



# EXECUTIVE SUMMARY INDUSTRIE 4.0 IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

VERGLEICH DER INDUSTRIE 4.0 WETTBEWERBSFÄHIGKEIT CHINAS,  
DEUTSCHLAND, JAPANS UND DER USA

INDUSTRIE 4.0  
IM INTERNATIONALEN VERGLEICH

ERSTELLT DURCH

**Handelsblatt**  
**RESEARCH** INSTITUTE

AUTOREN

Dirk Heilmann, Ludwig Eickemeyer, Jan Kleibrink

Die Digitalisierung ist eines der prägenden Themen unserer Zeit. Sie beeinflusst alle Lebensbereiche der Gesellschaft, so auch die Wirtschaft. Der Fokus der deutschen Digitalisierungsdebatte liegt auf dem verarbeitenden Gewerbe – das Schlagwort Industrie 4.0 steht im Vordergrund. In anderen Ländern ist das Thema oft weiter gefasst. Industrie 4.0 wird als Versicherung für den Erhalt der Wettbewerbsfähigkeit des Industriestandortes Deutschland gesehen. Allerdings litt die Entwicklung und Implementierung einer Industrie-4.0-Strategie im Kontext der Digitalisierung lange an einer Zerfaserung der Debatte in Wirtschaft und Politik. Es wird diskutiert, welche Maßnahmen Deutschland in eine führende Position in Sachen Industrie 4.0 bringen könnten. Gleichzeitig wächst die Sorge, dass andere Länder schneller Fortschritte machen. Die bisherige Auseinandersetzung mit dem Thema ist stark von Meinungen und anekdotischer Evidenz geprägt.

Die vorliegende Studie wird deshalb einen Beitrag zur Analyse der internationalen Wettbewerbssituation leisten, indem sie die deutsche und internationale Debatte rund um Industrie 4.0 ordnet und die vier größten Wettbewerber bei der Digitalisierung der Produktion – China, Deutschland, Japan und die USA – systematisch hinsichtlich ihrer makroökonomischen Industrie-4.0-Fähigkeiten vergleicht. Das Ergebnis ist ein Überblick über die Industrie-4.0-relevanten wirtschaftspolitischen Stärken und Schwächen der vier Länder.

Die Analyse erfolgt dabei in zwei Schritten: Im ersten Schritt wird eine Übersicht gegeben, welche Bedeutung das Thema in den vier Ländern hat. Dabei werden die Schwerpunkte der öffentlichen Diskussion herausgearbeitet und privatwirtschaftliche wie politische Maßnahmen zur Förderung der Digitalisierung verglichen. Im zweiten Schritt werden anhand von fünf Kategorien in einer makroökonomisch-strategischen Analyse die Voraussetzungen untersucht, die die vier Länder für eine erfolgreiche Transformation ihrer Wirtschaft auf den Industrie-4.0-Standard haben. Jede dieser Kategorien wird anhand eines Indikatorensets operationalisiert und mit Hilfe makroökonomischer Kennziffern quantitativ und qualitativ verglichen. Die Kategorien sind (1) die Situation des verarbeitenden Gewerbes und (2) des IKT-Sektors, (3) die Innovationsfähigkeit, also die Erforschung neuer Produkte und Erschließung neuer Geschäftsfelder, (4) das Bildungssystem und damit die Vorbereitung auf die personellen Herausforderungen der Industrie 4.0 und (5) der Zustand der digitalen Infrastruktur. Als Datengrundlage für die Einzelindikatoren innerhalb der fünf Kategorien werden internationale Datenbanken herangezogen.

Die Betrachtung der Debatte des Themas Industrie 4.0 und verwandter Themen zeigt, dass die Bedeutung der digitalen Transformation in allen vier Ländern gesehen wird. Die Herangehensweisen unterscheiden sich allerdings deutlich.

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 ganz deutlich von der Regierung gesteuert 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 deutscher Unternehmen, weshalb die chinesische Strategie auch eher darauf angelegt ist, erst einmal Industrie 3.0 zu verbreiten.

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.

