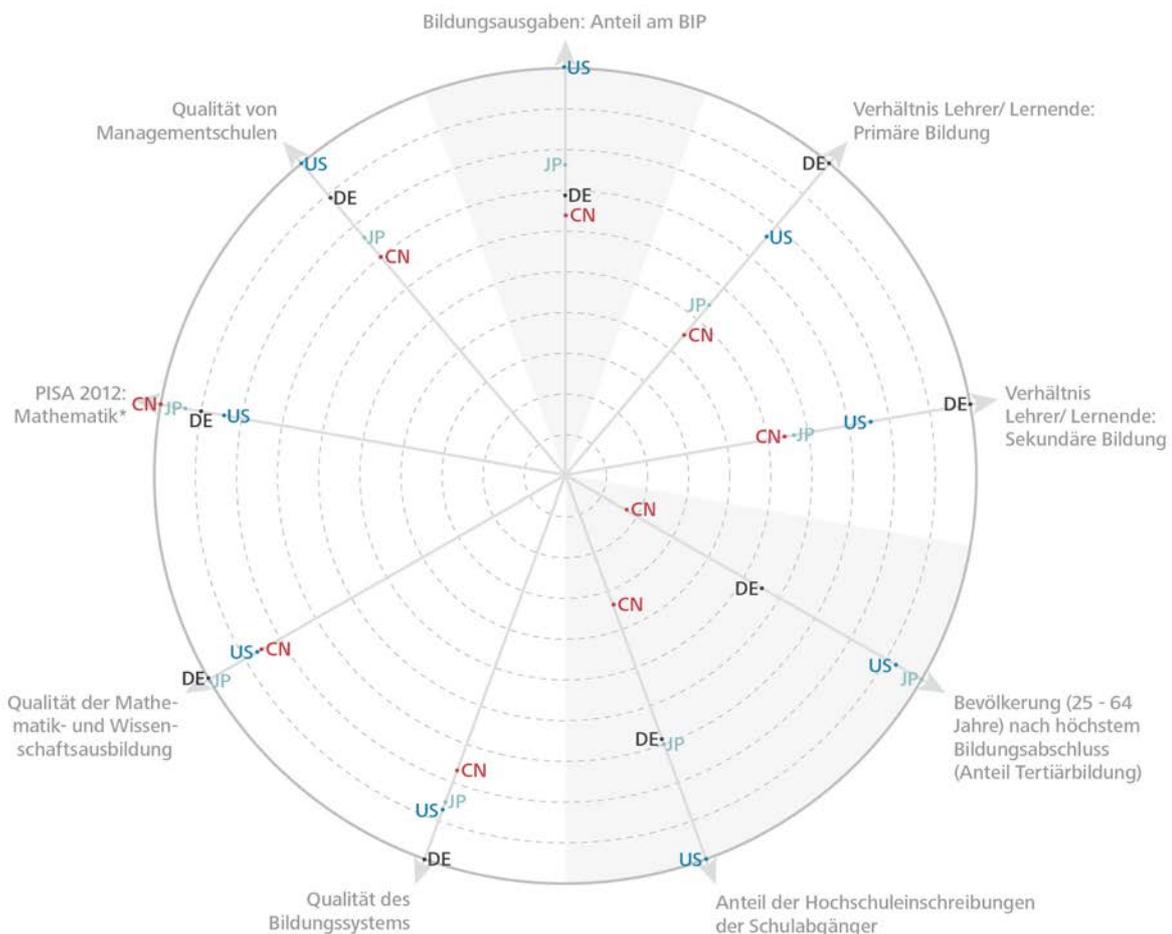
Während die wissensorientierten Bildungssysteme Asiens im PISA-Ranking das Feld anführen, liegen sie bei der Qualität der Business Schools auf den letzten beiden Rängen – in China gar mit absteigender Tendenz. Die eher auf Transferkompetenzen ausgerichteten Bildungssysteme der USA und Deutschlands schneiden dagegen in diesem Bereich deutlich besser ab – die USA liegen auf dem ersten Rang, mit einigem Abstand gefolgt von Deutschland, das wiederum klar vor China und Japan positioniert ist.

5.3.4.

Fazit

Fasst man die einzelnen Felder des Bildungsvergleichs zusammen, steht Deutschland recht gut da: Es ist sowohl im mathematischen als auch im wirtschaftlichen Fachbereich gut aufgestellt. Japan liegt zwar in der technischen Ausbildung vorn, hat allerdings Nachholbedarf bei der wirtschaftlichen Ausbildung, während es in den USA genau umgekehrt ist. China schneidet nicht nur in den verschiedenen Fachbereichen recht unterschiedlich ab, sondern weist große Unterschiede zwischen den städtischen Wachstumszentren und den ländlichen Regionen auf. Außerdem hat das Land offenbar Probleme, bei der Einbeziehung breiterer Bevölkerungsschichten in ein weiterführendes Bildungssystem das Niveau zu halten.

Abbildung 40: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit des Bildungssektors²⁸



Handelsblatt Research Institute | *Durchschnitt der teilnehmenden chinesischen Regionen Shanghai, Hong Kong, Taipei und Macao

Quelle: HRI

Generell schneidet Deutschland im Bereich der Bildung gut ab, das Bildungssystem nimmt in vielen Bereichen vordere Plätze ein. Es gibt relativ wenige Lernende je Lehrer, die Experteneinschätzung des Bildungssystems

²⁸ Die Werte sind indiziert, wobei der jeweils stärkste Wert auf 100 gesetzt wurde. Alle Angaben beziehen sich auf das jeweils letzte vollständig vorhandene Berichtsjahr.

als Ganzes und der mathematisch-naturwissenschaftlichen Ausbildung im Speziellen ist gut. Einzig bei den Mathematikergebnissen des PISA-Tests und der Zahl der Hochschulabsolventen in der Bevölkerung schneidet Deutschland vergleichsweise schlecht ab. Dennoch erreicht Deutschland bei der allgemeinen Beurteilung seines Bildungssystems durch 14.000 internationale Wirtschaftsführer im Rahmen des Executive Opinion Surveys das beste Ergebnis. Das ist ein Hinweis darauf, dass die Transferorientierung des deutschen Bildungssystems in der Praxis Vorteile hat und formale Nachteile mindestens wettmacht. Da im Zuge der Industrie 4.0-Entwicklung eine Verschiebung von relativ geringqualifizierter zu hochqualifizierter Arbeit zu erwarten ist, sollte Deutschland in den kommenden Jahren die Hochschulausbildung der Bevölkerung weiter in den Fokus nehmen. Gleichzeitig muss sich Deutschland im internationalen Vergleich allerdings nicht von den Zahlen der Wettbewerber leiten lassen. Das System der dualen Berufsausbildung garantiert gut ausgebildete Fachkräfte unterhalb der Tertiärbildung. Dies sollte als Stärke verstanden und gefördert werden. So liegt Deutschland zwar gemessen am Akademikeranteil noch immer unter dem OECD-Schnitt, dies wird aber teilweise durch die duale Berufsausbildung ausgeglichen. Anstelle von Aktionismus zur Förderung der Akademikerquote gilt es in den kommenden Jahren, durch ein systematisches Screening zu analysieren, ob sich ein Mismatch zwischen angebotenen und nachgefragten Qualifikationen auf dem Arbeitsmarkt auftut (Kleibrink 2015).

Japan ist im Bereich der Bildung ebenfalls gut aufgestellt, vor allem die mathematisch-naturwissenschaftliche Ausbildung im Land überzeugt. Hohe Bildungsausgaben führen in der Sekundärbildung zu einem günstigen Lehrer-Schüler-Verhältnis und der Anteil der Akademiker ist hoch.

Die USA haben eine sehr hohe Quote an Absolventen der Tertiärbildung in der Bevölkerung und fast alle Schulabgänger schreiben sich an Hochschulen ein. Allerdings übernimmt die erste tertiäre Bildung auf Colleges in weiten Teilen Aufgaben, die in Deutschland noch in die Sekundärbildung oder den Bereich der dualen Berufsausbildung fallen. Diese Quote darf daher nicht überbewertet werden. Während die generelle Qualität des Bildungssystems durchaus als gut eingeschätzt wird, schneiden die USA in der mathematisch-naturwissenschaftlichen Bildung eher schlecht ab. Von einem volkswirtschaftlichen Standpunkt aus ist zudem festzuhalten, dass der finanzielle Aufwand für die erzielten Ergebnisse überdurchschnittlich hoch ist.

China weist in fast allen Bereichen erhebliche Rückstände auf die anderen drei Länder auf. Das Abschneiden Chinas ist allerdings aus zwei Gründen zu relativieren: Zum einen hat das Land die Bildungsausgaben in den vergangenen Jahren massiv hochgefahren. Das ist ein weiteres Indiz dafür, dass es die Transformation von der arbeitsintensiven Industriewirtschaft zu einer stärker wissensorientierten Wirtschaftsform angeht. Zum anderen ist China deutlich heterogener als die anderen drei Länder, was den Vergleich verzerrt. Hochentwickelte Wirtschaftsregionen wie Shanghai und Hong Kong sind bereits auf ähnlichem, teilweise besserem Niveau als ihre Konkurrenten, wie unter anderem die Ergebnisse des PISA-Tests zeigen. Das Land ist allerdings in vielen Bereichen sehr heterogen, auch im Bereich der Bildung. Somit sind Teile des Landes, besonders bei der schulischen Ausbildung, noch nicht auf dem Niveau der wirtschaftlichen Kraftzentren.

5.4. Digitale Infrastruktur

Mit der verstärkten Nutzung durch die Industrie (neben den privaten Nutzern) ändern sich die Anforderungen an das Internet. Nicht nur der flächendeckende und breitbandige Ausbau von Kommunikationsnetzen allein ist notwendig, sondern vor allem eine hohe Verbindungsstabilität mit garantierten Latenzzeiten. Wenn sich verteilte Wertschöpfungsnetzwerke etablieren, müssen auch Produzenten auf der Schwäbischen Alb oder in Vorpommern mit einem industriefähigen Internet erreicht werden können. Und falls das Netz doch ausfällt, muss es dezentral autonom funktionieren (Dorst 2013, S. 65).

Das Industrial Internet Consortium in den USA definiert klare Ansprüche an die Infrastruktur. Das Konzept des Industrial Internet betrifft noch einen wesentlich größeren Bereich der Wirtschaft. Die Aufgaben, die in Cyber-Physischen-Systemen abgebildet werden, sind oft kritisch und können keine Ausfälle oder Unzuverlässigkeit tolerieren. Das gilt zum Beispiel für den Betrieb moderner Fabriken oder Krankenhäuser. Die Netzinfrastruktur muss sich deshalb gegenüber des bisher gewohnten Internets weiterentwickeln: Die angelegten Standards für die Sicherheit, Arbeits- beziehungsweise funktionale Sicherheit und Resilienz sind für das Industrial Internet beziehungsweise Industrie 4.0 erheblich höher (Industrial Internet Consortium 2015, S. 10).

Wegen der immer häufigeren und gezielteren Angriffe auf Unternehmen und deren Infrastruktur (Akamai Q4 2014), legt das Industrial Internet Consortium in seinem ersten Entwurf für eine Referenzarchitektur für das industrielle Internet besonders großen Wert auf Sicherheitsaspekte (Industrial Internet Consortium 2015, S. 13).

Der Bitkom betont in seiner Betrachtung des volkswirtschaftlichen Potenzials von Industrie 4.0, wie wichtig für die intelligente Vernetzung eine Infrastruktur ist, die hohe Datenübertragungsraten echtzeitfähig bereitstellt. Dabei sind sowohl kabelgebundene, aber gerade in der Logistik auch kabellose Netzwerke wichtig. Außerhalb von Betrieben, die mit lokalen Netzwerken arbeiten können, muss zum Beispiel auf das öffentliche Mobilfunknetz zurückgegriffen werden. Also muss auch dieses den Anforderungen an Industrie 4.0 hinsichtlich Stabilität, Verfügbarkeit, Sicherheit und Bandbreite entsprechen (Bitkom und Fraunhofer IAO 2014, S. 21).

Um die Kernfunktionalitäten von Cyber-Physischen-Systemen beziehungsweise Industrial-Internet-Systemen zu gewährleisten, sind drei Eigenschaften zentral: (1) Die Systeme müssen funktional sicher sein (*Safety*). Das heißt, sie dürfen kein Risiko für Leib und Leben der Menschen darstellen, die mit ihnen in Berührung kommen. Diese Eigenschaft muss auch ausschließen, dass ein Risiko indirekt – zum Beispiel durch Umweltschäden – entsteht. (2) Die Systeme müssen unerlaubten Zugang verhindern (*Security*). Das heißt, sie müssen verhindern, dass durch einen unerlaubten oder ungewollten Eingriff von außen das System selbst oder von ihm genutzte Daten beschädigt oder zerstört werden. (3) Schließlich müssen die Systeme widerstandsfähig sein (*Resilience*). Sie müssen also Umstände, die dazu geeignet sind, sie von ihrer

Auftragserfüllung abzuhalten, entweder vermeiden oder wenn das nicht geht – zum Beispiel bei veränderten Umweltbedingungen – sich anpassen, um ihren Auftrag weiter erfüllen zu können (Industrial Internet Consortium 2015, S. 12).

Es hängt von vielen Faktoren ab, ob eine Volkswirtschaft in der Welt der Industrie 4.0 eine wichtige Rolle spielen wird. Ein starker Industriesektor kann ein wichtiger Faktor sein, eine starke IKT-Industrie die erforderlichen Entwicklungen anstoßen. Die Innovationsfähigkeit einer Volkswirtschaft zeigt an, wie schnell und erfolgreich neue Entwicklungen hervorgebracht und implementiert werden können. Gut geschulte Arbeitskräfte sind die Grundlage dafür, dass neue Technologien entwickelt und in den Produktionsstätten umgesetzt werden können. Diese Fähigkeiten bilden bedeutende Voraussetzungen für einen erfolgreichen industriellen Wandel. All diese Aspekte sind allerdings nur von bedingtem Nutzen für die Digitalisierung der Wirtschaft, wenn eine technische Grundlage nicht ausreichend vorhanden ist: Eine funktionierende digitale Infrastruktur. Ein ausgefeiltes Konzept einer digitalisierten Fabrik, in der vernetzte Maschinen direkt kommunizieren, kann nicht effizient funktionieren, wenn die Datenübertragung zu langsam ist; Smart-Service-Konzepte werden keinen Erfolg haben, wenn Kunden nicht flächendeckend mit Breitbandnetzen versorgt werden; Cloud-Computing wird sich nicht durchsetzen, wenn der Schutz sensibler Daten nicht garantiert werden kann und autonome Logistiklösungen können nicht implementiert werden, wenn die Ausfallrate der Datenübertragung zu hoch ist. Daher ist eine funktionierende digitale Infrastruktur für die Industrie 4.0 genauso bedeutend, wie es heute bereits die Verkehrsinfrastruktur für die Volkswirtschaft insgesamt ist.

