



1  
2017

SCHWERPUNKT  
DIGITALE  
TRANSFORMATION





Auf der Website zum Innovationsindikator finden Sie einen ausführlichen Methodenbericht sowie weiteres Hintergrundmaterial. Außerdem können Sie dort mit „Mein Indikator“ individuell Volkswirtschaften vergleichen. Die Website ist auf allen Endgeräten vom Desktop-PC bis zum Smartphone nutzbar.

[www.innovationsindikator.de](http://www.innovationsindikator.de)



Scannen Sie den QR-Code ein und gelangen Sie direkt zur Website.

# Inhalt

- 4** Vorwort
- 6** Zentrale Befunde
- 8** Zusammenfassung
- 12** Ansatzpunkte für die Innovationspolitik

## Ergebnisse

- 15** Über den Innovationsindikator  
Methoden und Indikatoren
- 18** Deutschland ohne echte Spitzenwerte Vierter  
35 Volkswirtschaften im Innovationsvergleich

## Fokus

- 29** Die digitale Transformation  
Analysen, Studien und erste Befunde
- 30** Neue Technologien machen die Welt smarter  
Digitalisierung und Innovationen
- 35** Deutschland weit weg von der Spitzengruppe  
Ergebnisse des Digitalisierungsindikators
- 41** Digitale Infrastruktur mit Schwächen  
Die Situation in Deutschland
- 46** Mit Industrie 4.0 in die Zukunft  
Chancen und Herausforderungen
- 52** Den digitalen Wandel gemeinsam gestalten  
Deutschlands Transformationsfähigkeit

## Anhang

- 57** Projektpartner
- 58** Impressum

# Vorwort

Der Innovationsindikator 2017 zeigt: Deutschlands Innovationssystem steht auf den ersten Blick gut da. Wirklich abheben können wir uns im internationalen Wettbewerb aber nicht. In einem zentralen zukünftigen Handlungsfeld, der digitalen Transformation, scheinen gerade die USA und Großbritannien einen erheblichen Vorsprung zu haben. Darauf weist der für diesen Bericht eigens erstellte Digitalisierungsindikator hin.

Die anhaltend gute Konjunktur, die Exportkraft der Industrie und die geringe Arbeitslosigkeit in Deutschland dürfen uns nicht in Sicherheit wiegen. Angesichts der Geschwindigkeit und Radikalität des technologischen Wandels könnten frühere Erfolgsrezepte schnell der Vergangenheit angehören. Die meisten Branchen werden einen Strukturwandel erleben, bei dem „weiter so“ keine zukunftsfähige Option für Unternehmen darstellt. Dabei geht es keineswegs nur um den Einsatz neuer Technologien. Genauso kommt es auf eine Unternehmens- und Arbeitsorganisation an, die Kreativität, Agilität und Vernetzung im Innovationsprozess fördert.

Die Visionen von Industrie 4.0, Smart-Service-Welt und lernenden Systemen bieten Orientierung für die digitale Transformation. Die konsequente Umsetzung ist allerdings kein Selbstläufer. Gerade kleine und mittelständische Unternehmen sind vielfach noch nicht auf den Zug aufgesprungen. Aus- und Weiterbildung, IT-Sicherheit und neue Geschäftsmodelle sind zentrale Herausforderungen. Ebenso die internationale Kooperation bei Standards und Interoperabilität.

Der Innovationsindikator kann Anhaltspunkte für den Dialog von Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft bieten, wie wir gemeinsam die Zukunftsfähigkeit des Standorts Deutschland sichern können. Gerade im Jahr der Bundestagswahl ist es uns ein besonderes Anliegen, die zentrale Bedeutung von Innovationen für Wohlstand und Beschäftigung hervorzuheben.

Wir wünschen Ihnen in diesem Sinne eine anregende Lektüre.



**Henning Kagermann**

Präsident

acatech – Deutsche Akademie der  
Technikwissenschaften



**Dieter Kempf**

Präsident

Bundesverband der Deutschen Industrie

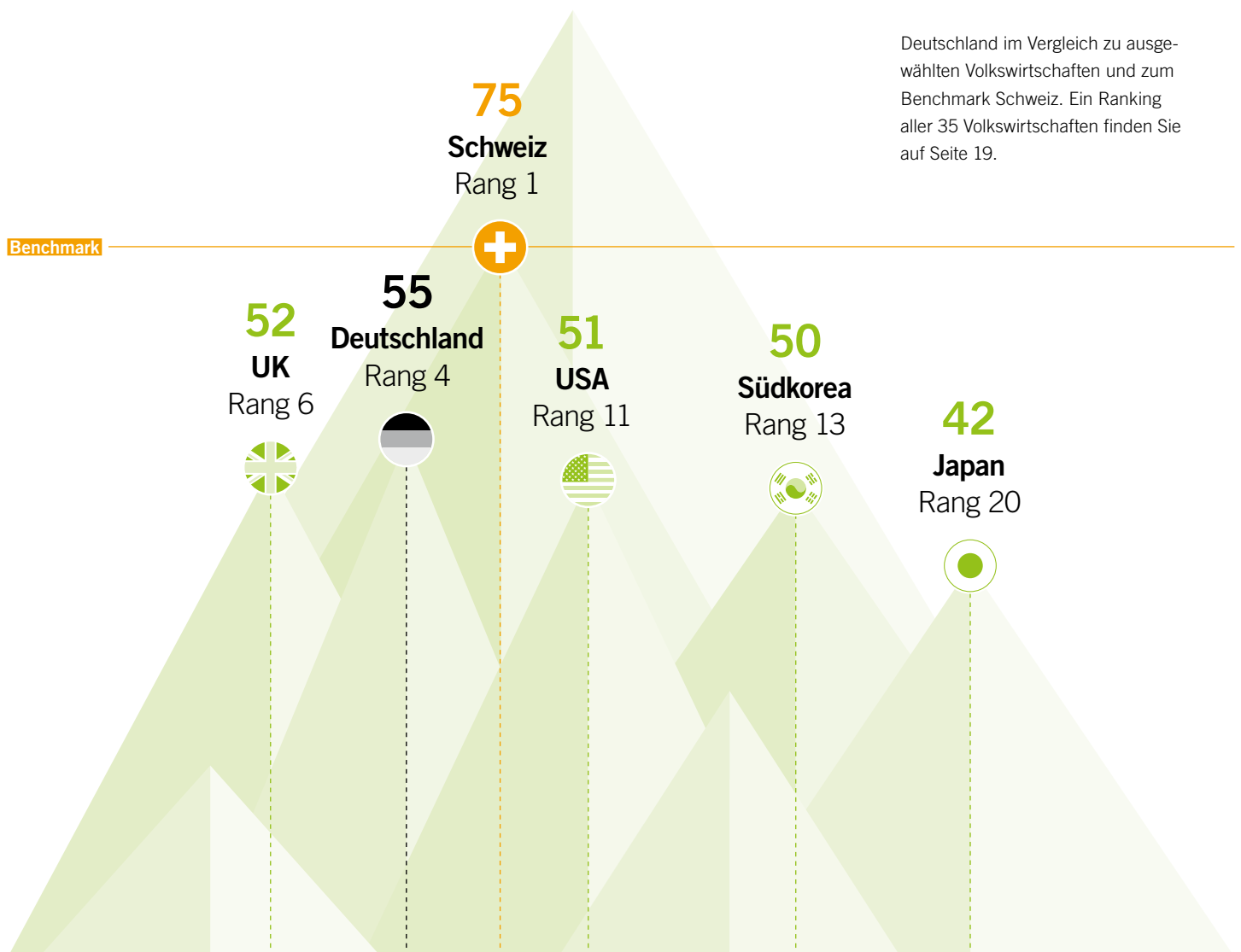


# Zentrale Befunde



## Innovationsindikator

Deutschland gehört zu den innovationsstärksten Ländern der Welt und belegt mit einem Indexwert von 55 unverändert Rang vier im Innovationsindikator. Allerdings erreicht das deutsche Innovationssystem in keinem der fünf untersuchten Teilbereiche Wirtschaft, Wissenschaft, Bildung, Staat und Gesellschaft eine Topplatzierung.





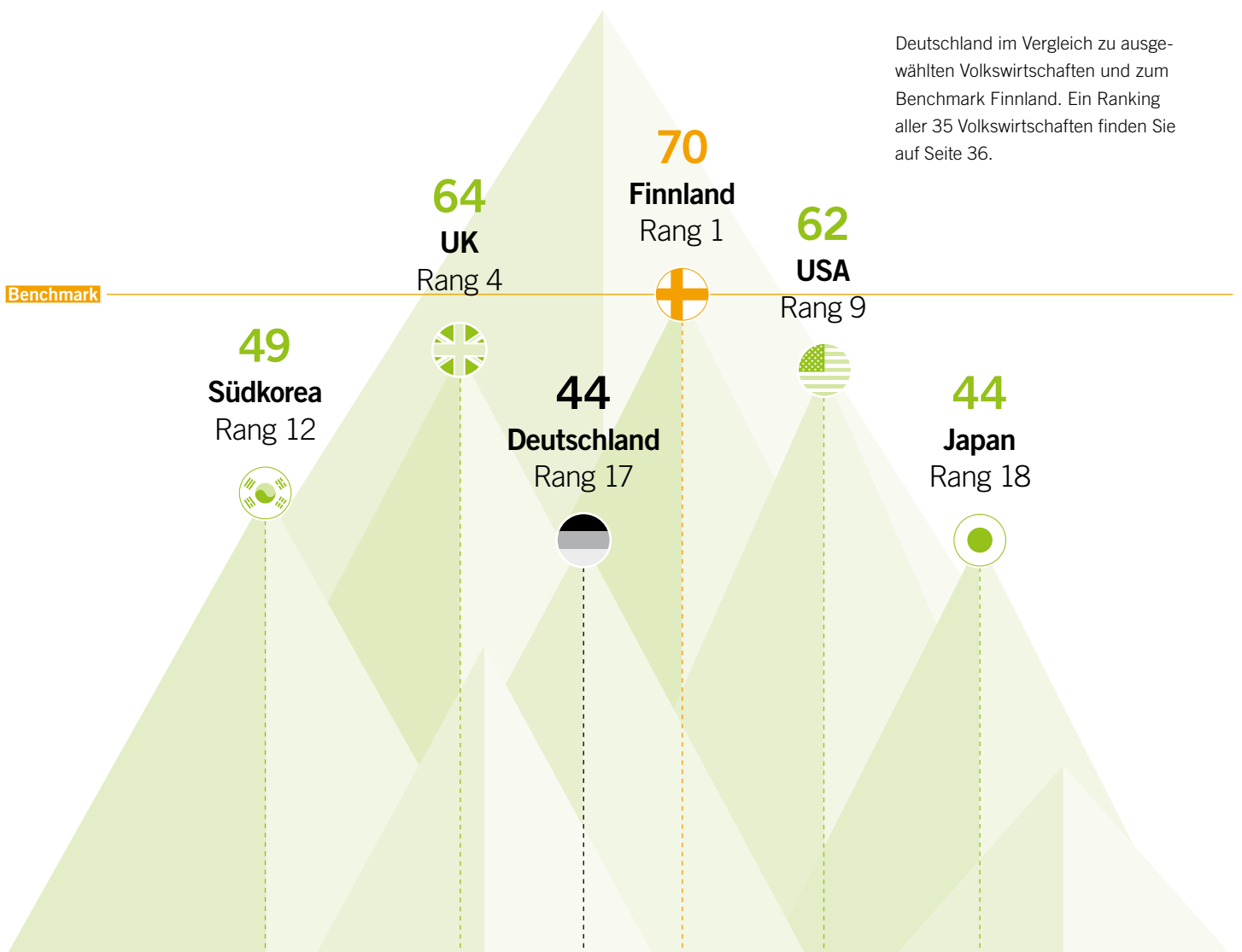


## Digitalisierungsindikator

Gemessen am Digitalisierungsindikator, der für diese Ausgabe der Studie gesondert erstellt wurde, liegt Deutschland mit einem Indexwert von 44 auf Platz 17 deutlich hinter anderen Industrienationen.

Besonders groß ist der Abstand zu Großbritannien und den USA.

Handlungsbedarf besteht vor allem beim Breitbandausbau, der Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung, in Teilen des Bereichs Forschung und Technologie sowie bei digitalen Geschäftsmodellen.





# 01

## Zusammenfassung

**Deutschland gehört zu den innovationsstärksten Ländern der Welt und belegt unverändert Rang vier im Innovationsindikator – allerdings erreicht das deutsche Innovationssystem in keinem der Teilbereiche Wirtschaft, Wissenschaft, Bildung, Staat und Gesellschaft eine Topplatzierung.**

- Die mit Abstand höchsten Werte im Innovationsindikator erreichen auch dieses Jahr die Schweiz und Singapur. Die **Schweiz** ist das einzige Land, für das der Innovationsindikator in allen fünf Teilbereichen des Innovationssystems sehr hohe Werte ausweist.
- **Deutschland** liegt im Gesamtranking des Innovationsindikators mit den anderen großen Industrienationen **USA, Großbritannien, Südkorea** und **Frankreich** quasi gleichauf. Innerhalb der fünf Teilbereiche des Innovationssystems zeigen die Länder zum Teil aber sehr unterschiedliche Leistungen.
- Die **Stärken** des deutschen Innovationssystems liegen nach wie vor in einer guten beruflichen Ausbildung und einem hohen Anteil von Akademikern mit Spitzenqualifikationen in den MINT-Fächern (Promotion), einem hohen Beitrag der Hochtechnologiebranchen zur Wertschöpfung, einer relativ hohen staatlichen Finanzierung des Wissenschaftssystems und einer hohen Anzahl von Patentanmeldungen je Einwohner. Die Bewertung des Bildungssystems hat sich über die vergangenen Jahre nach dem PISA-Schock im Jahr 2000 kontinuierlich verbessert.

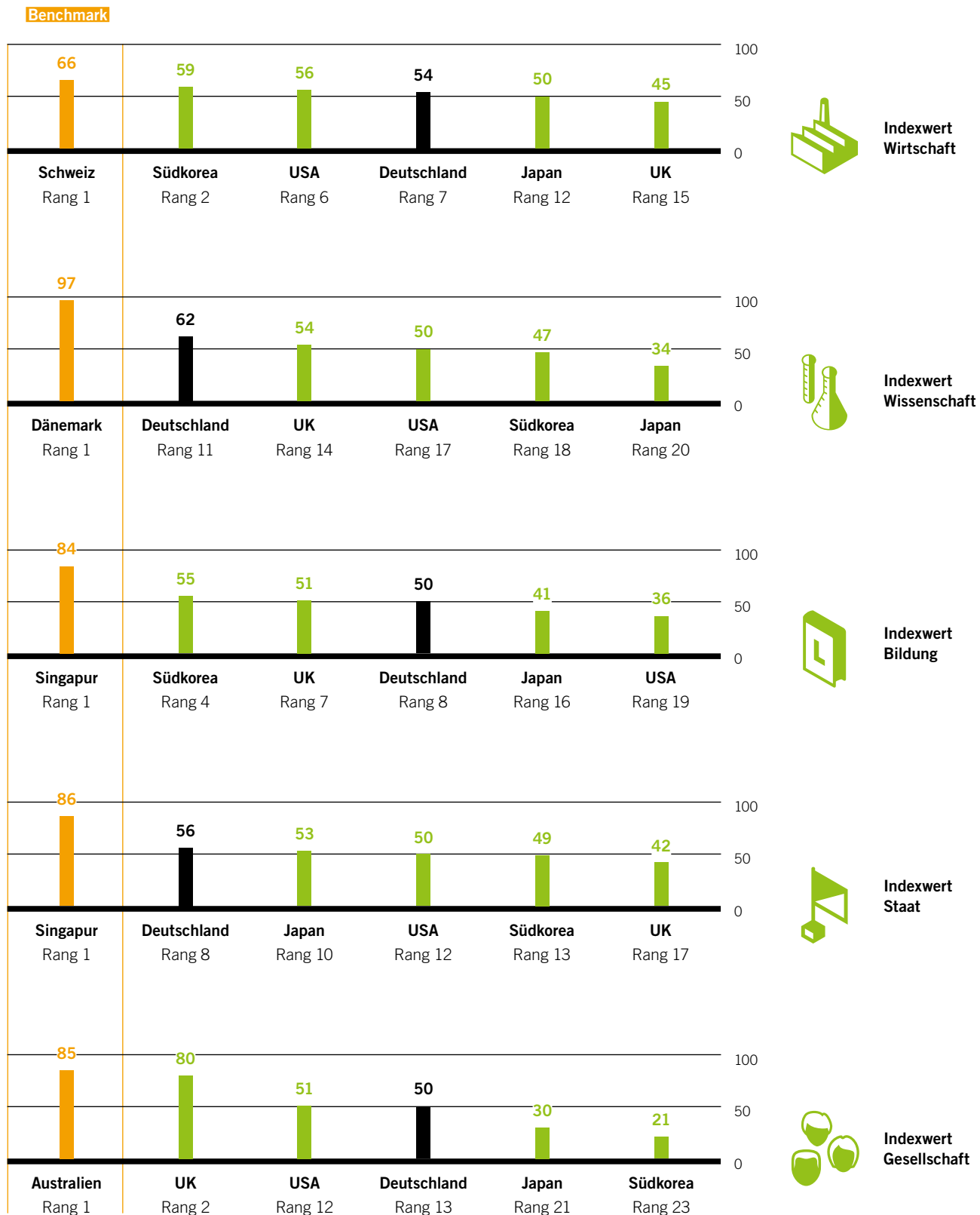
- **Zurückgegangen** sind dagegen der deutsche Handelsbilanzsaldo bei Hochtechnologiegütern, der Beschäftigtenanteil in wissensintensiven Dienstleistungen und die Wagniskapitalinvestitionen in Relation zum BIP. Anders als in den meisten anderen Industrienationen verzichtet der Staat bislang auf eine steuerliche Förderung von Forschung und Entwicklung (FuE); die direkte Förderung von FuE in Unternehmen durch Zuschüsse oder FuE-Aufträge der öffentlichen Hand fällt ebenfalls vergleichsweise gering aus.

- Die größte Stärke der **USA** liegt in der Innovationskraft amerikanischer Unternehmen, insbesondere im Bereich der digitalen Wirtschaft, die zu den innovativsten und höchstbewerteten weltweit zählen. Weitere Stärken des Wirtschaftssystems sind die hohe Intensität des heimischen Wettbewerbs, die hohe Arbeitsproduktivität, ein hoher Anteil staatlich finanzierter FuE und der hoch entwickelte Wagniskapitalmarkt. Schwächer bewertet wird das Wissenschaftssystem: Die Tatsache, dass einige der weltweit führenden Universitäten in den USA beheimatet sind, darf nicht darüber hinwegtäuschen, dass das Hochschulsystem in der Breite nur ein mittleres Leistungsniveau erreicht. Im Vergleich zu vielen anderen Ländern sind wissenschaftliche Einrichtungen und Unternehmen zudem bei der Technologieentwicklung in deutlich geringerem Umfang international vernetzt.



## Teilbereiche des Innovationsindikators

Deutschland und ausgewählte Volkswirtschaften im Vergleich



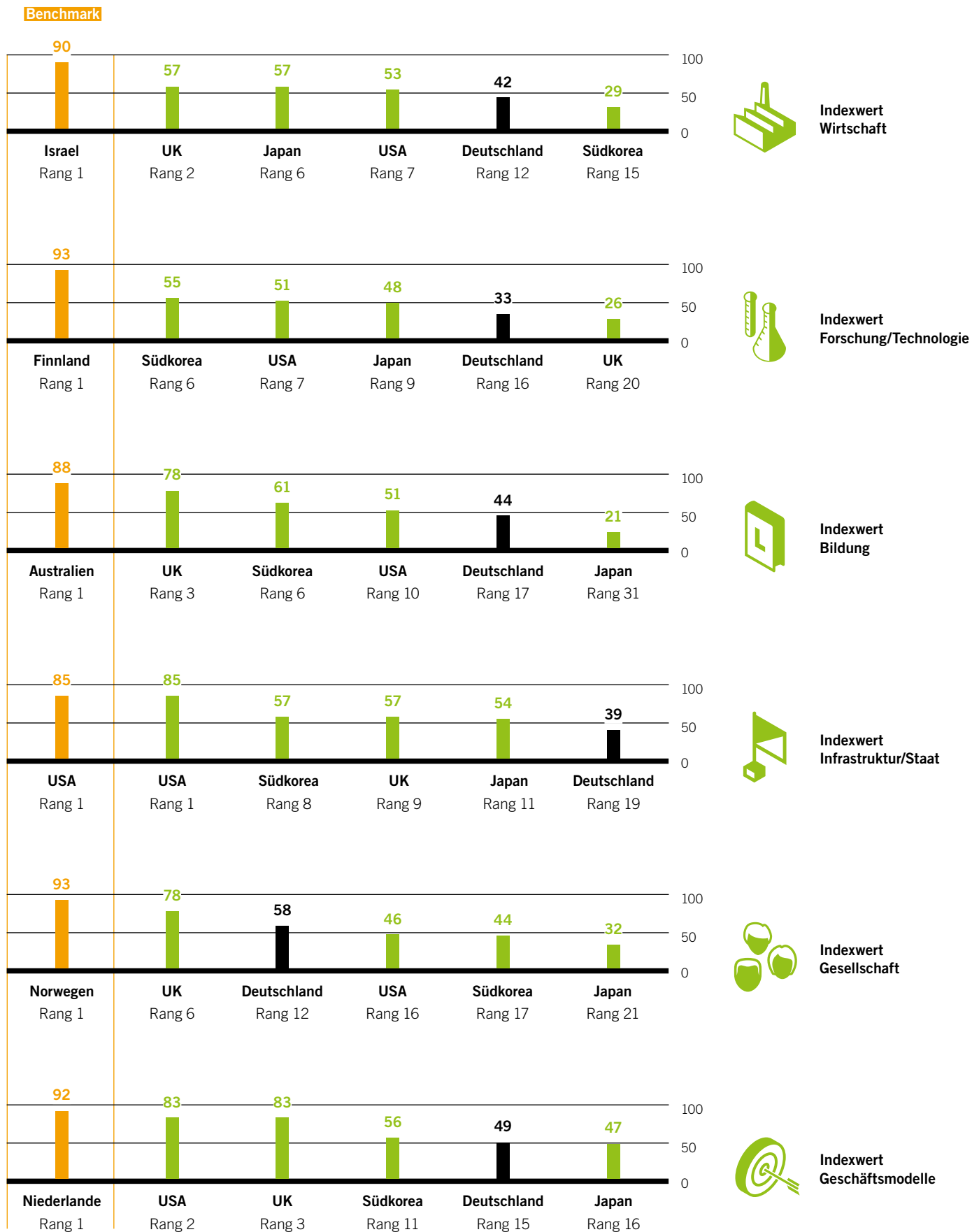
- Das Innovationssystem in **Großbritannien** hat seine Leistungsfähigkeit über die vergangenen fünf Jahre kontinuierlich verbessert. Besondere Stärken sind die günstigen gesellschaftlichen Rahmenbedingungen für Innovationen und ein gutes Bildungssystem. Das Wissenschaftssystem zeichnet sich durch eine hohe Leistungsfähigkeit in der Grundlagenforschung aus – wenngleich sich die Forschungsleistung häufig auf einige wenige Eliteuniversitäten konzentriert. Defizite bestehen dagegen in der geringen Anwendungsorientierung und im Wissens- und Technologietransfer. Der Anteil der öffentlichen Forschungsausgaben in Relation zum BIP fällt vergleichsweise gering aus.
- Die Innovationskraft der **südkoreanischen** Wirtschaft hat sich gemessen an den Bewertungskriterien des Innovationsindikators in den vergangenen Jahren deutlich verbessert. Im entsprechenden Teilbereich erreicht Südkorea Rang zwei und damit eine höhere Bewertung als die USA. Die Stärken des Innovationssystems drücken sich in hohen FuE-Ausgaben in Relation zum BIP (zuletzt 3,36 Prozent), einer hohen Anzahl von Patentanmeldungen in den USA sowie einem hohen Beitrag der Hochtechnologiebranchen zur Wertschöpfung aus. Eine weitere Stärke ist die Leistungsfähigkeit des Bildungssystems. Die Werte im Teilbereich Wissenschaft fallen angesichts eines relativ niedrigen Outputs und einer geringen internationalen Kooperationsneigung innerhalb des Wissenschaftssystems dagegen niedriger aus.
- Das Innovationssystem **Chinas** weist – in der Breite – im Vergleich zu den anderen großen Industrienationen immer noch eine deutlich geringere Leistungsfähigkeit auf. In einzelnen Branchen dagegen (zum Beispiel Internet- und Telekommunikation) konkurrieren chinesische Firmen weltweit auf Augenhöhe. Zudem steigt die Qualität der wissenschaftlichen Forschungsergebnisse. Chinesische Unternehmen beteiligen sich außerdem bereits in hohem Maße an der Finanzierung von FuE an Hochschulen.