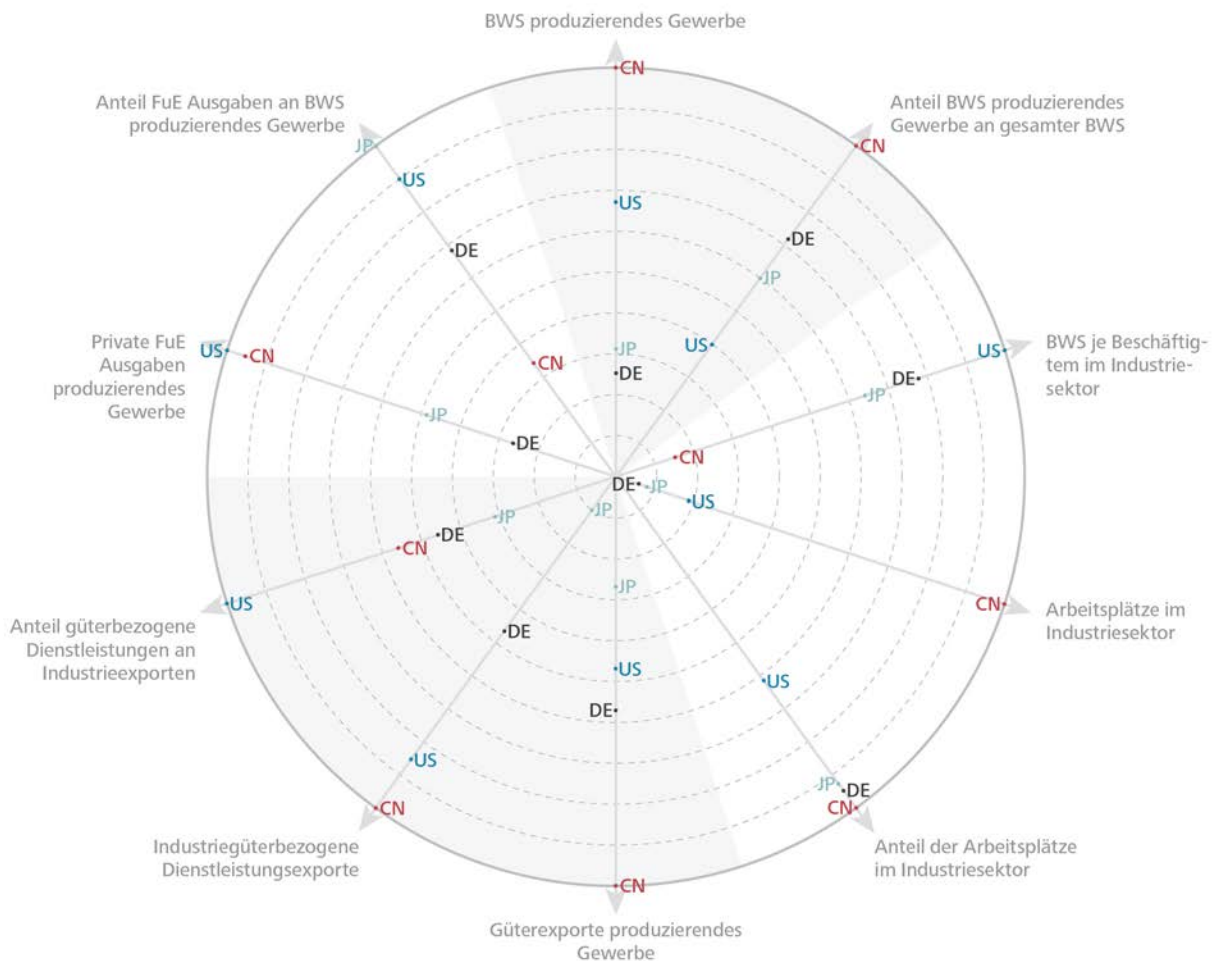
In den USA wirkt die Entwicklung von Industrie 4.0 – im amerikanischen Verständnis ist es eher Industrie 3.0, da die ersten beiden industriellen Revolutionen gemeinsam betrachtet werden – weniger politisch organisiert, als dies in den anderen drei Ländern der Fall ist. Die Federführung auf dem Gebiet 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.

Die makroökonomisch-strategische Analyse der fünf vorgenannten Kategorien der Industrie 4.0-Fähigkeiten der Länder China, Deutschland, Japan und USA zeigt ein differenziertes Bild der aktuellen Situation. Jedes der vier Länder hat Stärken und Schwächen, die es zu nutzen beziehungsweise zu beheben gilt. Einen Vorsprung, der nicht mehr einzuholen wäre, hat sich bisher keines der vier Länder erarbeitet. Darüber hinaus zeichnen sich Entwicklungen ab, die die Wettbewerbssituation der Länder verbessern, aber auch bedrohen können.