Genau wie die anderen Bereiche, die im Rahmen dieser Studie als Voraussetzung einer erfolgreichen Umsetzung von Industrie 4.0 herausgearbeitet wurden, ist die digitale Infrastruktur ein vielfältiges Thema. Es kommt unter anderem auf die Einbindung der Bevölkerung, die Versorgung mit Breitbandanschlüssen und die Internetsicherheit an. Um dieser Vielfalt zu begegnen, wird auch im Rahmen der Untersuchung der digitalen Infrastruktur auf unterschiedliche Indikatoren zurückgegriffen, die in der Summe ein Gesamtbild der Infrastruktur eines Landes zeichnen. Ein zweiter Aspekt ist bei der Betrachtung der Infrastruktur von zentraler Bedeutung: Die Entwicklungsgeschwindigkeit der technischen Möglichkeiten. Waren in den 1990er Jahren Modems, die eine Übertragungsgeschwindigkeit von 56 kbit/s erlaubten, das technische Limit, waren es nur wenige Jahre später ISDN-Verbindungen, die in der Folge von DSL-Verbindungen abgelöst wurden. Im mobilen Internet sind über LTE-Verbindungen heute Übertragungsraten möglich, die vor wenigen Jahren noch nicht denkbar waren. Diesen Wandel mit einer Momentaufnahme einzufangen, ist kaum möglich. Darum wird in diesem Kapitel durch die Betrachtung der gegenwärtigen Versorgung und der Organisationsstruktur der Bereitstellung der Infrastruktur ein qualitativer Ausblick auf die Adaptionsgeschwindigkeit bei zukünftigen Entwicklungen gegeben. Außerdem werden die aktuellen technischen Grenzen und absehbaren Fortentwicklungen mit Blick auf die Voraussetzungen für Industrie 4.0-Anwendungen eingeordnet.

5.4.1. Zugang und Leistungsstärke

Im ersten Schritt der Analyse wird die Verbreitung des und der Zugang zum Internet überprüft. Dabei spielen sowohl die Verbreitung von Breitband innerhalb der Bevölkerung als auch mögliche Übertragungsgeschwindigkeiten eine Rolle.

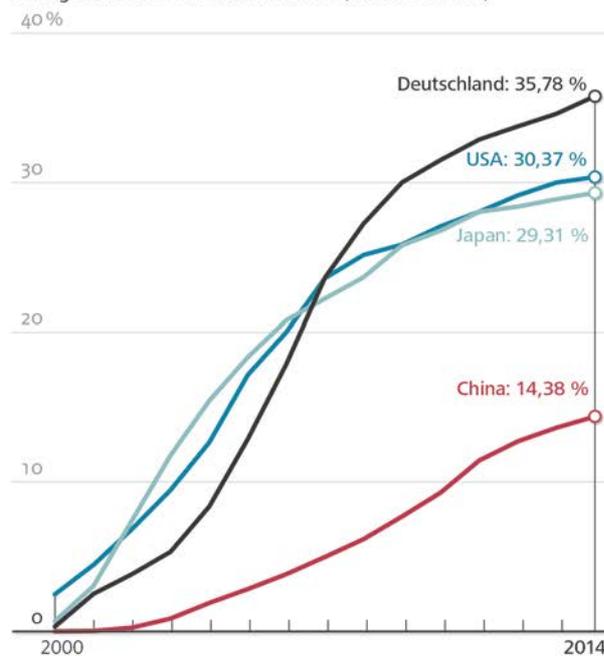
5.4.1.1. Breitbandverträge

Der erste untersuchte Infrastrukturindikator ist die Flächendeckung mit Breitbandzugängen.²⁹ In diesem wird der Zugang der Bevölkerung zu einem schnellen Internet abgebildet.

Abbildung 41: Breitbandverträge je 100 Einwohner

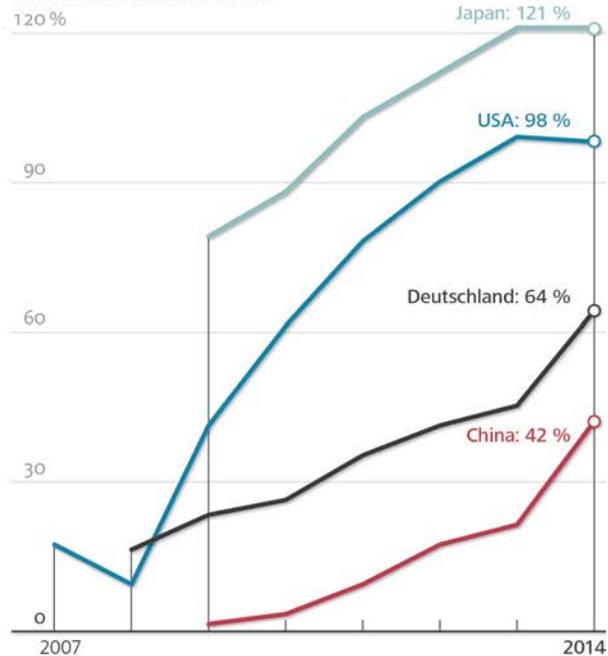
Angaben in Prozent

Kabelgebundene Breitbandanschlüsse (inklusive WLAN)



Handelsblatt Research Institute

Kabellose Breitbandanschlüsse



Quelle: ITU

Die Entwicklung der kabelgebundenen Breitbandverträge deutet das zuvor schon beschriebene Fortschreiten der Technologie an. Waren es zu Beginn des 21. Jahrhunderts noch sehr wenige Verträge, ist deren Verbreitung in den folgenden Jahren sehr schnell gestiegen. Besonders in Deutschland gab es ab dem Jahr 2003 einen steilen Anstieg. Mit deutlich über 35 Prozent liegt das Land im Jahr 2014 vor den Vereinigten Staaten und Japan, die um die 30-Prozent-Marke schwanken. China liegt mit 15 Prozent abgeschlagen am Ende des Rankings, allerdings spielt hier auch wieder der Unterschied zwischen wirtschaftlich führenden Regionen und schlecht angebundenen ländlichen Regionen eine bedeutende Rolle.

²⁹ Als Breitbandverbindungen werden von der ITU wie auch von der Weltbank und dem Statistischen Bundesamt in Deutschland Internetverbindungen mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von über 2048 kBit/s bei kabelgebundenen Anschlüssen bezeichnet, bei kabellosen Anschlüssen liegt die Breitband-Benchmark der ITU bei 248 kBit/s.

Die Entwicklung der mobilen Breitbandverträge stellt sich anders dar. In China verfügen 42 Prozent der Bevölkerung über einen mobilen Breitbandanschluss, damit ist das Land auch hier das Schlusslicht. In Deutschland liegt die Quote bei 64 Prozent. Damit liegt Deutschland auf dem vorletzten Rang, da die mobile Breitbandtechnik in den USA und Japan wesentlich verbreiteter ist. Während in den USA mittlerweile ein mobiler Breitbandanschluss auf jeden Einwohner kommt, sind es in Japan sogar 1,2 pro Einwohner – die mobile Breitbandtechnologie besitzt dort einen wesentlich größeren Stellenwert als in Deutschland und China.

Die Ausbreitung von Breitbandanschlüssen ist von einer sehr hohen Entwicklungsgeschwindigkeit gekennzeichnet. Dies gilt für kabelgebundene Anschlüsse, noch deutlicher allerdings für das mobile Netz. Diese Technik hat sich noch schneller ausgebreitet und ist in allen vier Ländern mittlerweile gebräuchlicher als der kabelgebundene Internetanschluss.

5.4.1.2. Downloadgeschwindigkeiten

Nicht nur der Zugang zu Breitband in einem Land ist wichtig, sondern auch die konkret erreichten Übertragungsgeschwindigkeiten. Die ITU spricht von Breitband ab einer Geschwindigkeit von 2048 kBit/s im kabelgebundenen und 248 kbit/s im mobilen Netz, doch dies ist für viele Anwendungen im industriellen Bereich nicht ausreichend. Daher soll die durchschnittlich erreichte Übertragungsgeschwindigkeit der vier Länder verglichen werden, um einschätzen zu können, wie schnell das Internet wirklich ist. Dieser Indikator liefert auch ein weiteres Indiz, wie gut schnelles Internet in der Fläche zugänglich ist. Je höher der Durchschnittswert, desto besser sind wahrscheinlich auch die entlegeneren Regionen mit schnellem Internet versorgt.

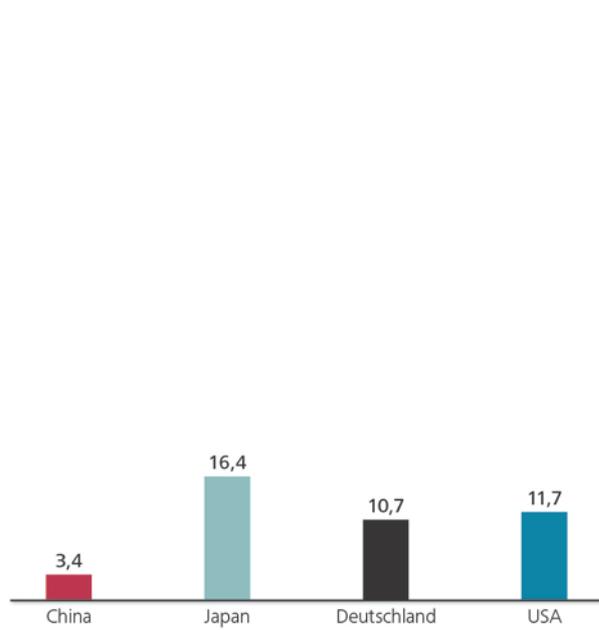
Die geringste durchschnittliche Download-Geschwindigkeit weist China auf. Das Land kommt auf gerade 3,4 Mbit/s, in der Spitze sind es durchschnittlich 18,4 Mbit/s. Bei dieser landesweiten Durchschnittsbetrachtung ist allerdings die Größe Chinas von Bedeutung. Nicht alle Teile sind auf dem gleichen industriellen und damit infrastrukturellen Niveau, hochentwickelte Regionen Chinas weisen hier teilweise deutlich höhere Werte auf, die mindestens auf dem Niveau der anderen Vergleichsländer sind.

Deutschland und die USA liegen in etwa auf einem Level, wobei die Unterscheidung bei den Spitzengeschwindigkeiten ein wenig deutlicher zugunsten der USA ausfällt. Mit Abstand die höchsten Downloadgeschwindigkeiten werden in Japan erreicht. Im Durchschnitt kommt man in Japan auf 16,4 Mbit/s, eineinhalb Mal so viel wie in Deutschland, fast fünf Mal so viel wie in China. In der Spitze kommt Japan im Durchschnitt auf mehr als 75 Mbit/s.

Abbildung 42: Durchschnittliche Downloadgeschwindigkeit

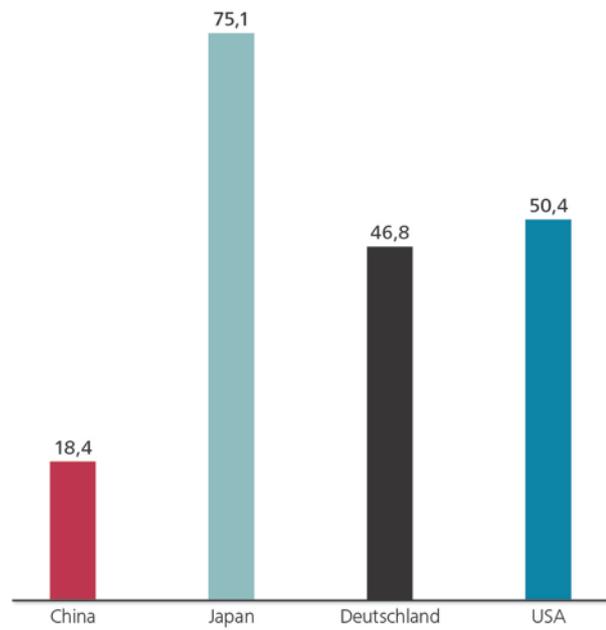
Angaben in Mbps, 2. Quartal 2015

Durschnittliche Verbindungsgeschwindigkeit



Handelsblatt Research Institute

Durchschnittliche Peak-Verbindungsgeschwindigkeit



Quelle: Akamai

5.4.2. Echtzeitfähigkeit

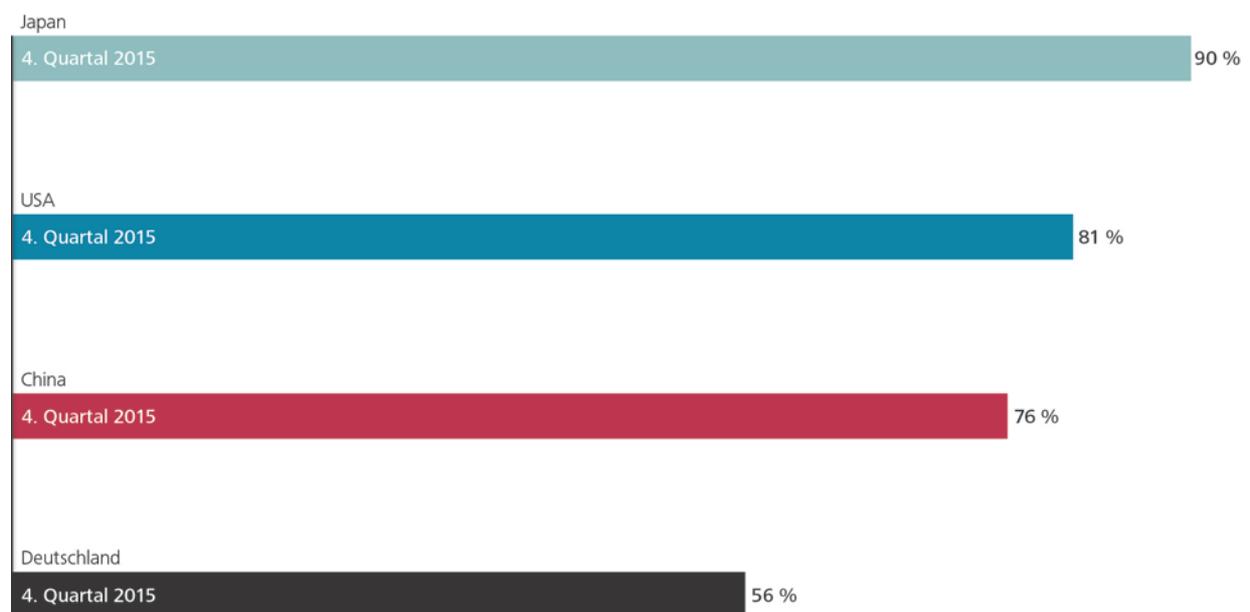
Neben der bereits beschriebenen durchschnittlichen Geschwindigkeit des Internets ist auch die Echtzeitfähigkeit von Bedeutung – sprich: Wie groß sind die Verzögerungen bei der Datenübertragung?