**Gemessen am Digitalisierungsindikator, der für diese Ausgabe des Innovationsindikators erstellt wurde, liegt Deutschland deutlich hinter anderen Industrienationen zurück (Rang 17). Das gilt besonders für die Bereiche Forschung/Technologie (Rang 16), Bildung (Rang 17) und Infrastruktur/Staat (Rang 19).**

- Der Digitalisierungsindikator weist für die **USA** in allen Teilbereichen außer im Bereich Gesellschaft einen höheren Wert aus als für Deutschland. Aber auch die Werte für **Großbritannien** übertreffen – mit Ausnahme des Bereichs Forschung und Technologie – deutlich die Werte für Deutschland.
- Die niedrige Bewertung Deutschlands im Bereich **Infrastruktur/Staat** ist vor allem auf eine unzureichende Breitbandversorgung und einen geringeren Digitalisierungsgrad der öffentlichen Verwaltung zurückzuführen.
- Im Bereich **Forschung/Technologie** weist der Digitalisierungsindikator für Deutschland ebenfalls einen deutlich niedrigeren Wert aus als beispielsweise für Südkorea, die USA oder Japan. Bei der Durchdringung mit digitalen Technologien (zum Beispiel Softwarelösungen, Cloud-Computing) liegen deutsche Unternehmen lediglich im Mittelfeld. Bei kleinen Unternehmen ist die Durchdringung besonders gering. Großbritannien, Japan und die USA liegen im Teilbereich **Wirtschaft** des Digitalisierungsindikators deutlich vor Deutschland. Im Bereich digitaler **Geschäftsmodelle** ist der Abstand zu den USA und Großbritannien sogar noch größer. Im Teilbereich **Bildung** liegen Großbritannien und Südkorea deutlich vor Deutschland.
- Den höchsten Wert für Deutschland weist der Digitalisierungsindikator im Bereich **Gesellschaft** auf. Ein vergleichsweise hoher Nutzungsgrad digitaler Lösungen/Technologien in der Bevölkerung kann ein Gradmesser für die gesellschaftliche Aufgeschlossenheit beziehungsweise Akzeptanz der Digitalisierung sein. Unter den großen Industrienationen zeigt nur Großbritannien höhere Werte als Deutschland.

# Teilbereiche des Digitalisierungsindikators

Deutschland und ausgewählte Volkswirtschaften im Vergleich





## 02

# Ansatzpunkte für die Innovationspolitik

Im Licht der Ergebnisse des Innovationsindikators erweisen sich die jüngsten Empfehlungen des Hightech-Forums der Bundesregierung zur Weiterentwicklung der Hightech-Strategie (Mai 2017) und der Expertenkommission Forschung und Innovation (Jahresgutachten 2017) als reichhaltige Quelle guter Ansatzpunkte für die künftige Innovationspolitik. Die Herausgeber des Innovationsindikators möchten vor allem die drei folgenden übergeordneten Stoßrichtungen besonders hervorheben, die gerade angesichts der digitalen Transformation von zentraler Bedeutung für die Innovationsfähigkeit der deutschen Wirtschaft und Wissenschaft sind.

### Bildung, Forschung und Wissenstransfer auf zukünftige Herausforderungen ausrichten

## 1

- **Nationales Kompetenz-Monitoring** etablieren, um Schlüsselkompetenzen für Zukunftstechnologien in Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft schneller und systematischer erfassen und international vergleichen und entwickeln zu können.
- Gemeinsam mit Stakeholdern aus Wissenschaft, Wirtschaft und Zivilgesellschaft eine ressortübergreifende **neue nationale MINT-Strategie** formulieren, die nicht zuletzt einen Schwerpunkt auf die Themen Qualitätssicherung, Talentförderung und Bildung in der digitalen Transformation legt.
- **Digitale Bezugspunkte in allen Schulfächern** fest verankern, um die Kompetenzen junger Menschen für die Gestaltung und die Teilhabe an der digitalen Transformation zu fördern. Eine informationstechnische Grundbildung sowie die Kenntnis neuer Arbeitsmethoden (zum Beispiel agile Arbeit, Kreativitätstechniken, evidenzbasiertes Management) müssen als neue gleichberechtigte Kulturtechniken begriffen werden.
- Hochschulen beim Wissenstransfer in Wirtschaft und Gesellschaft (sogenannte **dritte Mission**) stärken. Auf virtuellen und realen Transfer- und Experimentiercampi sollten Wissenschaft und Wirtschaft unbürokratisch in innovativen Ökosystemen zusammenarbeiten können. Transferstellen und Gründerzentren sollten mit passenden Beratungs- und Vernetzungsangeboten die Unternehmen dazu befähigen, in Zukunft vermehrt auf Plattformmärkten und in digitalen Ökosystemen zu agieren.
- **Grundfinanzierung der Hochschulen** verbessern und Bund-Länder-Programm zur Hochschulfinanzierung („**Hochschulpakt**“) sowie den **Pakt für Innovation und Forschung für außeruniversitäre Forschungsorganisationen** auch über das Jahr 2020 hinaus fortsetzen.
- **Duales Prinzip** auch an Hochschulen fördern und ein **gemeinsames/übergreifendes Bildungskonzept** für die Berufs- und Hochschulbildung von morgen entwickeln.

## 2

- **Regulatorische Überforderung** innovativer Geschäftsmodelle vor allem in der neu entstehenden Datenökonomie **vermeiden** und **einheitliche Wettbewerbsbedingungen** für etablierte und neue Marktakteure schaffen.
- Den Aufbau einer **neuen Unternehmerkultur** fördern. Schulen und Hochschulen sollten entsprechende Werte, Leitbilder und Kompetenzen wie Kreativität, Risikobereitschaft, Projektmanagement, Unternehmensführung, unternehmerische Grundkenntnisse und das Lernen an Fehlern stärker fördern.
- Enge Zusammenarbeit von Wissenschaft und Wirtschaft bei der Entwicklung von industrienspezifischen **europäischen/internationalen Standards und Normen** für das Internet der Dinge, Daten und digitale Dienstleistungen fördern.
- Den **europäischen digitalen Binnenmarkt** zügig verwirklichen, um einheitliche Wettbewerbsbedingungen für die digitale Transformation in Europa zu schaffen und Unternehmen das schnelle Skalieren digitaler Geschäftsmodelle zu ermöglichen.

**Wettbewerb als  
vorrangiges  
Entdeckungsprinzip  
für neue Ideen  
und Innovationen  
stärken**

## 3

- **Finanzierungsmöglichkeiten** für Innovationen verbessern. Öffentliche Projektförder- und Finanzierungsprogramme erreichen einen Teil forschender kleiner und mittelständischer Unternehmen nicht. Die meisten Industrieländer setzen daher zusätzlich auf indirekte, steuerliche FuE-Anreize. In Deutschland fehlt ein solches Instrument bisher. Dieser internationale Standortnachteil sollte ausgeglichen werden. Darüber hinaus muss Deutschland als Investitionsstandort für privates Wagniskapital attraktiver werden.
- Das **Innovationsprinzip in die nationale Gesetzesfolgenabschätzung** einführen. Innovationshemmende Wirkungen neuer Gesetze könnten so bereits frühzeitig im Gesetzgebungsverfahren identifiziert werden.
- **Ausbau leistungsfähiger Breitbandverbindungen** vorantreiben – vor allem im ländlichen Raum, um eine digitale Spaltung der Regionen zu vermeiden – und die digitale Transformation der öffentlichen Verwaltung beschleunigen (E-Government und Open Government Data).
- **Regulatorische Experimentierräume** schaffen. Unternehmen sollten die Möglichkeit haben, innovative Technologien und neue Arbeits- und Organisationsformen in zeitlich und räumlich begrenzten Experimentierräumen zunächst frei von innovationshemmenden Regularien zu entwickeln und zu testen.
- Unternehmen **gesetzliche Freiräume** lassen, um eigene Strukturen schnell und flexibel an die neuen Anforderungen der digitalen Arbeitswelt anpassen zu können. Die Betriebspartner können die konkreten unternehmerischen Bedarfe sowie die individuellen Präferenzen der Beschäftigten hinsichtlich „guter Arbeit“ zielgenauer adressieren als pauschale Regelungen.

**Staatliche Rahmen-  
bedingungen für  
Innovationen  
verbessern und  
Strukturveränderungen  
vorantreiben**



**Ergebnisse**



# Über den Innovationsindikator

Neue Produkte, Prozesse und Dienstleistungen, die sich auf Märkten durchsetzen, oder auch die qualitative Verbesserung bestehender Produkte und Prozesse werden in volkswirtschaftlicher Hinsicht als Innovationen bezeichnet. Innovationen sind für die meisten Unternehmen und ganze Branchen der Schlüssel für Wettbewerbsfähigkeit und Wachstum. Deutschland ist auf besondere Weise auf Innovationen angewiesen, um angesichts des demografischen Wandels das Wachstum von Wirtschaft und Wohlstand sowie die Handlungsfähigkeit der öffentlichen Hand zu sichern.

Aus ökonomischer Perspektive gibt es eine Vielzahl von Faktoren und Einflüssen, die die private Innovationstätigkeit fördern oder gar erst ermöglichen. So werden zum Beispiel sogenannte user-led innovations von zahlreichen Akteuren vorangetrieben – Unternehmen, Forschungseinrichtungen, Forschungsförderern, Bildungsinstitutionen, aber auch den Innovationsfinanzierern sowie den Abnehmern und Nutzern von Innovationen, die Dienstleistungen und Produkte häufig selbst verbessern und anpassen. Das Zusammenspiel dieser Faktoren, Einflüsse und Akteure bildet das nationale Innovationssystem.

Ein gut funktionierendes Innovationssystem ermöglicht, dass Unternehmen innovativ sein können und sichert so Arbeitsplätze und Wohlstand. Allerdings befinden sich die Unternehmen als Anbieter von innovativen Gütern und Dienstleistungen im Wettbewerb – und das gilt im weiteren Sinn somit auch für die Innovationssysteme. Dabei ist es wichtig, dass Unternehmen und Verbände ebenso wie die Politik oder öffentliche Organi-

sationen die Position Deutschlands im weltweiten Innovationswettbewerb einschätzen und verorten können. Nur so können sie Maßnahmen ergreifen, die die Situation sichern oder verbessern. Dazu sind eine differenzierte Analyse und ein internationaler Vergleich unumgänglich.

Der Innovationsindikator hat genau das zum Ziel. Im Auftrag von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und des Bundesverbands der Deutschen Industrie (BDI) werden 35 Volkswirtschaften daraufhin untersucht, wie innovationsorientiert und -fähig sie sind. Der Innovationsindikator wird vom Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung (ISI) in Karlsruhe in Zusammenarbeit mit dem Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) in Mannheim erstellt. Er vergleicht die Innovationsleistung von 35 Ländern anhand von 38 Einzelindikatoren.

Grundprinzipien des Innovationsindikators sind:

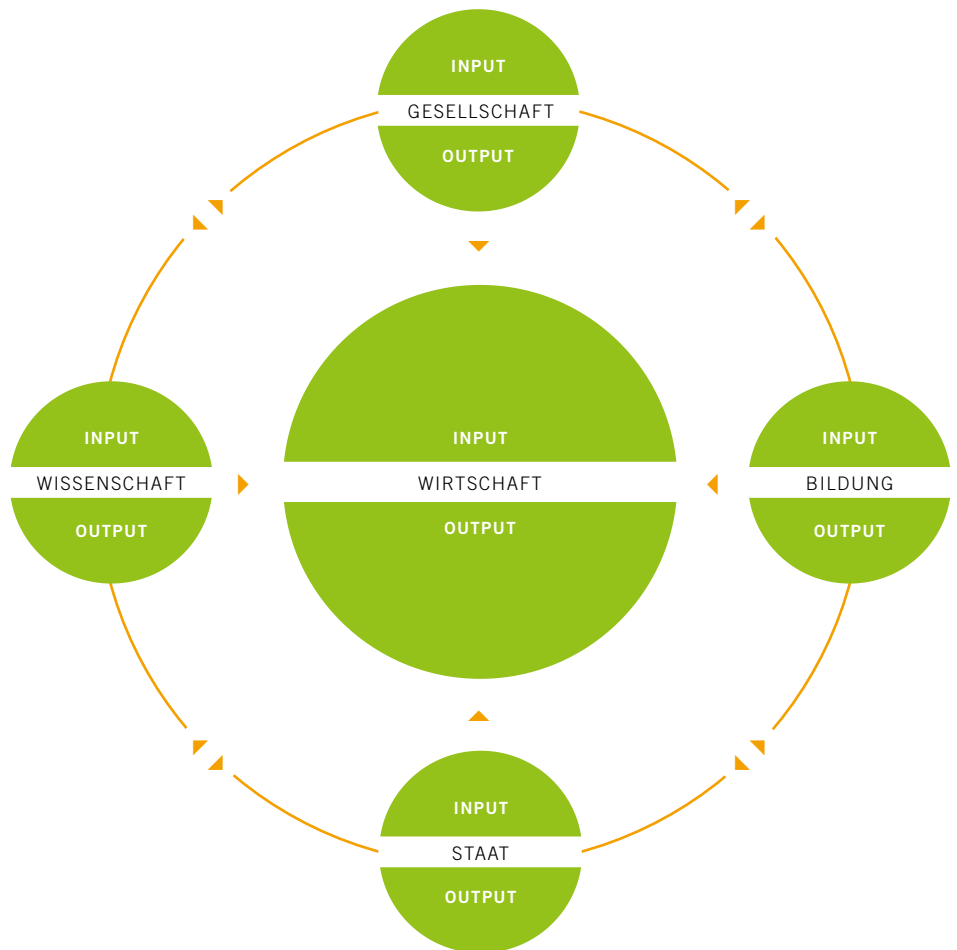
1. Modellgestützter Ansatz bei der Indikatorauswahl: Jeder einzelne der 38 Indikatoren wurde auf Basis seines statistisch überprüften Erklärungswerts für die nationalen Innovationsleistungen ausgewählt. Auf diese Weise wird sowohl eine Übersichtlichkeit als auch die Relevanz der Ergebnisse sichergestellt.
2. Unterteilung der Indikatoren nach Input/Output und Subsystemen (Wirtschaft, Bildung, Wissenschaft, Staat, Gesellschaft): Dies ermöglicht detaillierte Analysen der Stärken und Schwächen einzelner Länder und somit zielgerichtete Handlungsempfehlungen.
3. Einbeziehung harter und weicher Indikatoren: Innovationstätigkeiten hängen sowohl von

**Innovationen sind  
der Schlüssel für  
Wettbewerbsfähigkeit  
und Wachstum.  
Diese Studie nimmt  
35 Volkswirtschaften  
in den Blick und zeigt,  
wie innovationsfähig  
sie sind.**



---

## Hauptelemente des Innovationsindikator-Modells



Quelle: eigene Darstellung

direkt messbaren Faktoren wie zum Beispiel den zur Verfügung stehenden finanziellen und personellen Ressourcen ab als auch von eher weichen, nicht unmittelbar messbaren Faktoren wie etwa gesellschaftlichen Einstellungen. Der Innovationsindikator sammelt auch relevante Daten dieser weichen Faktoren, um Innovationssysteme in ihrer Gesamtheit abzubilden. Das unterscheidet ihn von vielen ähnlich gelagerten Indikatorensystemen.

4. Hohe Aktualität der Ergebnisse durch Verwendung von Prognose und Hochrechnungsverfahren (Nowcasting) für die Einzelindikatoren: Alle Indikatoren beziehen sich auf 2015.

### Herausforderungen der Messung

Der Innovationsindikator ist ein sogenannter Kompositindikator, bei dem einzelne, für das Innovationssystem relevante Teilindikatoren durch Gewichtung zu einer zusammenfassenden Maßzahl verdichtet werden. Der Indikator verwendet dabei eine Gleichgewichtung, um die Berechnung transparent und nachvollziehbar zu halten. Dennoch wären auch andere Gewichtungsverfahren denkbar und sind in vergleichbaren Analysen zum Einsatz gekommen. Um die Robustheit der Ergebnisse gegenüber abweichenden Gewichtungen zu analysieren, bedienen sich die Autoren der

Studie moderner statistischer Simulationsmethoden. Dabei zeigen sich die Ergebnisse als äußerst robust und die Einordnungen der Analyse somit als verlässlich.

So führen zwar unterschiedliche Gewichtungungsverfahren zu geringfügigen Unterschieden im konkreten Abschneiden der Länder. Allerdings bilden sich weitgehend unabhängig von der jeweiligen Gewichtung deutlich erkennbare Zuordnungen zu gewissen Gruppen an Volkswirtschaften heraus. Es lässt sich also mit großer Sicherheit sagen, dass ein Land zum Beispiel zu der Verfolger- oder der Spitzengruppe zählt. Dementsprechend wird sich die Interpretation der Rangplätze im Wesentlichen auf diese Gruppenzugehörigkeit und stabile langfristige Entwicklungstrends konzentrieren. Kleinere Veränderungen zu den Vorjahren sowie geringe Abstände zwischen einzelnen Ländern sollten dabei nicht überinterpretiert werden.

## Dynamisches Umfeld

Innovationssysteme sind hochgradig dynamisch: Sie verändern sich unablässig und häufig in schwer vorhersehbarer Weise. Diese Veränderungen können einen gravierenden Einfluss auf die Funktionsweise des Innovationssystems ausüben. Dies stellt wiederum Messmodelle wie den Innovationsindikator vor große Herausforderungen, da dieser die volkswirtschaftlichen Innovationsfähigkeiten auf Basis eines vorab definierten Indikatorensets erfasst. Unerwartete Entwicklungen sowie strukturelle Veränderungen, wie sie beispielsweise im Zuge der digitalen Transformation der Wirtschaft zu erwarten sind, erfordern zum einen eine ständige kritische Auseinandersetzung mit der Angemessenheit der verwendeten Indikatoren.

Zum anderen muss der rein quantitative Indikatorenansatz immer durch qualitative Einschätzungen ergänzt werden, die darauf abzielen, Entwicklungen zu antizipieren, die sich möglicherweise erst in Jahren in Zahlen messbar niederschlagen. Aus diesen Gründen folgt der Innovationsindikator dem Ansatz, die quantitativen Ergebnisse gezielt um qualitative Einschätzungen zu ergänzen,

die explizit sowohl den aktuellen Politikkontext als auch mögliche zukünftige Entwicklungen zu berücksichtigen suchen.

## Struktur des Berichts

Das folgende Kapitel fasst die Ergebnisse zusammen und verweist auf zukünftige Herausforderungen für die Innovationspolitik beziehungsweise das Innovationssystem.

Im Fokus des Innovationsindikators 2017 steht die digitale Transformation der deutschen Wirtschaft. Das Thema wird aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet, beispielsweise einem internationalen Vergleich. Ein weiterer Schwerpunkt liegt auf der digitalen Infrastruktur in Deutschland. Außerdem wird Deutschlands Position in Bezug auf die Zukunft der Produktion, insbesondere die Industrie 4.0, untersucht. Ein abschließendes Kapitel analysiert die Transformationsfähigkeit Deutschlands mit Blick auf Wirtschaft, Gesellschaft und Politik.

## Website mit mehr Informationen

Der vorliegende Bericht beinhaltet die wichtigsten Ergebnisse der für das Referenzjahr 2015 durchgeführten Analysen. Profile für einzelne Länder, die Entwicklung von Einzelindikatoren sowie Vergleiche zwischen verschiedenen Ländern können auf der Internetseite selbst erstellt werden. Dort findet man auch eine ausführliche Dokumentation der Methoden und der verwendeten Indikatoren im elektronisch verfügbaren Methodenbericht.

[www.innovationsindikator.de](http://www.innovationsindikator.de)

## Deutschland ohne echte Spitzenwerte Vierter

**Die Schweiz hat das stärkste Innovationssystem. Frankreich und Großbritannien legen zu. Die USA liegen im Mittelfeld. China zeigt nur punktuelle Stärken.**

Der Innovationsindikator misst die Leistung von 35 Volkswirtschaften hinsichtlich ihrer Fähigkeiten, Innovationen hervorzubringen und zu nutzen. Er berücksichtigt dabei sowohl Investitionen in das Innovationssystem (Input) als auch Ergebnisse innovationsorientierter Aktivitäten (Output). Gemessen am Innovationsindikator schneidet die Schweiz am besten ab. Sie liegt in allen fünf Teilbereichen – Wirtschaft, Wissenschaft, Bildung, Staat und Gesellschaft – unter den vier bestplatzierten Ländern. Dahinter folgen Singapur und Belgien. Beide Länder zeigen ebenfalls ein gut balanciertes Innovationssystem mit Stärken in allen fünf Bereichen. Deutschland befindet sich auf dem vierten Rang. Es weist in allen fünf Teilbereichen gute, jedoch nirgends Spitzenwerte auf. Belgien und Deutschland führen eine größere Gruppe von Ländern an, die sich in ihrer Innovationsleistung nur wenig unterscheiden.

Die USA befinden sich im Mittelfeld dieser Ländergruppe und haben sich damit deutlich von ihrem früheren Spitzenplatz entfernt. 2005 lagen die USA noch auf Rang drei. Das ist vor allem auf eine in der Breite schwächere Leistung des Wissenschafts- und Bildungssystems zurückzuführen. Japan liegt am Ende dieser Gruppe. Negativ wirkt sich dort die geringe Offenheit des Innovations- und Wissenschaftssystems aus, abzulesen an einer niedrigen Kooperationsneigung sowohl mit internationalen Wissenschaftspartnern als auch zwischen Unternehmen und Wissenschaftseinrichtungen im Land selbst. China befindet sich weiterhin deutlich hinter der Gruppe der innovationsintensiven Länder. Obwohl China seine Innovationsleistung in den vergangenen

Jahren ausbauen konnte, reicht es in keinem der fünf Teilbereiche an die etablierten Innovationsnationen heran.

### Schweiz an der Spitze

Die Schweiz kann die Spitzenposition behaupten und hat gemessen am Innovationsindikator das leistungsfähigste Innovationssystem. Sie erreicht als einziges Land sehr hohe Werte in allen fünf Teilbereichen des Innovationsindikators. In der Wirtschaft nimmt die Schweiz den ersten Platz im Ranking ein, im Bereich Bildung liegt das Land auf Rang zwei. In den Bereichen Wissenschaft und Gesellschaft steht es jeweils an dritter Stelle. Die innovationsorientierten Aktivitäten des Staates werden im internationalen Vergleich ebenfalls sehr gut bewertet. Dies liegt allerdings nicht an einer direkten staatlichen Förderung von Innovationen in Unternehmen, denn diese fehlt in der Schweiz. Vielmehr sind es das sehr gut ausgestattete und überwiegend staatlich finanzierte Bildungssystem und die hohen staatlichen Investitionen in die wissenschaftliche (Grundlagen-)Forschung, die die Schweiz auch in diesem Teilbereich des Innovationsindikators vorne platzieren. Generell zählt das Wissenschaftssystem, in dem die Universitäten eine zentrale Rolle spielen, zu den herausragenden Stärken der Schweiz.

Bei den meisten Wissenschaftsindikatoren weist sie den höchsten Wert unter allen untersuchten Ländern auf. Dies gilt sowohl für die Anzahl der Publikationen aus der öffentlichen Forschung gemessen an der Bevölkerung als auch für die

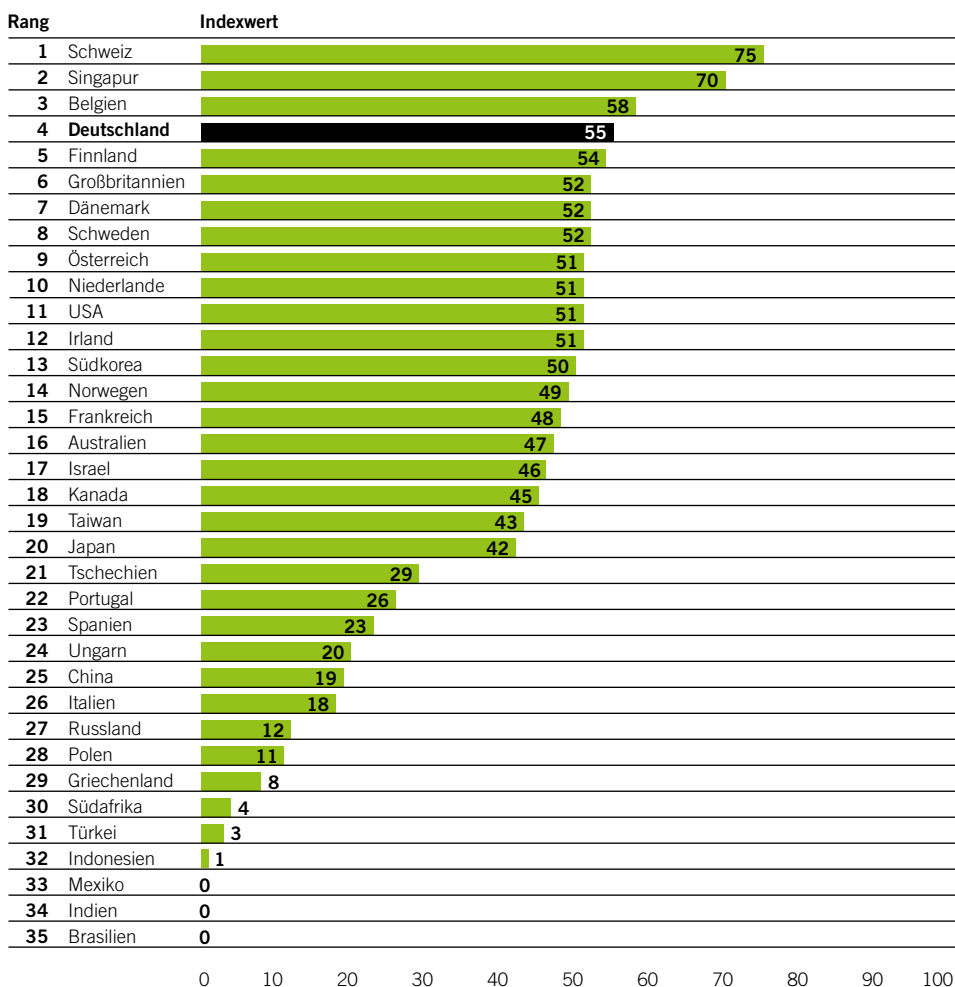
Qualität der Forschung. Schweizer Wissenschaftseinrichtungen kooperieren zudem international so intensiv wie wenige vergleichbare Institutionen in anderen Ländern. Die Schweiz verfügt auch über ein gut ausgebautes System zum Wissens- und Technologietransfer: Es existieren gut funktionierende Schnittstellen zwischen Wissenschaft und Wirtschaft, die eine Überführung von Forschungsergebnissen in Produkte und Dienstleistungen unterstützen. Die Schweiz verfügt zudem über eine hervorragende Infrastruktur. Schließlich profitieren Start-ups von den hohen Privatvermögen in der Schweiz, die auch in innovative Unternehmen investiert werden. In der Schweiz sind viele wettbewerbsfähige Unternehmen im Hochtechnologiebereich ansässig, was sich beispielsweise in einem Handelsüberschuss bei Hochtechnologiegütern niederschlägt.