In Deutschland ist das **verarbeitende Gewerbe** von sehr großer Bedeutung; einzig in China spielt es eine noch wichtigere Rolle für die Volkswirtschaft. Trotz seiner relativen Stärke gibt das deutsche produzierende Gewerbe verhältnismäßig wenig für Forschung und Entwicklung aus. Japan und die USA investieren zwölf beziehungsweise gut zehn Prozent der Bruttowertschöpfung des produzierenden Gewerbes – in Deutschland sind es nur acht Prozent. Gleichwohl leidet die internationale Konkurrenzfähigkeit der deutschen Produkte unter den verhältnismäßig geringen FuE-Ausgaben des verarbeitenden Gewerbes nicht. Obwohl Deutschland die kleinste Volkswirtschaft unter den Vergleichsländern ist, hat das deutsche produzierende Gewerbe nach China die höchsten Exporte – mit deutlichem Abstand zu den USA. Die güterbezogenen Dienstleistungsexporte, die im Kontext von Industrie 4.0 an Bedeutung gewinnen werden, sind wiederum ein Schwachpunkt Deutschlands. Hier dominieren, allerdings auf niedrigem Niveau, die USA vor China und Deutschland. Nur Japan exportiert weniger güterbezogene Dienstleistungen.

Insgesamt zeigt sich das deutsche produzierende Gewerbe in einer starken Position, genauso wie das chinesische, das sich jedoch auf einem technisch viel niedrigeren Niveau bewegt und den Schritt zu Industrie 3.0 in großen Teilen erst noch vor sich hat. Das produzierende Gewerbe der USA zeigte zuletzt ebenfalls wieder eine positive Entwicklung und eine Zunahme seiner internationalen Wettbewerbsfähigkeit. Gemeinsam mit dem starken US-amerikanischen IKT-Sektor und den gewaltigen FuE-Investitionen sitzen in Bezug auf Industrie 4.0 hier einerseits die größten Konkurrenten und andererseits die geeignetsten Partner Deutschlands. Japan zeigte dagegen in den letzten Jahren nahezu durchweg eine negative Entwicklung, obwohl viel Geld in Forschung und Entwicklung investiert wurde. Das beweist, dass FuE-Investitionen nicht alles sind. Es kommt auch darauf an, sie effizient und mit Blick auf die internationalen Märkte einzusetzen. Das scheint Deutschland sehr gut zu gelingen.

Abbildung 1: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit des produzierenden Gewerbes