Vernetzung wird aber nur ausgeschöpft, wenn Zulieferer, Kunden oder Logistiker eingebunden werden. Um dies möglich zu machen, spielt der flächendeckende Ausbau eines schnellen Netzes eine bedeutende Rolle. Der LTE-Ausbau, auch 4G genannt, ist die aktuell höchste Ausbaustufe des mobilen Netzes, während sich der fünfte Ausbaustufe (5G) noch in der Vorbereitung befindet.

Auch hier zeigt sich, dass Japan bei der digitalen Infrastruktur einen Vorsprung gegenüber den anderen Ländern hat. Die LTE-Abdeckung beträgt bereits 90 Prozent, die zweitplazierten USA sind mit einer Abdeckung von 80 Prozent deutlich zurück. China ist mit einer Abdeckung von 76 Prozent kaum schlechter ausgebaut als die USA, ein weiteres Indiz auf die relativ gute mobile Dateninfrastruktur in China. Weit abgeschlagen liegt Deutschland mit einer LTE-Abdeckung von nur 56 Prozent – hier deutet sich ein wichtiger Hemmschuh für eine zügige Umsetzung vieler Industrie 4.0-Lösungen an. Deutschland muss deutlich in die Netzinfrastruktur investieren.

Abbildung 44: LTE-Abdeckung

Angaben in Prozent



Handelsblatt Research Institute

Quelle: OpenSignal

Die hier beschriebenen Vergleiche beziehen sich auf die aktuelle Infrastruktur, die für viele Industrie 4.0-Anwendungen noch gar nicht gerüstet ist. Ist ein Land bei der aktuellen Infrastruktur führend, kann vermutet werden, dass es auch bei der Einführung neuer Technologien wie etwa dem kommenden 5G-Standard schnell sein wird. Auf der anderen Seite kann es auch sein, dass ein Land hohe Investitionen, die in

die bestehende Technologie geflossen sind, erst abschreiben möchte bevor erneut große Investitionen in neue Netze fließen.

5.4.4. Investitionen in Telekommunikationsleistungen

Die steigende Entwicklung der Breitbandanschlüsse und der Downloadgeschwindigkeiten zeigen, dass die Technologie fortschreitet. Allerdings ist diese kontinuierliche Verbesserung der verfügbaren Technik kein Selbstläufer. Neben der Entwicklung neuer und besserer Technologien, die in den FuE-Zentren vorangetrieben wird, muss auch kontinuierlich die verfügbare Infrastruktur ausgebaut werden, damit diese mit den technischen Möglichkeiten Schritt hält.

Die USA liegen bei den Investitionen in Telekommunikationsleistungen deutlich vor den anderen Ländern. Von 2006 bis 2008 wurden konstant rund 80 Milliarden US-Dollar jährlich investiert. Im Zuge der Finanzkrise brachen diese Investitionen bis auf 67 Milliarden US-Dollar ein, um in der Folge wieder zu steigen – im Jahr 2012 waren es wieder gut 80 Milliarden US-Dollar. Kritisch zu bewerten ist allerdings, dass sich die Investitionen als Anteil am Umsatz der Telekommunikationsbranche nicht weiter gesteigert haben. Hier ist durchaus noch Potenzial vorhanden.

China weist im Betrachtungszeitraum ein bemerkenswertes Wachstum der Investitionen vor. Wurden im Jahr 2005 noch 25 Milliarden US-Dollar investiert, lag der Wert im Jahr 2012 mit 57 Milliarden US-Dollar mehr als doppelt so hoch – die Bedeutung des Ausbaus der Technologie wurde also erkannt und wird mit Nachdruck verfolgt.

In Japan zeigt sich das Bild, das sich durch einen großen Teil der Indikatoren zieht: Die schlechte wirtschaftliche Entwicklung schlägt sich nieder. Seit einigen Jahren sinken die Investitionen, im Jahr 2012 lagen sie rund eine Milliarde US-Dollar unter denen aus dem Jahr 2005. Allerdings ist diese Entwicklung vor der aktuell sehr guten Infrastrukturausstattung des Landes zu relativieren. Japan muss versuchen, den Anschluss an neue Entwicklungen nicht zu verlieren, kann sich aber eine vorübergehende Investitionsschwäche leisten.

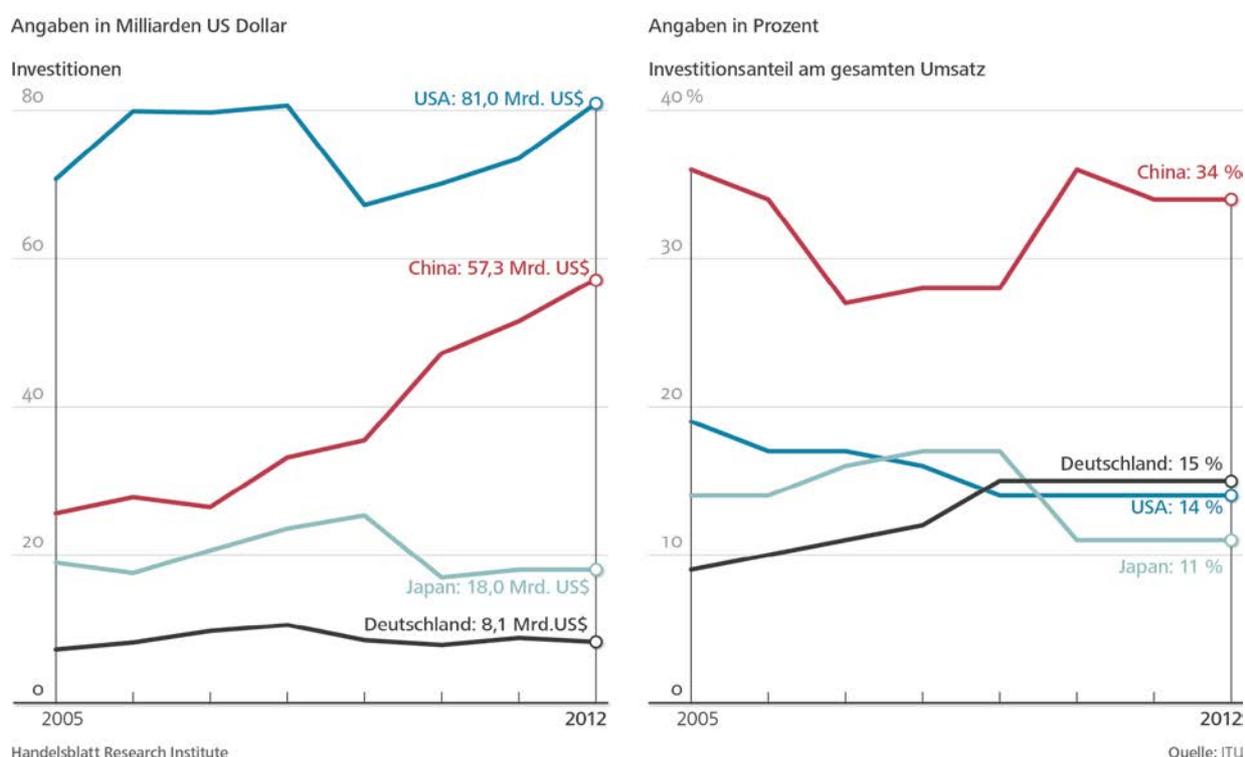
Die Investitionen in Deutschland liegen weit unter denen der anderen Länder, im Jahr 2012 wurden gerade einmal 8,1 Milliarden US-Dollar investiert, weniger als die Hälfte der japanischen und nur ein Zehntel der US-Investitionen. Deutschland liegt allerdings bei der Relation der Investitionen zum Umsatz vor diesen beiden Ländern. Dennoch ist hier in Deutschland ganz klarer Nachholbedarf vorhanden. Ganz Deutschland mit Breitbandverbindungen zu versorgen, ist ein Ziel der Bundesregierung und zeigt, dass der Handlungsbedarf erkannt wurde. Allerdings darf es dabei nicht bleiben, hier sind verstärkt Investitionsanreize zu setzen. Wenn Deutschland in den kommenden Jahren nicht in Infrastruktur investiert, wird es Probleme geben, fortschrittliche Industrie 4.0-Anwendungen zu implementieren.

Die bisherige Entwicklung, seit das Breitbandziel in Deutschland im Jahr 2007 ausgegeben wurde, ist nur bedingt erfolgreich. Zwar wurden Fortschritte beim Ausbau der Infrastruktur gemacht, eine flächendeckende

Verbreitung von Breitbandanschlüssen ist aber noch nicht erreicht. Im April 2016 wurde der Telekom in Deutschland die Erlaubnis zum Vectoring-Ausbau erteilt. Das Verfahren ist ökonomisch umstritten, da es der Telekom quasi Monopol-Rechte bei dieser Ausbau-Stufe einräumt, aber auch auf technischer Ebene gibt es Zweifel an dem Verfahren. So wird kritisiert, dass der Ausbau nur ein Festhalten an hergebrachter Technik sei, wirkliche Innovation mit dem Ausbau eines modernen Glasfasernetzes damit verschleppt werden könnte.

Auch in der Digitalen Strategie 2025 des BMWi spielt der Netzausbau eine zentrale Rolle (BMWi 2016). Die geforderten Maßnahmen, die vor allem den Ausbau des Glasfasernetzes forcieren sollen, gehen damit weiter als bisherige Strategien der Regierung, aber eine – auch zeitlich – konkrete Umsetzungsstrategie ist darin nur bedingt zu erkennen.

Abbildung 45: Investitionen in Telekommunikationsleistungen



5.4.5. Sicherheit

Sicherheit ist ein zentraler Aspekt beim Thema Industrie 4.0. Eine zunehmende Vernetzung geht per Definition mit einer wachsenden Offenheit einher. Dies führt zu einer größeren Anfälligkeit für digitale Angriffe. Eine funktionierende Infrastruktur muss deshalb nicht nur die Weiterentwicklung digitaler Services ermöglichen, sondern auch ein sicheres Umfeld bieten, in dem Unternehmen bereit sind, sich der Digitalisierung zu öffnen. Neben der eigentlichen Absicherung von Daten der Unternehmen, die sich im Zuge der Industrie 4.0-Entwicklung verstärkt öffnen, muss die Sicherheitsinfrastruktur auch ausreichen, um Unternehmen, die eine verstärkte Digitalisierung aus Angst um ihre Unternehmensdaten scheuen, das notwendige Vertrauen zu geben.

Cybersecurity ist ein komplexes Thema. Es muss sich mit der gleichen Geschwindigkeit entwickeln wie die digitalen Möglichkeiten und Anwendungen, um auf immer neue Herausforderungen reagieren zu können. Während Anwendungsfelder und damit mögliches Gefahrenpotenzial aktiv vorangetrieben und entwickelt werden können, muss die Sicherheit diesen Entwicklungen folgen und sich neuen Herausforderungen anpassen. Dabei hat jede mögliche Industrie 4.0-Anwendung andere Sicherheitsanforderungen, die erfüllt werden müssen.

In einer einfachen Darstellung muss die Informationssicherheit den sogenannten CIA-Dreiklang Vertraulichkeit (Confidentiality), Integrität (Integrity) und Verfügbarkeit (Availability) erfüllen (Perrin 2008). Dieser kann in einer umfassenden Analyse der Sicherheitsanforderungen auf eine Vielzahl von Faktoren ausgeweitet werden. Während der CIA-Dreiklang ein mögliches Beurteilungskriterium für die Betrachtung konkreter Anwendungsfälle und ihrer Sicherheitsbedingungen ist, eignet er sich nicht für eine gesamtwirtschaftliche Beurteilung der digitalen Sicherheitsinfrastruktur. Eine weniger spezifische, dem makroökonomischen Vergleich dienliche Betrachtung kann mit Hilfe des „Global Cybersecurity Index & Cyberwellness Profiles“ Berichtes der „International Telecommunication Union“ (ABI Research und ITU 2015) vorgenommen werden.

Der Bericht bietet einen globalen Vergleich der Cybersicherheit anhand verschiedener Indikatoren. Durch die Analyse dieser Indikatoren können keine konkreten Fallbeispiele durchgespielt werden, sie ermöglicht aber den Vergleich des Stellenwertes, den digitale Sicherheit in einem Land genießt. Sie zeigt außerdem, inwieweit ein Land bereit und in der Lage ist, sich effektiv für Cybersicherheit einzusetzen und macht die aktuelle Position und den Entwicklungsbedarf in den unterschiedlichen Bereichen der digitalen Sicherheit deutlich.

Der Report vergleicht die Leistungsfähigkeit von Nationalstaaten im Bereich der Cybersecurity anhand der Bereiche Recht, Technik, Organisation, Kapazitäten und Kooperation. Die Bewertung von Ländern erfolgt dabei auf Basis einer breiten Analyse von Primär- und Sekundärdaten. Neben einer Befragung in allen Teilnehmerstaaten zum Stand der Sicherheit wurden rechtliche und strukturelle Grundlagen jedes Landes recherchiert und ausgewertet. Anhand dessen liefert der Bericht ein umfassendes Bild des aktuellen Standes auf dem Gebiet der Cybersicherheit und lässt einen Vergleich zwischen verschiedenen Ländern und Regionen der Welt zu.