Die hohe Punktzahl von Singapur, das den zweiten Rang im Innovationsindikator 2017 belegt, ist insbesondere auf umfangreiche staatliche Förderaktivitäten zurückzuführen. Dazu zählen eine großzügige direkte staatliche Forschungsförderung, eine steuerliche Förderung von Forschung und Entwicklung in Unternehmen sowie eine hohe staatliche Nachfrage nach neuen Technologien, die Anreize für Innovationen setzt. Beim Anteil der Beschäftigten mit Hochschulabschluss und bei Indikatoren zur Qualität des Bildungssystems und den Bildungsergebnissen erreicht Singapur im internationalen Vergleich die höchsten Werte. Das Wissenschaftssystem wird als das zweitbeste hinter der Schweiz eingestuft. Vor allem die Qualität des wissenschaftlichen Outputs erreicht hohe Werte. Sie wird daran gemessen, wie oft wissenschaftliche Publikationen eines Landes im Durchschnitt zitiert werden. Neben der hohen Sichtbarkeit wissenschaftlicher Publikationen tragen aber auch die Unternehmen zu Singapurs Innovationsystem maßgeblich bei. Die Stärke der Wirtschaft in Singapur liegt vor allem in ihrer internationalen Vernetzung und schlägt sich in einem positiven Handelsbilanzsaldo bei Hochtechnologiegütern nieder.

## Deutschland ist Vierter

Deutschland belegt Rang vier im Ländervergleich. Der Abstand zu den folgenden Ländern ist allerdings gering, sodass der jeweilige Rang innerhalb dieser Gruppe wenig aussagekräftig ist. Jedoch gibt es in allen Teilbereichen Länder, die vor Deutschland liegen. Die Innovationsleistung der deutschen Wirtschaft fällt beispielsweise hinter die Südkoreas oder der USA zurück. Das Bildungssystem hat trotz Verbesserungen in den vergangenen Jahren immer noch einen erheblichen Abstand zu den bestplatzierten Ländern wie Südkorea oder Finnland. Die Leistung des Wissenschaftssystems

## Gesamtergebnis des Innovationsindikators



ist zwar besser als die der anderen großen Industrieländer, jedoch bei Weitem nicht so gut wie die kleinerer Länder. So haben Dänemark, die Niederlande oder Schweden ihre Stärken unter anderem in einer hohen internationalen Vernetzung.

Die gute Platzierung Deutschlands im Innovationsindikator ist letztlich darauf zurückzuführen, dass es in keinem Teilsystem schlecht abschneidet. Dies war keineswegs immer so. Noch Mitte der 2000er-Jahre lag Deutschland in den Teilbereichen Bildung und Staat in der unteren Hälfte des Länderrankings mit großem Abstand zur jeweiligen Spitzengruppe. Die Anstrengungen in der Bildung nach dem PISA-Schock sowie die

Neuausrichtung der Forschungs- und Innovationspolitik mit der Hightech-Strategie haben merkliche Verbesserungen gebracht. Sie haben dazu beigetragen, dass Deutschland seit 2010 nie schlechter als auf Rang sechs platziert war.

Zu den Stärken des deutschen Innovationssystems zählen zum einen strukturelle Merkmale wie der hohe Beitrag der Hochtechnologiebranchen zur Wertschöpfung, der hohe Anteil von Personen mit einer guten beruflichen Ausbildung sowie die intensive Kooperation zwischen Wirtschaft und Wissenschaft. Das zeigt sich unter anderem am hohen Anteil von Forschung und Entwicklung (FuE) an Hochschulen und öffentlichen Forschungseinrichtungen, der von Unternehmen finanziert wird. Auch die steigende Anzahl hochrangiger Publikationen deutscher Wissenschaftler und ein beachtlicher Anteil ausländischer Studierender schlagen positiv zu Buche. Die hohe Anzahl von Patentanmeldungen je Einwohner spiegelt die große technologische Kompetenz von Unternehmen und Wissenschafts-/Forschungseinrichtungen wider.

Über einen sehr langen Zeitraum zählte der Bildungsbereich zu den größten Schwächen im deutschen Innovationssystem. Betrachtet man die für Innovationen relevanten Faktoren, so hat sich das deutsche Bildungssystem in den vergangenen Jahren verbessern können. Im Detail zeigen die Einzelindikatoren, dass Deutschland bei der Bewertung des Erziehungssystems als Ganzes gut abschneidet. Schon seit Langem konnte es sich bei den Spitzenqualifikationen hervortun, gemessen an der Anzahl Promovierter in den MINT-Fächern in Relation zur Bevölkerung. In der jüngeren Vergangenheit hatte auch der internationale Schülervergleichstest PISA für Deutschland bessere Werte ergeben: Deutschland erzielte 2016 erneut Werte in Mathematik, Naturwissenschaften und Lesen, die deutlich über dem OECD-Schnitt liegen. Allerdings haben sich die Ergebnisse der Naturwissenschaften in den Gymnasien zuletzt verschlechtert. Ferner sinkt das Interesse der Schüler an Naturwissenschaften in allen Schulformen kontinuierlich seit 2006. Daneben kann aus den vorliegenden Daten abgeleitet werden, dass die relative Attraktivität des deutschen Bildungssystems für ausländische Studierende zwar noch nicht wieder das

## Gesamtranking der Länder 2000–2015

Rang	2000	2005	2010	2014	2015
1	Schweiz	Schweiz	Schweiz	Schweiz	Schweiz
2	Schweden	Schweden	Singapur	Singapur	Singapur
3	USA	USA	Schweden	Finnland	Belgien
4	Finnland	Finnland	Deutschland	Belgien	Deutschland
5	Belgien	Singapur	Finnland	Deutschland	Finnland
6	Singapur	Niederlande	Niederlande	Irland	Großbritannien
7	Israel	Kanada	Norwegen	Niederlande	Dänemark
8	Kanada	Dänemark	Österreich	USA	Schweden
9	Frankreich	Belgien	USA	Österreich	Österreich
10	Deutschland	Deutschland	Belgien	Schweden	Niederlande
11	Niederlande	Norwegen	Kanada	Dänemark	USA
12	Dänemark	Großbritannien	Taiwan	Großbritannien	Irland
13	Großbritannien	Österreich	Dänemark	Südkorea	Südkorea
14	Norwegen	Israel	Frankreich	Norwegen	Norwegen
15	Japan	Frankreich	Großbritannien	Australien	Frankreich
16	Australien	Australien	Australien	Israel	Australien
17	Österreich	Irland	Irland	Kanada	Israel
18	Irland	Japan	Südkorea	Frankreich	Kanada
19	Südkorea	Südkorea	Israel	Taiwan	Taiwan
20	Taiwan	Taiwan	Japan	Japan	Japan
21	Tschechien	Tschechien	Tschechien	Tschechien	Tschechien
22	Russland	Spanien	Ungarn	Portugal	Portugal
23	Ungarn	Ungarn	Spanien	Spanien	Spanien
24	Spanien	Indien	Portugal	Ungarn	Ungarn
25	Indien	Italien	China	Italien	China
26	Italien	China	Italien	China	Italien
27	Polen	Russland	Indien	Polen	Russland
28	Indonesien	Polen	Russland	Russland	Polen
29	China	Portugal	Polen	Griechenland	Griechenland
30	Griechenland	Griechenland	Griechenland	Türkei	Südafrika
31	Portugal	Südafrika	Indonesien	Südafrika	Türkei
32	Brasilien	Indonesien	Südafrika	Indonesien	Indonesien
33	Mexiko	Brasilien	Brasilien	Brasilien	Brasilien
34	Türkei	Mexiko	Indien	Indien	Indien
35	Südafrika	Türkei	Türkei	Mexiko	Mexiko

Niveau wie in den 1990er-Jahren erreicht hat, sie zuletzt aber etwas gestiegen ist.

Den Indikatoren zufolge hat sich die gesellschaftliche Offenheit gegenüber Innovation erhöht. Es gibt allerdings auch Indikatoren, bei denen sich die Werte für Deutschland verringert haben. Dazu zählen der Handelsbilanzsaldo bei Hochtechnologieprodukten, der Beschäftigtenanteil in wissensintensiven Dienstleistungen und die Wagniskapitalinvestitionen gemessen am BIP. Anders als in den meisten anderen Industrienationen verzichtet der Staat bislang auf eine steuerliche Förderung von FuE. Die direkte Förderung von FuE in Unternehmen durch Zuschüsse oder FuE-Aufträge der öffentlichen Hand fällt ebenfalls vergleichsweise gering aus.

## Großbritannien und Frankreich im Aufwärtstrend

Die Innovationssysteme in Großbritannien und Frankreich haben ihre Leistungsfähigkeit gemessen am Innovationsindikator zuletzt gesteigert. Großbritannien setzte den seit 2010 zu beobachtenden Aufwärtstrend weiter fort. Zu den britischen Stärken zählen günstige gesellschaftliche Rahmenbedingungen für Innovationen und ein gutes Bildungssystem. In den vergangenen Jahren führten mehr britische Unternehmen Neuerungen ein und auch die Ausgaben für Forschung und Entwicklung stiegen. Seit dem Jahr 2000 (für KMU) und seit 2002 (für Großunternehmen) unterstützt die Regierung Forschung und Entwicklung in Unternehmen unter anderem mit einer steuerlichen Förderung. Damit sollen die niedrigen Ausgaben der Unternehmen für Forschung und Entwicklung erhöht werden. Dies ist bis heute aber nur zum Teil geglückt. Der Anteil der FuE-Ausgaben der Unternehmen am BIP liegt mit 1,1 Prozent weiterhin erheblich unter dem Niveau der anderen großen Industrieländer wie den USA (2,0 Prozent), Japan (2,7 Prozent) oder Deutschland (2,0 Prozent).

Das Wissenschaftssystem Großbritanniens bleibt im internationalen Vergleich zurück. Zwar verfügt Großbritannien mit Oxford und Cambridge über zwei Eliteuniversitäten, die in weltweiten Univer-

sitätsrankings stets auf den vordersten Plätzen zu finden sind. Die Forschungsleistung der britischen Hochschulen insgesamt ist allerdings – von einzelnen Fachbereichen abgesehen – häufig nur durchschnittlich. An vielen Hochschulen wird wegen der Konzentration der Forschungsmittel auf einige ausgewählte Einrichtungen nur in sehr begrenztem Umfang geforscht, sodass dort die Lehre von der Forschung losgelöst ist. Zu der Konzentration der Mittel kommen auch niedrige Gesamtausgaben gemessen als Anteil der öffentlichen Forschungsausgaben am Bruttoinlandsprodukt. Mit 0,58 Prozent erreicht diese Quote nur gut die Hälfte des Werts von Dänemark oder Schweden. Weitere Probleme sind die geringe Anwendungsorientierung, Defizite im Wissens- und Technologietransfer oder auch die niedrige Anzahl von Patenten aus der öffentlichen Forschung.

An diesen Schwächen versucht die Politik verstärkt zu arbeiten. Hierzu wurde unter anderem das Catapult-Programm eingerichtet. In acht Technologiefeldern (Energiespeicher, Materialien, Big Data, Satelliten, Robotik/autonome Systeme, synthetische Biologie, regenerative Medizin, Agrartechnologien) wurden Innovationszentren eingerichtet, in denen Unternehmen und Wissenschaftler gemeinsam an neuen technologischen Lösungen arbeiten. Gleichzeitig setzt Großbritannien aber auch auf nichttechnische, nicht primär auf Forschung und Entwicklung abzielende Innovationen, etwa im Bereich der Kreativwirtschaft oder der Finanzdienstleistungen (Fintechs). Welche Entwicklung das britische Innovationssystem in Anbetracht des Brexits nehmen wird, ist aus heutiger Sicht noch nicht absehbar.

Frankreich konnte seinen Indexwert im Innovationsindikator steigern. Verantwortlich hierfür sind verbesserte Indikatorwerte im Bildungsbereich (Anteil der Promovierten, Qualität der schulischen Bildung), im Wissenschaftssystem (Anteil an den am häufigsten zitierten Fachaufsätzen, Patentanmeldungen durch öffentliche Forschungseinrichtungen) sowie in der staatlichen Förderung von Forschung und Innovation. Die Qualität der wissenschaftlichen (Grundlagen-)Forschung konnte gesteigert werden. Dass Frankreich sich im Innovationsindikator dennoch in der unteren Hälfte der innovationsorientierten Industrienationen

**Deutschland verfügt über einen hohen Beitrag der Hochtechnologiebranchen zur Wertschöpfung.**

---

befindet, liegt vor allem an einem niedrigen Beitrag der Hochtechnologiebranchen zur Wertschöpfung, einer schlechten Position auf internationalen Märkten für Hochtechnologiegüter, geringen Patentaktivitäten der Unternehmen sowie einer geringen Kooperationsneigung von Wirtschaft und Wissenschaft.

Dem Staat kommt in Frankreich eine prominente Rolle im Innovationssystem zu als in anderen großen Volkswirtschaften. Dies zeigt sich an einem hohen staatlichen Finanzierungsbeitrag zu den FuE-Ausgaben der Unternehmen und einer hohen staatlichen Nachfrage nach neuen Technologien. Beim Thema E-Government, gemessen am Anteil der Bürger/Unternehmen, die mit Behörden per Internet in Kontakt treten, liegt Frankreich bestenfalls im Mittelfeld.

Reformen zur Steigerung der Leistungsfähigkeit der Forschungs- und Innovationsakteure wurden in Frankreich nicht konsequent umgesetzt. Ein Beispiel ist die Etablierung der Instituts Carnots. Diese Forschungseinrichtungen sollten die anwendungsorientierten Fraunhofer-Institute in Deutschland institutionell kopieren. Allerdings ist man hier auf halbem Wege stehengeblieben: Anstatt neue Institute aufzubauen, hat man lediglich bestehende Einheiten mit dem zeitlich befristeten Carnot-Titel versehen. Dies erscheint eher wie eine Marketingmaßnahme als wie der systematische Versuch, die anwendungsorientierte Forschung zu stärken. Im Jahr 2005 wurde die Forschungsförderung stärker dezentralisiert, indem mit der Agence Nationale de la Recherche (ANR) eine Organisation ähnlich der Deutschen Forschungsgemeinschaft (DFG) geschaffen wurde. Dort werden beispielsweise die Förderentscheidungen auf Basis von Gutachterverfahren getroffen und nicht über den Staat. Auch mit den Pôles de Compétitivité, vergleichbar mit den deutschen Spitzenclustern, versuchte die Regierung, neue Akzente hin zu einer leistungsorientierten Fördermittelvergabe zu setzen.

## USA im Mittelfeld

Die größte Stärke der USA liegt in der Innovationskraft ihrer Unternehmen. Die USA sind Heimat einiger der innovativsten und gleichzeitig höchstbe-

werteten Unternehmen der Welt, die das Geschehen in vielen Märkten – allen voran in der digitalen Wirtschaft – bestimmen. Wie die Einzelindikatoren zeigen, zeichnet sich die amerikanische Wirtschaft durch einen intensiven einheimischen Wettbewerb, eine hohe Nachfrage der Unternehmen nach technologischen Produkten sowie eine hohe Wertschöpfung je Arbeitsstunde aus. Beim Input ist der Anteil der staatlich finanzierten FuE-Ausgaben von Unternehmen zu nennen: Er liegt deutlich höher als beispielsweise in Deutschland. Der hoch entwickelte Risikokapitalmarkt in den USA bietet umfangreiche Finanzierungsmöglichkeiten für Start-ups aus den Hightech-Branchen und junge Unternehmen mit guten Wachstumsaussichten.

Im Wissenschaftssystem beherbergen die USA zwar viele der weltweit führenden Universitäten, aber auch eine sehr große Zahl an Hochschulen, die deutlich schwächere Ergebnisse erzielen. Gemessen an der Landesgröße erreicht das US-amerikanische Wissenschaftssystem im Innovationsindikator nur einen mittleren Wert. Die Forschungseinrichtungen belegen im Durchschnitt keine Spitzenstellung mehr, etwa bei der – jeweils an der Landesgröße normierten – Anzahl der Forschenden, der Anzahl der wissenschaftlich-technischen Zeitschriftenartikel, der Zahl der Zitierungen dieser Artikel und der Anzahl der Patente aus der öffentlichen Forschung. Hinzu kommt, dass die USA einen eher geringen Grad der internationalen Vernetzung in Wissenschaft und Technologieentwicklung aufweisen und stärker binnenorientiert sind. Da internationale Offenheit und Kooperation jedoch zu den wesentlichen Erfolgsfaktoren von Innovationssystemen zählen, drückt dies den Indexwert für die USA nach unten. Mit der neuen Regierung unter Donald Trump, die eher auf Abschottung als auf stärkere internationale Öffnung setzt, ist auf diesem Feld keine Verbesserung zu erwarten. Im Teilbereich Bildung stechen die USA durch hohe Bildungsausgaben je Studierenden und einen hohen Anteil von Beschäftigten mit tertiärer Bildung weiterhin hervor. Die übrigen Indikatoren – beispielsweise auch der Anteil ausländischer Studierender – weisen deutlich niedrigere Werte auf als für die meisten anderen untersuchten Länder. Bei der digitalen Transformation liegen die USA dagegen auf dem ersten Platz unter den großen Volkswirtschaften (siehe Fokus-Kapitel).





Apple war Ende 2016 an der Börse 589 Milliarden Euro wert. Der Technologiekonzern zählt neben der Google-Holding Alphabet und Microsoft zu den wertvollsten Unternehmen der Welt.

## Südkoreas Wirtschaft stark

Südkorea erreicht einen ähnlichen Indexwert wie die USA, jedoch bei deutlich anderen Strukturen des Innovationssystems. Das südkoreanische Innovationssystem ist stark auf einige wenige, global führende Unternehmen ausgerichtet. Ihre Innovationskraft bringt Südkorea auf den zweiten Rang im Teilbereich Wirtschaft. Die Innovationsfähigkeit der südkoreanischen Wirtschaft hat sich in den vergangenen Jahren nach den hier verwendeten Bewertungskriterien deutlich verbessert. Stärken des südkoreanischen Systems sind den Einzelindikatoren zufolge unter anderem die hohe FuE-Quote – die FuE-Ausgaben in Relation zum BIP lagen 2014 bei 3,36 Prozent und werden nur von Israel übertroffen – oder auch hohe Patentanmeldezahlen am US-Patentamt, ebenso wie ein deutlich positiver Handelsbilanzsaldo und hohe Beiträge der Hochtechnologiebranchen zur Wertschöpfung.

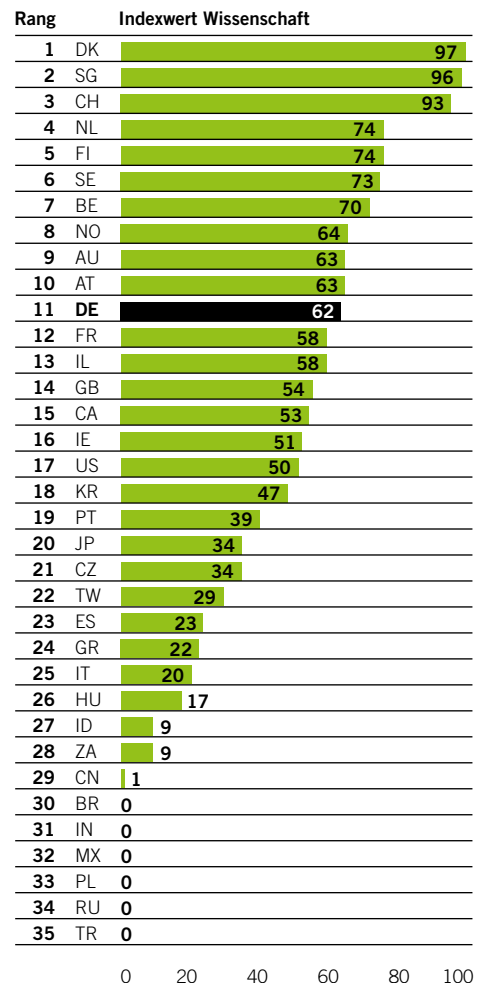
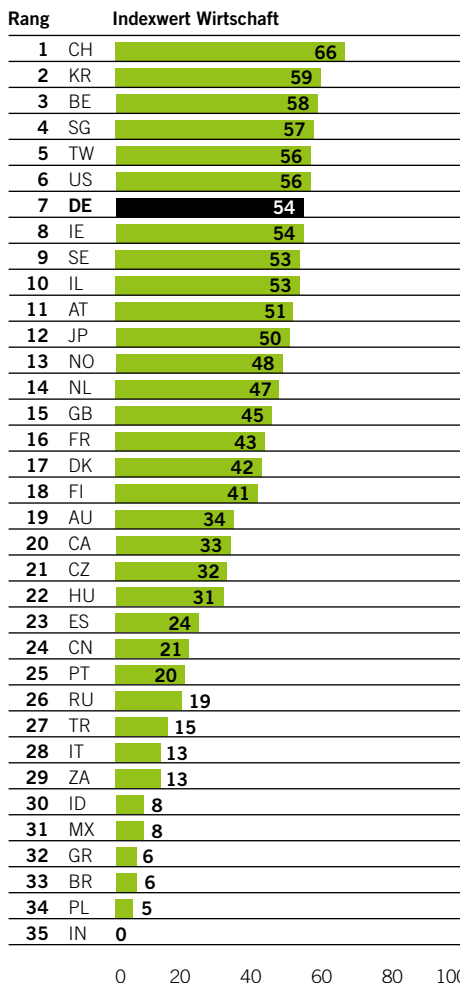
Die zweite Stärke ist das Bildungssystem. Hier nimmt Südkorea den vierten Platz im internationalen Vergleich ein. Hervorzuheben sind dabei die Anteile der Beschäftigten mit mindestens einem Abschluss der Sekundarstufe II und die Anzahl der Hochschulabsolventen in Relation zu den Beschäftigten, die 55 Jahre oder älter sind. Für ein leistungsfähiges Bildungssystem sprechen auch die Ergebnisse der PISA-Untersuchungen. Südkorea liegt mit seinen Ergebnissen in den Naturwissenschaften, der Lesekompetenz und der Mathematik deutlich über dem Durchschnitt der OECD-Länder. In den Teilbereichen Gesellschaft, Staat und Wissenschaft schneidet Südkorea dagegen unterdurchschnittlich ab. Der Output des Wissenschaftssystems ist gemessen an der Bevölkerungszahl des Landes gering. Dies gilt auch für die Einbindung in internationale Wissenschaftskooperationen. Die Gesellschaftsindikatoren weisen ebenfalls auf Schwächen hin, insbesondere bei der Arbeitsmarktbeteiligung von Frauen oder der Berichterstattung über Fortschritte in Forschung und Entwicklung.

Japan steht mit seiner insgesamt relativ niedrigen Bewertung der Innovationsleistung im Indikator am Ende der Gruppe der hoch entwickelten Industrieländer. Nach einer Verbesserung der Indexwerte in den Jahren 2012 und 2013 erreicht Japan zuletzt wieder geringere Werte.

Ein Schwachpunkt ist die Leistungsfähigkeit des Wissenschaftssystems, dessen Anzahl an Publikationen je Einwohner hinter dem anderer großer Industrieländer deutlich zurückbleibt. Auch verfügt Japan über eine geringe Einbindung in die internationale Scientific Community, was sich an der niedrigen Anzahl von gemeinsamen Publikationen mit internationalen Partnern zeigt.