Handelsblatt Research Institute

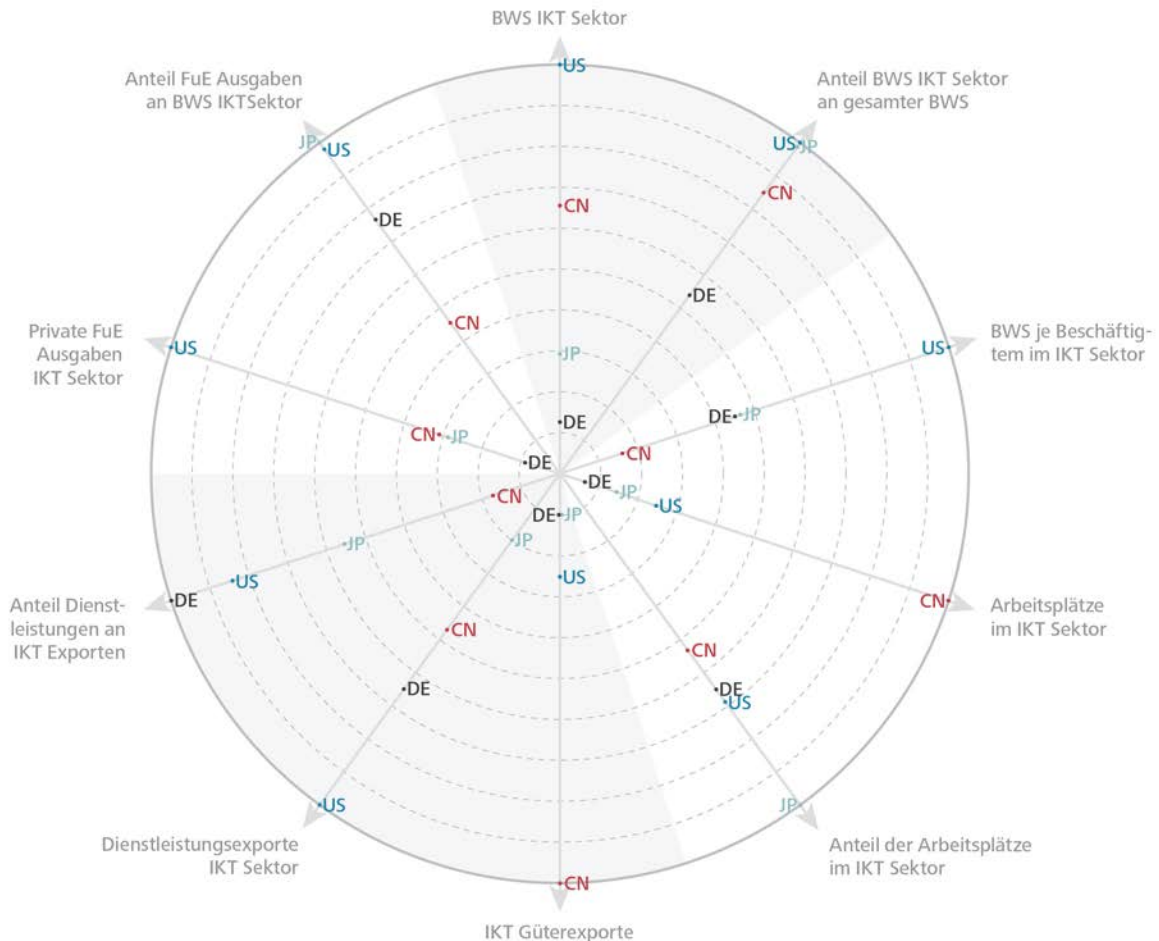
Quelle: HRI

Im **IKT-Sektor** zeigt sich dagegen eine der großen Schwächen Deutschlands auf dem Weg zur Industrie 4.0. 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, ganz zu schweigen vom chinesischen, der über fünf Mal

größer ist. 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. In den USA oder Japan hat der Sektor beispielsweise ein doppelt so großes Gewicht wie in Deutschland. Die geringe Größe des IKT-Sektors in Deutschland spiegelt sich in dessen FuE-Ausgaben wider. Die USA geben hier absolut fast elf Mal mehr aus. Auch im Vergleich zur Größe des Sektors hinken die deutschen FuE-Ausgaben den japanischen und US-amerikanischen hinterher: Die IKT-Unternehmen beider Länder geben gemessen an der Bruttowertschöpfung des Sektors etwa 30 Prozent mehr aus als ihre deutschen Pendanten.

Ähnlich sieht es bei den Exporten aus. Hier ist China – die IKT-Werkbank der Welt – der Spitzenreiter; das Land exportiert zehn Mal mehr als Deutschland. Japan exportiert zwar nicht mehr als Deutschland, dafür besitzt das Land einen relativ starken heimischen IKT-Markt. Der Lichtblick für den deutschen IKT-Sektor sind die überraschend starken IKT-Dienstleistungsexporte. Zwar ist Deutschland weit entfernt von den führenden USA, liegt aber deutlich vor China und exportiert sogar über drei Mal mehr Dienstleistungen als das wesentlich IKT-affinere Japan. Hierin besteht die Chance für Deutschland, seine Wettbewerbsposition für Industrie 4.0 deutlich zu verbessern. Diese Dienstleistungen werden ein erheblich größeres Gewicht in den Geschäftsmodellen der Industrie 4.0 erhalten. Die einzige Stärke des deutschen IKT-Sektors ist also direkt komplementär zu den Bedürfnissen eines Industrie-4.0-befähigten produzierenden Gewerbes. Dieses kann im Gegenzug die Hardwareschwäche des deutschen IKT-Sektors ausgleichen. Beide Sektoren gemeinsam ergäben eine starke deutsche Industrie 4.0, die zum globalen Leitanbieter avancieren könnte.

Abbildung 2: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit des IKT-Sektors



Handelsblatt Research Institute

Quelle: HRI

Neben einer guten Ausgangslage 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 stehen die USA mit hohen absoluten Ausgaben im FuE-Bereich und einer aktiven Start-up-Szene sehr gut da. Die **Innovationsfähigkeit** Deutschlands ist hingegen im Vergleich zu den Konkurrenten durchgewachsen. Gemessen an der Wirtschaftskraft gibt Deutschland sieben Prozent mehr für FuE aus als die USA und zwölf Prozent weniger als Japan. Hier ist also trotz der guten Position durchaus noch Luft nach oben, besonders was die FuE-Ausgaben der beiden zentralen Sektoren IKT und produzierendes Gewerbe anbelangt.