Abbildung 46: Übersicht ITU Global Cybersecurity Index

Kategorien: 0 bis 2 (Höchstwert) Skala; Index: 0 bis 1 (Höchstwert) Skala

	Recht			Technik				Organisation				
	Gesetzgebung	Regelkonformität	Index	CERT/CIRT/CSIRT	Standards	Zertifizierung	Index	Regierungsleitlinien	Zuständige Behörden	Nationale Benchmark	Index	
China	2	1	0,75	2	1	0	0,50	0	0	2	0	0,250
Deutschland	2	2	1,00	2	2	2	1,00	2	0	2	1	0,625
Japan	2	2	1,00	2	1	1	0,67	2	2	2	0	0,750
USA	2	2	1,00	2	2	1	0,83	2	2	2	1	0,875

	Kapazitäten					Kooperation				
	Standardisierung	Arbeitskraft	Professionelle Zertifizierung	Behörden-zertifizierung	Index	Innerstaatliche Kooperation	Zwischenbehördliche Kooperation	Öffentlich-private Kooperation	Internationale Kooperation	Index
China	1	1	2	0	0,500	0	1	1	1	0,375
Deutschland	1	1	2	1	0,675	1	1	1	1	0,500
Japan	1	1	2	1	0,675	1	1	1	2	0,675
USA	2	2	2	2	1,000	1	1	1	1	0,500

Handelsblatt Research Institute

Quellen: ABI Research/ITU

Das globale Ranking über alle Bereiche hinweg wird von den USA angeführt, mit Kanada folgt ein zweiter nordamerikanischer Staat auf dem zweiten Rang. Deutschland und Japan stehen auf dem geteilten achten Platz, China auf dem 47. Rang und damit deutlich hinter den USA, Deutschland und Japan.

Das globale Ranking anhand des Gesamtindex eines Landes gibt einen ersten Hinweis darauf, wie gut es im Bereich Sicherheit aufgestellt ist; ein detaillierteres Bild ergibt sich allerdings erst beim Blick in die einzelnen Kategorien.

Der Bereich Sicherheit wird in den Unterpunkten der Gesetzgebung im Bereich Cybercrime (Gesetzgebung) sowie der Regulierung der digitalen Welt (Regelkonformität) geprüft. Die USA, Deutschland und Japan schneiden im Rechtsbereich sehr gut ab und erhalten bei beiden Unterpunkten die volle Punktzahl, was zu einem Indexwert von eins – der Höchstpunktzahl – führt. China bekommt ebenfalls die höchste Punktzahl bei der Gesetzgebung, in der Regulierung allerdings nur einen Punkt. Damit liegt das Land im Sicherheitsbereich mit einem Index von 0,75 hinter den drei anderen Ländern.

Die Kategorie Technik ist auf drei Unterpunkte aufgeteilt. Hier werden die Existenz von (1) Computer Emergency Response Teams (CERT) / Computer Incidence Response Teams (CIRT) oder Computer Security Incident Response Teams (CSIRT), (2) Sicherheitsstandards – etwa ISO- oder ITU-Normen- und (3) Zertifikaten untersucht. Während beim ersten Punkt, der Verfügbarkeit von Response Teams, alle vier Länder mit der Höchstpunktzahl abschließen, gibt es bei den anderen beiden Unterpunkten eine größere Streuung. Bei der Existenz von Sicherheitsstandards bekommt nur Deutschland die Höchstpunktzahl zwei, die anderen drei Länder bekommen jeweils einen Punkt. Bei der Existenz von Zertifikaten liegt Deutschland erneut mit zwei Punkten an der Spitze, die USA und Japan bekommen jeweils einen Punkt, während China hier gar keinen Punkt erhält. Im gesamten Technikindex zeigt sich damit, dass Deutschland hier mit dem Maximum von eins sehr gut aufgestellt ist, die USA (Index: 0,8) liegen vor Japan (0,66) und China, das mit einem Technikindex

von 0,5 schon deutlich hinter Deutschland und den USA liegt. Im Bereich der technischen Sicherheitsausstattung haben die beiden asiatischen Vertreter noch einen klaren Nachholbedarf.

Die dritte Kategorie des Sicherheitsvergleiches ist die Organisation, dargestellt in vier Unterpunkten. Der erste Unterpunkt gilt der Bereitschaft der Politik, im Bereich der Cybersecurity klare politische Verantwortungen und Rollen zu definieren sowie private Träger einzubinden. Der Punkt Regierungsleitlinien beinhaltet unter anderem die Implementierung relevanter Gesetzgebung oder Protokolle zum Umgang mit Sicherheitsverstößen. Unter dem Feld zuständige Behörden wird überprüft, inwieweit es eine Behörde oder andere Institution gibt, die offiziell für Cybersecurity verantwortlich ist. Unter der nationalen Benchmark werden offizielle oder sektorspezifische Benchmarks und Standards, etwa ISO-Normen gefasst.

Deutschland, die USA und Japan schneiden beim Punkt Politik mit der vollen Punktzahl sehr gut ab, China bekommt in diesem Bereich keinen Punkt. Ebenfalls ohne Punkt bleibt China im Bereich der Regierungsleitlinien, hier allerdings gleichauf mit Deutschland, das ebenfalls schlecht bewertet wurde. Japan und USA liegen mit der vollen Punktzahl gleichauf an der Spitze. Alle vier Länder schneiden bei der Frage nach einer zuständigen Behörde mit voller Punktzahl sehr gut ab, deutlicher Nachholbedarf besteht dagegen bei der Existenz nationaler Benchmarks. Hier kommen Deutschland und die USA mit einem Punkt auf eine mittlere Bewertung, China und Japan bleiben ohne Punkt.

So ergibt sich bei der Organisation ein insgesamt heterogenes Bild. China hat mit einem Index von 0,25 noch sehr deutlich an der Organisation des Sicherheitsbereiches zu arbeiten, auch Deutschland hat mit einem Index von 0,625 noch Nachholbedarf. Japan liegt mit 0,75 Punkten auf dem zweiten Rang. Die USA haben an der Spitze eine sehr gute Bewertung, einzig im Bereich der Benchmarks gibt es noch Luft nach oben.

Die vierte Kategorie sind Kapazitäten, womit das Bewusstsein für das Thema Cybersicherheit und die Weiterbildung auf dem Gebiet analysiert werden. Die Subkategorien bilden hier die Standardisierung, in der die Existenz und Forschung auf dem Gebiet von Sicherheitsstandards abgebildet werden. Unter Arbeitskraft wird die Information und (Weiter-)Bildung von Personal bewertet, unter der professionellen Zertifizierung wird verglichen, inwieweit das Personal des öffentlichen Sektors in international zertifizierten Programmen geschult ist. Ein ähnlicher Indikator wird in der Behördenzertifizierung abgebildet. Nur werden hier nicht die zertifizierten Mitarbeiter, sondern Agenturen bewertet.

Bei der Standardisierung sowie Arbeitskraft liegen Japan, Deutschland und China mit einem Punkt gleichauf, die USA mit zwei Punkten vorn. Bei der professionellen Zertifizierung gibt es für alle vier Länder die volle Punktzahl, bei der Behördenzertifizierung nur für die USA. Deutschland, Japan (je einen Punkt) und China (null Punkte) schneiden hier schlechter ab.

Insgesamt liegt China bei den Kapazitäten wieder am Ende des Rankings, schneidet mit einem Index von 0,5 aber besser ab als in der Organisation. Mit 0,625 liegen Japan und Deutschland zwar besser, zeigen aber auch noch deutliche Lücken, während die USA mit einem Index von eins die Bestbewertung bekommen.

Die letzte geprüfte Kategorie erfasst die Kooperation auf dem Gebiet der Cybersecurity zwischen Ländern, Sektoren und Institutionen.

Bei der intrasektoralen Zusammenarbeit bleibt China ohne Punkt, die anderen Länder schneiden mit jeweils einem Punkt ebenfalls mittelmäßig ab. Mittelmäßig trifft auch auf die Bereiche zwischenbehördliche und öffentlich-private Zusammenarbeit zu, hier erhalten alle vier Länder je einen Punkt. Das gleiche gilt für die Einbindung in internationale Netzwerke, mit der Ausnahme, dass Japan hier mit der vollen Punktzahl bewertet wird.

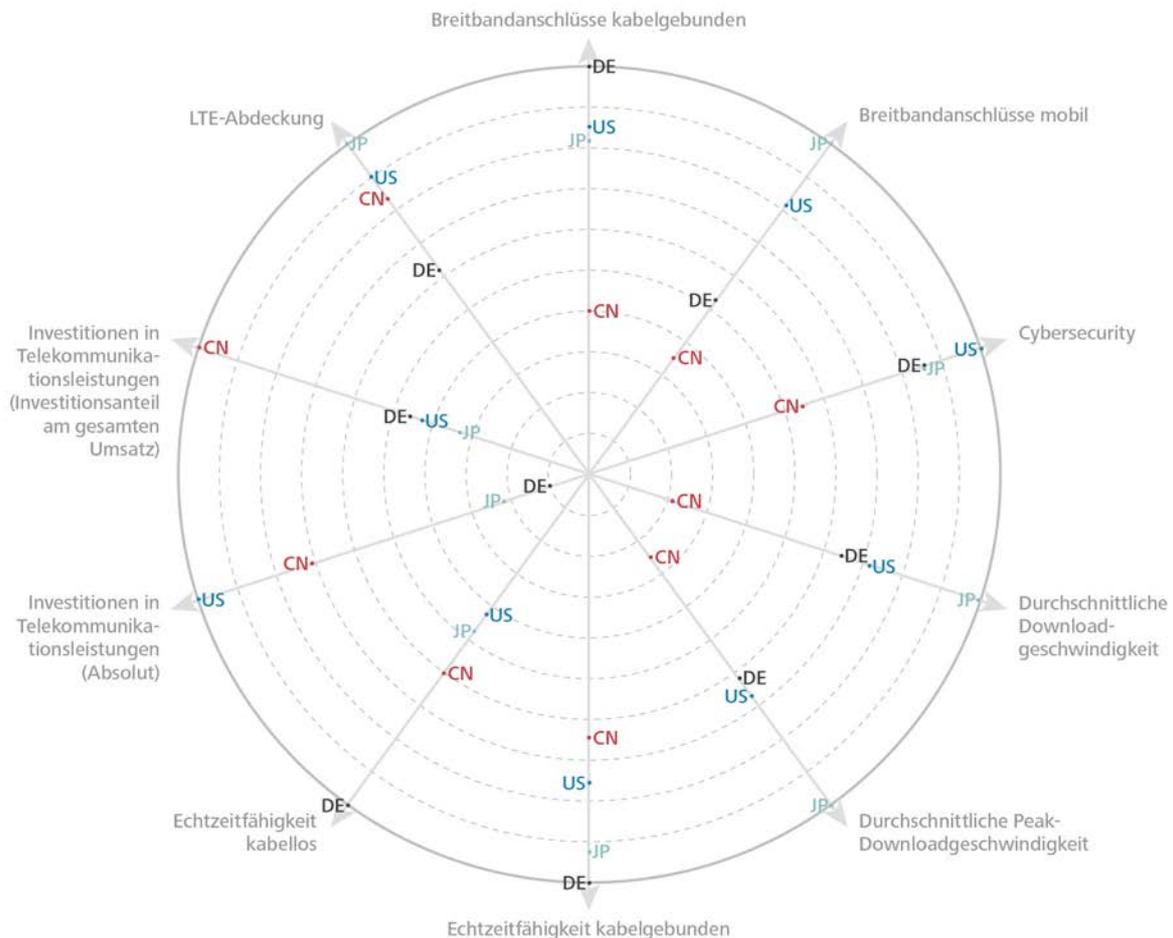
Im Gesamtindex der Kooperation liegen die Länder sehr eng beieinander, die Spanne reicht von 0,375 (China) über 0,5 (Deutschland und die USA) bis zu 0,675 (Japan). In dieser Kategorie zeigt sich aber, dass alle Länder noch sehr deutlich nachbessern können – und da Bedrohungen in der digitalen Welt deutlich weniger orts-, unternehmens- oder branchengebunden sind als in anderen Bereichen - müssen alle Länder in diesem Bereich intensiv arbeiten.

5.4.6.

Fazit

Die abschließende Bewertung der gegenwärtigen digitalen Infrastruktur der vier Länder ist nicht trivial. Zwar erlauben die gewählten Indikatoren einen quantitativen Vergleich. Da es sich aber immer um Durchschnitte handelt, ist eine klare Beurteilung der digitalen Infrastruktur nicht zu treffen. Die Zuwendung eines Landes zur bestehenden Technik erlaubt immerhin Rückschlüsse auf die Intensität, mit der der Ausbau von Technologie vorangetrieben wird.

In Deutschland gibt es die höchste Zahl kabelgebundener Breitbandverträge; der Breitbandausbau war in den vergangenen Jahren ein bedeutendes Ziel der Bundesregierung. Allerdings liegt Deutschland bei der Verbreitung mobiler Breitbandanschlüsse weit abgeschlagen hinter den USA und Japan. Bei der Downloadgeschwindigkeit schneidet Deutschland genau wie bei der Verlässlichkeit nicht gut ab. In Sicherheitsfragen scheint Deutschland insgesamt gut aufgestellt, auch die Echtzeitfähigkeit kann überzeugen. Herauszustellen ist die geringe Investitionsbereitschaft Deutschlands auf dem Gebiet der Telekommunikationstechnologie. Sowohl in absoluten Zahlen als auch im Verhältnis zum BIP liegt Deutschland deutlich hinter den drei Wettbewerbern. Bedenkt man, dass die Entwicklung der für viele Industrie 4.0-Anwendungen nötigen Infrastruktur längst nicht abgeschlossen ist, kann dies zu einem großen Problem werden. Hier sind Investitionsanreize gefragt.

Abbildung 47: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit der IKT-Infrastruktur³⁰


Handelsblatt Research Institute

Quelle: HRI

In Japan ist die Anzahl der Breitbandzugänge sehr gut und die durchschnittliche Downloadgeschwindigkeit ist sehr hoch. Bei der Cybersicherheit liegt Japan gleichauf mit Deutschland, nur die USA werden als sicherer eingestuft.

Neben der Sicherheit wissen die USA allerdings bei der bestehenden Infrastruktur nur bedingt zu überzeugen. Zwar ist die Zahl der Breitbandanschlüsse relativ hoch und die Verlässlichkeit des Netzes ausgeprägt, die Downloadgeschwindigkeit und die Echtzeitfähigkeit liegen allerdings unter den Werten in Deutschland und Japan.