Auf weitere Schwächen im japanischen Innovationsystem weisen die niedrigen Werte im Indikatorbereich Gesellschaft hin. Der Anteil der berufstätigen Frauen liegt in Japan deutlich unter dem Wert der meisten anderen untersuchten Länder und wird nur noch von Indien, der Türkei oder Indonesien unterschritten. Zwar ist die fehlende Gleichstellung der Geschlechter kein generelles Problem in Japan – im Gender Inequality Index des UN Development Programs liegt Japan im vorderen Mittelfeld –, jedoch ist gerade die Erwerbsbeteiligung von Frauen innovationsrelevant, weil ein niedriger Wert auf eine mangelnde Nutzung kreativer Potenziale hindeutet. Ferner ist die Wahrnehmung von Forschungs- und Entwick-

## Indikatorenwerte der fünf Subindikatoren



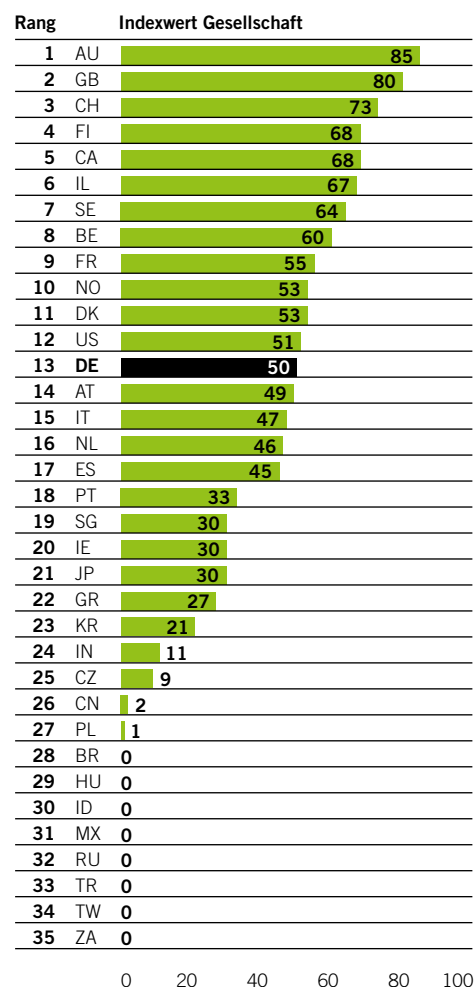
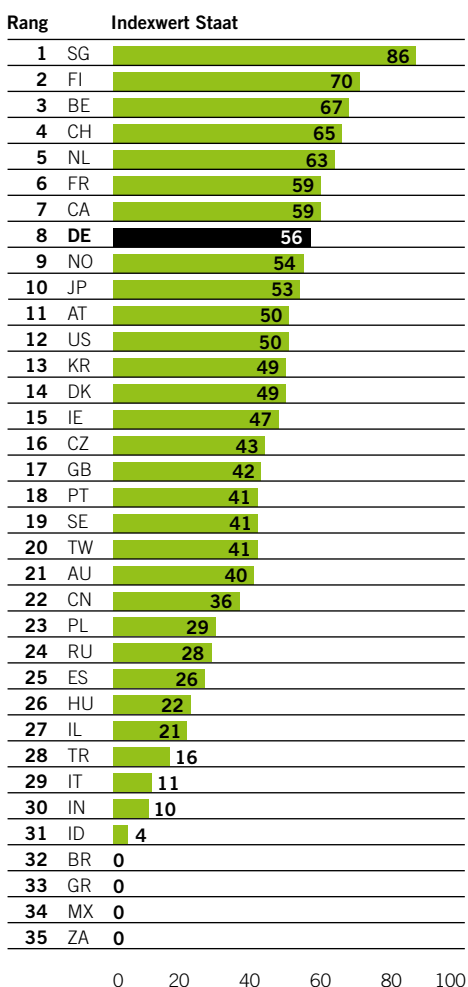
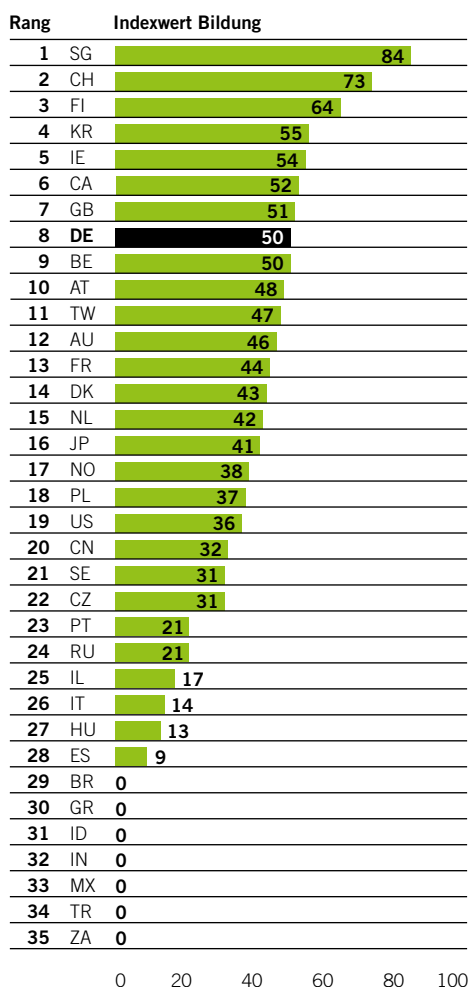
AT (Österreich), AU (Australien),  
 BE (Belgien), BR (Brasilien),  
 CA (Kanada), CH (Schweiz),  
 CN (China), CZ (Tschechien),  
 DE (Deutschland), DK (Dänemark),  
 ES (Spanien), FI (Finnland),  
 FR (Frankreich), GB (Großbritannien),  
 GR (Griechenland), HU (Ungarn),  
 ID (Indonesien), IE (Irland),  
 IL (Israel), IN (Indien),  
 IT (Italien), JP (Japan),  
 KR (Südkorea), MX (Mexiko),  
 NL (Niederlande), NO (Norwegen),  
 PL (Polen), PT (Portugal),  
 RU (Russland), SE (Schweden),  
 SG (Singapur), TR (Türkei),  
 TW (Taiwan), US (USA),  
 ZA (Südafrika)

lungsergebnissen in den Medien im internationalen Vergleich gering.

Bei der Bildung erreicht das japanische Innovationssystem durchschnittliche Ergebnisse. Die PISA-Ergebnisse fallen gut aus. Allerdings gibt es langfristig womöglich einen Mangel an höher Qualifizierten, da die Zahl der Hochschulabsolventen in Relation zu den altersbedingt ausscheidenden Akademikern im internationalen Vergleich niedrig ist.

Die Stärke Japans liegt eindeutig im Bereich der Wirtschaft. Die Unternehmen verfügen im Durchschnitt über eine hohe Technologieorientierung.

Die hohe FuE-Quote der Unternehmen und eine überdurchschnittlich hohe Anzahl von Patentanmeldungen belegen dies. Der hohen Innovationskraft vieler großer japanischer Unternehmen, die in ihren Märkten meist zu den globalen Technologieführern zählen, steht eine wenig innovative mittelständische Wirtschaft gegenüber. Die Ergebnisse der aktuellen japanischen Innovationserhebung zeigen, dass im Zeitraum von 2012 bis 2014 nur 20 Prozent der mittelständischen Unternehmen Innovationen eingeführt haben.<sup>1</sup> In Deutschland ist dieser Wert mit 43 Prozent mehr als doppelt so hoch. Hinzu kommt, dass der Handelsbilanzsaldo bei Hochtechnologiewaren in Japan seit 2012 rückläufig ist, was zu einem sinkenden Indexwert beiträgt.



## China will durch Förderanreize mehr Start-ups auf den Weg bringen.

---

### China nur punktuell stark

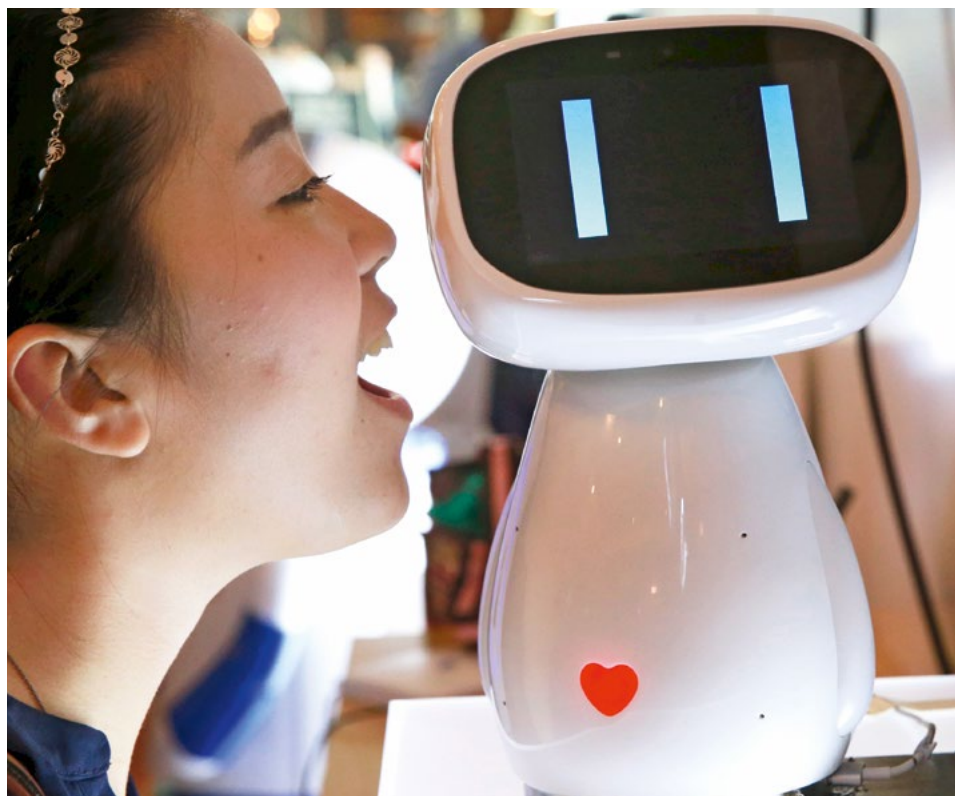
China weist im Innovationsindikator weiterhin nur einen niedrigen Indexwert auf. Das liegt daran, dass dieser Indikator die Innovationskraft der gesamten Volkswirtschaft abbildet einschließlich des kompletten Bildungs- und Wissenschaftssystems und nicht nur die Leistung einzelner international erfolgreicher Akteure. So zählen einige chinesische Unternehmen wie Baidu im Bereich digitaler Plattformen mittlerweile zu den erfolgreichsten Anbietern und stehen damit auf Augenhöhe mit den führenden Unternehmen aus den USA. Auch gibt es nicht wenige chinesische Unternehmen, die in ihren Märkten technologisch so weit aufgeholt haben, dass sie ein ernstzunehmender Wettbewerber für europäische, ostasiatische und US-amerikanische Marktführer sind.

Würde man zum Beispiel die Internet- und Telekommunikationsbranche separat betrachten, würde China eine auch weltweit betrachtete starke Position erreichen. Allerdings muss berücksichtigt

werden, dass sich China stark auf transaktionsorientierte Plattformfirmen wie Baidu oder Tencent fokussiert, während innovationsorientierte Plattformfirmen überwiegend in Nordamerika beheimatet sind (zum Beispiel Oracle oder Microsoft).<sup>2</sup> Auch zeichnen sich große Teile der chinesischen Wirtschaft durch geringe oder faktisch fehlende Innovationsaktivitäten aus.

Obwohl der Indexwert für China im Gesamtindikator gegenüber dem Vorjahr unverändert geblieben ist, verzeichnet China bei einzelnen Output-Indikatoren merkliche Steigerungen, etwa bei der Qualität der wissenschaftlichen Forschungsergebnisse. Auf der Input-Seite hingegen stagnieren viele Indikatorwerte. Die Investitionen in Wissenschaft und Forschung beispielsweise sind in Relation zum BIP zuletzt nicht gestiegen. Hinzu kommt, dass China – wie viele andere Schwellenländer auch – zwar innovative Schwerpunkte in einzelnen Branchen und Technologiefeldern aufweist; in der Breite ist das Innovationssystem dagegen nicht gut aufgestellt. Große

Auf Augenhöhe mit der Konkurrenz aus den USA: Chinas IT-Gigant Baidu hat mit dem Suchroboter Xiaodu einen sprachgesteuerten Assistenten entwickelt, der sich mit Siri, Alexa und Co. messen kann.



Teile der Hochtechnologieproduktion sind in der Montage von Endprodukten angesiedelt, während die eigentlichen Hochtechnologiekomponenten importiert werden.

Dezidiertes Ziel der chinesischen Regierung ist daher, die Volkswirtschaft stärker auf Innovationen und qualitativ hochwertige Produkte mit hohen Wertschöpfungsanteilen umzustellen. Mit dem 13. Fünfjahresplan und insbesondere dem im Juli 2016 vom Staatsrat verabschiedeten Innovationsplan für die Jahre 2016 bis 2020 wurden die Ziele hoch gesetzt. So strebt man beispielsweise eine FuE-Quote von 2,5 Prozent des BIP an sowie die Verdoppelung der Patentanmeldungen pro Kopf.<sup>3</sup> Die flankierende Strategie zu „Internet Plus“, der Digitalisierungsstrategie Chinas, sieht unter anderem einen Kompetenzaufbau in der Digitalisierung der Finanzwelt, der Gesundheitsversorgung und der Personenbeförderung, aber auch zusätzliche Maßnahmen bei Logistik, E-Commerce und E-Government bis hin zu Energie, Ökologie und Landwirtschaft vor.

Außerdem verfolgt China mit „Made in China 2025“ einen sehr ähnlichen Ansatz wie Deutschland mit seiner Industrie-4.0-Strategie. Erste Demonstrationszentren wurden eingerichtet und es wurde ein großes Volumen an öffentlicher Förderung für staatliche und private Unternehmen zur Verfügung gestellt – vor allem auch für Start-ups. Dem Markt soll mehr Freiheit gegeben und

die Anteile von Staatsunternehmen sollen zurückgefahren werden. Außerdem soll die chinesische Wirtschaft unabhängiger von der internationalen Konjunktur und den Exportmärkten werden. Die Regierung strebt deswegen an, den Binnenkonsum und die Dienstleistungswirtschaft zu stärken.

China setzt sich im Innovationsindikator deutlich von den anderen vier BRICS-Ländern ab. Unter diesen schneidet Russland noch am besten ab, wozu einzelne Bildungsindikatoren sowie ein hohes staatliches Engagement in der Forschungsfinanzierung beitragen. Südafrika kann ebenfalls bei einzelnen Indikatoren punkten, etwa beim international offenen und durchaus leistungsfähigen Wissenschaftssystem oder einer günstigen Experteneinschätzung zur Innovationskraft der Wirtschaft. Mit null Punkten stehen Indien und Brasilien am Ende der Liste der 35 Länder, da sie bei keinem der Indikatoren besser als das schlechteste Land in der Benchmarkgruppe sind. Diese beiden bevölkerungsreichen Länder haben zwar einzelne Innovationschwerpunkte wie Software im Fall Indiens oder Luftfahrt im Fall Brasiliens. Diese sind aber zu klein, um fehlende Innovationsvoraussetzungen in den größten Teilen von Wirtschaft und Gesellschaft aufzuwiegen.

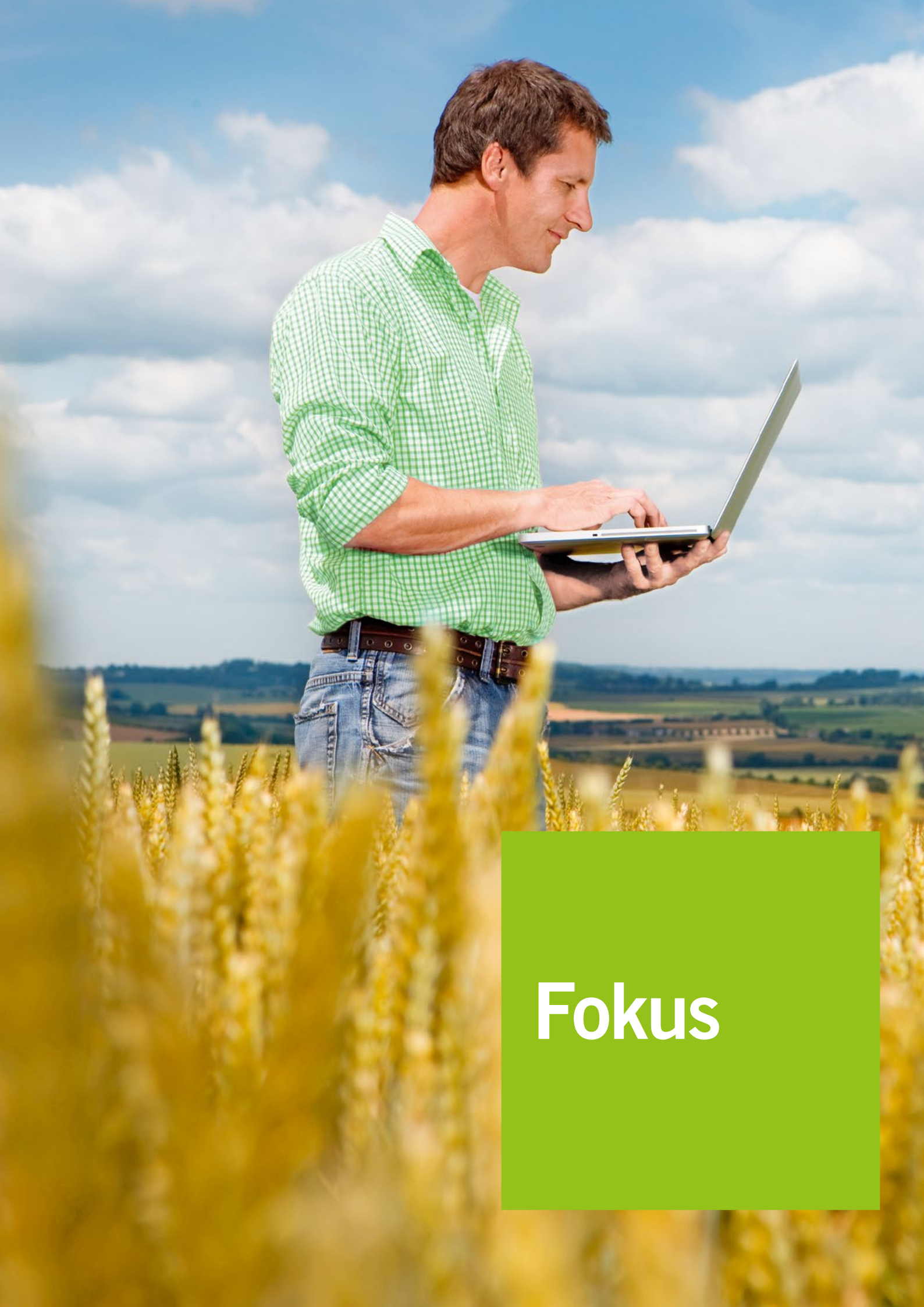
---

1 K. Motohashi, T. Ichichi, K. Ikeuchi, Y. Ikeda, Y. Yonetani, H. Imai: Report on the Fourth Round of the Japanese National Innovation Survey (J-NIS 2015) (NISTEP Report No. 170), Tokio 2016.

2 P. Evans, A. Gawer: The Rise of the Platform Enterprise, [www.thecge.net/wp-content/uploads/2016/01/PDF-WEB-Platform-Survey\\_01\\_12.pdf](http://www.thecge.net/wp-content/uploads/2016/01/PDF-WEB-Platform-Survey_01_12.pdf)

3 [www.uscc.gov/sites/default/files/Research/The%2013th%20Five-Year%20Plan.pdf](http://www.uscc.gov/sites/default/files/Research/The%2013th%20Five-Year%20Plan.pdf)





**Fokus**

# Die digitale Transformation



Im Fokus des diesjährigen Innovationsindikators steht die digitale Transformation. Sie wird durch eine immer stärkere Vernetzung von Personen und Objekten über das Internet vorangetrieben.

Dieser Schwerpunkt hat zum Ziel, einen Überblick über den aktuellen Stand der Transformation zu geben und die Fähigkeit der Akteure zu bewerten, die Potenziale der Transformation erfolgreich zu nutzen. Dabei wird in erster Linie auf bestehende, teilweise qualitative Analysen und Studien aufgesetzt. An einigen Stellen werden eigene empirische Befunde eingebracht, die jedoch kursorisch bleiben müssen.

## Prognosen schwierig

Viele Entwicklungen lassen sich mit verfügbaren Indikatoren und Methoden nur schwer erfassen. Dies liegt einerseits an der zeitlichen Perspektive, denn viele technologische Entwicklungen stehen erst am Anfang. Deshalb besteht noch keine Basis für belastbare Trendanalysen. Zudem sind im Zuge der Digitalisierung disruptive Veränderungen gerade für Geschäftsmodelle von Unter-

nehmen und ganze Wertschöpfungsstrukturen zu erwarten. Sie können innerhalb bestehender Indikatorensysteme nicht verlässlich prognostiziert beziehungsweise abgebildet werden.

Nach einem kurzen Überblick zur Rolle der Digitalisierung als Transformationsmotor werden vier Aspekte der Digitalisierung näher beleuchtet: Zunächst wird diskutiert, inwieweit Unternehmen, Staat und Bürger die aktuellen Trends der Digitalisierung aufgegriffen haben und wie sich die digitale Transformation in Deutschland im internationalen Vergleich darstellt. Danach wird auf das zentrale Thema der Infrastrukturausstattung eingegangen. Angesichts der großen Bedeutung, die die Industrie 4.0 für die Digitalisierung in der deutschen Wirtschaft spielt, widmet sich ein eigener Abschnitt diesen Herausforderungen.

Das Kapitel schließt mit Empfehlungen, wie Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft die digitale Transformation gemeinsam gestalten können.

**Die Digitalisierung birgt vielfältige Innovationschancen. Wissenschaft, Wirtschaft, Politik und Gesellschaft müssen sie gemeinsam nutzen.**



# Neue Technologien machen die Welt smarter

**Die Digitalisierung verändert die Art und Weise, wie Innovationen entstehen. Unternehmen müssen umdenken, um in der Industrie 4.0 und der Plattformökonomie nicht den Anschluss zu verlieren.**

Neue digitale Technologien, eine neue Dimension der Informationsverfügbarkeit und neue Möglichkeiten der Vernetzung im Internet der Daten, Dienste und Dinge – all dies erlaubt Unternehmen, noch schneller und präziser auf die Bedürfnisse von Kunden einzugehen und ihre Angebote im Wettbewerb unterscheidbarer zu machen. Neue datengetriebene Geschäftsmodelle helfen, neue Umsatzpotenziale zu erschließen. Sie brechen zum Teil binnen kürzester Zeit etablierte Wertschöpfungsstrukturen auf.

Drei große Trends prägen die gegenwärtige digitale Transformation:

- **Neue digitale Technologien** können Informationen in ganz neuer Art erfassen, verarbeiten, speichern, verteilen, analysieren und bewerten. Sie können Informationen auch mit physischen Prozessen verknüpfen. Den Unternehmen stehen zum Teil radikal neue Technologien zur Verfügung, zum Beispiel Cloud-Computing, künstliche Intelligenz, maschinelles Lernen, Analysewerkzeuge für Big Data, Leichtbauroboter, cyber-physische und autonome Systeme sowie flexible, dezentralisierte und individualisierte Fertigungstechniken. Die neuen Technologien strahlen in nahezu alle wirtschaftlichen Tätigkeitsfelder aus und erfassen weite Bereiche der Arbeitswelt und unseres sozialen Umfelds.

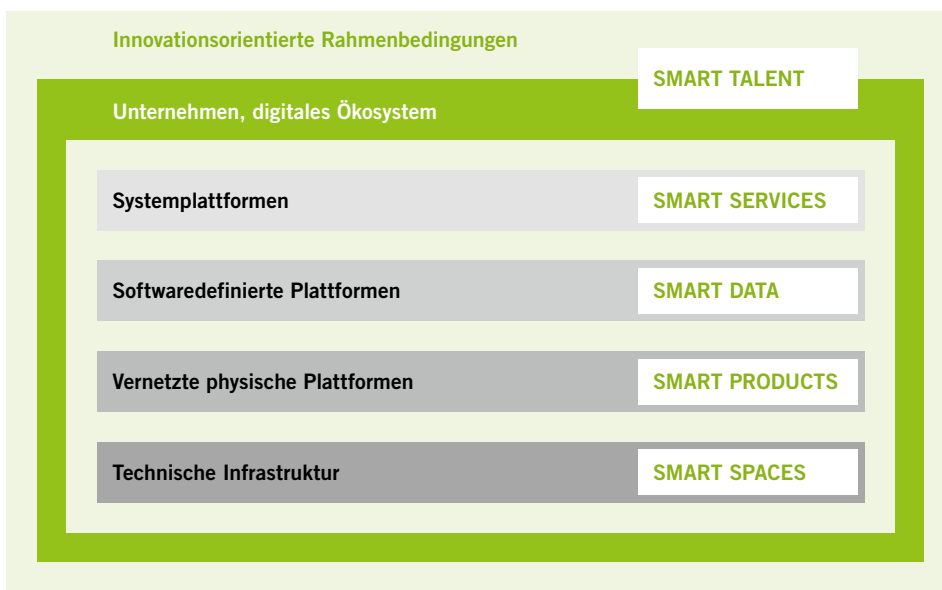
- **Mit der intelligenten digitalen Vernetzung** von Teilsystemen haben Unternehmen viel mehr Möglichkeiten, ihre Produktivität zu steigern, die Qualität von Produkten und Dienstleistungen zu verbessern oder neue Service-Angebote zu entwickeln. Die digitale Vernetzung umfasst Prozesse, Produkte und Geschäftsmodelle. Unter der Bezeichnung Industrie 4.0 werden vielfältige Ansätze der digitalen Transformation im Produktionssektor zusammengefasst, die zu einer flexiblen, selbstgesteuerten und dienstleistungsorientierten Produktion personalisierter Produkte führen. In dieser sogenannten Smart Factory sind alle Wertschöpfungsstufen über den Lebenszyklus von Produkten digital integriert und es eröffnen sich völlig neue Formen der Interaktion zwischen Produzenten und Nutzern. Die intelligente Zusammenführung großer Datenmengen (Smart Data) ermöglicht es, Informationen neu zu interpretieren, und führt zu Lösungen mit deutlich höherem Nutzen. Die Vernetzung in den Bereichen Bildung, Energie, Gesundheit, Verkehr und Verwaltung verspricht zusätzliche Wachstumspotenziale und mögliche Effizienzsteigerungen zum Beispiel durch autonomes Fahren, E-Health-Anwendungen oder vernetzte Geräte der Energiesteuerung.<sup>4</sup>
- **Digitale Plattformen** sind internetbasierte Foren für Interaktion und Transaktion. Sie nutzen neue digitale Technologien und digitale Vernetzung, um verschiedene Nutzergruppen und Leistungsanbieter zusammenzuführen und auf den Plattformen Leistungen anzubieten, die den Nutzern zusätzlichen Mehrwert bringen.