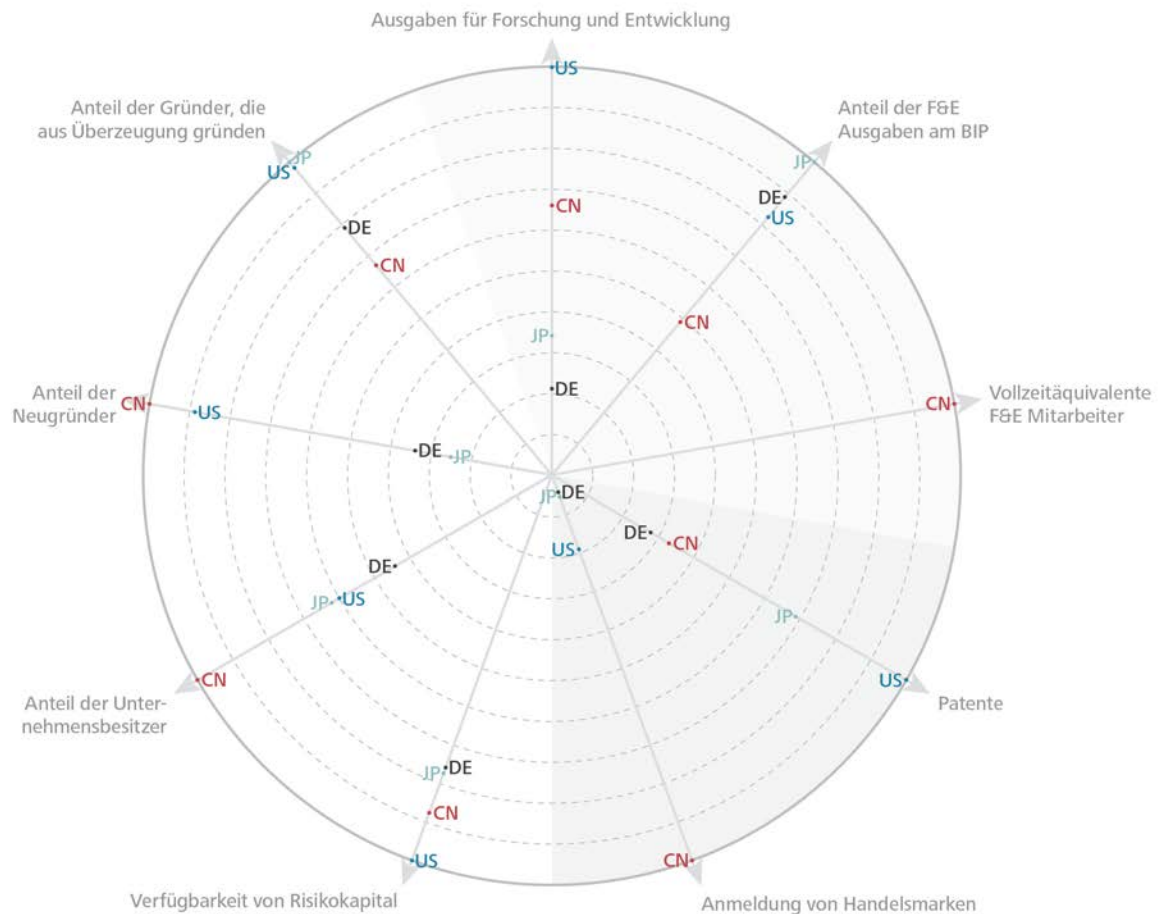
Innovationsfähigkeit impliziert aber auch die Kommerzialisierbarkeit – und hier schneidet Deutschland weniger gut ab. Das Unternehmertum ist in Deutschland nicht besonders stark ausgeprägt. Der Anteil der Unternehmensbesitzer ist nicht einmal halb so groß wie in China und deutlich kleiner als in Japan oder den USA. Noch geringer ist der Anteil der Neugründer an den Unternehmenseigentümern: Die Risikobereitschaft

ist in China und den USA erheblich größer – dementsprechend allerdings auch die Wahrscheinlichkeit, zu scheitern. In Japan scheut man das Risiko noch mehr als in Deutschland. Die geringe Bereitschaft, wirtschaftliche Risiken einzugehen, hat unter anderem materielle Gründe. In Deutschland und Japan ist es schwieriger, an Risikokapital zu kommen als in den USA und China. Allerdings sind die Unterschiede nicht so groß, dass sie allein für die geringe Unternehmertätigkeit in Japan und Deutschland verantwortlich gemacht werden könnten. Hier deutet sich ein Mentalitätsproblem in diesen Ländern an.

Andererseits: Der geringe Anteil neuer Unternehmen und der konstante Anteil von Unternehmensbesitzern weisen darauf hin, dass die Unternehmen in Deutschland relativ stabil sind und weniger Kapital durch Pleiten verloren geht. Die Fähigkeit, marktfähiges Wissen zu entwickeln, ist in Deutschland gut ausgeprägt. Bei der Vermarktung neuer und auch risikoreicher Ideen, zum Beispiel im Rahmen von Start-ups, muss Deutschland dagegen noch aufholen. Neben der Verfügbarkeit von Risikokapital muss das Problem der mangelnden Risikobereitschaft in den Blick genommen werden. Die deutsche Kultur des „auf Nummer sicher Gehens“ muss dabei nicht aufgegeben werden. Vielmehr gilt es, die zu Grunde liegende „Gründlichkeit“ nicht zur Vermeidung von Risiko und Unsicherheit, sondern zum besseren Risikomanagement und zur Bewältigung von Ungewissheiten zu nutzen.