Die Beurteilung der chinesischen Infrastruktur fällt gemischt aus. Bei der Ausstattung mit Breitband- und Mobilanschlüssen liegt China genau wie bei der durchschnittlichen Geschwindigkeit und der Sicherheit am

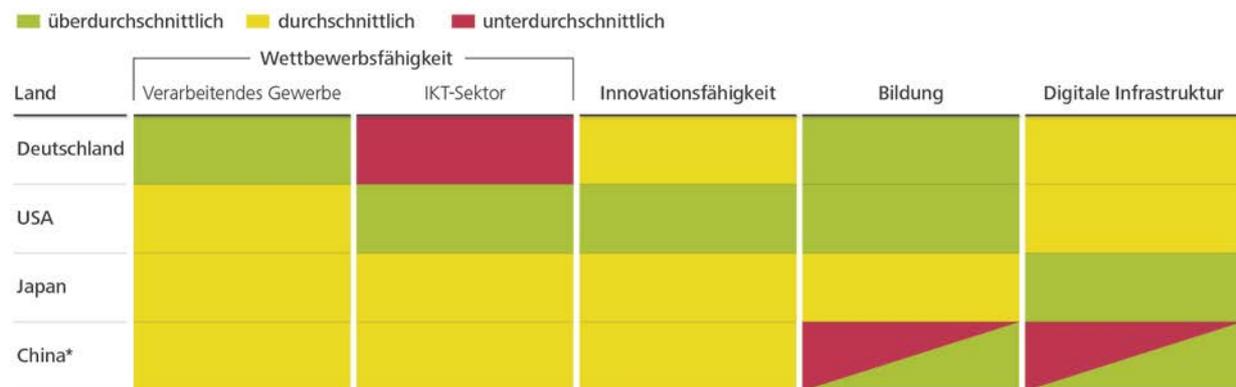
³⁰ Die Werte sind indiziert, wobei der jeweils stärkste Wert auf 100 gesetzt wurde. Alle Angaben beziehen sich auf das jeweils letzte vollständig vorhandene Berichtsjahr.

Ende des Rankings. Gleichzeitig zeigen aber eine relativ hohe LTE-Abdeckung und große Investitionsanstrengungen, dass das Land an einer Verbesserung der Infrastruktur arbeitet. Auch hier gilt allerdings wie bei den anderen Kategorien: China ist sehr heterogen. In den wirtschaftlichen Kraftzentren, die bei der Entwicklung von Industrie 4.0-Lösungen von besonderer Relevanz sind, ist auch die Infrastruktur mitunter auf einem deutlich höheren Niveau.

6. DEUTSCHLAND IM INTERNATIONALEN WETTBEWERB – FAZIT UND HANDLUNGSOPTIONEN

Die Analyse der Industrie 4.0-Fähigkeiten der Länder China, Deutschland, Japan und der USA zeigt ein differenziertes Bild der aktuellen Situation. Jedes der vier Länder hat Stärken und Schwächen, die es zu nutzen oder zu beheben gilt.

Abbildung 48: Die Industrie 4.0-Wettbewerbsfähigkeit Chinas, Deutschland, Japans und der USA im Vergleich



*In den Kategorien Bildung und Digitale Infrastruktur sind für einige Indikatoren Daten für die Regionen Shanghai, Hong Kong, Taipei und Macao genutzt worden. Diese Regionen stehen exemplarisch für die wirtschaftlichen Kraftzentren Chinas, die in diesen Bereichen überdurchschnittlich gut abschneiden. Das Gesamtland hingegen hat noch einen deutlichen Rückstand gegenüber den internationalen Wettbewerbern.

Handelsblatt Research Institute

Quelle: HRI

In Deutschland ist die Bedeutung des Internets der Dinge für die Wirtschaft erkannt worden und konzentriert sich unter dem Schlagwort Industrie 4.0 auf das produzierende Gewerbe. Die deutsche Industrie 4.0-Initiative wird von Politik und Privatwirtschaft gleichermaßen getragen und unter dem Dach der Industrie 4.0-Plattform gebündelt. Die Konzentration auf das produzierende Gewerbe ist vor dem Hintergrund der Bedeutung dieses Sektors für die deutsche Wirtschaft zu sehen. Das produzierende Gewerbe in Deutschland erzeugt einen für ein entwickeltes Land überdurchschnittlichen Anteil an der Bruttowertschöpfung und ist von großer Bedeutung für den deutschen Arbeitsmarkt. Trotz der verhältnismäßig geringen Ausgaben für Forschung und Entwicklung sind die deutschen Produkte international wettbewerbsfähig. Obwohl die absolute Wertschöpfung des produzierenden Gewerbes in Deutschland kleiner ist als in den Vergleichsländern, liegen die Exporte dieses Sektors vor Japan und den USA – ein Hinweis auf die Stärke deutscher Produkte im internationalen Wettbewerb. Insgesamt ist das produzierende Gewerbe Deutschlands für die Entwicklung der Industrie 4.0 gut aufgestellt. Das Gegenteil trifft auf den deutschen IKT-Sektor zu. Im Vergleich zur größten IKT-Nation, den USA, ist der deutsche IKT-Sektor acht Mal kleiner, selbst der japanische ist doppelt so groß wie der deutsche. Der deutsche IKT-Sektor ist nicht nur im Vergleich mit den anderen Ländern sehr klein, auch seine Bedeutung für die Volkswirtschaft ist wesentlich geringer als in den anderen Ländern. Die deutschen Exporte auf dem Gebiet liegen weit hinter denen Chinas und der USA und auch die Ausgaben des Sektors für Forschung und Entwicklung sind im internationalen Vergleich auf einem niedrigen Niveau – absolut und relativ. Einzig die überraschend hohen deutschen Exporte von IKT-Dienstleistungen sind ein Lichtblick. Deutschland exportiert insgesamt, genau wie die anderen Länder, relativ wenige güterbezogene Dienstleistungen. Diese werden aber ein erheblich größeres Gewicht in den

Geschäftsmodellen der Industrie 4.0 erhalten. Die einzige Stärke des deutschen IKT-Sektors erscheint auf volkswirtschaftlicher Ebene, also direkt komplementär zu den Bedürfnissen eines Industrie 4.0-befähigten produzierenden Gewerbes. Beide Sektoren gemeinsam ergäben einen starken deutschen Industrie 4.0-Sektor, der zu einem globalen Leitanbieter avancieren könnte. Wegen seiner Stärken dürfte das deutsche produzierende Gewerbe darüber hinaus ein gefragter Partner für internationale Kooperationen sein. Damit eröffnen sich über die nationale Kooperation mit dem IKT-Sektor hinaus Möglichkeiten, Schwächen auszugleichen, Know-how zu bilden und erfolgversprechende Standards zu entwickeln. Für die deutsche IKT-Industrie spielt eine Beteiligung an internationalen Kooperationen zur Entwicklung der Industrie 4.0 eine herausragende Rolle, um nicht weiter abgehängt zu werden. Die grundsätzliche Zurückhaltung vieler deutscher Unternehmen, die aus Angst um ihre Daten vor internationalen Kooperationen auf diesem Gebiet scheuen, könnte ein Ansatzpunkt der deutschen IKT-Branche werden. Die deutsche Industrie ist nicht im gleichen Maße von der deutschen IKT-Branche abhängig. Ihre Stärke macht sie attraktiv für internationale Entwicklungsprojekte.

Angesichts des kleinen Heimatmarktes und der starken Exportorientierung der deutschen Wirtschaft sollten internationale Kooperationen ohnehin ein Anliegen deutscher Unternehmen mit Industrie 4.0-Ambitionen sein. Gerade die Rolle der zu setzenden Standards legt eine Internationalisierung der Partnerschaften nahe. Denn eine deutsche Lösung international durchzusetzen, erscheint ungleich schwieriger als eine gemeinschaftlich entwickelte.

Neben einer guten Performanz in den beiden für Industrie 4.0 zentralen Sektoren müssen weitere Voraussetzungen erfüllt sein, um die Herausforderungen der digitalisierten Produktion und Wirtschaft meistern zu können. So ist für die technologische als auch wirtschaftliche Führerschaft ein fähiger Forschungs- und Entwicklungssektor Grundvoraussetzung; hier schneidet Deutschland durchwachsen ab. Die Fähigkeit, marktfähiges Wissen zu entwickeln, ist in Deutschland gut ausgeprägt. Die gesamten Ausgaben im Bereich der Forschung und Entwicklung sind relativ hoch, die deutsche Forschungslandschaft ist international anerkannt – sie erzeugt allerdings verhältnismäßig wenige internationale Patente. Bei der Vermarktung neuer und auch risikoreicher Ideen, zum Beispiel im Rahmen von Start-ups, muss Deutschland dagegen noch aufholen. Hier lassen sich die Rahmenbedingungen etwa durch einen leichteren Zugang zu Risikokapital verbessern. Das Problem der mangelnden Risikobereitschaft muss allerdings auch in den Blick genommen werden. Die deutsche Kultur des „auf Nummer sicher Gehens“ muss dabei nicht aufgegeben werden. Vielmehr gilt es, die zugrunde liegende „Gründlichkeit“ nicht zur Vermeidung von Risiko und Unsicherheit, sondern zum besseren Risikomanagement und zur Bewältigung von Ungewissheiten zu nutzen.

In der Entwicklung der Industrie 4.0 sind tiefgreifende Veränderungen der Arbeitswelt zu erwarten. Ganze Berufsbilder werden wegfallen oder sich grundlegend verändern, vor allem gering- und mittelqualifizierte Arbeitskräfte werden es schwerer haben, Arbeitsplätze zu finden. Vor diesem Hintergrund ist eine gut ausgebildete Bevölkerung eine wichtige Voraussetzung, Industrie 4.0 meistern zu können. In diesem Bereich steht Deutschland gut da, das Bildungssystem ist leistungsfähig, die Bevölkerung gut ausgebildet und beides kann mit moderaten Ausgaben erreicht werden. Deutschland liegt im Vergleich an der Spitze, sowohl was

das Verhältnis von Lehrern zu Lernenden angeht als auch hinsichtlich der allgemeinen Qualität des Bildungssystems und der Qualität der Mathematik- und Wissenschaftsausbildung. Auf den ersten Blick besorgniserregend erscheint der im Verhältnis geringe Anteil der Bevölkerung mit einem Hochschulabschluss, auch die Anzahl der Schulabgänger, die ein Studium aufnehmen, ist in Deutschland relativ gering. Weil im deutschen Bildungssystem viele Kenntnisse und Fähigkeiten in der Schule oder in der dualen Ausbildung vermittelt werden, die anderswo Gegenstand der Hochschulausbildung sind, kann aus dem relativ schlechten Abschneiden bei diesen Indikatoren noch nicht auf einen Nachteil Deutschlands geschlossen werden – bedeutungsvoller bleibt die Einschätzung der allgemeinen Qualität. Insgesamt erscheint das deutsche Bildungssystem sehr effizient, es erreicht gute Ergebnisse mit relativ geringem Mitteleinsatz. Hier gilt es, die hohe Qualität des Bildungssystems aufrecht zu erhalten und konsequent an den Bedürfnissen des Arbeitsmarktes der Zukunft auszurichten (Heilmann und Eickemeyer 2015).

Die digitale Infrastruktur ist neben dem IKT-Sektor Deutschlands größte Schwäche. Zwar hat in Deutschland die im Ländervergleich größte Anzahl an Haushalten einen kabelgebundenen Breitbandanschluss, aber bei der Verbreitung des kabellosen Breitbandes liegt Deutschland weit hinter Japan und den USA zurück. Die erreichten Geschwindigkeiten sind aktuell gut, die LTE-Abdeckung aber nicht ausreichend. Die Investitionen Deutschlands in Telekommunikationsdienstleistungen liegen zudem weit unter denen der anderen Länder. Im Jahr 2012 wurden gerade einmal 8,1 Milliarden US-Dollar investiert, weniger als die Hälfte der japanischen Investitionen und nur ein Zehntel der US-Investitionen. Zwar entsprechen die Investitionen in Deutschland trotzdem 15 Prozent des Umsatzes der Telekommunikationsunternehmen, allerdings liegt das daran, dass der Umsatz der deutschen Telekommunikationsunternehmen im internationalen Vergleich sehr niedrig ist. Ganz Deutschland mit Breitbandverbindungen zu versorgen, ist ein erklärtes Ziel der Bundesregierung und zeigt, dass der Handlungsbedarf erkannt wurde. Vor dem Hintergrund von Industrie 4.0 stellt er sich nun noch einmal dringender dar (vgl. Bundesministerium für Wirtschaft und Energie 2015, S. 119).

In den USA dreht sich die Debatte um die Digitalisierung der Wirtschaft um den Begriff Internet of Things und ist thematisch deutlich breiter aufgestellt als dies in Deutschland der Fall ist. Zudem ist das Thema weniger politisch gesteuert, sondern wird stärker aus der Wirtschaft heraus vorangetrieben. Federführend ist der Zusammenschluss einer großen Anzahl an internationalen Unternehmen im Industrial Internet Consortium.

Das Industrie 4.0-Problemfeld der USA liegt im produzierenden Gewerbe. Die Bedeutung des Sektors für die gesamte US-Wirtschaft ist seit Jahrzehnten rückläufig und liegt deutlich hinter den drei Vergleichsländern. Allerdings fließen in den USA rund zehn Prozent der Bruttowertschöpfung in die Forschung und Entwicklung, womit das Land recht gut positioniert ist und auch bei den güterbezogenen Dienstleistungsexporten liegen die USA vorn. So sind trotz der insgesamt relativ schwachen Lage des produzierenden Gewerbes zuletzt positive Signale aus den USA zu erkennen. Ein Aufschwung der US-Industrie könnte durch Industrie 4.0 beflügelt werden, denn das Land ist bei den anderen Indikatoren fast durchweg gut aufgestellt. Der IKT-Sektor ist einer der leistungsfähigsten der Welt. Die absolute Wertschöpfung ist wesentlich höher als in den Vergleichsländern, der Sektor hat eine überdurchschnittliche Bedeutung für die gesamte Wirtschaft. Auch

bei den Ausgaben für Forschung und Entwicklung liegt der US-Sektor, sowohl absolut als auch relativ, im internationalen Vergleich an der Spitze. Gleiches gilt für die im Kontext der Industrie 4.0-Entwicklung bedeutenden produktbezogenen Dienstleistungen – keines der anderen Länder exportiert in diesem Bereich so viel wie die USA. Sollte das produzierende Gewerbe gemeinsam mit der starken IKT-Branche an der Entwicklung der Industrie 4.0 arbeiten, ist eine Reindustrialisierung in den USA möglich. Auch im Bereich der Innovationsfähigkeit stehen die USA gut da. Die Forschung und Entwicklung ist sehr stark, das Land ist für seine aktive Start-up Szene bekannt. Vor dem Hintergrund der sehr guten Ausstattung mit Risikokapital und der kulturell stark ausgeprägten Risikobereitschaft bei Unternehmensgründungen ist auch eine zukünftig starke Stellung des Landes zu erwarten. Der amerikanische Bildungsbereich ist ebenfalls in einer guten Situation. Das Land schneidet auf diesem Gebiet durchweg positiv ab und scheint damit auf die sich ändernden Anforderungen eines Industrie 4.0-Arbeitsmarktes vorbereitet. Die digitale Infrastruktur der USA ist allerdings nicht auf dem hohen Niveau der anderen Indikatoren. Zwar ist das Land auf dem Gebiet der Cybersecurity führend, die Leistung der aktuellen Infrastruktur ist allerdings eher mittelmäßig. Da für die Entwicklung der Industrie 4.0 aber ohnehin eine Weiterentwicklung der bestehenden Infrastruktur erforderlich ist, sind allerdings die großen Investitionen in Telekommunikationsdienstleistungen in den USA positiv zu werten.