Dieser Mehrwert rührt häufig aus individualisierten, datenbasierten Angeboten. Die digitalen Plattformen werden immer mehr zu den zentralen Orten für den wirtschaftlichen und sozialen Austausch. Sie ermöglichen neue Wege, um Marktteilnehmer zusammenzubringen oder Güter effizienter zu nutzen – Stichwort Sharing-Economy. Außerdem entsteht durch die Plattformen ein neuer Typus von Unternehmen: die Plattform-Entrepreneure. Plattformen sind meist die Basis für neue Geschäftsmodelle. Sie bündeln datenzentriert digitale und digital vernetzte Produkte mit kunden- und produktspezifischen Dienstleistungen zu neuartigen Produkt-Service-Paketen. Diese werden mithilfe von nutzerspezifischen Apps ausdifferenziert und weiterentwickelt. Um eine solche Plattform herum entstehen in der Folge digitale Ökosysteme, die bestimmen, wie sich Plattformen weiterentwickeln. Ein Schichtenmodell in der folgenden Abbildung beschreibt die Verbindung von technischer Infrastruktur, Plattformen und darauf aufbauenden intelligenten Angeboten von Smart Spaces bis Smart Services.<sup>5</sup>

## Entstehung einer Plattform-ökonomie

Aufgrund von Netzwerkeffekten setzen sich für bestimmte Angebote meist nur einige wenige Plattformen oder sogar nur eine einzige durch. Für kleinere Unternehmen ist ein offener Zugang zu Plattformen und den ihr zugrunde liegenden Technologien ein zentrales Kriterium, um an den Chancen der Digitalisierung teilhaben zu können. Dabei spielen der Schutz von Inhalten und die Möglichkeit, sich Innovationserträge aneignen zu können, eine große Rolle. Wenn die innovativen Zulieferer an der Plattformperipherie keinen Anteil an dem durch sie geschaffenen Mehrwert der Plattformfunktionalität erhalten, kann der Zufluss an neuen Ideen und Lösungen rasch versiegen. Das Ökosystem einer Plattform trocknet aus. Für Unternehmen wird die Besetzung von Plattformen zu einem erfolgskritischen Wettbewerbsfaktor. In erster Linie haben nämlich die Anbieter von Plattformen, die ein großes Ökosystem umgibt, eine gute Chance, Leitanbieter digitaler Geschäftsmodelle zu werden und damit auch in Zukunft auf den plattformrelevanten Märkten erfolgreich zu sein. Andernfalls

## Schichtenmodell digitaler Infrastrukturen



Quelle: DKFI/acatech/Accenture; eigene Darstellung

## Unternehmen müssen sich neu positionieren.

---

werden. Intermediäre diese Position einnehmen und die Kunden- und damit Datenschnittstelle zu den intelligent vernetzten Diensten und Produkten besetzen. Wenn die Plattformen, auf denen Industrie 4.0 aufbaut, technologisch und organisatorisch von internationalen Plattformunternehmen aus der IT-Industrie dominiert werden, können wesentliche Stärken des bisherigen deutschen industriellen Innovationsmodells verloren gehen. In der Plattform-ökonomie können branchenfremde Plattformbetreiber die Schnittstelle zum Kunden besetzen und etablierte Unternehmen aus dem Fertigungsbereich zu reinen Zulieferern degradieren.

Insgesamt erfordert die Plattform-Ökonomie ein Umdenken in den Unternehmen. Es gilt, statt einer produktzentrierten Optimierung die Innovationsbemühungen und Geschäftsmodelle am Nutzer und seinen Bedürfnissen auszurichten. Die Unternehmen können ihre Kunden durch eine datenbasierte zielgenaue Ansprache mit exakt zugeschnittenen Produkten und Dienstleistungen versorgen und neuartige Nutzererfahrungen ermöglichen. Solche individualisierten Angebote können dabei zum Preis eines Massenprodukts angeboten werden. Viele Unternehmen stehen in dieser Hinsicht noch am Anfang der digitalen Transformation.<sup>6</sup>

Dabei ist die vorhandene starke Kundenorientierung vieler Unternehmen eine gute Voraussetzung, um sich in der Smart-Service-Welt gut zu positionieren. Allerdings ist ein Strategiewandel nötig. Der sollte von der ausschließlich technischen Perfektionierung einzelner Komponenten und Produkte weg führen und zu einer Entwicklung flexibler Produkt-Service-Pakete unter Nutzung aller Möglichkeiten der Digitalisierung leiten.<sup>7</sup>

### Die Smart-Service-Welt

In der Plattformökonomie kommt es zu einer Verschiebung der Wertschöpfungsanteile, die weg von Produkten hin zu Dienstleistungen als zentrale Wettbewerbsfaktoren führt. Daneben tritt ein neuer entscheidender Produktionsfaktor auf: Daten. Die primären Leistungsmerkmale vieler traditioneller physischer Produkte, die über Markterfolg oder -misserfolg entschieden haben, sind

technische Eigenschaften, Design, Haltbarkeit, Bedienungsfreundlichkeit, Wirtschaftlichkeit. In einer Plattformökonomie entsteht der Mehrwert durch die Verbindung von Produkten, Dienstleistungen und digitalen Prozessen auf Basis nutzerspezifischer Daten.

Die neue Smart-Service-Welt beruht wesentlich auf der raschen und nutzerspezifischen Auswertung großer Datenmengen, aus denen wettbewerbsrelevante Informationen generiert werden. Auf diese Weise wird aus Big Data dann Smart Data. Aus der Verknüpfung verschiedener Datenquellen und den daraus gewonnenen Informationen können neue Dienstleistungsangebote entstehen. Nutzer können jederzeit und ortsunabhängig ein auf sie zugeschnittenes Produkt-Dienstleistungs-Paket erwarten.<sup>8</sup> Für die Unternehmen bedeutet diese neue Welt, dass sie sich im Markt neu positionieren müssen. Gefragt sind neue Geschäftsmodelle, die auf der Basis von digitalen Serviceplattformen Smart Services entwickeln.<sup>9</sup> Die Smart-Service-Welt transformiert nicht nur die Dienstleistungssektoren, sondern vor allem auch viele industrielle Anwendungen sowie die öffentliche Verwaltung. Dort geht es dann um die Neuorganisation der Nutzung städtischer Infrastruktur auf Basis digitaler Technologien, auch Smart City genannt.

### Veränderte Innovationsprozesse

Die Digitalisierung verändert auch die Art und Weise, wie Innovationen entstehen und zugänglich gemacht werden. Die digitale Interaktion zwischen Nutzern und Produzenten und die Auflösung der bisherigen Trennung zwischen Produkt und Dienstleistung bei Smart Services bringt neue Innovationsprozesse mit sich:

- User-led, User-driven und User-integrated Innovationen bezeichnen Neuerungen, bei denen die Nutzer Innovationen wesentlich mitentwickeln, zu Koproduzenten oder sogenannten Prosumenten werden.
- Rund um digitale Plattformen entwickeln sich Innovationsökosysteme. Dabei nutzen Plattformbetreiber einen Pool von externen Inno-



Viel Technik und Infrastruktur aus einem Guss: Songdo, ein Stadtteil der südkoreanischen Millionenstadt Incheon, gilt weltweit als Vorzeigeprojekt, wenn es um die Smart City geht.

vationsquellen um eine Plattform, um diese kontinuierlich weiterzuentwickeln. Gleichzeitig können externe Innovatoren mit eigenen Lösungen an diese Plattformen andocken und zu einer stetigen Veränderung und Ausweitung ihrer Funktionalität und ihrer Nutzungsmöglichkeiten beitragen. Das Ökosystem einer Plattform entscheidet ganz wesentlich über die Attraktivität des Plattformangebots und generiert häufig erst den Nutzen für die Endkunden.

- Kooperationen zur Entwicklung und Einführung neuer Angebote werden immer wichtiger und immer komplexer. Die klassische Innovationskooperation entlang technologischer Entwicklungsphasen wird durch die gemeinsame Entwicklung von Lösungen für den Kunden innerhalb eines innovativen Ökosystems abgelöst. An die Stelle von strukturierten Innovationsprojekten mit vordefinierten Schritten treten offene Prozesse, in denen die Beteiligten ihr Wissen und ihre Ideen teilen und voneinander

profitieren. Diese Entwicklung beeinflusst auch die Arbeitsteilung zwischen Wissenschaft und Wirtschaft im Innovationssystem. Sie verlangt von der Wissenschaft, sich dem Thema der Digitalisierung in seiner ganzen Breite zu öffnen und es von unterschiedlichen Disziplinen aus zu bearbeiten.

### **Digitalisierung in Bildung und Gesellschaft**

Die Digitalisierung erfordert und fördert agile Arbeitsweisen und bedarfsorientiertes Lernen. Sie ermöglicht auch neue flexiblere Arbeitsformen – von Teleworking bis hin zum autonomen Arbeiten.<sup>10</sup> Durch die Digitalisierung wird die Verantwortung dezentralisiert und eine höhere Selbstständigkeit von den Beschäftigten gefordert, etwa wenn es um die Interaktion mit Kunden im Rahmen von Smart Services geht. Diese Flexibilisierung der Arbeit setzt ein hohes Maß an Selbstbestimmung und Selbstorganisationsfähigkeit

voraus. Sie verlangt neue Organisationsformen in den Betrieben. Gleichzeitig führt die Digitalisierung im Rahmen von Industrie-4.0-Konzepten zu einem Wandel in der Fertigungswelt.

Dies erfordert auch Anpassungen im Bildungssystem. Akademische Qualifikationen werden weiter an Bedeutung gewinnen. Die berufliche Bildung muss sich stärker für neue Schlüsselkompetenzen wie Organisations- und Kommunikationsfähigkeit sowie die Urteilsfähigkeit in komplexen Situationen öffnen. Gleichzeitig können neue Assistenzsysteme und andere Formen der Mensch-Maschine-Interaktion auch Beschäftigte mit geringer Qualifikation bei der Ausübung komplexer Tätigkeiten unterstützen und neue berufliche Möglichkeiten für diese Qualifikationsgruppe eröffnen.<sup>11</sup>

Mit der Digitalisierung entstehen neue digitale Lebenswelten. Digitale Kommunikationsplattformen, die Social Media, gestalten die Beziehungen zwischen Menschen neu und verändern Kommunikation, Informationsbeschaffung und soziale Interaktion. Durch die Nutzung von Online-Plattformen verändern sich Konsummuster grundlegend und es entstehen neue Käufererlebnisse. Die Digitalisierung ermöglicht neue Formen des Familienlebens und der Freizeitgestaltung, bedarfsgerechtere, individualisierte und transparentere Konsummöglichkeiten, eine bessere Gesundheitsversorgung und neue Möglichkeiten des Lernens in allen Phasen des Lebens.

- 
- 4 BMWi (Hrsg.): Strategie Intelligente Vernetzung, Berlin 2016.
  - 5 acatech (Hrsg.): Smart Service Welt. Digitale Serviceplattformen – Praxiserfahrungen aus der Industrie. Best Practices, München 2016.
  - 6 So ist der Mehrheit der Manager der Begriff Plattformökonomie noch nicht vertraut, siehe [www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Digitale-Plattformen-sind-vielen-Top-Managern-kein-Begriff.html](http://www.bitkom.org/Presse/Presseinformation/Digitale-Plattformen-sind-vielen-Top-Managern-kein-Begriff.html)
  - 7 Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.): Gutachten 2016, Berlin 2016.
  - 8 Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech (Hrsg.): Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Abschlussbericht, Berlin 2015.
  - 9 acatech (Hrsg.): Smart Service Welt: Digitale Serviceplattformen – Praxiserfahrungen aus der Industrie. Best Practices, München 2016.
  - 10 acatech (Hrsg.): Die digitale Transformation gestalten – Was Personalvorstände zur Zukunft der Arbeit sagen. Ein Stimmungsbild aus dem Human-Resources-Kreis von acatech und Jacobs Foundation (acatech IMPULS), München 2016.
  - 11 acatech (Hrsg.): Innovationspotenziale der Mensch-Maschine-Interaktion (acatech IMPULS), München 2016. Fachforum Autonome Systeme im Hightech-Forum (Hrsg.): Autonome Systeme – Chancen und Risiken für Wirtschaft, Wissenschaft und Gesellschaft. Abschlussbericht, Berlin 2017. Anknüpfend an die Arbeit des Fachforums Autonome Systeme wird das BMBF ein neues Zukunftsprojekt „Lernende Systeme“ starten: <https://www.bmbf.de/de/kuenstliche-intelligenz-richtig-erforschen-4187.html>

# Deutschland weit weg von der Spitzengruppe

Dort, wo sich traditionelle Märkte zu Plattformmärkten wandeln, führt die Digitalisierung häufig zur Disruption etablierter Wertschöpfungsstrukturen und kann bisher erfolgreiche Geschäftsmodelle kannibalisieren. Alte Strukturen lösen sich auf und Neues entsteht, oft durch neue Wettbewerber wie Start-ups oder Unternehmen aus dem Ausland, die Digitalisierungschancen schneller aufgreifen. In einzelnen Branchen, die sich vielleicht weniger radikal verändern, werden Prozesse, Produkte und Dienstleistungen schrittweise um digitale Anwendungen erweitert und allmählich zu digitalen Angeboten umgestaltet.

In jedem Fall sind Unternehmen, Beschäftigte, Bürger und der Staat gefordert, sich den neuen Entwicklungen zu stellen und die Chancen der Digitalisierung zu nutzen. In diesem Kapitel wird untersucht, wie gut sie darauf vorbereitet sind. Dabei wird zunächst ein Blick auf Indikatoren zur Verbreitung von Digitalisierung im internationalen Vergleich geworfen. Solche Indikatoren können allerdings nur erste grobe Anhaltspunkte liefern, da sich die Kennzahlen zwischen Ländern zwar vergleichen lassen, sie wichtige Trends der Digitalisierung aber nur unzureichend abbilden.

## Digitalisierungsindikator

Um einen ersten Eindruck zur Verbreitung von Digitalisierung in Deutschland im internationalen Vergleich zu erhalten, werden analog zum Innovationsindikator sechs Teilindikatoren betrachtet und zu einem Gesamtindikatorwert zusammengeführt. Die Teilindikatoren sind Forschung und Technolo-

gie, Wirtschaft, Gesellschaft, Staat und Infrastruktur, Bildung sowie Geschäftsmodelle. Insgesamt kommen 66 Einzelindikatoren zum Einsatz.<sup>12</sup> Sie sind angelehnt an Indikatorlisten, die von anderen Studien mit ähnlichen Zielsetzungen verwendet werden.<sup>13</sup> Es werden dieselben 35 Länder wie beim Innovationsindikator betrachtet.

Anders als dort liegt Deutschland im Digitalisierungsindikator im Mittelfeld (17. Rang). Vor allem weist Deutschland einen bedeutenden Abstand zu einer Gruppe von elf Ländern auf, die bei diesem Indikator eine signifikant höhere Bewertung zeigen. Zu dieser Gruppe zählen die vier skandinavischen Länder, die USA, Großbritannien und Australien, die Niederlande, die Schweiz sowie Israel und Singapur. Aber auch Südkorea liegt um mehrere Punkte vor Deutschland. Gleichauf mit Deutschland befinden sich Frankreich und Japan.

Eine Betrachtung der Ergebnisse nach den sechs Teilbereichen des Digitalisierungsindikators zeigt, dass Deutschland fast überall deutlich niedrigere Werte als die USA aufweist. Besonders groß ist der Abstand in der Kategorie Infrastruktur/Staat. Hier erreicht Deutschland nur 39 Punkte, die USA dagegen 85. Auch Japan liegt mit 54 Punkten deutlich vor Deutschland. Ein wichtiger Grund für die mittlere Position Deutschlands ist die geringe Breitbandversorgung. Außerdem ist die Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung bei Weitem noch nicht so stark implementiert wie in vielen anderen Ländern.<sup>14</sup> So belegt Deutschland bei der Verbreitung von E-Government in der EU nur den 19. Rang.<sup>15</sup>

**Die Digitalisierung birgt großen Chancen. Doch noch hat sich Deutschland in vielen Bereichen nicht gut genug aufgestellt.**

Aber auch im Bereich Forschung und Technologie, der die Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) sowie Patentanmeldungen und wissenschaftliche Publikationen im Bereich digitaler Technologien erfasst, ist der Rückstand beträchtlich. In diesem Teilsystem schneiden allerdings auch die USA und Japan nicht gut ab. Dies liegt vor allem an der starken Spezialisierung einiger kleinerer Länder auf die Software- und Technologieentwicklung für digitale Anwendungen (Finnland, Israel, Taiwan, Singapur).<sup>16</sup>

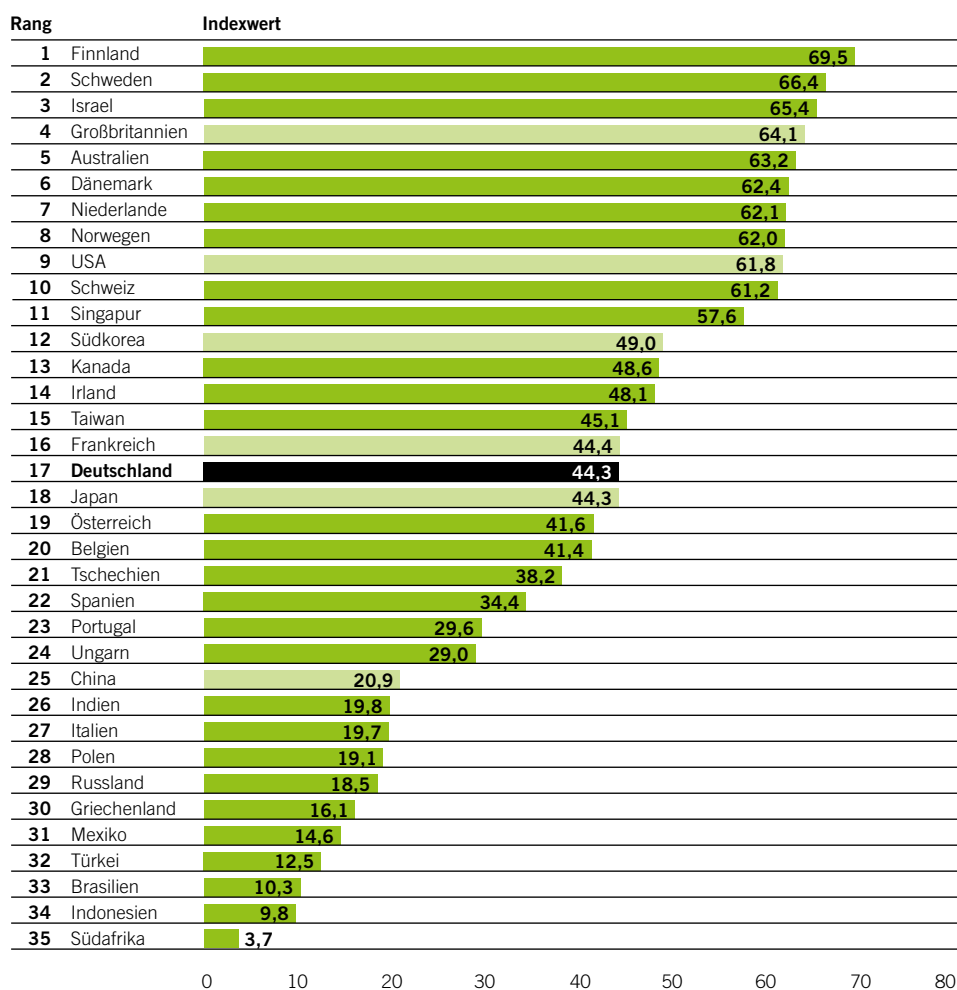
Das deutsche Innovationssystem mit seinen Unternehmen, Universitäten und Forschungseinrichtungen ist bei der Entwicklung von neuer Hardware zur Digitalisierung wie Kommunikationstechnik, Computertechnik und Mikroelektronik zwar leistungsfähig, gemessen an der Wertschöpfung ist dieser Bereich aber relativ klein. Im Bereich Software und Informatik ist die Position des deutschen Innovationssystems, im Hinblick auf die Höhe der FuE-Ausgaben, besser, der Abstand zu den führenden Ländern wie den USA oder Israel, aber auch Finnland, Singapur oder der Schweiz ist beträchtlich. Hier gilt jedoch hervorzuheben, dass das deutsche Innovationssystem insbesondere bei Embedded Software, also in die Hardware eingebetteten Softwaresteuerungen, eine gute Wettbewerbsposition hat.<sup>17</sup> Demgegenüber haben deutsche Unternehmen Schwächen bei Betriebssystemen, digitalen Geschäftsmodellen und Internetanwendungen.

Ein Pluspunkt in Deutschland ist der hohe Nutzungsgrad digitaler Lösungen und Technologien in der Gesellschaft. Mit 58 Punkten ist dies der Teilindikator mit dem höchsten Wert im Vergleich zu den anderen Teilbereichen. Ausschlaggebend dafür ist der hohe Anteil der Bevölkerung, der online einkauft – mit 80 Prozent erreicht Deutschland hier den dritthöchsten Wert – und die hohe Internetausstattung der Haushalte. Im Vergleich zu den skandinavischen Ländern mit 80 bis 90 Punkten ist der Abstand zur Spitze aber auch hier beträchtlich.

Beim Teilindikator Wirtschaft ist die Nutzung von verschiedenen Digitalisierungsanwendungen durch Unternehmen in Deutschland – vom Softwareeinsatz über die Beschäftigung von IT-Spezialisten und Online-Lösungen bis hin zu Cloud-Computing – mit 42 Punkten nur durchschnittlich. Gerade bei den kleinen Unternehmen und in den wenig technologieintensiven Branchen ist die Durchdringung mit digitalen Anwendungen gering. Und auch die Informationalisierung von Produktionsprozessen ist keineswegs so intensiv, wie es die Intensität der öffentlichen Diskussion über Industrie 4.0 vermuten lassen würde.

Bei den Indikatoren zu digitalen Geschäftsmodellen liegen die Werte für Deutschland mit 49 Punkten im Mittelfeld. Die höchsten Werte haben die

## Digitalisierungsindikator



Quelle: Berechnungen ISI und ZEW; eine Übersicht der Einzelindikatoren finden Sie auf [www.innovationsindikator.de](http://www.innovationsindikator.de)



Niederlande mit 92 Punkten sowie die USA und Großbritannien mit jeweils 83 Punkten. Südkorea liegt vor Deutschland.

Im Teilbereich Bildung ist der Wert Deutschlands mit 44 Punkten niedriger als in den meisten Vergleichsländern. Der hohe Anteil von Absolventen in den Studienfächern Mathematik und Informatik, die IT-Weiterbildungsbeteiligung von Lehrern und die Softwareausstattung der Schulen schlagen positiv zu Buche. Erhebliche Defizite zeigen sich dagegen bei der Nutzung von Online-Weiterbildung in der Bevölkerung, dem Einsatz des Internets im Schulunterricht und der Computer-Hardwareausstattung an Schulen.

Im Folgenden werden die Ergebnisse des Digitalisierungsindikators mit Ergebnissen aus aktuellen Studien zu zentralen Themenfeldern der Digitalisierung ergänzt. Hierzu gehören beispielsweise Plattformen, die Smart-Service-Welt und die Digitalisierung in der Gesellschaft. Dadurch soll die Position Deutschlands bei diesen Trends stärker unter qualitativen Gesichtspunkten betrachtet werden.

## Digitale Plattformen noch selten Basis neuer Geschäftsmodelle

Viele Studien zur Position Deutschlands in der Plattformökonomie bestätigen, dass die deutsche Wirtschaft nicht zu den führenden Ländern bei der Nutzung neuer Geschäftsmöglichkeiten durch digitale Plattformen zählt. Zwar sind auch in Deutschland immer wieder erfolgreich Plattformen gegründet worden und eine große Zahl von Start-ups befasst sich mit Plattformlösungen.<sup>18</sup> Doch die großen Player weltweit kommen aus den USA und China.

Gute Voraussetzungen, um eine starke Stellung in der Plattformökonomie einzunehmen, bestehen für Deutschland in den industriellen Kernbranchen des Automobil- und Maschinenbaus sowie in der Logistik. Hier verfügen viele Unternehmen über integrierte Wertschöpfungsketten, die die Basis für digitale Ökosysteme bilden können, in denen deutsche Unternehmen als Plattformbetreiber die künftige Entwicklung wesentlich gestalten

können. Dabei kommt es aber auf Geschwindigkeit an, denn es besteht die Gefahr, dass branchenfremde Wettbewerber möglicherweise schneller digitale Plattformen im Markt etablieren können. Mit der Entstehung einer Plattformökonomie in diesen Branchen können zudem bisherige Kernkompetenzen etwa im Maschinenbau obsolet oder die Unternehmen in eine Zulieferposition mit sinkenden Wertschöpfungsanteilen abgedrängt werden.<sup>19</sup> Die größten Herausforderungen werden in den folgenden drei Bereichen gesehen:

- Generell ist ein stärkeres Denken in Geschäftsmodellen notwendig. Hier liegen die deutschen Unternehmen nach Experteneinschätzung deutlich hinter den USA, aber auch den ostasiatischen Ländern. Statt vom Produkt und seinen technischen Eigenschaften auszugehen, müssen Geschäftsmodelle von den Kundenbedürfnissen her entwickelt werden. Dabei sind an allen Stellen die Möglichkeiten von Smart Services zu berücksichtigen, um so Kundenbindung zu stärken, Produktdifferenzierung voranzutreiben, aber auch um Effizienzgewinne und Zugang zu neuen Märkten zu realisieren.
- Auf der technologischen Seite ist zum einen die Integration digitaler Technologien wie künstliche Intelligenz, Big Data und Smart Data, maschinelles Lernen, autonome Systeme und IT-Sicherheit voranzutreiben. Hierfür muss insbesondere in entsprechende digitale Fähigkeiten der Mitarbeiter investiert werden. Gleichzeitig muss aber eine rein technologiezentrierte Denkweise vermieden werden. Im Mittelpunkt müssen auch hier der Kundennutzen und die Realisierung von Smart Services stehen.
- Bei den strategischen und organisatorischen Fähigkeiten, die für die Nutzung der Chancen einer Plattformökonomie erforderlich sind, sind die Unternehmen des Automobil- und Maschinenbaus nach Expertenmeinung dagegen bereits gut aufgestellt. Sie sollten in der Lage sein, die Herausforderungen der Plattformökonomie zu bewältigen. Die größten Chancen werden deutschen Unternehmen dabei im B2B-Bereich zugesprochen. Defizite werden aber in der Logistik gesehen.