Abbildung 3: Determinanten der Innovationsfähigkeit



Handelsblatt Research Institute

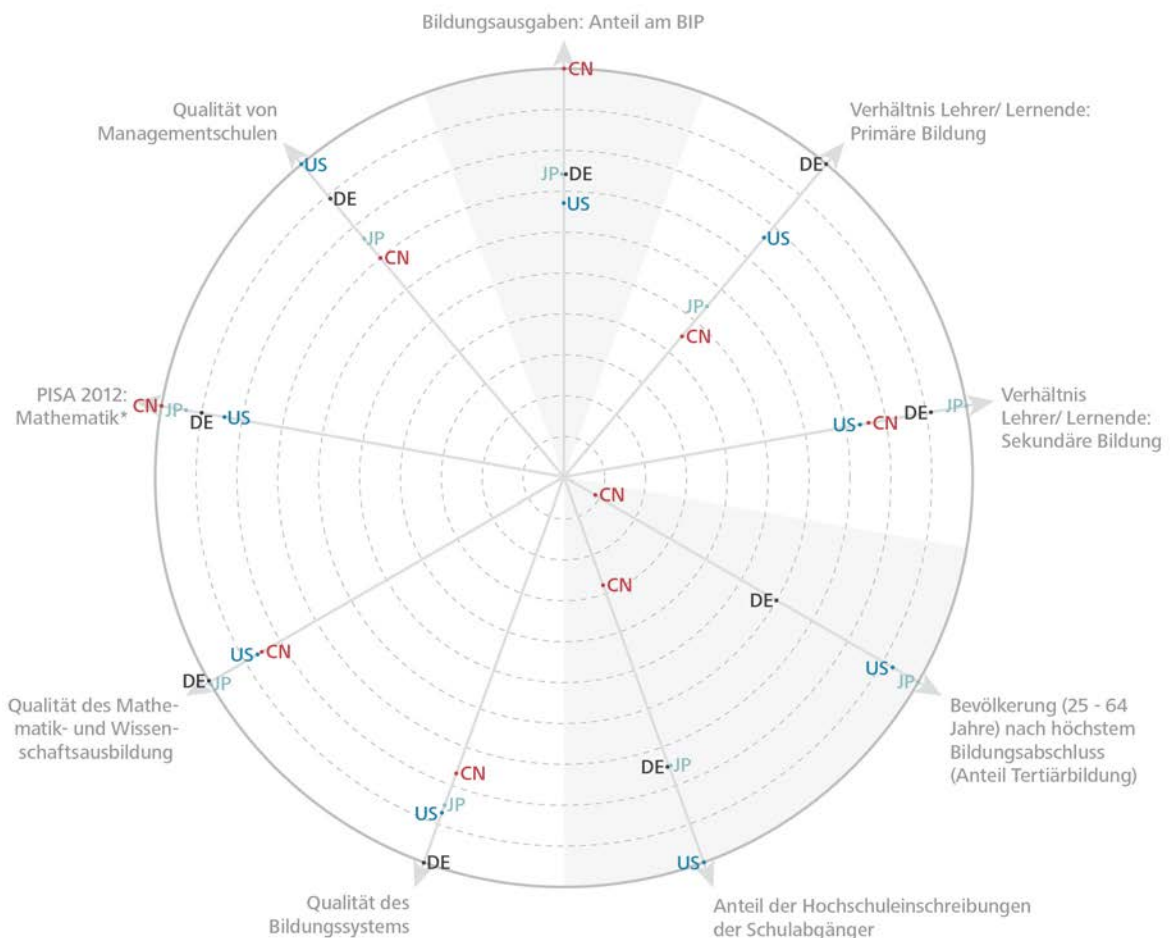
Quelle: HRI

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- bis mittelqualifizierte Arbeitskräfte werden es schwerer haben, Arbeitsplätze zu finden. Vor diesem Hintergrund ist eine gut ausgebildete Bevölkerung eine wichtige Voraussetzung, um Industrie 4.0 meistern zu können. In diesem Bereich steht Deutschland gut da: Das **Bildungssystem** ist leistungsfähig, die Bevölkerung gut ausgebildet und beides wird mit moderaten Ausgaben erreicht. 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. Der Anteil Japans und der USA ist etwa um zwei Drittel höher als der deutsche, der chinesische ist allerdings noch sechs Mal kleiner. Auch die Anzahl der Schulabgänger, die ein Studium aufnehmen, ist in Deutschland erheblich geringer als in den USA, aber genauso hoch wie in Japan und noch mehr als doppelt so hoch wie in China. Weil im deutschen Bildungssystem viele Kenntnisse und Fähigkeiten

an 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 zur allgemeinen Qualität. Es gilt also, die hohe Qualität des Bildungssystems aufrecht zu erhalten und es konsequent an den Bedürfnissen des Arbeitsmarktes der Zukunft auszurichten.