In Japan ist das Thema Automatisierung seit langem ein großes Thema der Industrie, das Land ist hier einer der Vorreiter. In der Entwicklung der Industrie 4.0 wird in Japan allerdings ein deutlich breiteres Konzept verfolgt als in Deutschland, die angestrebte Digitalisierung zieht sich durch alle Lebensbereiche. Die Rolle des produzierenden Gewerbes in Japan ist etwas kleiner als in Deutschland in Bezug auf die Wertschöpfung und Beschäftigung. Auch die Produktivität im produzierenden Gewerbe und die Exportzahlen sind kleiner als in Deutschland, dafür sind die Ausgaben für Forschung und Entwicklung relativ hoch. Japan scheint also den Handlungsbedarf erkannt zu haben und stützt die Zukunftsfähigkeit des Sektors – dies spiegelt sich allerdings nur bedingt in einer steigenden Wettbewerbsfähigkeit wider. Im IKT-Bereich ist Japan besser aufgestellt, der Sektor ist von großer Bedeutung für die Volkswirtschaft und schneidet insgesamt gut ab. Sowohl das produzierende Gewerbe insgesamt als auch der IKT-Sektor im Speziellen sind ordentlich aufgestellt, keiner zeigt allzu deutliche Schwächen. Dies ist eine gute Voraussetzung für eine gemeinsame Entwicklung von Industrie 4.0. Im Bereich der Innovationsfähigkeit lässt sich ein ähnliches Fazit ziehen: Es gibt kaum klare Schwächen, der Bereich Forschung und Entwicklung ist genau wie die Gründertätigkeit im Vergleich mit den anderen Ländern im Durchschnitt ordentlich. Zwar ist die Anzahl der Neugründungen gering, dafür gründen die meisten aus Überzeugung und nicht aus einer wirtschaftlichen Notlage heraus.

Die relativen Ausgaben für Forschung und Entwicklung sind international führend. Im Bildungssystem fallen der hohe Anteil der Hochschulabsolventen und –neueinschreibungen positiv auf, ebenso die Qualität der mathematisch-wissenschaftlichen Ausbildung. Bei der Qualität von Managementschulen liegt das Land aber – genau wie bei der Gesamtbeurteilung der Bildungsqualität – hinter Deutschland und den USA. Etwas besser sieht die Beurteilung der aktuellen digitalen Infrastruktur aus. Die Versorgung mit mobilen Breitbandanschlüssen ist überragend, die Leistungsfähigkeit des Netzes ist – genau wie die Cybersicherheit –

als gut bis sehr gut zu bewerten. Eine Schwäche liegt in den Investitionen in Telekommunikationsdienste, bei dem Investitionsanteil am Umsatz liegt Japan gar hinter Deutschland.

Die Investitionsschwäche in einem Bereich, in dem das Land aktuell gut dasteht, ist eine treffende Zusammenfassung der japanischen Lage über alle Indikatoren hinweg: In einer Schnappschussbetrachtung der aktuellen Lage Japans scheint das Land relativ gut für die Entwicklung der Industrie 4.0 gerüstet zu sein. Beim Blick auf die Entwicklung der vergangenen Jahre zeigt sich allerdings, dass Japan in vielen Bereichen von seiner erfolgreichen Vergangenheit zehrt. Die seit Jahren anhaltende Schwächephase der japanischen Wirtschaft schlägt sich in fast allen hier betrachteten Bereichen nieder, die Entwicklungen sind negativ oder zumindest schwächer positiv als in den Vergleichsländern. Die Entwicklung der Industrie 4.0 ist damit eine Möglichkeit, dieser Entwicklung entgegenzuwirken – sollte dies allerdings nicht gelingen, droht sich die Wettbewerbsfähigkeit des Landes deutlich zu verschlechtern.

China ist in vielfacher Hinsicht in dieser Analyse ein Sonderfall. Die Bemühungen um die Entwicklung der Industrie 4.0 werden politisch gesteuert und sind in eine breit angelegte Modernisierungsstrategie eingebettet. Im Zuge dieser Strategie soll nicht nur die Entwicklung der Industrie 4.0 erreicht werden – wobei zu bedenken ist, dass weite Teile des Landes noch nicht auf dem Stand der Industrie 3.0 angekommen sind –, sondern auch die Transformation von der arbeitsintensiven Industrie- zur wissensorientierten Dienstleistungsgesellschaft. Diesen Prozess haben die anderen drei Länder bereits in den vergangenen Jahrzehnten durchlebt. Das produzierende Gewerbe ist in China im Vergleich zu den Vergleichsländern von überragender Bedeutung, in absoluten Zahlen als auch in der relativen Wichtigkeit für die Volkswirtschaft. Wie bereits angesprochen, liegt dies in der noch nicht vollzogenen wirtschaftlichen Transformation begründet. Seit Jahren steigende und heute im internationalen Vergleich sehr hohe absolute Ausgaben für Forschung und Entwicklung deuten allerdings darauf hin, dass China die Entwicklung in diesem Bereich vorantreibt.

Im IKT-Sektor sieht es ähnlich aus: Chinas IKT-Sektor ist groß, hat allerdings eine relativ niedrige Produktivität und ist vor dem Hintergrund der geringen Arbeitskosten eher die Werkbank der Welt, als dass es im großen Stil Hochtechnologie entwickelt und dann exportiert. Anekdotische Evidenz einzelner Unternehmen aus dem IKT-Bereich, die in den vergangenen Jahren mit Spitzentechnologie Marktanteile gewonnen haben, ist zwar zu sehen, in der Breite ist die Entwicklung aber noch nicht so deutlich zu erkennen, wie im produzierenden Gewerbe. Im Bereich der Innovationsfähigkeit liegt China in den meisten Kategorien im Mittelfeld. Aber auch hier ist eine seit Jahren starke Wachstumsdynamik zu erkennen. Besonders die Gründungsaktivität ist ausgeprägt. Diese beruht aber in großen Teilen auf wirtschaftlichen Zwängen, statt auf dem Wunsch, innovative Idee zu realisieren. Insgesamt scheint China auf diesem Gebiet aber Boden gut zu machen.

Ähnlich sieht es in Chinas Bildungssystem aus: China hinkt in fast allen Kategorien den drei Vergleichsländern hinterher, entwickelt sich allerdings mit einer enormen Geschwindigkeit und seine wirtschaftlichen Kraftzentren stehen schon heute (mindestens) auf Augenhöhe mit der internationalen

Konkurrenz. So sieht es auch im Bereich der digitalen Infrastruktur aus: Die Beurteilung des Gesamtlandes ist nur in wenigen Kategorien möglich und hier schneidet China durchwachsen ab, einige Indikatoren – etwa der Ausbau des kabellosen Netzes – zeigen aber, dass internationales Niveau erreicht wird. Zudem sind die Investitionen in Telekommunikationsleistungen wesentlich höher als in den anderen Ländern – das Land hat die Anforderungen der Zukunft erkannt.

Bei der Gesamtbetrachtung der Lage Chinas sind zwei zentrale Aspekte zu berücksichtigen: Zum einen ist das Land wesentlich heterogener als die anderen drei Länder der Betrachtung. Während weite Teile des chinesischen Hinterlandes deutlich hinter der internationalen Konkurrenz zurückliegen, sind viele wirtschaftlichen Zentren schon heute auf einem mindesten gleichwertigen Stand. Zum anderen ist die chinesische Dynamik die mit Abstand Stärkste. Das spektakuläre Wachstum des Landes spiegelt sich in einer Vielzahl der hier betrachteten Kategorien wider, sodass China, nicht zuletzt ob der starken politischen Unterstützung auf dem Gebiet, als wichtiger Spieler bei der Entwicklung der Industrie 4.0 gesehen werden muss.

Die Entwicklung der Industrie 4.0 steckt noch in den Kinderschuhen. Deshalb kann aktuell nicht analysiert werden, welches Land auf dem Gebiet tatsächlich das Stärkste ist. Gegenstand dieser Studie ist daher, welches Land auf gesamtwirtschaftlicher Ebene für die kommenden Herausforderungen gut aufgestellt ist. Keines der Länder hat sich bisher einen Vorsprung gesichert, der nicht mehr einzuholen wäre. Insgesamt scheinen die USA aktuell in der besten Ausgangslage zu sein, allerdings ist das relativ schwache produzierende Gewerbe ein mögliches Problem. Deutschland ist in der Breite gut aufgestellt, muss allerdings seinen relativ kleinen IKT-Sektor kompensieren. Japan hat auf dem aktuellen Niveau in keinem Bereich klare Schwächen, allerdings stagniert die Entwicklung vieler Indikatoren seit Jahren oder zeigt sogar negative Tendenzen. China hat zwar als Gesamtland noch einigen Rückstand auf die Konkurrenz, holt aber mit großen Schritten auf, während die vielen chinesischen Industriezentren schon heute mit der internationalen Spitze mithalten können.

LITERATUR

Abe, Shinzo (2015): Celebration of the Establishment of the Robot Revolution Initiative Council. Online verfügbar unter http://japan.kantei.go.jp/97_abe/actions/201505/15article3.html, zuletzt geprüft am 17.09.2015.

ABI Research; ITU (2015): Global Cybersecurity Index & Cyberwellness Profiles. Online verfügbar unter http://www.itu.int/dms_pub/itu-d/opb/str/D-STR-SECU-2015-PDF-E.pdf, zuletzt geprüft am 15.10.2015.

Acatech (2014): Neue Chancen für unsere Produktion. 17 Thesen des Wissenschaftlichen Beirats der Plattform Industrie 4.0. Online verfügbar unter http://www.ipa.fraunhofer.de/fileadmin/user_upload/Leitthemen/Industrie_4.0/17_Thesen_Plattform_Industrie_4.0.pdf, zuletzt geprüft am 21.08.2015.

Accenture (2014): Driving Unconventional Growth through the Industrial Internet of Things. Online verfügbar unter https://www.accenture.com/gr-en/_acnmedia/Accenture/next-gen/reassembling-industry/pdf/Accenture-Driving-Unconventional-Growth-through-IIoT.pdf, zuletzt geprüft am 20.08.2015.

Akamai (Q4 2014): State of the internet / security report (2). Online verfügbar unter <https://www.stateoftheinternet.com/resources-cloud-security-2015-q2-web-security-report.html>, zuletzt geprüft am 26.08.2015.

Anger, Christina; Koppel, Oliver; Plünnecke, Axel (2015): MINT-Frühjahrsreport 2015. Gutachten für BDA, BDI, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall. Köln. Online verfügbar unter [http://www.arbeitgeber.de/www%5Carbeitgeber.nsf/res/MINT-Fruehjahrsreport_2015.pdf/\\$file/MINT-Fruehjahrsreport_2015.pdf](http://www.arbeitgeber.de/www%5Carbeitgeber.nsf/res/MINT-Fruehjahrsreport_2015.pdf/$file/MINT-Fruehjahrsreport_2015.pdf), zuletzt geprüft am 05.10.2015.

Bitkom; Fraunhofer IAO (2014): Industrie 4.0 – Volkswirtschaftliches Potenzial für Deutschland. Fraunhofer IAO. Online verfügbar unter https://www.bitkom.org/Publicationen/2014/Studien/Studie-Industrie-4.0-%E2%80%93-Volkswirtschaftliches-Potenzial-f%C3%BCr-Deutschland/Studie_Industrie_4.0.pdf, zuletzt geprüft am 20.08.2015.

Bitkom (07.04.2015): Jedem dritten Produktionsbetrieb ist Industrie 4.0 kein Begriff. Pentsi, Angelika. Online verfügbar unter <https://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Jedem-dritten-Produktionsbetrieb-ist-Industrie-4.0-kein-Begriff.html>, zuletzt geprüft am 20.10.2015.

Bitkom; VDMA; ZVEI (2015): Umsetzungsstrategie Industrie 4.0. Ergebnisbericht der Plattform Industrie 4.0. Online verfügbar unter http://www.zvei.org/Downloads/Automation/150410_Umsetzungsstrategie_Plattform%20Industrie%204.0.pdf, zuletzt geprüft am 24.09.2015.

Bledowski, Krzysztof (2015): The Internet of Things: Industrie 4.0 vs. the Industrial Internet. MAPI Foundation. Online verfügbar unter <https://www.mapi.net/research/publications/industrie-4-0-vs-industrial-internet>, zuletzt geprüft am 20.08.2015.

Bönsch, Regine (2015): Eine letzte Chance für Europa. In: *VDI Nachrichten*, 19.06.2015 (25-26), S. 9.

Browne, Ciara; Di Battista, Attilio; Geiger, Thierry; Gutknecht, Tania (2015): The Executive Opinion Survey: The Voice of the Business Community. Hg. v. World Economic Forum. Online verfügbar unter http://www3.weforum.org/docs/GCR2014-15/GCR_Chapter1.3_2014-15.pdf, zuletzt geprüft am 14.10.2015.

Broy, Manfred (2010): Cyber-Physical-Systems - Wissenschaftliche Herausforderungen bei der Entwicklung. In: Manfred Broy (Hg.): *Cyber-Physical Systems. Innovation Durch Software-Intensive Eingebettete Systeme*. Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag Berlin Heidelberg (acatech DISKUTIERT, 1), S. 17–31.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2016): Digitale Strategie 2025. Berlin. Online verfügbar unter <https://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/Publikationen/digitale-strategie-2025,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, zuletzt geprüft am 12.4.2016.

Bundesministerium für Arbeit und Soziales (2015): Grünbuch Arbeiten 4.0. Berlin. Online verfügbar unter http://www.bmas.de/SharedDocs/Downloads/DE/PDF-Publikationen-DinA4/gruenbuch-arbeiten-vier-null.pdf;jsessionid=F50040CF0786E02244F3B90A5DDC49EF?__blob=publicationFile&v=2, zuletzt geprüft am 23.09.2015.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2006): Die Hightech-Strategie für Deutschland. Bonn, Berlin. Online verfügbar unter https://www.bmbf.de/pubRD/bmbf_hts_lang.pdf, zuletzt geprüft am 22.09.2015.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2007): IKT 2020 Forschung und Innovation. Online verfügbar unter <http://www.bmbf.de/pubRD/ikt2020.pdf>, zuletzt geprüft am 26.08.2015.