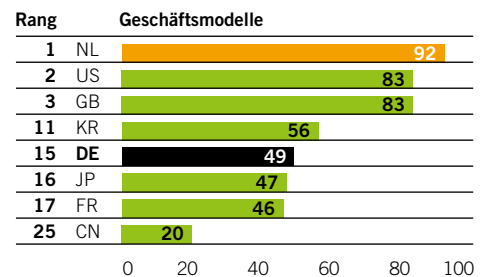
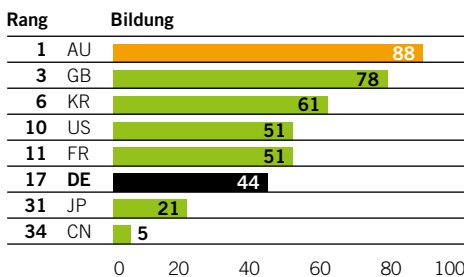
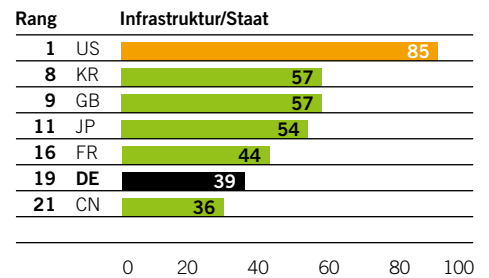
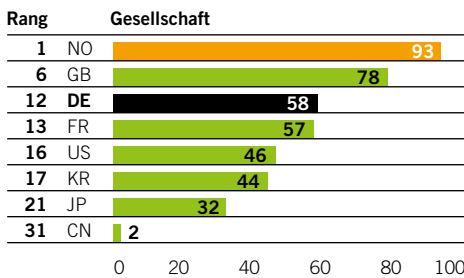
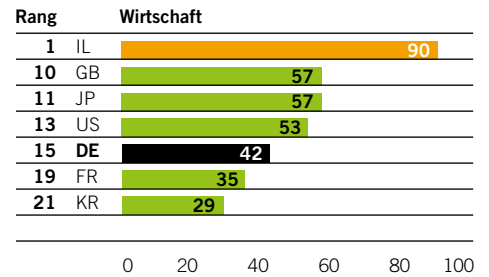
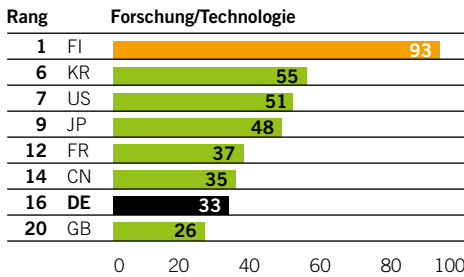
Zu den Hemmnissen auf dem Weg zu einer Plattformökonomie zählen in Deutschland unter anderem der Mangel an Spitzen-IT-Spezialisten und Fachleuten mit hybriden Kompetenzen wie Ingenieure mit Software-/Datenkompetenz und betriebswirtschaftlichen Kenntnissen. Weitere Hemmnisse betreffen die IT-Sicherheit und rechtliche Regelungen sowie die Frage, wie mit der notwendigen Offenheit von Schnittstellen umgegangen werden soll.<sup>20</sup>

kurrenten in anderen Ländern in der Anwendung von Cloud-Computing und Big-Data-Ansätzen hinterherhinken. Software, digitale Technologien und neue Geschäftsmodelle würden zu oft als Kostentreiber und zu selten als Chancen für eine aussichtsreiche Positionierung im Wettbewerb gesehen.<sup>21</sup> Gerade bei kleinen und mittleren Unternehmen (KMU) bestünden noch große Defizite, da sie die Bedeutung der Veränderungen durch die Digitalisierung noch unterschätzen.

Die Expertenkommission Forschung und Innovation kommt in ihrem Gutachten 2016 zu dem Schluss, dass deutsche Unternehmen ihren Kon-

## Digitalisierungsindikator nach Teilbereichen – große Länder im Vergleich

Benchmark



- AU (Australien)
- CN (China)
- DE (Deutschland)
- FI (Finnland)
- FR (Frankreich)
- GB (Großbritannien)
- IL (Israel)
- JP (Japan)
- KR (Südkorea)
- NL (Niederlande)
- NO (Norwegen)
- US (USA)

## Transformation in klassischen Industrien

Große Unternehmen befassen sich bereits mit der Entwicklung von Smart Products, Serviceplattformen und der digitalen Transformation von Geschäftsmodellen.<sup>22</sup> Am weitesten vorangekommen sind in Deutschland bisher die Automobilindustrie und Mobilitätsbranche. In der Produktions- und Automatisierungstechnik sind es vor allem große Unternehmen wie Siemens, Bosch, Thyssen-Krupp oder Trumpf, die Plattformen und datenzentrierte Dienstleistungen über das Internet anbieten. Eine große Herausforderung ist dabei die Skalierbarkeit der Angebote: „Nur wenn disruptive Smart-Service-Geschäftsmodelle mit hoher Geschwindigkeit wachsen, können sie etablierte Wertschöpfungsketten durchdringen und innovative Wertschöpfungsnetzwerke schaffen.“<sup>23</sup>

Die Voraussetzungen in Deutschland für einen erfolgreichen Weg in die Smart-Service-Welt sind gut. Die Weltmarktführerschaft im Bereich Maschinenbau, Engineering und Produktionstechnik sowie bei der Herstellung von intelligenten, komplexen Produkten verschafft den Unternehmen eine günstige Ausgangsposition. Sie können produktionsbezogene Smart Services mit einer globalen Anwendungsperspektive einführen, rasch eine Skalierbarkeit erreichen und eine aktiv gestaltende Funktion in den entstehenden Plattformökosystemen einnehmen. Das vorhandene Systemwissen über Wertschöpfungsnetze erleichtert es, kombinierte Smart Services aufzubauen. Deutschlands Stärke bei vernetzten physischen Systemen kann genutzt werden, um diese mithilfe von softwaredefinierten Technologien zu digitalen Serviceplattformen weiterzuentwickeln.<sup>24</sup>

Im internationalen Vergleich ist Deutschland daneben bei den Themen Sensornetze und cyberphysikalische Systeme, Big Data und semantische Technologien gut aufgestellt. Bei Cloud-Computing haben vor allem die USA eine dominante Marktposition, außerdem sind China und Singapur wichtige Player. Die Dominanz der USA bei Cloud-Lösungen wird vor dem Hintergrund der Themen Rechtsrahmen, Datenschutz und Datensicherheit oft kritisch gesehen. Die Entwicklung eigener Cloud-Lösungen ist insbesondere für

die Schaffung von softwaredefinierten Produkten von großer Bedeutung. Diese sind wiederum ein kritisches Element für Smart Services.

Allerdings wächst bei den KMU das Interesse derzeit nur langsam. Vielen Unternehmen ist die strategische Bedeutung des aktuellen Wandels für ihre eigene Geschäftstätigkeit entweder noch nicht bewusst oder ihnen mangelt es an den organisatorischen, finanziellen und personellen Ressourcen, um die Herausforderungen einer umfassenden Digitalisierung zu meistern.<sup>25</sup> Den KMU fehlen oft die Vorbilder, die zeigen, wie sie in die Smart-Service-Welt einsteigen können, welche Kompetenzen sie dafür intern aufbauen müssen und welche externe Unterstützung sie benötigen. Das BMWi hat daher ein Förderprogramm „Smart Service Welt“ aufgelegt, das KMU bei der Entwicklung und Nutzung von Smart Services unterstützt.

Hemmnisse, die mittelständische Unternehmen am häufigsten bei der Digitalisierung nennen, sind Fragen der IT-Sicherheit, mangelndes eigenes Know-how, die Problematik von Schnittstellen und Standards sowie die technische Infrastruktur wie die Breitbandausstattung.<sup>26</sup> Die Finanzierung wird von den Unternehmen nicht als ein wesentliches Hindernis gesehen.<sup>27</sup> Dies kann daran liegen, dass viele, vor allem kleinere Unternehmen den Investitionsbedarf für Digitalisierungsprojekte als niedrig einschätzen.<sup>28</sup> Der Grund dafür kann wiederum darin bestehen, dass viele Unternehmen die Kosten-Nutzen-Relation von Digitalisierungsprojekten ungünstig bewerten.<sup>29</sup> Sie verfolgen daher vorrangig kleine Projekte und nur selten eine grundlegende digitale Transformation ihrer Geschäftstätigkeit.

## Mittelständische Unternehmen gehen das Thema Digitalisierung halbherzig an.

---

- 
- 12 Eine Tabelle der 66 Indikatoren sowie die Ergebnisse für alle sechs Indikatorenbereiche finden sich auf [www.innovationsindikator.de](http://www.innovationsindikator.de)
  - 13 World Economic Forum: Global Information Technology Report 2016, Genf 2016.  
ITU: Measuring the Information Society, Genf 2015.  
OECD: Digital Economy Outlook 2015, Paris 2016.  
Europäische Kommission: Digital Economy and Society Index (DESI), Brüssel 2016.  
S. C. Müller, M. Böhm, M. Schröer, A. Bakhirev, B.-C. Baiasu, H. Krcmar, I. M. Welpel: Geschäftsmodelle in der digitalen Wirtschaft (Studien zum deutschen Innovationssystem 13-2016), Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.), Berlin 2016.
  - 14 Vgl. Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.): Gutachten 2016, Berlin 2016.
  - 15 Vgl. J. Fromm, C. Welzel, L. Nentwig, M. Weber: E-Government in Deutschland: Vom Abstieg zum Aufstieg. Kompetenzzentrum Öffentliche IT (Hrsg.), Berlin 2015.
  - 16 Die technologischen Schwerpunkte der Länder sind dabei unterschiedlich: Bei Finnland dominiert die Netzwerktechnik, bei Israel die Softwaretechnik, bei Taiwan die Mikroelektronik und bei Südkorea die Nachrichtentechnik.
  - 17 R. Frietsch, P. Neuhäusler, K.-J. Melullis, O. Rothengatter, S. Conchi: The economic impacts of computer-implemented inventions at the European Patent Office, 4iP Council (Hrsg.), München 2015.  
R. Frietsch, K. Lichtblau, B. Beckert et al.: Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung – Innovationschancen und Innovationshemmnisse für die Elektroindustrie, Frankfurt 2016.
  - 18 S. C. Müller, M. Böhm, M. Schröer, A. Bakhirev, B.-C. Baiasu, H. Krcmar, I. M. Welpel: Geschäftsmodelle in der digitalen Wirtschaft (Studien zum deutschen Innovationssystem 13-2016), Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.), Berlin 2016.
  - 19 Fortiss (Hrsg.): Wie Informations- und Kommunikationstechnologie etablierte Branchen grundlegend verändern. Der Reifegrad von Automobilindustrie, Maschinenbau und Logistik im internationalen Vergleich, München 2016.
  - 20 BMWi (Hrsg.): IT-Sicherheit für die Industrie 4.0. Produktion, Produkte, Dienste von morgen im Zeichen globalisierter Wertschöpfungsketten. Berlin 2016.  
BMWi (Hrsg.): Plattform Industrie 4.0. Technischer Überblick: Sichere Identitäten. Ergebnispapier, Berlin 2016.  
BMWi (Hrsg.): Plattform Industrie 4.0. Technischer Überblick: Sichere unternehmensübergreifende Kommunikation. Ergebnispapier, Berlin 2016.  
BMWi (Hrsg.): Plattform Industrie 4.0. Digitalisierte Industrie – Analoges Recht? Ein Überblick der Handlungsfelder. Ergebnispapier, Berlin 2016.
  - 21 Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.): Gutachten 2016, Berlin 2016.
  - 22 Accenture: Digitalisierung entzaubern. Wie die deutschen Top500 digitale Blockaden lösen, 2016.
  - 23 acatech (Hrsg.): Smart Service Welt: Digitale Serviceplattformen – Praxiserfahrungen aus der Industrie. Best Practices, München 2016, S. 9.
  - 24 acatech (Hrsg.): Smart Service Welt: Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft, Berlin 2014.
  - 25 M. Astor, C. Rammer, C. Klaus, G. Klose: Innovativer Mittelstand 2025 – Herausforderungen, Trends und Handlungsempfehlungen für Wirtschaft und Politik. Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin und Mannheim 2016.
  - 26 V. Demary, B. Engels, K.-H. Röhl, C. Rusche: Digitalisierung und Mittelstand. Eine Metastudie, IW-Analysen, Nr. 109, 2016.
  - 27 C. Rammer, M. Berger, T. Doherr, M. Hud, P. Hünermund, Y. Iferd, B. Peters, T. Schubert: Innovationsverhalten der deutschen Wirtschaft. Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2016, Mannheim 2017.
  - 28 M. Saam, S. Viète, S. Schiel: Digitalisierung im Mittelstand: Status Quo, aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen, Mannheim 2016.
  - 29 S. Wischmann, L. Wangler, A. Botthof: Industrie 4.0. Volks- und betriebswirtschaftliche Faktoren für den Standort Deutschland. Eine Studie im Rahmen der Begleitforschung zum Technologieprogramm AUTONOMIK für Industrie 4.0, Berlin 2015.

# Digitale Infrastruktur mit Schwächen

Um die Chancen und Innovationsmöglichkeiten der Digitalisierung zu nutzen, sind leistungsfähige Datennetze unverzichtbar. Entsprechend betonen alle an der Digitalen Agenda beteiligten Akteure die Bedeutung des Netzausbaus und der Erneuerung der Netzinfrastrukturen. Sowohl beim Nationalen IT-Gipfel 2015 in Berlin als auch 2016 in Saarbrücken stand der Breitbandausbau ganz oben auf der Agenda. Bei allen Akteuren in Politik, Wirtschaft und Wissenschaft besteht eine Sensibilität für die Bedeutung der IT-Infrastruktur.


Der flächendeckende Glasfaserausbau würde in Deutschland nach Schätzungen des TÜV Rheinland Investitionen von insgesamt rund 100 Milliarden Euro erfordern.<sup>30</sup> Die Umsetzung dieser Investitionen verspricht eine zusätzliche Wertschöpfung von 60 bis 120 Milliarden Euro pro Jahr.<sup>31</sup>

Eine Expertenkommission des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie zur Stärkung von Investitionen in Deutschland kommt zu dem Schluss, dass der Breitbandausbau noch nicht weit genug gediehen ist und auch nicht schnell genug voranschreitet.<sup>32</sup> Insbesondere beim Ausbau der zukunftssicheren Glasfaserinfrastruktur bleibt Deutschland im internationalen Vergleich deutlich zurück.<sup>33</sup> Dadurch ergeben sich Wettbewerbsnachteile für die deutsche Wirtschaft. Als Grund für die bisher schleppenden Investitionen in Hochgeschwindigkeitsnetze wird vor allem ein fehlender Investitionsschutz genannt.

Schnelle und verlässliche Anbindungen ans Internet, seien sie leitungsgebunden (DSL, Kabelmodem, Glasfaser), portabel (WLAN) oder mobil (4G, LTE, 5G), sind wesentliche Voraussetzungen für digitale Anwendungen und neue digitale Geschäftsmodelle. Dies gilt sowohl für den Geschäfts- als auch den Endkundenbereich. Eine gute Internetanbindung erlaubt es auch Unternehmen im ländlichen Raum, digitale Prozesse zur Leistungserbringung zu nutzen.

Eine Studie<sup>34</sup> für das Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag aus dem Jahr 2014 kommt zu dem Schluss, dass die weitere Verbreitung von Cloud-Diensten von einer besseren Breitbandversorgung abhängig ist. Cloud-Dienste gelten als Schrittmacher für eine weitergehende Digitalisierung in beinahe allen Branchen. Eine leistungsfähige Breitbandinfrastruktur ist darüber hinaus Voraussetzung für technologische Innovationen. Und sie dient dem Ziel der Digitalen Agenda der Bundesregierung, nämlich Deutschland zum Technologieführer bei der Digitalisierung und zum Vorreiter bei den digitalen Märkten zu machen.

Tatsächlich sind leistungsfähige Netze die unverzichtbare Grundlage für digitale Geschäftsmodelle und Smart Services.<sup>35</sup> Gerade die intelligente Vernetzung in Anwendungsgebieten mit einer großen Nutzerzahl – von Energie und Mobilität bis hin zu Gesundheit, Bildung und staatlichen Dienstleistungen – erfordert zuverlässige und rasche Datenkommunikation. So setzt die nächste Stufe der Energieeinsparung und -optimierung auf smarte Geräte und intelligente Energiesteuerungen. Auch



**Eine digitale Zukunft ist ohne leistungsfähige Datennetze nicht denkbar. Deutschland hat hier noch Nachholbedarf.**

die derzeit diskutierten Chancen aus der integrierten Informationsnutzung im Bereich Gesundheit – Stichwort: elektronische Patientenakte – erscheinen enorm.

Im Bereich Mobilität werden Internetverbindungen in Zukunft ebenfalls von entscheidender Bedeutung sein. Zwar benötigen die heutigen Fahrerassistenzsysteme noch keine Internetverbindung, künftige Car-to-Car-Systeme sind jedoch ohne schnelle und verlässliche mobile Internetkommunikation nicht denkbar. Und auch das autonome Fahren erfordert schnelle Internetverbindungen, da hochpräzise Karten ständig aktualisiert werden müssen und der Kontakt mit anderen Fahrzeugen

gehalten werden muss. Bei einem künftigen flächendeckenden Einsatz von Car-to-Car-Systemen und autonomem Fahren ist eine Informationsinfrastruktur Voraussetzung, die deutlich über das hinausgeht, was derzeit verfügbar ist.

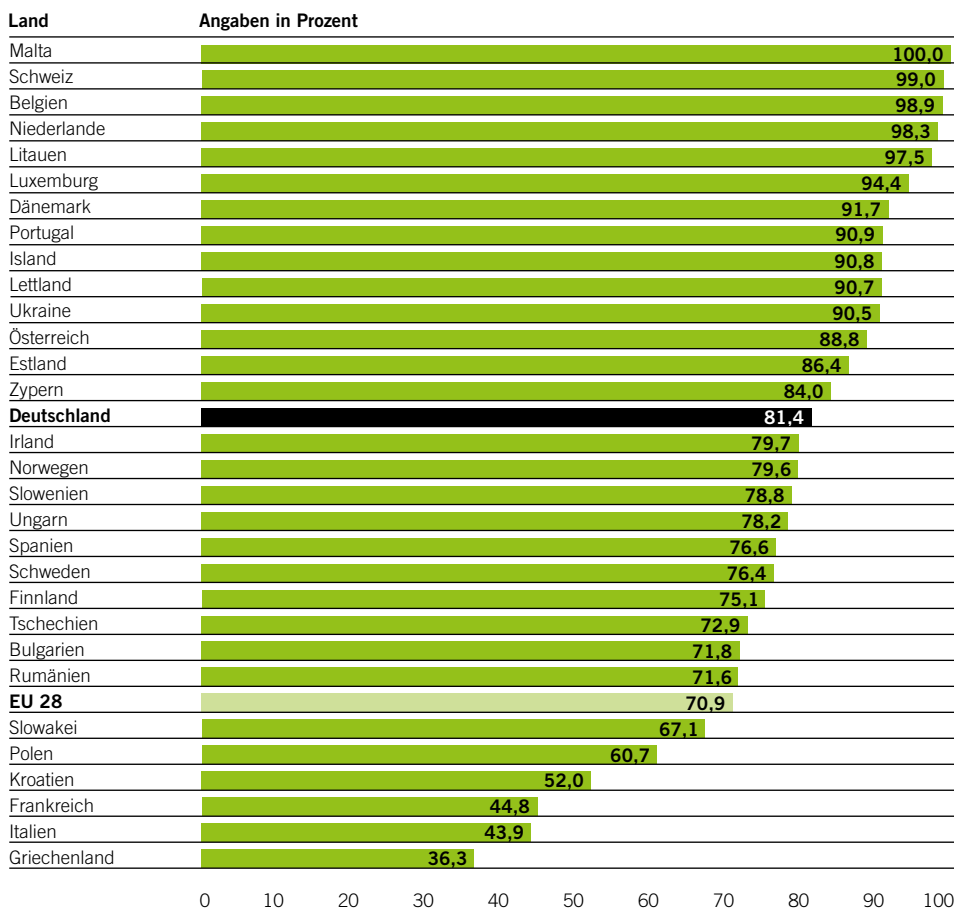
Auch in anderen Bereichen wie dem E-Learning oder auch im privaten Konsumbereich muss die Netzinfrastruktur verbessert werden, um neue Anwendungen realisieren zu können.

## Breitbandausbau um Glasfasernetz ergänzen

In Deutschland besteht eine weitgehende Versorgung mit Internetanschlüssen im mittleren Bereich, also rund 30 Megabits pro Sekunde (Mbit/s). Einige ländliche Gebiete gelten allerdings selbst hier noch als unterversorgt. Die aktuellen Zahlen der Europäischen Kommission weisen für ganz Deutschland einen Versorgungsgrad mit Breitbandtechnologien um die 30 Mbit/s von 81,4 Prozent aus. Diesen mittleren Mbit/s-Bereich nennt die Kommission NGA Coverage (NGA = Next Generation Access Networks). Sie hat in ihrer Digitalen Agenda das Ziel formuliert, bis zum Jahr 2020 allen europäischen Haushalten Zugang zu Internetanschlüssen mit einer Geschwindigkeit von mindestens 30 Mbit/s zu ermöglichen.

Betrachtet man die ländlichen Gebiete, zeigt sich eine Verfügbarkeit von 30 Mbit/s nur noch bei 36,4 Prozent der Haushalte in Deutschland. Ein noch kritischeres Bild ergibt sich, wenn man die hochbitratigen, glasfasergestützten Anschlüsse Fiber to the Home (FTTH) und Fiber to the Property (FTTP) betrachtet. Glasfaseranschlüsse ermöglichen Geschwindigkeiten von 100 Mbit/s bis in den Gigabit/s-Bereich und erfüllen dabei sehr hohe Qualitätsanforderungen wie Up-Downloadsymmetrie, Echtzeitfähigkeit und Stabilität. Für viele künftige Internetanwendungen im privaten und geschäftlichen Umfeld werden diese Eigenschaften immer wichtiger. Deswegen gilt die Versorgung mit Glasfaseranschlüssen als Indikator für die Zukunftsfähigkeit der Internetinfrastruktur in einem Land. Bei den Glasfaseranschlüssen findet sich Deutschland jedoch in allen Statistiken in der Gruppe der am schlechtesten versorgten

## Mittlerer Breitbandausbau im Länderüberblick



Quelle: Broadband Coverage in Europe 2015, S. 27.

Länder in Europa. In der genannten Studie der Europäischen Kommission belegt Deutschland zum Beispiel Platz 28 von 32.

Aktuell hat die Bundesregierung das Ziel, dass bis 2018 in ganz Deutschland Breitbandanschlüsse mit einer Übertragungsgeschwindigkeit von 50 MBit/s zur Verfügung stehen. Viele Unternehmen wünschen sich aber bereits heute höhere Bandbreiten, um neue Geschäftsmodelle zu realisieren. Verschiedene Studien, wie die Studie des Vodafone-Instituts<sup>36</sup> für Gesellschaft und Kommunikation, sehen das aktuelle Ziel der Bundesregierung deshalb lediglich als Etappenziel. Um längerfristig zukunftsfähig zu sein, empfehlen sie ambitioniertere Ziele, die sich an den Spitzennachfragern und nicht am breiten Durchschnitt orientieren. Auch eine Studie im Auftrag des Zentralverbands Elektrotechnik- und Elektronikindustrie (ZVEI)<sup>37</sup> kommt zu dem Schluss, dass ein industriefähiges Internet – das heißt symmetrisch, stabil und mit geringer Latenz – eine wesentliche Voraussetzung für die Diffusion der Digitalisierung in Deutschland ist.