Abbildung 4: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit des Bildungssektors



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

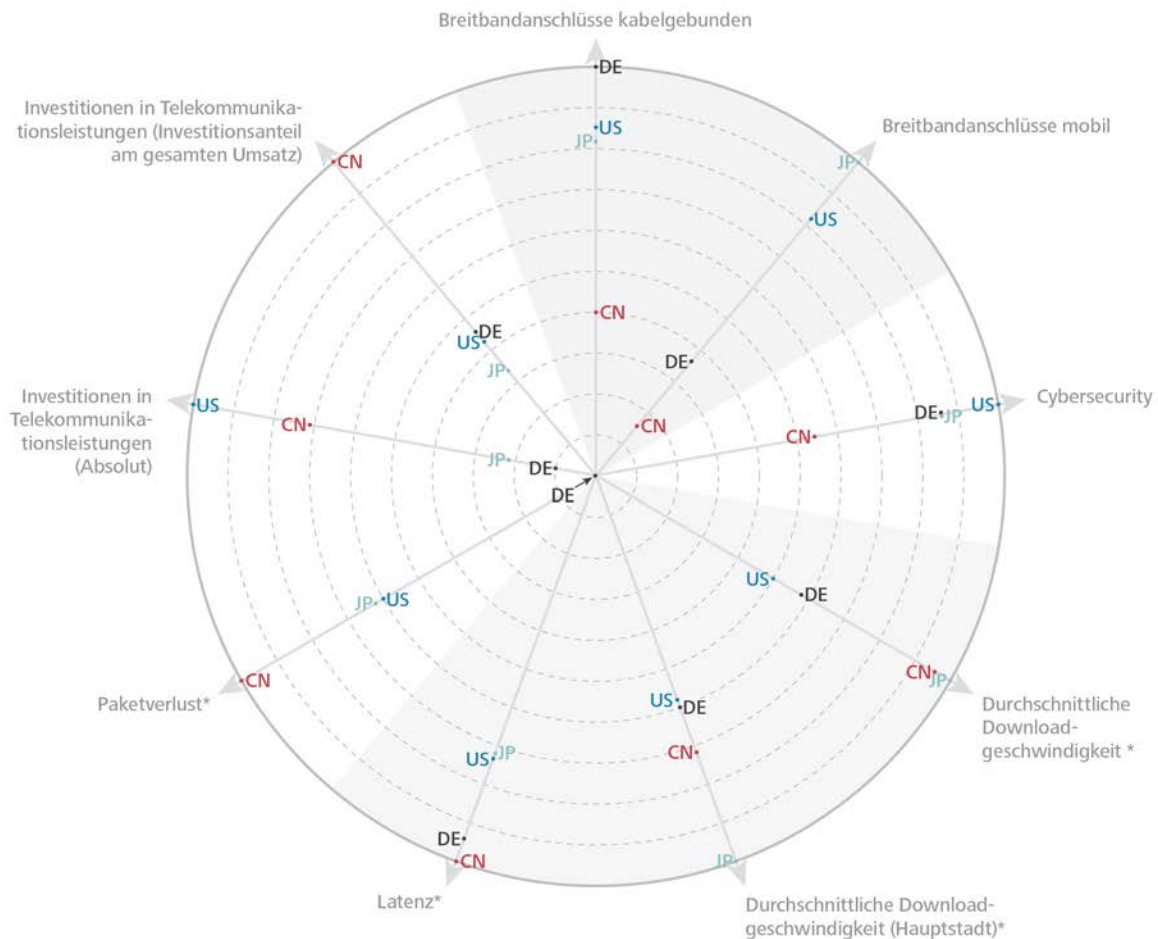
Quelle: HRI

Die **digitale Infrastruktur** ist neben dem IKT-Sektor Deutschlands größte Schwäche. Zwar hat in Deutschland den im Ländervergleich größte Anteil an Haushalten einen kabelgebundenen Breitbandanschluss, aber bei der Verbreitung des kabellosen Breitbandes liegt Deutschland weit hinter Japan und den USA zurück. Auch die durchschnittliche Downloadgeschwindigkeit ist in Deutschland relativ gering. Die Echtzeitfähigkeit ist gut, dafür aber ist die Verlässlichkeit am schlechtesten. Zwar ist die gegenwärtige Infrastruktur in den USA zumindest flächendeckend ebenfalls nicht die beste, aber in den USA wird deutlich mehr investiert als in Deutschland. Die Investitionen in Telekommunikationsdienstleistungen 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. Zwar werden in Deutschland 15 Prozent des Umsatzes der Telekommunikationsunternehmen investiert (in den USA 14 Prozent und in Japan 11 Prozent), doch der Umsatz der deutschen Telekommunikationsunternehmen ist im internationalen Vergleich sehr niedrig: in Japan etwa ist er drei Mal so hoch.