Bundesministerium für Bildung und Forschung (2010): Hightech-Strategie 2020 für Deutschland. Bonn, Berlin. Online verfügbar unter http://www.bmbf.de/pub/hts_2020.pdf, zuletzt geprüft am 26.08.2015.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015a): Absprache zwischen dem Bundesministerium für Wirtschaft und Energie der Bundesrepublik Deutschland und dem Ministerium für Industrie und Informationstechnologie der Volksrepublik China zur Förderung der Zusammenarbeit deutscher und chinesischer Unternehmen im Bereich der intelligenten Fertigung sowie der Vernetzung der Produktionsprozesse. Berlin. Online verfügbar unter <http://www.bmwi.de/BMWi/Redaktion/PDF/A/absprache-zwischen-bmwi-und-china,property=pdf,bereich=bmwi2012,sprache=de,rwb=true.pdf>, zuletzt geprüft am 19.08.2015.

Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (2015b): Monitoring-Report Wirtschaft Digital 2015. Berlin. Online verfügbar unter <http://www.tns-infratest.com/WissensForum/Studien/pdf/bmwi/TNS-Infratest-Monitoring-Report-2015-Langfassung.pdf>, zuletzt geprüft am 06.11.2015.

Bundesregierung (2012): Zukunftsprojekte der Hightech-Strategie (HTS-Aktionsplan). Berlin. Online verfügbar unter <http://www.bmbf.de/pub/HTS-Aktionsplan.pdf>, zuletzt geprüft am 26.08.2015.

Bundesregierung (2014): Die neue Hightech-Strategie Innovationen für Deutschland. Online verfügbar unter http://www.bmbf.de/pub_hts/HTS_Broschure_Web.pdf, zuletzt geprüft am 21.08.2015.

Bußmann, Sebastian; Seyda, Susanne (2014). Fachkräfteengpässe in Unternehmen. Die Altersstruktur in Engpassberufen. Studie. Hrsgg. vom Institut der deutschen Wirtschaft.

Center on International Education Benchmarking (2012): Statistic of the Month: Investigating the Skills Mismatch. Center on International Education Benchmarking. Online verfügbar unter <http://www.ncee.org/2012/07/statistic-of-the-month-investigating-the-skills-mismatch/>, zuletzt aktualisiert am 14.10.2015.

Generalkonsulat der Volksrepublik China in München: China gibt "Internet Plus"-Aktionsplan zur Wachstumsstimulierung bekannt. Online verfügbar unter <http://munich.china-consulate.org/ger/xwtdt/t1278842.htm>, zuletzt geprüft am 13.10.2015.

Manufacturing Industry Topics (2015): China's comeback: Made in China 2025. Online verfügbar unter <http://www.manufacturingtopics.com/wordpress/asia/chinas-comeback-made-in-china-2025/>, zuletzt geprüft am 13.10.2015.

Ciupek, Martin (2015): Zwei Referenzmodelle und ein Ziel. In: *VDI Nachrichten*, 03.07.2015 (27-28), S. 19.

Daimon, Sayuri (2013): Lack of diversity hurts Japan: Saito. In: *The Japan Times*, 23.01.2013. Online verfügbar unter <http://www.japantimes.co.jp/news/2013/01/23/national/lack-of-diversity-hurts-japan-saito/#.VflnC-LtlBc>, zuletzt geprüft am 16.09.2015.

Dambeck, Holger (2013): Pisa-Spitzenreiter: Das Geheimnis von Asiens Mathe-Genies. Hg. v. Spiegel Online. Online verfügbar unter <http://www.spiegel.de/schulspiegel/wissen/pisa-studie-2013-mathematik-erfolgsgeheimnis-asiatischer-schueler-a-935718.html>, zuletzt aktualisiert am 14.10.2015.

Davidson, Lincoln R. (2015): 'Internet Plus' and the Salvation of China's Rural Economy. A new "Internet Plus" plan may expand opportunities for China's rural residents. Hg. v. The Diplomat. Online verfügbar unter <http://thediplomat.com/2015/07/internet-plus-and-the-salvation-of-chinas-rural-economy/>, zuletzt geprüft am 13.10.2015.

Delhaes, Daniel; Stratmann, Klaus (2015): Eine Plattform für den Fortschritt. In: *Handelsblatt*, 17.03.2015 (53), S. 21.

Deloitte (2013): Digitalisierung im Mittelstand. Online verfügbar unter: <http://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/de/Documents/Mittelstand/Digitalisierung-im-Mittelstand.pdf>, zuletzt geprüft am 28.04.2016.

Dorst, Wolfgang (2013): Industrie 4.0 aus Sicht der IT-Wirtschaft. In: Ansgar Baums und Ben Scott (Hg.): Kompendium Digitale Standortpolitik. Vom 1x1 zum 3x3. Erste Auflage. Berlin, ohne Verlag, S. 60–69.

Dutta, Soumitra; Geiger, Thierry; Lanvin, Bruna (2015): The global information technology report 2015. ICTs for inclusive growth. Geneva: World Economic Forum.

Evans, Peter C.; Annunziata, Marco (2012): Industrial Internet: Pushing the Boundaries of Minds and Machines. GE. Online verfügbar unter http://www.ge.com/sites/default/files/Industrial_Internet.pdf, zuletzt geprüft am 20.08.2015.

Experton Group (2016): Digitale Transformation: Herausforderungen im globalen Wettbewerbsumfeld, Teil 1. Online verfügbar unter <http://www.experton-group.de/advisory/digital-transformation/studie.html>, zuletzt geprüft am 28.04.2016.

Farrell, Diana; Laboissière, Martha; Rosenfeld, Jason; Stürze, Sascha; Umezawa, Fusayo (2005): The Emerging Global Labor Market: Part II—The Supply of Offshore Talent in Services. Hg. v. McKinsey Global Institute. Online verfügbar unter file:///C:/Users/Eickemeyer/Desktop/MGI_Supply_of_offshore_talent_full_report.pdf, zuletzt geprüft am 14.10.2015.

Floyer, David (2013): Defining and Sizing the Industrial Internet. Wikibon. Online verfügbar unter http://wikibon.org/wiki/v/Defining_and_Sizing_the_Industrial_Internet, zuletzt geprüft am 20.08.2015.

Forschungsunion (2012): Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Online verfügbar unter http://www.forschungsunion.de/pdf/industrie_4_0_umsetzungsempfehlungen.pdf, zuletzt geprüft am 27.08.2015.

Forschungsunion; Acatech (2013): Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Abschlussbericht des Arbeitskreises Industrie 4.0. Berlin. Online verfügbar unter http://www.bmbf.de/pubRD/Umsetzungsempfehlungen_Industrie4_0.pdf, zuletzt geprüft am 08.06.2015.

Fouhy, K.; Kellerhoff, Peter (2015): Die neuen Gestalter von Industrie 4.0. In: *VDI Nachrichten*, 20.03.2015 (12), S. 1.

Frietsch, R.; Schmoch, U.; van Looy, B.; Walsh, J. P.; Devroede, R.; Du Plessis, M. et al. (2010): The Value and Indicator Function of Patents. Hg. v. Fraunhofer Institute for Systems and Innovation Research. Berlin (Studien zum deutschen Innovationssystem, 15-2010). Online verfügbar unter http://www.e-fi.de/fileadmin/Studien/Studien_2010/15_2010_Patent_Value.pdf, zuletzt geprüft am 13.10.2015.

Fukukawa, Shinji (2013): Enhancing Japan's strengths, remedying its weaknesses. In: *The Japan Times*, 17.05.2013. Online verfügbar unter <http://www.japantimes.co.jp/opinion/2013/05/17/commentary/japan-commentary/enhancing-japans-strengths-remedying-its-weaknesses/#.Vfl4oeLtlBc>, zuletzt geprüft am 16.09.2015.

- German Chamber of Commerce in China (2014/15): Labor Market and Salary Report 2014/15. Online verfügbar unter http://china.ahk.de/fileadmin/ahk_china/Dokumente/Publications/GCC_Labor_Market_and_Salary_Report_2014_15_Public.pdf, zuletzt geprüft am 14.10.2015.
- Germany Trade & Invest (2015): Patentflut in der VR China. Online verfügbar unter <http://www.gtai.de/GTAI/Navigation/DE/Trade/Maerkte/suche,t=patentflut-in-der-vr-china,did=1174442.html>, zuletzt geprüft am 05.11.2015.
- Glöckner, Caroline (2013): Das Bildungswesen in China. Bildungsentwicklungen und Schulsysteme in Afrika, Asien, Lateinamerika und der Karibik.
- Grillo, Ulrich (2015): Wege zur digitalen Republik. In: *Handelsblatt*, 28.08.2015 (165), S. 64.
- Grove, Jack (2015): Social sciences and humanities faculties to close in Japan after ministerial decree. In: *Times Higher Education*, 14.09.2015. Online verfügbar unter <https://www.timeshighereducation.com/news/social-sciences-and-humanities-faculties-close-japan-after-ministerial-decree>, zuletzt geprüft am 21.09.2015.
- Haller, Lea (2014): Innovation. In: Christof Dejung, Monika Domman und Daniel Speich Chassé (Hg.): Auf der Suche nach der Ökonomie. Historische Annäherungen. Tübingen: Mohr Siebeck, S. 97–124.
- Hammermann, Andrea; Stettes, Oliver (2015): Beschäftigungseffekte der Digitalisierung. In: *IW-Trends*, Nr. 3, 2015. Online verfügbar unter <http://www.iwkoeln.de/studien/iw-trends/beitrag/andrea-hammermann-oliver-stettes-beschaeftigungseffekte-der-digitalisierung-243049>, zuletzt geprüft am 12.4.2016.
- Heilmann, Dirk; Eickemeyer, Ludwig (2015): MINT führt in die Sackgasse. In: Markus Bentele, Joachim Niemeier, Peter Schütt und Matthias Weber (Hg.): *Smart & Social. Wissensaktivierung im digitalen Zeitalter*. Berlin: GITO, S. 55–68.
- Heng, Stefan (2014): Industry 4.0: Huge potential for value creation waiting to be tapped. Hg. v. Deutsche Bank Research. Online verfügbar unter http://www.dbresearch.com/PROD/DBR_INTERNET_EN-PROD/PROD0000000000335628.pdf;jsessionid=B7551AD3A6AD4EF4B5968A98E9FDE0C9.srv-net-dbr-com, zuletzt geprüft am 20.08.2015.
- Heng, Stefan/ Trenczek, Jan (2015): Industrie 4.0: China im „Jahr der Innovation“ auf erfolgversprechendem Weg. Hg. v. Deutsche Bank Research. Online verfügbar unter [http://www.dbresearch.de/servlet/reweb2.ReWEB?document=PROD0000000000357404&rwdspl=1&rwnode=DBR_INTERNET_DE-PROD\\$ERESEARCH&rwobj=ReDisplay.Start.class&rwsite=DBR_INTERNET_DE-PROD](http://www.dbresearch.de/servlet/reweb2.ReWEB?document=PROD0000000000357404&rwdspl=1&rwnode=DBR_INTERNET_DE-PROD$ERESEARCH&rwobj=ReDisplay.Start.class&rwsite=DBR_INTERNET_DE-PROD), zuletzt abgerufen am 12.4.2016.
- Hirsch-Kreinsen, Hartmut (2014): Wandel von Produktionsarbeit – „Industrie 4.0“ (Soziologisches Arbeitspapier, 38). Online verfügbar unter http://www.wiso.tu-dortmund.de/wiso/is/de/forschung/soz_arbeitspapiere/AP-SOZ-38.pdf, zuletzt geprüft am 21.05.2015.
- Horizon-China.com. Online verfügbar unter <http://www.horizon-china.com/type/60034>, zuletzt geprüft am 13.10.2015.
- Industrial Internet Consortium (2015): Industrial Internet Reference Architecture (tech-arch.tr., 001). Online verfügbar unter <http://www.iiconsortium.org/IIRA-1-6.pdf>, zuletzt geprüft am 21.08.2015.
- Japanese Factories Connected Together. The “next innovation” in manufacturing (monozdukuri) is coming! (2015). In: *METI Journal* (May), S. 4–13.
- Japans eigene Initiative Industrie 4.0 vor hohen Hürden (2015). In: *Japan Markt Online*, 30.06.2015. Online verfügbar unter <http://www.japanmarkt.de/2015/06/30/wirtschaft/japans-eigene-initiative-industrie-4-0-vor-hohen-huerden/#more-28477>, zuletzt geprüft am 17.09.2015.
- Jeske, Tim (2015): Industrie 4.0 in Deutschland. Institut für angewandte Arbeitswissenschaft. Online verfügbar unter

http://www.arbeitswissenschaft.net/fileadmin/user_upload/Material_WiMa/Jeske/2015_05_07__Je__Industrie_4.0_in_Deutschland_v2.0.pdf, zuletzt geprüft am 20.10.2015.

Kagermann, Henning (2013): Einführung: Industrie 4.0 - Deutschlands Zukunft als Produktionsstandort sichern. In: Ansgar Baums und Ben Scott (Hg.): Kompendium Digitale Standortpolitik. Vom 1x1 zum 3x3. Erste Auflage. Berlin, ohne Verlag, S. 49–51.

Kagermann, Henning; Lukas, Wolf-Dieter; Wahlster, Wolfgang (2011): Industrie 4.0: Mit dem Internet der Dinge auf dem Weg zur 4. industriellen Revolution. In: *VDI Nachrichten* (13), S. 2.

Kennedy, Scott (2015): Made in China 2025. Center for Strategic and International Studies. Online verfügbar unter <http://csis.org/publication/made-china-2025>, zuletzt geprüft am 13.10.2015.

Kleibrink, Jan (2015): Inept or Badly Matched? - Effects of Educational Mismatch in the Labor Market. In: Labour.

Legewie, Jochen (2015): Japan launches its own Industrie 4.0 initiative, 23.06.2015. Online verfügbar unter <http://www.cnc-communications.com/blog/japan-launches-industry-4-0-initiative/>, zuletzt geprüft am 17.09.2015.

Lindekamp, Caroline (2015): Deutschland wehrt sich gegen das "Y". Handelsblatt.com. Online verfügbar unter <http://www.handelsblatt.com/technik/hannovermesse/plattform-industrie-4-0-deutschland-wehrt-sich-gegen-das-y/11636154.html>, zuletzt geprüft am 09.10.2015.