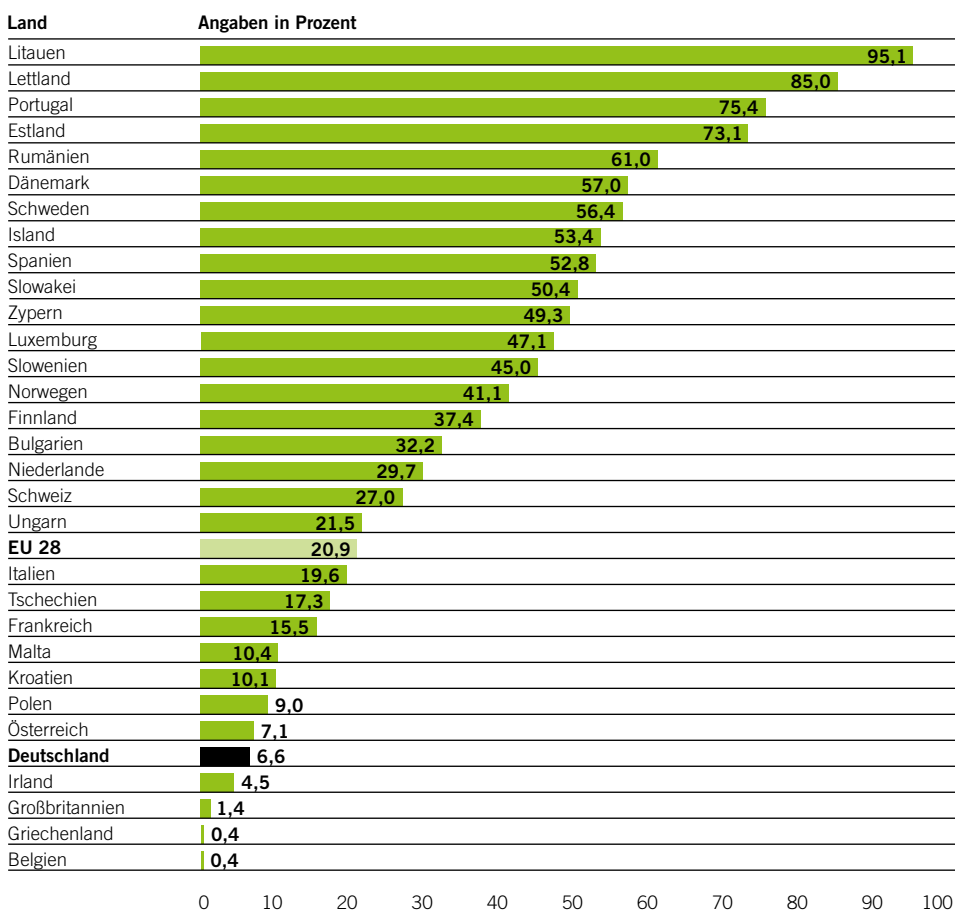
Die Notwendigkeit, den Aufbau von Glasfasernetzen in Deutschland stärker zu unterstützen, wird inzwischen vielfach gesehen. So fordert beispielsweise das Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) in seiner Digitalen Strategie 2025, dass die bestehende deutsche Breitbandstrategie, die im Wesentlichen auf die Bereitstellung asymmetrischer Anschlüsse abzielt, um einen Glasfaseransatz über das Jahr 2018 hinaus ergänzt werden muss.

### Bundeförderung auf Technologiemix konzentriert

Die aktuellen Fördermaßnahmen des Bundes orientieren sich jedoch nach wie vor an erreichbaren Übertragungsgeschwindigkeiten, derzeit mindestens 50 Mbit/s im Download. Ein Infrastrukturziel, das sich konkret auf Glasfaserleitungen festlegt, wie dies derzeit zum Beispiel in Schleswig-Holstein und anderen Bundesländern versucht wird, ist auf Bundesebene derzeit nicht in der Diskussion.

Vielmehr sind die veranschlagten Fördermittel für Ausbauprojekte vorgesehen, die einen Mix aus Technologien und Optimierungsverfahren wie dem Vectoring verfolgen. Auf Bundesebene stehen derzeit zirka 1,3 Milliarden Euro aus den Lizenzversteigerungen und weitere 1,4 Milliarden Euro aus dem Haushalt zur Verfügung.<sup>38</sup> Zuletzt hatte das Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI)<sup>39</sup> ein Investitionsvolumen von insgesamt 4 Milliarden Euro für den Breitbandausbau avisiert und über das Bundesförderprogramm zum flächendeckenden NGA-Ausbau bereitgestellt. Das BMVI fordert in seinem Aktionsprogramm Digitalisierung sogar 10 Milliarden Euro, mit denen ein Zukunftsinvestitionsfonds für den Ausbau in

## Glasfaseranschlüsse im Länderüberblick



Quelle: Broadband Coverage in Europe 2015, S. 29.

## Auch im ländlichen Raum ist ein enormes Wachstum beim Datenverkehr zu erwarten.

---

ländlichen Regionen und Randlagen ausgestattet werden sollte.<sup>40</sup> Die konkreten Umsetzungsschritte für den Netzausbau wurden kürzlich von der Netzallianz veröffentlicht, einem Zusammenschluss von investitions- und innovationswilligen Telekommunikations- und Netzunternehmen unter der Leitung des BMVI und unter Beteiligung der Bundesnetzagentur, verschiedener Verbände und der Wissenschaft.<sup>41</sup> Demnach ist das Ziel erreichbar, bis Ende 2018 alle Haushalte an mindestens 50 Mbit/s anzuschließen. Allerdings wird auch die Notwendigkeit gesehen, neue Glasfaserleitungen in bisher unterversorgte Gewerbegebiete zu verlegen. Der Ausbau soll bis 2025 weiter vorangetrieben und dazu insbesondere die nächste Mobilfunkgeneration einbezogen werden. Dann soll die vollständige Versorgung mit 5G erreicht sein und eine umfassende „gigabitfähige konvergente Infrastruktur“ zur Verfügung stehen.

### Fördermittel für Wirtschaftlichkeitslücke und für Netzausbau

Laut Netzallianz bemüht sich das BMVI, 10 Prozent der Bundesnettoinvestitionen für die digitale Infrastruktur bereitzustellen, was jährliche Fördergelder in Höhe von rund 3 Milliarden Euro bedeuten würde. Die Bundesregierung stellt Mittel für den Netzausbau zur Verfügung, die nach einem vorgegebenen Verfahren von den Kommunen ausgegeben werden können.<sup>42</sup> Zu unterscheiden sind Mittel, die die Wirtschaftlichkeitslücke privater Unternehmen schließen, und Mittel für den Ausbau in kommunaler Regie. Die Wirtschaftlichkeitslücke entsteht, weil Telekommunikationsunternehmen den Ausbau in ländlichen Gebieten nicht in dem Maße refinanzieren können, wie dies in Ballungsräumen der Fall ist. Um die Unternehmen dennoch zum Ausbau zu bewegen, übernimmt der Staat den Differenzbetrag zum Ausbau in dichter besiedelten Gebieten.

Das andere Modell ist das sogenannte Betreibermodell: Hier beauftragt die Kommune selbst den Ausbau der technischen Infrastruktur, meist Glasfasernetze, und finanziert dies mithilfe öffentlicher Fördergelder. Anschließend verpachtet sie das Netz an kommerzielle Anbieter von Diensten wie Internet, Telefonie, Fernsehen. In einem kom-

munalen Glasfasernetz können prinzipiell unterschiedliche Diensteanbieter gleichzeitig zum Zuge kommen. So können die Nutzer zum Beispiel zwischen zwei Internetdienstleistern wählen, denn die Kommunen sind auf das genannte Open-Access-Network-Modell festgelegt.

Beide Modelle werden derzeit in Deutschland genutzt, um die Versorgung zu verbessern, sei dies in ländlichen Gebieten oder dort, wo es keine oder nur eingeschränkte privatwirtschaftliche Ausbaupraktiken gibt. Auch im ländlichen Raum ist ein enormes Wachstum beim Datenverkehr und der Aufbau von Kapazitätsreserven bei großflächiger Abdeckung zu erwarten.

### Netzausbau in ländlichen Regionen sinnvoll

Die Bundesregierung geht davon aus, dass die Netzkapazitäten durch die Marktkräfte alleine zustande kommen. Fiber-to-Home und insbesondere die Anbindung an Unternehmen wird daher vermutlich zunächst in den Ballungsräumen realisiert, bevor es großflächig im ländlichen Raum verfügbar wird. Für Bemühungen, die schnellen Netze auch aufs Land zu bringen, spricht, dass viele innovative Firmen ihren Sitz nicht in Großstädten haben.

Gleichzeitig müssen aber auch Investitionen in den Ballungsräumen tatsächlich ausgelöst werden, denn hier wird zu verhältnismäßig geringen Kosten die größte Abdeckung erreicht. Außerdem werden in kürzerer Frist größere Effekte möglich wie erhöhte Technologienachfrage, neue Geschäftsmodelle oder Skalenerträge. Hierzu bedarf es der Investitionssicherheit, beispielsweise bei Vectoring versus Glasfaser, und guter Rahmenbedingungen, wie bei der Regulierung von Baumaßnahmen. Auch dies sieht die Digitale Strategie des BMWi vor: „Um den Ausbau des Gigabitnetzes zu forcieren, müssen Verfahren vereinfacht, langwierige Planungen beschleunigt und Baukosten reduziert werden können.“<sup>43</sup> Jetzt geht es darum, dieses Vorhaben auch zu verwirklichen. So betont auch die BITKOM-Studie die Bedeutung der Koordination der Akteure und vor allem der rechtlichen und regulatorischen Rahmenbedingungen für die Investitionen.





Die Versorgung mit Glasfaseranschlüssen kann nicht schnell genug vorangehen. Kabelnetzbetreiber Unitymedia hat in einem Pilotprojekt in Lauchringen erstmals auf das sogenannte Micro-trenching gesetzt. Damit verlegt das Unternehmen Leerrohre schneller und ohne aufwendige Tiefbauarbeiten.

- 
- 30 TÜV Rheinland zitiert nach BMWi: Digitale Strategie 2025, Berlin 2016, S. 14.
- 31 S. van Baal, B. Beckert, R. Bertenrath, M. Fritsch, K. Lichtblau, A. Millack, T. Schleiermacher, M. Stadlbauer, K. Weyerstraß, R. Wiegand: Der Weg in die Gigabitgesellschaft. Wie Netzausbau zukünftige Innovationen sichert, Vodafone Institut (Hrsg.), Berlin 2016.
- 32 Expertenkommission im Auftrag des BMWi: Stärkung von Investitionen in Deutschland, Berlin 2016.
- 33 siehe bspw. [www.ftthconference.eu/images/Banners/Conference2016/Media%20downloads/20160217PressConference\\_presentation.pdf](http://www.ftthconference.eu/images/Banners/Conference2016/Media%20downloads/20160217PressConference_presentation.pdf)
- 34 T. Leimbach, D. Bachlechner: Big Data in der Cloud, TAB-Hintergrundpapier Nr. 19, Büro für Technikfolgen-Abschätzung beim Deutschen Bundestag (Hrsg.), Berlin 2016.
- 35 Netzallianz: Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, BMVI (Hrsg.), Berlin 2017.
- 36 S. van Baal, B. Beckert, R. Bertenrath, M. Fritsch, K. Lichtblau, A. Millack, T. Schleiermacher, M. Stadlbauer, K. Weyerstraß, R. Wiegand: Der Weg in die Gigabitgesellschaft. Wie Netzausbau zukünftige Innovationen sichert, Vodafone Institut (Hrsg.), Berlin 2016.
- 37 R. Fritsch, K. Lichtblau, B. Beckert et al.: Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung – Innovationschancen und Innovationshemmnisse für die Elektroindustrie, Frankfurt 2016.
- 38 [www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2015/10/2015-10-21-breitbandausbau.html](http://www.bundesregierung.de/Content/DE/Artikel/2015/10/2015-10-21-breitbandausbau.html), zuletzt aufgerufen am 14.12.2016.
- 39 <http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Artikel/DG/dobrindt-investitionen-breitbandausbau.html>
- 40 BMWi: Aktionsprogramm Digitalisierung. 12 Punkte für die Digitale Zukunft, Berlin 2016, S. 2.
- 41 Netzallianz: Zukunftsoffensive Gigabit-Deutschland, BMVI (Hrsg.), Berlin 2017; [http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Presse/029-dobrindt-netzallianz-zukunftsoffensive.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Presse/029-dobrindt-netzallianz-zukunftsoffensive.pdf?__blob=publicationFile)
- 42 vgl. BMVI: Leitfaden zur Umsetzung der Richtlinie „Förderung zur Unterstützung des Breitbandausbaus in der Bundesrepublik Deutschland“ (Version 3 v. 3.8.16). [www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/leitfaden-zum-bundesfoerderprogramm.pdf?\\_\\_blob=publicationFile](http://www.bmvi.de/SharedDocs/DE/Anlage/Digitales/leitfaden-zum-bundesfoerderprogramm.pdf?__blob=publicationFile).
- 43 BMWi: Digitale Strategie 2025, Berlin 2016, S. 15 und 30.

## Mit Industrie 4.0 in die Zukunft

**In Deutschland herrschen günstige Startbedingungen für die Industrie 4.0. Doch der Wandel braucht bessere Rahmenbedingungen vor allem für mittelständische Unternehmen.**

Die digitale Vernetzung und drahtlose Kommunikation von Maschinen und Anlagen wird in den kommenden Jahren eine der großen Herausforderungen für die industrielle Produktion sein. Die sogenannte Industrie 4.0 birgt für Industriebetriebe große Innovations- und Wettbewerbspotenziale. Insbesondere für Deutschland als traditionellem Industriestandort ergeben sich dadurch weitreichende Chancen. Der Standort profitiert unter anderem von einer starken technologischen Basis in der industriellen Produktion, einem hohen Industrieanteil, einer auf hohe Prozesseffizienz ausgerichteten Produktion, einem hohen gesellschaftlichen Stellenwert von Produktionsaktivitäten, einem guten Ausbildungsniveau durch das duale System, einer starken Orientierung der Industrie am Thema Nachhaltigkeit sowie einer hohen internationalen Ausrichtung und Vernetzung.<sup>44</sup>

Vor allem die gut etablierten Wertschöpfungsnetzwerke in Deutschland und die starke Kundenorientierung der Unternehmen, die auf industrielle Prozesstechnologien spezialisiert sind, stellen günstige Bedingungen für eine rasche Umsetzung von Industrie-4.0-Konzepten dar. Für die globale Durchsetzung von „Industrie 4.0 made in Germany“ spricht außerdem, dass Deutschland den Begriff international etablieren konnte: Es wird in vielen Ländern als der entscheidende Pilot- beziehungsweise Leitmarkt angesehen.<sup>45</sup> Dies erleichtert auch die Etablierung von internationalen Industrie-4.0-Standards.

Neben der Veränderung der Produktionsabläufe und der verstärkten Automation ergeben sich die Potenziale in erster Linie durch zusätzliche Daten und deren Auswertung in Echtzeit. Durch die Verbindung von Menschen, Objekten und Systemen entstehen dynamische, echtzeitoptimierte und sich selbst organisierende, unternehmensübergreifende Wertschöpfungsnetzwerke, die sich nach unterschiedlichen Kriterien optimieren lassen. Teile der Vision von Industrie 4.0 sind bereits heute realisiert. Die vollständige Umsetzung wird die Unternehmen in den kommenden Jahren aber noch vor erhebliche Herausforderungen stellen.

### Deutschland als Leitmarkt und Leitanbieter

Ziel der Evolution im verarbeitenden Gewerbe hin zur Industrie 4.0 in Deutschland ist einerseits, einen Leitmarkt zu etablieren, also eine intensive Nutzung und Umsetzung der Technologien und Prozesse zu erreichen. Daraus ergibt sich zum einen die Chance, Leitanbieter von Hardware-Komponenten für die Industrie 4.0 zu werden sowie zum anderen die Chance für neue Geschäftsmodelle und Dienstleistungen im Zusammenhang mit zukünftigen Produktionstechnologien. Auch Software- und Plattformlösungen gehören also zu den zukünftigen Angeboten aus Deutschland für den Weltmarkt. Die starke Marktposition<sup>46</sup> im Maschinenbau, bei Produktionstechnologien, bei Logistik sowie wie bei eingebetteten Systemen<sup>47</sup> bietet hier eine gute Ausgangsbasis für die Entwicklung hin zu einem Leitanbieter.

Technischer Kern und wesentliche Innovationstreiber der Industrie-4.0-Zukunftsvision sind software- und datenintensive, auf modernen Informations- und Kommunikationstechniken basierende, eingebettete, mechatronische Produktionssysteme. Diese Systeme werden als cyber-physische Systeme (CPS) bezeichnet.<sup>48</sup> Mithilfe der digitalen Vernetzung sollen Maschinen und Anlagen in Echtzeit miteinander kommunizieren. Die sich derzeit in der Entwicklung befindenden technischen Lösungen einer digitalen Fabrik sollen dazu beitragen, Produktionssysteme und komplette Wertschöpfungsnetze durch eine intelligente horizontale und vertikale digitale Vernetzung in den Wertschöpfungsprozessen zu planen, auszugestalten und zu steuern. Durch die Vernetzung werden grundlegende Fortschritte in Produktivität und Flexibilität erwartet, die zu sprunghaften Verbesserungen in der Produktion führen sollen.

Der hohe Veränderungsdruck in Leitbranchen der deutschen Industrie wie Maschinen- und Automobilbau und der fortschreitende Trend zur Individualisierung von Produkten sind wichtige Treiber der Industrie 4.0 in Deutschland. Hinzu kommt, dass produzierende Unternehmen kontinuierlich ihre Effizienz steigern müssen, um ihre internationale Wettbewerbsfähigkeit zu erhalten. Gerade für KMU ist dies ein wichtiger Impulsgeber, sich mit dem Thema systematisch zu befassen.

## Voraussetzungen im internationalen Vergleich

Die Position der deutschen Wirtschaft bei einigen zentralen Technologien ist zwar gut, aber es finden sich ähnliche technologische Schwerpunkte auch in anderen Ländern. Daher sieht beispielsweise eine Vorausschau-Studie von acatech<sup>49</sup> zum internationalen Vergleich gerade bei Südkorea und auch bei Japan deutliche Chancen, ebenfalls zu wichtigen Akteuren der Ausrüsterindustrie zu werden oder dies zu bleiben. Bezogen auf Schlüsseltechnologien sieht eine ZVEI-Studie<sup>50</sup> besonderen Handlungsbedarf auf Seiten der Fördergeber und auch der Wirtschaft, sich verstärkt gerade bei Netzkommunikation und Datenanalyse, insbesondere Big Data Analytics und semantische Verfah-

ren, zu engagieren. Hier sind vor allem Bildungs- und Ausbildungsanstrengungen notwendig. In den Bereichen Mikroelektronik, Sensorik, Aktorik und Embedded Software sollten Forschung und Wissenstransfer gestärkt werden.<sup>51</sup> Die Expertenkommission Forschung und Innovation appelliert an die Wirtschaft, gerade bei Cloud-Computing und Big-Data-Ansätzen den Abstand zu den international führenden Ländern zu verringern.<sup>52</sup>

Denn: Industrie 4.0 ermöglicht gerade durch die horizontale Vernetzung und die Entstehung von Wertschöpfungsnetzwerken vollkommen neue, teils disruptive Geschäftsmodelle, die auf der Nutzung von Daten beruhen und auf Plattformtechnologien aufbauen. Dienstleistungen rund um Produktion und Produkte werden ein deutlich höheres Gewicht erlangen. Stärker als bisher beträfe das die Bereitstellung von Produktionskapazitäten beziehungsweise die Produktion als Dienstleistung. Maschinenbauer verkaufen in Zukunft nicht mehr Maschinen, sondern die Nutzungszeiten der Maschinen mit allen daran anknüpfenden Aspekten. Dazu gehören die vorausschauende Wartung, softwarebasierte Umrüstung und somit kurze Rüstzeiten bei hoher Flexibilität bis hin zu autonomen oder teilautonomen Produktionsvorgängen, die durch die horizontale Integration von Zulieferern und Abnehmern mit dem produzierenden Betrieb möglich werden.

Analysen auf Basis einer breiten Befragung bei produzierenden Unternehmen belegen: Zwar sind IT-nahe oder IT-gestützte Prozesse schon vor Jahren, teilweise sogar vor Jahrzehnten in der industriellen Praxis angekommen. Von einer vernetzten Produktion im Sinne der Vision einer Industrie 4.0 kann bei der großen Mehrheit der Betriebe aber bisher nicht gesprochen werden. Der Verbreitungsgrad von Industrie-4.0-nahen Technologien ist je nach Technologie und Unternehmenstyp sehr unterschiedlich. Während Softwaresysteme zur Produktionsplanung und -steuerung eine sehr weite Verbreitung haben, werden beispielsweise Product-Lifecycle-Management-Systeme eher selten eingesetzt.<sup>53</sup>

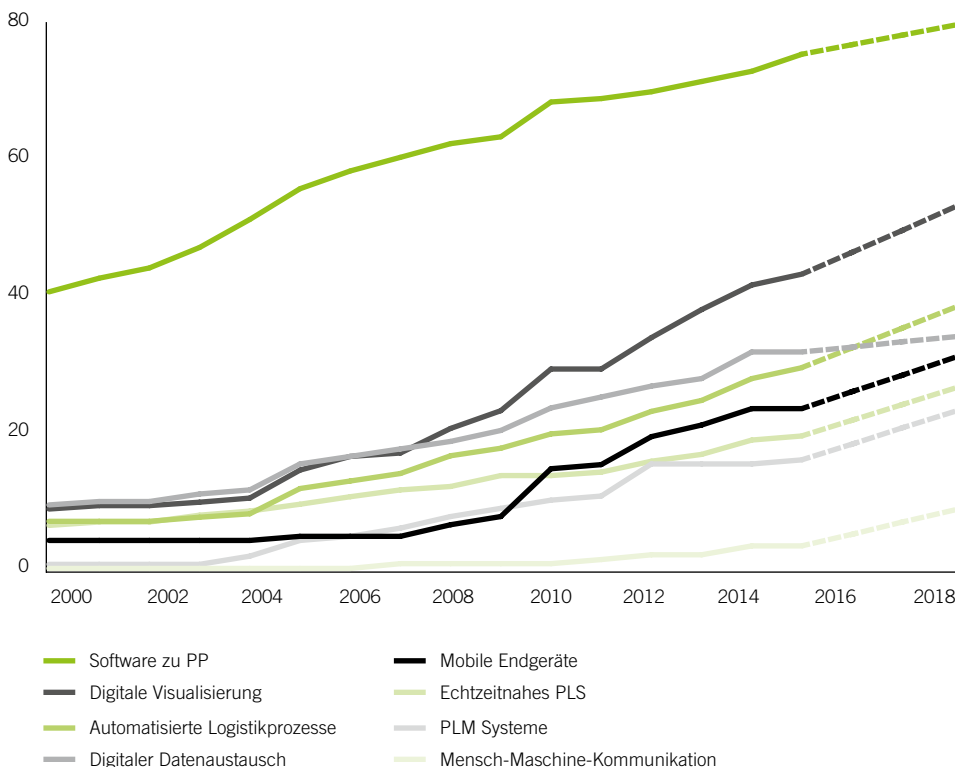
Die drahtlose Mensch-Maschine-Kommunikation ist in Form von Visualisierung in zahlreichen Industriebetrieben bereits Realität, während Programmier- und Bediengeräte noch einen deutlich geringeren Verbreitungsgrad aufweisen. Die drahtlose Mensch-Maschine-Kommunikation wird zwar bereits von einem relevanten Anteil an Betrieben eingesetzt, allerdings besteht auch hier ein hohes ungenutztes Anwenderpotenzial.<sup>54</sup>

Cyber-physikalische Systeme wie echtzeitnahe Produktionsleitsysteme, die Automatisierung der internen Logistik oder auch der digitale Datenaustausch mit Kunden und Lieferanten sind vergleichsweise weit verbreitet. Sichere Mensch-Maschine-Kooperationen werden seltener eingesetzt.

Seit 2005 ist eine stetige Verbreitung aller Technologien zu verzeichnen. Nur noch wenige Betriebe funktionieren heute ohne digitale Produktionsplanung und -steuerung. Die Nutzerquote der meisten betrachteten Digitalisierungstechnologien hat sich in dieser Zeit vervielfacht. Lediglich die Diffusion der sicheren Mensch-Maschine-Kooperation hat erst im Jahr 2010 begonnen. Mit 3 Prozent steckt die Technologie noch in den Kinderschuhen der industriellen Anwendung.

## Dynamik bei der Verbreitung der Technologien der digitalen Fabrik

Anteil der Betriebe, die vorbereitende Industrie-4.0-Technologien nutzen, Angaben in Prozent



Quelle: Erhebung Modernisierung der Produktion 2015, Fraunhofer ISI

## Stetige Verbreitung der Technologien für Industrie 4.0

In der nebenstehenden Abbildung wird über die gestrichelte Linie auch eine prospektive Entwicklung dargestellt. Sie bezieht sich auf die Betriebe, die einen Einsatz entsprechender Technologien bis 2018 planen. Hieraus geht hervor, dass insgesamt weiterhin mit einer Weiterentwicklung zu rechnen ist. Allerdings wird auch deutlich, dass kein sprunghafter Anstieg bei den Anwenderquoten zu erwarten ist, der Wandel zur Industrie 4.0 sich also nicht in kurzer Frist vollziehen wird. Der I4.0-Readiness-Index<sup>55</sup> von IW Consult zeigt, dass sich erst die Hälfte der Industrieunternehmen mit der Thematik beschäftigt und nur sehr wenige bereits fundierte Erfahrungen mit der Umsetzung von Technologien gemacht haben, die der Industrie 4.0 ähnlich sind.

Bei einer Befragung des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) aus dem Jahr 2015 kannten lediglich 18 Prozent der Unternehmen den Begriff Industrie 4.0 und nur 4 Prozent nannten laufende oder geplante Projekte in diesem Kontext. Dies waren insbesondere Großunternehmen und einzelne Unternehmen aus den Branchen IT und Telekommunikation, Elektroindustrie und Maschinenbau. In den anderen Branchen war die Verbreitung deutlich niedriger.

Insgesamt lässt sich aus den derzeitigen Ergebnissen schließen, dass die Mehrzahl der untersuchten Technologien sich durchaus im verarbeitenden Gewerbe verbreiten und dort in den vergangenen Jahren schon eine gewisse Dynamik entfaltet haben. Weite Teile dieser Betriebe nutzen folglich bereits vereinzelt Technologien für eine Digitalisierung ihrer Produktionsprozesse und befinden sich damit auf dem Weg zur Industrie 4.0. In den nächsten Jahren ist allerdings zunächst nur mit moderaten Zuwächsen zu rechnen.