Die Bundesregierung hat das Ziel, ganz Deutschland mit Breitbandverbindungen zu versorgen. Das zeigt, dass sie den Handlungsbedarf erkannt hat, der vor dem Hintergrund von Industrie 4.0 noch dringender geworden ist. Die Frage ist, wie die notwendigen Summen für den Ausbau der digitalen Infrastruktur aufgebracht werden können. Verbesserungsbedarf gibt es auch bei der Cybersicherheit, wenn auch in weniger dramatischem Ausmaß. Deutschland schneidet grundsätzlich gut ab, aber bei der praktischen Anwendung von Gesetzen besteht im internationalen Vergleich Nachholbedarf. In Deutschland ist bisher nicht im selben Maß wie in den USA klar, wie konkret mit Rechtsverstößen im Cyberraum umgegangen werden soll. Ebenfalls aufholen müssen die deutschen Behörden. Sie haben bisher nicht nachgewiesen, dass sie auf der Höhe internationaler Standards operieren können; entsprechende Zertifikate fehlen. Schließlich haben alle Länder noch großes Potenzial bei der im Bereich Cybersicherheit wichtigen internationalen Zusammenarbeit.

Abbildung 5: Determinanten der Wettbewerbsfähigkeit der IKT-Infrastruktur



Handelsblatt Research Institute | \*China fehlt, Wert für Hong Kong

Quelle: HRI

Zusammenfassend lässt sich angesichts der Fülle von Herausforderungen nicht in einem Satz sagen, welches der vier Länder am besten gerüstet ist, um Industrie 4.0 zu meistern. Festhalten lässt sich allerdings, dass die USA in der Breite in einer hervorragenden Position sind. Sie sind in den meisten Bereichen gut bis sehr gut aufgestellt und verfügen vor allem über einen sehr starken IKT-Sektor. Das große Fragezeichen steht hinter dem produzierenden Gewerbe: Es ist nicht sicher, ob der Sektor heute noch groß und bedeutend genug ist, um wirklich von der Entwicklung profitieren zu können. Das gilt auch für die Frage, ob eine Reindustrialisierung zu erwarten ist, die über die energieintensiven Industrien hinausgeht, die vom Fracking-Boom profitieren. In Deutschland ist die Lage genau anders herum: Das verarbeitende Gewerbe ist groß und gesund und findet weltweite Anerkennung. Hier stellen sich die Fragen, ob die deutsche Digitalwirtschaft stark genug ist, um die Industrie auf die nächste industrielle Revolution vorzubereiten und – vielleicht noch wichtiger – ob die Industrie vor dem Hintergrund der eigenen Stärke den Handlungsbedarf erkennt und den nötigen Willen zur Innovation zeigt. Japan verfügt über eine Industrie, die für Innovationen bekannt ist und den politische Willen, die Industrie 4.0 zu unterstützen. Das Land befindet sich allerdings seit Jahren in einer schwierigen wirtschaftlichen Lage, die zu einem Abwärtstrend bei vielen Indikatoren geführt hat. Japan hat

dadurch an Boden gegenüber den anderen drei Ländern verloren. Diesen Trend gilt es umzukehren, um bei der Entwicklung nicht noch weiter ins Hintertreffen zu geraten.

China liegt zwar in den meisten Kategorien am Ende der Rankings, allerdings hat sich das Land in den vergangenen Jahren mit atemberaubender Geschwindigkeit entwickelt. Dies gilt nicht nur für die Wachstumsraten, die weltweit für Aufsehen sorgen, sondern auch für die Bereiche, die in dieser Studie analysiert wurden. Wenn China vor dem Hintergrund der immensen Regierungsanstrengungen auf dem Gebiet Industrie 4.0 den Trend fortsetzen kann, hat es die Möglichkeit, sich noch deutlich weiter nach vorn zu schieben. Allerdings ist es sehr fraglich, inwieweit es dem Land gelingt, die Erfolge der wirtschaftlichen Kraftzentren auf das ganze Land zu übertragen.