Liu, Zheng (2015): China needs to become manufacturing power. Hg. v. China Daily USA. Online verfügbar unter http://usa.chinadaily.com.cn/china/2015-03/13/content_19808450.htm, zuletzt geprüft am 13.10.2015.

Manufacturing.gov (2015): What is a Manufacturing Innovation Institute? Online verfügbar unter <http://www.manufacturing.gov/institutes.html>, zuletzt geprüft am 12.10.2015.

Mas, Mathilde; Robledo, Juan Carlos (2012): ICT Sector Definition Transition from NACE Rev. 1.1 to NACE Rev. 2. A methodological note. Luxembourg: Publications Office (EUR (Luxembourg. Online), 25690).

Mayer-Kuckuk, Finn (2015): Energiewende in China. In: *CAPITAL*, 06/2015, S. 58–64.

Ministry of Economy, Trade and Industry; Ministry of Health, Labour and Welfare; Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology (2015): Summary of the White Paper on Manufacturing Industries (Monodzukuri). Online verfügbar unter http://www.meti.go.jp/english/press/2015/pdf/0609_01a.pdf, zuletzt geprüft am 15.09.2015.

Ministry of Internal Affairs and Communications (2014): Smart Japan ICT Strategy. Online verfügbar unter http://www.soumu.go.jp/menu_news/s-news/02tsushin01_03000264.html, zuletzt geprüft am 21.09.2015.

Müller, Margrit; Veyrassat, Béatrice (2001): Einleitung: Was sind Innovationen? In: Hans-Jörg Gilomen, Rudolf Jaun und Margrit Müller (Hg.): Innovationen. Voraussetzungen und Folgen, Antriebskräfte und Widerstände. Zürich: Chronos (Schweizerische Gesellschaft für Wirtschafts- und Sozialgeschichte, 17), S. 9–13.

Nakayama, Atsushi (2015): Japan launches forum to counter German initiative. In: *Nikkei Asian Review*, 18.06.2015. Online verfügbar unter <http://asia.nikkei.com/Business/Trends/Japan-launches-forum-to-counter-German-initiative>, zuletzt geprüft am 15.09.2015.

National Science and Technology Council (2012): A National Strategic Plan for Advanced Manufacturing. Washington. Online verfügbar unter https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/iam_advancedmanufacturing_strategicplan_2012.pdf, zuletzt geprüft am 12.10.2015.

OECD (2007): Working Party on Indicators for the Information Society. Online verfügbar unter <http://www.oecd.org/science/sci-tech/38217340.pdf>, zuletzt geprüft am 06.08.2015.

OECD (2015): Education at a Glance Interim Report: Update of Employment and Educational Attainment Indicators. Online verfügbar unter <http://www.oecd.org/edu/EAG-Interim-report.pdf>, zuletzt geprüft am 14.10.2015.

OECD patent statistics manual (2009). Paris: OECD.

Opinion-China.com. Online verfügbar unter http://opinion.china.com.cn/opinion_38_125238.html, zuletzt geprüft am 13.10.2015.

Perrin, Chad (2008): The CIA Triad. Online verfügbar unter <http://www.techrepublic.com/blog/it-security/the-cia-triad/>, zuletzt geprüft am 15.10.2015.

Pierre Audoin Consultants; Freudenberg (2014): IT Innovation Readiness Index. Online verfügbar unter http://www.freudenberg-it.com/fileadmin/Data/IRI_Studie/IRI_2014/Downloads_PDFs/FIT_Press-Release_IRI-2014-Ergebnis_10MB_DE.pdf, zuletzt geprüft am 28.08.2015.

Plattform Industrie 4.0: Kernbausteine Industrie 4.0. Online verfügbar unter http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/I40_Kernbausteine%20fuer%20Internet.PDF, zuletzt geprüft am 26.08.2015.

Plattform Industrie 4.0 (2014): Industrie 4.0 Whitepaper FuE-Themen. Online verfügbar unter http://www.ipa.fraunhofer.de/fileadmin/user_upload/Leitthemen/Industrie_4.0/Whitepaper_Plattform_Industrie_4.0.pdf, zuletzt geprüft am 24.09.2015.

Plattform Industrie 4.0 (2015): Industrie 4.0 Whitepaper FuE-Themen. Online verfügbar unter <http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/I40%20Whitepaper%20FuE%20Version%202015.pdf>, zuletzt geprüft am 21.08.2015.

Porter, Michael E.; Heppelmann, James E. (2014): How Smart, Connected Products Are Transforming Competition. In: *Harvard Business Review* 92 (11), S. 64–88.

The State Council (2015a): Premier calls for simplified biz registration, int'l cooperation on industrial capacity. Online verfügbar unter http://english.gov.cn/premier/news/2015/04/16/content_281475090121337.htm, zuletzt geprüft am 13.10.2015.

The State Council (2015b): Premier: Internet Plus to push China's economy to higher level. Online verfügbar unter http://english.gov.cn/premier/news/2015/03/15/content_281475071697289.htm, zuletzt geprüft am 13.10.2015.

Times Higher Education (2015): Assessing China's Academic Orbit. Online verfügbar unter: <https://www.timeshighereducation.com/features/assessing-chinas-academic-orbit/2018805.article>, zuletzt geprüft am 12.4.2016.

President's Council of Advisors on Science and Technology (2012): Report to the President on Capturing Domestic Competitive Advantage in Advanced Manufacturing. Washington. Online verfügbar unter https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/pcast_amp_steering_committee_report_final_july_17_2012.pdf, zuletzt geprüft am 12.10.2015.

President's Council of Advisors on Science and Technology (2014): Accelerating U.S. Advanced Manufacturing. Washington. Online verfügbar unter https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/PCAST/amp20_report_final.pdf, zuletzt geprüft am 12.10.2015.

Prime Minister of Japan and his Cabinet (2015): Japan Revitalization Strategy (Growth Strategy) revised in 2015. Main achievements to date and further reforms. Online verfügbar unter http://www.kantei.go.jp/jp/singi/keizaisaisei/pdf/new_seika_torikumien.pdf, zuletzt geprüft am 21.09.2015.

Promotorengruppe Kommunikation der Forschungsunion Wirtschaft – Wissenschaft (2012): Das Zukunftsprojekt Industrie 4.0. Handlungsempfehlungen zur Umsetzung. Online verfügbar unter

http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/kommunikation_bericht_2012.pdf, zuletzt geprüft am 27.08.2015.

Riemenschneider, Frank (2015): Just do it: Bei uns geht es primär um Testbeds. *Elektroniknet.de*. Online verfügbar unter <http://www.elektroniknet.de/automation/sonstiges/artikel/121067/>, zuletzt geprüft am 12.10.2015.

Roland Berger(2015): Die digitale Transformation der Industrie. Online verfügbar unter: http://bdi.eu/media/presse/publikationen/information-und-telekommunikation/Digitale_Transformation.pdf, zuletzt geprüft am 28.04.2016.

Schumpeter, Joseph Alois (2006): *Theorie der wirtschaftlichen Entwicklung*. Berlin: Duncker & Humblot. Online verfügbar unter <http://www.gbv.de/dms/faz-rez/FD120060904760652.pdf>.

Sekiguchi, Waichi (2012): How Innovation Drives Japan's Development and Growth—ICTs for New Industry Creation and Global Competitiveness. Online verfügbar unter <https://www.ntt-review.jp/archive/ntttechnical.php?contents=ntr201205fa1.html>, zuletzt geprüft am 16.09.2015.

Shapiro, Carl; Varian, Hal R. (2008): *Information rules. A strategic guide to the network economy*. [Nachdr.]. Boston, Mass.: Harvard Business School Press.

Singer, Slavica; Amoros, Jose Ernesto; Moska, Daniel (2015): *The Global Entrepreneurship Monitor. 2014 Global Report*. Online verfügbar unter file:///C:/Users/Eickemeyer/Desktop/1425644863GEM_2014_Global_Report_UPDATED_060315.pdf, zuletzt geprüft am 05.10.2015.

Sternberg, Rolf; Vorderwülbecke, Arne; Brixy, Udo (2015): *Global Entrepreneurship Monitor. Länderbericht Deutschland*. Hg. v. IAB und Leibniz Universität Hannover. Hannover, Nürnberg. Online verfügbar unter <http://doku.iab.de/grauepap/2015/GEM-Laenderbericht-D-2014.pdf>, zuletzt geprüft am 14.10.2015.

Stratmann, Klaus (2015): Etwas Licht im Dunkeln. In: *Handelsblatt*, 17.03.2015 (53), S. 14.

The Headquarters for Japan's Economic Revitalization (2015): *New Robot Strategy. Japan's Robot Strategy*. Online verfügbar unter http://www.meti.go.jp/english/press/2015/pdf/0123_01b.pdf, zuletzt geprüft am 18.09.2015.

Turbo-Norm für Industrie 4.0 (2015). In: *Handelsblatt.com*, 15.04.2015. Online verfügbar unter <http://www.handelsblatt.com/technik/hannovermesse/iic-kooperation-turbo-norm-fuer-industrie-4-0/11641790.html>, zuletzt geprüft am 24.09.2015.

VDI/VDE; ZVEI (2015): *Statusreport Referenzarchitekturmodell Industrie 4.0 (RAMI4.0)*. Online verfügbar unter <http://www.zvei.org/Downloads/Automation/Statusreport-Referenzmodelle-2015-v10.pdf>, zuletzt geprüft am 24.09.2015.

Wang, Xiwen (2015): *Gong ye 4.0. Zui hou yi ci gong ye ge ming. Di 1 ban*. Beijing: Dian zi gong ye chu ban she.

Wegner, Christian (2015): Nicht auf die Politik warten. In: *Handelsblatt*, 26.03.2015 (60), S. 48.

Weiss, Harald (2015): Industrie 4.0 braucht auch in den USA Zeit. In: *VDI Nachrichten*, 13.03.2015 (11), S. 14.

Waldmeir, Patti (2014): China's University System Faces Criticism for Being Unfit for a Modern Economy. In: *Financial Times, FT.com*. Online verfügbar unter <http://www.ft.com/intl/cms/s/2/07c0aa44-283b-11e4-9ea9-00144feabdc0.html#axzz45WvWVAMh>, zuletzt geprüft am 12.4.2016.

Wirtschaftsrat (2015): *Positionspapier des Wirtschaftsrates Industrie 4.0*. Online verfügbar unter [https://www.wirtschaftsrat.de/wirtschaftsrat.nsf/id/AD3959CD76451FB7C1257808004B3ACF/\\$file/Positionspapier_Industrie%204.0.pdf](https://www.wirtschaftsrat.de/wirtschaftsrat.nsf/id/AD3959CD76451FB7C1257808004B3ACF/$file/Positionspapier_Industrie%204.0.pdf), zuletzt geprüft am 12.4.2016.

World Bank (2015): East Asia's Changing Urban Landscape. Measuring a Decade of Spatial Growth. Washington: World Bank Publications.

World Economic Forum (2015): Industrial Internet of Things: Unleashing the Potential of Connected Products and Services.

Yi, Xue; Larson, Richard C. (2015): STEM crisis or STEM surplus? Yes and yes. In: *Monthly Labor Review*, May 2015. Online verfügbar unter <http://www.bls.gov/opub/mlr/2015/article/pdf/stem-crisis-or-stem-surplus-yes-and-yes.pdf>, zuletzt geprüft am 14.10.2015.

Zhao, Yong (2014). Who's Afraid of the Big Bad Dragon: Why China Has the Best (and Worst) Education System in the World. John Wiley & Sons.

Zika, Gerd; Maier, Tobias; Helmrich, Robert; Hummel, Markus; Kalinowski, Michael; Hänisch, Carsten et al.: Qualifikations- und Berufsfeldprojektionen bis 2030. Engpässe und Überhänge regional ungleich verteilt. IAB (IAB-Kurzbericht, 9/2015). Online verfügbar unter <http://doku.iab.de/kurzber/2015/kb0915.pdf>, zuletzt geprüft am 05.10.2015.

ZVEI (2009): Nationale Roadmap Embedded Systems. Online verfügbar unter <http://www.plattform-i40.de/sites/default/files/ZVEI%20NRMES%20downl.pdf>, zuletzt geprüft am 26.08.2015.

工业4.0将为中国经济带来什么变化? (2015). Online verfügbar unter <http://finance.sina.com.cn/zl/china/20150425/095422043928.shtml>, zuletzt geprüft am <http://finance.sina.com.cn/zl/china/20150425/095422043928.shtml>.

RECHTLICHER HINWEIS

Die vorstehenden Angaben und Aussagen stellen keine Anlage-, Rechts- oder Steuerberatung dar. Die verwendeten Daten stammen aus unterschiedlichen Quellen und wurden als korrekt und verlässlich betrachtet, jedoch nicht unabhängig überprüft; ihre Vollständigkeit und Richtigkeit sind nicht garantiert, und es wird keine Haftung für direkte oder indirekte Schäden aus deren Verwendung übernommen, soweit nicht durch grobe Fahrlässigkeit oder vorsätzliches Fehlverhalten unsererseits verursacht.

Alle Meinungen können ohne vorherige Ankündigung und ohne Angabe von Gründen geändert werden. Die vorstehenden Aussagen werden lediglich zu Informationszwecken des Auftraggebers gemacht und ohne darüber hinausgehende vertragliche oder sonstige Verpflichtung zur Verfügung gestellt.

Soweit in vorstehenden Angaben Prognosen oder Erwartungen geäußert oder sonstige zukunftsbezogene Aussagen gemacht werden, können diese Angaben mit bekannten und unbekanntem Risiken und Ungewissheiten verbunden sein. Es kann daher zu erheblichen Abweichungen der tatsächlichen Ergebnisse oder Entwicklungen zu den geäußerten Erwartungen kommen. Neben weiteren hier nicht aufgeführten Gründen können sich insbesondere Abweichungen aus der Veränderung der allgemeinen wirtschaftlichen Lage, der Entwicklung der Finanzmärkte und Wechselkurse sowie durch Gesetzesänderungen ergeben.

Das Handelsblatt Research Institute verpflichtet sich nicht, Angaben, Aussagen und Meinungsäußerungen zu aktualisieren.

Es gelten die Allgemeinen Geschäftsbedingungen des Handelsblatt Research Institute.

Handelsblatt Research Institute

Hohe Straße 46a

40123 Düsseldorf

+49 (0)211/887-1100

www.handelsblatt-research.com

© 2016 Handelsblatt Research Institute