Hinsichtlich der Umsetzung und einer Realisierung der digitalen und vollständig horizontal integrierten Produktion besteht in weiten Teilen des verarbeitenden Gewerbes noch großes Potenzial. Die Verkürzung von Industrie 4.0 auf Effizienzsteigerungsaspekte in vielen Unternehmen stellt gleichzeitig aber auch eine Gefahr dar.<sup>56</sup> Bei Industrie 4.0 geht es nicht primär um die Neuorganisation von Produktionsabläufen, sondern um die Nutzung vernetzter, intelligenter Systeme für eine Neupositionierung des Unternehmens im Markt. Gerade bei dienstleistungsbasierten Geschäftsmodellen in der Produktion werden hier noch deutliche Entwicklungsmöglichkeiten für Deutschland gesehen.<sup>57</sup>

Insbesondere für kleine und mittlere Betriebe werden niedrigschwellige Lösungen benötigt, um Hürden überwinden zu können sowie passende Industrie-4.0-Technologien zu entwickeln und einzusetzen. Hierzu können KMU-spezifische Förderprogramme, aber auch Netzwerk- und Kooperationsförderung mit Wissenschaft und Großunternehmen beitragen. Große Betriebe können hingegen von technologischen Pilotlösungen profitieren.<sup>58</sup>

## Gute Startposition, aber auch große Herausforderungen

In einer Vorausschau-Studie<sup>59</sup> werden Deutschland gute Startmöglichkeiten attestiert, die in erster Linie auf den bestehenden Stärken im Maschinenbau und den Produktionstechnologien aufbauen. Auch andere Untersuchungen kommen zu diesem Befund. Offensichtlich große Herausforderungen bestehen gerade im internationalen

Vergleich beim möglichen Beharren auf gegenwärtigen Ansätzen und Vorgehensweisen, während die Chancen neuer Geschäftsmodelle zu wenig gesehen und angegangen werden. Daneben nennt die Zukunftsstudie auch eine Gefahr des Overengineerings, also einer zu ausdifferenzierten und zu stark problem- statt lösungsorientierten Perspektive. Drittens spielen die Themen Datenschutz und Datensicherheit eine wichtige Rolle. Entsprechend betont auch eine Studie im Auftrag des ZVEI,<sup>60</sup> dass eine vorauseilende und umfassende gesetzliche Regelung beispielsweise der Nutzung maschinell erzeugter Daten zum jetzigen Zeitpunkt unter Umständen innovationshemmend statt -fördernd wirken könne. Der Wettbewerb könnte zu Ungunsten deutscher Akteure verzerrt werden.

## Regulatorische Rahmenbedingungen und Herausforderungen

Eine weitere Herausforderung wird in der Gewährleistung des Informationsschutzes für digitale Daten und Inhalte gesehen. Vor allem kleine und mittelgroße Unternehmen fürchten einen Know-how-Abfluss. Umfragen machen deutlich, dass Lösungen für die IT-Sicherheit als entscheidend für den Erfolg von Industrie 4.0 betrachtet werden.<sup>61</sup> Dies ist insofern wichtig, als das verarbeitende Gewerbe in Deutschland einen hohen Anteil von KMU aufweist, die häufig damit überfordert sind, direkt ein ganzheitliches IT-Sicherheitskonzept zu entwickeln und umzusetzen.<sup>62</sup>

Zu den neuen Risiken und Herausforderungen zählen insbesondere folgende Aspekte:<sup>63</sup>

- Die Vernetzung von Industrieanlagen wird künftig nicht nur organisations- und länderübergreifend, sondern vor allem auch dynamischer stattfinden als bisher. Um die IT-Sicherheit zu gewährleisten, müssen Vertrauen und Verlässlichkeit zwischen allen Akteuren des Wertschöpfungsnetzwerks hergestellt werden.
- Die Menge an Daten, die aus funktionalen Gründen zwischen den Akteuren ausgetauscht werden, nimmt erheblich zu. Darunter befinden sich auch solche Daten, die nicht nur aus

**Nur noch wenige Betriebe funktionieren heute ohne digitale Produktionsplanung.**

---

Sicht eines einzelnen Unternehmens als Geschäftsgeheimnis gelten, sondern an die auch hohe rechtliche Anforderungen in Bezug auf die Vertraulichkeit gestellt werden.

- Entscheidungen werden bei Industrie 4.0 zunehmend autonom von den technischen Systemen selbst getroffen. Diese Entscheidungen und die daraus resultierenden Änderungen von Abläufen und Teilnehmer-Konfigurationen können sich aufgrund von Ereignissen aus unterschiedlichsten Domänen und Partnersystemen ergeben sowie aus der Analyse von Daten aus verschiedenen Quellen. Entscheidend für den Erfolg in diesem Aspekt von Industrie 4.0 ist sowohl die Integrität als auch die Authentizität der verwendeten Daten und Datenquellen.

#### **Regulierung: Technische Perspektive**

Vorhandene technische IT-Sicherheitsmaßnahmen können grundsätzlich einen guten Basisschutz im Kontext von Industrie 4.0 bilden. Dieser Basisschutz ist jedoch nach entsprechender Risikoanalyse immer in Abhängigkeit von der jeweiligen Sicherheitsarchitektur zu betrachten und umzusetzen. Für einige dieser Maßnahmen gibt es derzeit aber weder entsprechende Produkte am Markt noch vollumfängliche Konzepte, sondern oft nur individuell geschaffene Speziallösungen.

Bezüglich der Anforderungen an den Schutz der Daten sind notwendige Basistechnologien verfügbar. Es ist aber beispielsweise noch ungeklärt, wie Verfügbarkeitsansprüche der Produktion mit bestehenden IT-Sicherheitskonzepten verbunden werden können. Darüber hinaus müssen Konzepte und Lösungen erarbeitet werden, wie der Aufbau und der Betrieb von Basistechnologien und -methoden in Produktionsumgebungen abgebildet werden können. Ähnlich sieht es im Bereich der hardwarebasierten Vertrauensanker für Produktionssysteme aus. Auch Ansätze zur kontinuierlichen IT-Sicherheitsüberwachung von Produktionssystemen stehen eher am Anfang.

#### **Regulierung: Organisatorische Perspektive**

Viele der organisatorischen IT-Sicherheitsmaßnahmen, die heute für das industrielle Umfeld empfohlen und dort auch vielfach bereits umgesetzt sind, sind auch für die Industrie 4.0

geeignet. Durch die Überwindung von Unternehmensgrenzen entstehen jedoch zahlreiche neue Schnittstellen und neue Prozesse werden benötigt. Es bedarf organisatorischer Maßnahmen, die in ihrer Gesamtheit am ehesten zu erfassen sind, wenn der bevorstehende Wandel als zentrales Innovationsthema im Unternehmen betrachtet und aus allen Perspektiven gleichrangig angegangen wird.

#### **Regulierung: Rechtliche Perspektive**

Fragestellungen, die derzeit aus rechtlicher Sicht intensiver betrachtet werden, vor allem der Datenschutz, betreffen nur teilweise die tatsächlichen Probleme bei der Umsetzung von Industrie 4.0. Vordringlich wäre eine Beschäftigung mit Maßnahmen, die Unsicherheiten über konkrete Anforderungen beseitigen, wirksame Durchsetzungsmechanismen schaffen, zu einer einheitlichen Vertragspraxis führen sowie Standards und Zertifikate etablieren, auf deren Basis Unternehmen ihre Leistungen anbieten und weiterentwickeln können.

Das IT-Sicherheitsgesetz gibt Impulse für die Entwicklung der IT-Sicherheitsregulierung. Es zeigt aber nicht zuletzt wegen seiner Lückenhaftigkeit und Unbestimmtheit deutlich den Bedarf an einer Weiterentwicklung des rechtlichen Rahmens. Ein Beispiel wäre der gezielte Schutz von Informationen einschließlich einer eindeutigen Klärung der Rechte an Daten. Die auf einer gesetzlichen Regelung beruhende Zertifizierung von IT-Sicherheit und insbesondere die Herausbildung von transparenten, öffentlichen Standards wären geeignet, eine Verbesserung von IT-Sicherheit in der Fläche zu erreichen. Es fehlt derzeit aber sowohl an einer entsprechenden Zertifizierung als auch an einem einheitlichen internationalen Rechtsrahmen für die Zuordnung von Daten zu einem Rechtsobjekt oder einem Nutzungsberechtigten.

#### **Regulierung: Standardisierung als Lösungsansatz**

Hinsichtlich der Standardisierung sollte im Rahmen der Arbeiten zu einem Industrie-4.0-Referenzmodell das Thema IT-Sicherheit strukturiert und damit die notwendigen Standardisierungsarbeiten klassifiziert werden. Zahlreiche Standards sind auch auf den Bereich der industriellen Produktion übertragbar. Sie bedürfen allerdings der Fokus-



sierung auf das Zusammenspiel von IT-Sicherheitsanforderungen und Schutzzielen mit anderen nichtfunktionalen Anforderungen wie Ausfallsicherheit, Echtzeit und Verfügbarkeit. Eine belastbare Bewertung der Relevanz bestehender technischer IT-Sicherheitsstandards für den Bereich Industrie 4.0 ist erst anhand der Struktur und den ausgewählten Technologien von Industrie-4.0-Referenzarchitekturen möglich. Regulierungs- und Standar-

disierungsarbeiten müssen die globale Marktsituation der Industrie 4.0 berücksichtigen und können deshalb von vornherein nur in einem kooperativen, international ausgerichteten Verbund von Industrie, Forschungseinrichtungen, Verbänden und politischen Institutionen bearbeitet werden.

- 
- 44 J. Gausemeier, F. Klocke: Industrie 4.0. Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung, Heinz Nixdorf Institut und RWTH Aachen (Hrsg.), Paderborn und Aachen 2016.
- 45 acatech (Hrsg.): Industry 4.0, Urban Development and German International Development Cooperation (acatech POSITION PAPER), München 2015.
- 46 J. Gausemeier, F. Klocke: Industrie 4.0. Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung, Heinz Nixdorf Institut und RWTH Aachen (Hrsg.), Paderborn und Aachen 2016.
- 47 R. Frietsch, P. Neuhäusler, K.-J. Melullis, O. Rothengatter, S. Conchi: The economic impacts of computer-implemented inventions at the European Patent Office, 4iP Council (Hrsg.), München 2015.
- 48 Vgl. Bildstein, A.: Industrie 4.0-Readiness: Migration zur Industrie 4.0-Fertigung, in: T. Bauernhansl, M. ten Hompel, B. Vogel-Heuser (Hrsg.): Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik, Wiesbaden 2014, S. 581–597.
- 49 J. Gausemeier, F. Klocke: Industrie 4.0. Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung, Heinz Nixdorf Institut und RWTH Aachen (Hrsg.), Paderborn und Aachen 2016.
- 50 R. Frietsch, K. Lichtblau, B. Beckert, et al.: Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung – Innovationschancen und Innovationshemmnisse für die Elektroindustrie, Frankfurt: ZVEI 2016.
- 51 BMWi (Hrsg.): Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand, Berlin 2015.
- 52 Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.): Gutachten 2016, Berlin 2016, S. 78.
- 53 BMWi (Hrsg.): Erschließen der Potenziale der Anwendung von Industrie 4.0 im Mittelstand, Berlin 2015.
- 54 S. Kinkel, J. Rahn, B. Rieder et al.: Digital-vernetztes Denken in der Produktion; IMPULS-Stiftung des VDMA (Hrsg.), Karlsruhe 2016.  
R. Frietsch, K. Lichtblau, B. Beckert et al.: Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung – Innovationschancen und Innovationshemmnisse für die Elektroindustrie, Frankfurt 2016.
- 55 IW Consult: Industrie 4.0-Readiness, Köln 2015.
- 56 Roland Berger Strategy Consultants/BDI: Die digitale Transformation der Industrie. Was sie bedeutet. Wer gewinnt. Was jetzt zu tun ist, München und Berlin 2015.  
Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.): Gutachten 2016, Berlin 2016.
- 57 R. Frietsch, K. Lichtblau, B. Beckert et al.: Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung – Innovationschancen und Innovationshemmnisse für die Elektroindustrie, Frankfurt 2016.
- 58 Fortiss (Hrsg.): Digitale Transformation – Wie Informations- und Kommunikationstechnologie etablierte Branchen grundlegend verändern, München 2016.
- 59 J. Gausemeier, F. Klocke: Industrie 4.0. Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung, Heinz Nixdorf Institut und RWTH Aachen (Hrsg.), Paderborn und Aachen 2016.
- 60 R. Frietsch, K. Lichtblau, B. Beckert et al.: Elektroindustrie als Leitbranche der Digitalisierung – Innovationschancen und Innovationshemmnisse für die Elektroindustrie, Frankfurt 2016.
- 61 Münchner Kreis et al. (Hrsg.): Digitalisierung. Achillesferse der deutschen Wirtschaft. Wege in die digitale Zukunft. Zukunftsstudie Münchner Kreis, Band VI, München 2014.
- 62 Bundesamt für Sicherheit in der Informationstechnik (Hrsg.): Die Lage der IT-Sicherheit in Deutschland 2015. Bonn 2015.
- 63 D. Bachlechner, T. Behling, E. Bollhöfer et al.: IT-Sicherheit für die Industrie 4.0: Produktion, Produkte, Dienste von morgen im Zeichen globalisierter Wertschöpfungsketten, Berlin 2016, S. 10f.

# Den digitalen Wandel gemeinsam gestalten

**Für die digitale Transformation gibt es keine Standardlösungen. Gefragt sind Experimentierfreude, die Bereitschaft zu lernen und innovationsfreundliche Rahmenbedingungen.**

Die Digitalisierung bietet vielfältige Innovationsmöglichkeiten: Von Smart Products und Smart Services über neue Geschäftsmodelle und digital vernetzte Wertschöpfungsketten bis zu effizienterem Ressourceneinsatz durch digitale Anwendungen im Mobilitäts-, Energie- oder Baubereich. Um diese Möglichkeiten zu nutzen und die Herausforderungen zu bewältigen, die aus den teilweise disruptiven Veränderungen resultieren, ist Transformationsfähigkeit gefordert – von Unternehmen, Bürgern und Staat. Dieser Abschnitt fasst die Ergebnisse von aktuellen Studien zusammen, die untersuchen, wie die Transformationsfähigkeit in Deutschland gestärkt werden kann.

## Bereitschaft zum Experimentieren

Die vielleicht wichtigste Voraussetzung für Transformationsfähigkeit ist die Offenheit für Neues, gepaart mit Kreativität, Flexibilität und Experimentierbereitschaft sowie die Öffnung von Unternehmen hin zu externen Partnern. Diese für Innovationen generell zentralen Fähigkeiten erhalten im Zeitalter der Digitalisierung eine besondere Bedeutung. Die Innovationszyklen bei digitalen Produkten und Anwendungen sind besonders kurz und technologische Sprünge besonders häufig. Mit der Plattformökonomie und der Smart-Service-Welt entstehen für die Märkte zum Teil völlig neue Rahmenbedingungen, sodass etablierte Routinen und Innovationsansätze obsolet werden.

Um mit solchen disruptiven Ereignissen umzugehen und sie aktiv zu gestalten, spielen Agilität, Veränderungsbereitschaft, Kreativität und eine

Wagniskultur eine zentrale Rolle. Aufbruch muss ermuntert und Scheitern im Innovationsprozess darf nicht stigmatisiert werden. Da es für die digitale Transformation keine Standardlösungen gibt, sind Experimente notwendig. Hierfür braucht es entsprechende Freiräume und die Bereitschaft zur Veränderung: Im Zuge der digitalen Transformation müssen Unternehmen vor allem einen Wandel der Organisation nach innen vollziehen. Neue Ansätze der Unternehmens- und Arbeitsorganisation sowie der Führung müssen stärker auf die Förderung von Kreativität und Flexibilität ausgerichtet werden. Die Voraussetzung dafür ist Ambidextrie – die Fähigkeit einer Organisation, parallel in der alten und in der neuen, hier digitalen Welt aktiv zu sein.

Ein zweites zentrales Element der Transformationsfähigkeit ist die Bereitschaft zu lernen und eigene Kompetenzen weiterzuentwickeln. Dies gilt für einzelne Menschen ebenso wie für Organisationen, ob nun in Wirtschaft und Wissenschaft, im Bildungssystem oder in Politik und Verwaltung. Neue digitale Technologien sind dabei nicht nur Anlass für Qualifizierungsanstrengungen, sondern können auch Hilfsmittel für die Kompetenzerweiterung sein. So bieten digitale, vernetzte Bildungsangebote neue Möglichkeiten des individualisierten und vernetzten Lernens.

Außerdem können beispielsweise Assistenzsysteme die Kompetenzentwicklung von Menschen im Umgang mit neuen digitalen Technologien erleichtern und unterstützen. Beispiele für individuelle Kompetenzen, auf die es in Zukunft ankommen wird, sind Prozess-Know-how, hybride Kompe-

tenzen, Datenauswertung und -analyse, MINT-Kenntnisse, Selbstmanagement, Lernen lernen, interdisziplinäres Denken und Handeln sowie Führungskompetenz.<sup>64</sup>

Die Transformationsfähigkeit der Wirtschaft wird auch von einer lebendigen Start-up-Szene und deren Integration in innovative digitale Ökosysteme abhängen. Start-ups, die mit neuen Geschäftsmodellen in etablierte Märkte eindringen und die Platzhirsche angreifen, können Treiber für disruptive Innovationen sein.<sup>65</sup> Uber und AirBnB sind Beispiele für eine Reihe von insbesondere US-amerikanischen Start-ups, die in kurzer Zeit zu dominanten Playern in der digitalen Wirtschaft wurden. In Deutschland fehlt es dabei nicht an Start-ups mit guten digitalen Geschäftsideen. Vielmehr schaffen es nur sehr wenige, in kurzer Zeit ihre Geschäftsmodelle so zu etablieren und zu skalieren, dass sie zu größeren Unternehmen mit einer bestimmenden Position in ihrem jeweiligen Ökosystem werden. Ein Grund: Jungen, innovativen Unternehmen fehlt in Deutschland nach wie vor häufig das Kapital für die Wachstumsphase. Die Expertenkommission Forschung und Innovation hat in diesem Zusammenhang die Einführung eines eigenen Börsensegments für junge Unternehmen mit digitalen Geschäftsmodellen angemahnt.<sup>66</sup> Die Deutsche Börse bietet seit März 2017 ein Segment für junge Wachstumsunternehmen und für kleine und mittlere Unternehmen an.

## Beitrag der Politik

Die Politik kann dazu beitragen, die Transformationsfähigkeit zu erhöhen und die Chancen der Digitalisierung besser zu nutzen. Sie sollte

- eine zukunftsfähige und innovationsfördernde digitale Infrastruktur bereitstellen.
- das Aus- und Weiterbildungssystem an die Anforderungen der digitalen Welt anpassen.<sup>67</sup>
- im Arbeitsrecht neue Formen der Arbeits- und Arbeitszeitgestaltung ermöglichen, die unter anderem den Trend zu Individualisierung, mobiler Arbeit, Digitalarbeit und Freelancertum angemessen berücksichtigen.<sup>68</sup>

- die Hochschulen ermuntern und in die Lage versetzen, ihre dritte Mission, also das Engagement für die Gesellschaft, verstärkt zu verfolgen. So können neues Wissen und neue Erkenntnisse aus der Forschung rasch in Richtung kommerzieller Nutzung weiterentwickelt werden. Dazu können auch Unternehmensgründungen aus Hochschulen und ein stärkeres Engagement der Hochschulen in der Weiterbildung beitragen.<sup>69</sup>

- einen regulativen Rahmen für Datenschutz und Datensicherheit schaffen, der sowohl Vertrauen stärkt als auch Freiraum für Innovationen lässt. Hierfür sollte der Europäische Datenschutzausschuss eine Interessenabwägung und Folgenabschätzung anhand der Eingriffsintensität vornehmen, die sowohl Betroffenenrechte wahrt als auch neue Industrie-4.0-Szenarien ermöglicht. Die technischen Möglichkeiten der Anonymisierung und Pseudonymisierung sollten zum Schutz personenbezogener Daten bei gleichzeitiger Ermöglichung von Big-Data-Analytics-Services genutzt werden. Außerdem sollten einheitliche rechtliche Pflichten zur IT-Sicherheit und prüf-fähige Standards etablieren werden.<sup>70</sup>

- digitale Technologien und deren Nutzung voranbringen, indem Forschungskoope-rationen unterstützt und die Voraussetzungen für unternehmerische Innovation wie Finanzierung und Fachkräfte gesichert werden. Dafür ist eine zukunftsgerichtete Forschungsagenda zur Digitalisierung ein wesentlicher Baustein.<sup>71</sup>

- ein qualitativ hochwertiges E-Government anbieten, um den Nutzen der Digitalisierung für Bürger zu demonstrieren und die Nachfrage anzukurbeln.<sup>72</sup> Dabei spielen die Kommunen eine Schlüsselrolle, da sie es sind, mit denen die Bürger in erster Linie in Kontakt treten. Bund und Länder sollten die Kommunen mit Komponenten für ein E-Government sowohl fachlich wie finanziell unterstützen.<sup>73</sup>

Der wohl kritischste Punkt der digitalen Transformationsfähigkeit Deutschlands liegt in der Umorientierung der heutigen wirtschaftlichen Strukturen in Richtung Plattformökonomie und Smart

## Die Transformation kann nur gelingen, wenn in der Breite digitale Kompetenzen vorhanden sind.

---

Services. Hier ist ein grundsätzliches Umdenken gerade in den bisherigen Leitbranchen der deutschen Wirtschaft gefordert. Lange Zeit beruhte die starke Stellung deutscher Unternehmen im Weltmarkt auf hoher technologischer Kompetenz und Innovationsvorsprüngen sowie einer Ausrichtung auf qualitativ anspruchsvolle Marktsegmente bei hocheffizienter Produktion. Nun gilt es, die Geschäftsmodelle vom Kunden her neu aufzurollen und dabei individualisiert Produkt-Service-Pakete und offene Plattformsätze zu verfolgen. Außerdem müssen Innovationsprozesse neu aufgestellt werden, und zwar viel offener und kollaborativer als in der Old Economy und vor allem mit einer deutlich höheren Geschwindigkeit.

Die Transformation, die Unternehmen in der Konsequenz jetzt unter Hochdruck vor allem nach innen vornehmen müssen, stellt für viele Unternehmen in klassischen Industrien ebenso eine fundamentale Herausforderung dar wie für den Dienstleistungssektor. Dies gilt vor allem für Finanzen und Versicherungen, Handel, Medien, Kommunikation und Verkehr.

Um gerade auch für den Mittelstand den Weg in diese neue Welt zu ebnen, sind verschiedene Maßnahmen nötig:<sup>74</sup>

- Förderung eines diskriminierungsfreien Zugangs zu Plattformen und fairer Wettbewerbsbedingungen auf Plattformen im Rahmen des Wettbewerbsrechts. Hier sind Bund und Europäische Kommission gefordert.
- Schneller Einstieg für den Mittelstand durch die Bereitstellung von Expertise im Aufbau digitaler Serviceplattformen von der Konzeption und Entwicklung datenbasierter Geschäftsmodelle über die Positionierung in branchenspezifischen Ökosystemen und die Entwicklung digitaler Roadmaps bis hin zur Skalierung von Smart Services. Ein Instrument könnte eine sogenannte Onboarding-Factory für KMU sein, die beim Einstieg in die Plattformökonomie Unterstützung anbietet. Solche Aktivitäten könnten von Wirtschaftsverbänden oder Initiativen der Bundesregierung getragen werden.

- Einrichtung von Kompetenzzentren für Smart-Serviceplattformen und von Expertenforen zu den Leitbranchen Mobilität, Produktionstechnik, Logistik, Gesundheit und Energie. Hier sind sowohl Bund als auch Länder gefordert.
- Aufbau von Wissensplattformen für eine unternehmensübergreifende Produkt- und Serviceentwicklung durch Verbände oder branchenspezifische Initiativen.
- Gründung von industriekonvergenten, nationalen Kompetenzzentren für Smart-Serviceplattformen, etwa im Rahmen der Digitalisierungsinitiativen des BMWi.
- Erarbeitung einer integrierten Forschungsagenda für softwaredefinierte Plattformen durch das BMBF.
- Rasches Voranbringen eines digitalen Binnenmarktes Europa durch die Europäische Kommission.

### Industrie 4.0 bietet Chancen

Ein vielversprechender Ansatzpunkt, um der Breite der mittelständischen Wirtschaft die Möglichkeiten und Chancen der Digitalisierung vor Augen zu führen, ist die Industrie 4.0. Sie kann traditionelle Stärken des industriellen Mittelstands in Deutschland, etwa die Integration unterschiedlicher Technologien in komplexe Systeme und die Ausrichtung von Produktionsprozessen an spezifischen Kundenanforderungen, am leichtesten mit digitalen Geschäftsmodellen zusammenbringen.

Um die Industrie 4.0 im Mittelstand weiter voranzubringen, schlagen aktuelle Studien verschiedene Maßnahmen vor:<sup>75</sup>

- Akzeptanz fördern durch ein gemeinsames Verständnis von Zielen und Chancen der Industrie 4.0.
- Ein ganzheitliches Industrie-4.0-Konzept vorantreiben und gleichzeitig pragmatische Lösungsansätze mit hoher Außenwirkung entwickeln.

- Kompetenzen durch die Einrichtung einer Qualifikation Industrial Security und den Aufbau von Big-Data-Kenntnissen ausbauen.
- Den Austausch zwischen Start-ups sowie die Offenheit von Plattformen und Schnittstellen fördern und die Schutzrechte für geistiges Eigentum im Bereich digitaler Produkte und Dienstleistungen anpassen.
- Lösungen und Standards im Bereich der IT-Sicherheit etablieren, um Unsicherheiten auf Seiten der KMU abzubauen.
- KMU über die Bedeutung kollaborativer Geschäftstätigkeit aufklären, etwa über Beratungsprogramme und Awareness-Aktionen.
- Plattformen zu Industrial Content etablieren und so die Entwicklung neuer Geschäftsmodelle vorantreiben.
- Die starke Marke Industrie 4.0 aktiv nutzen und die internationale Standardisierung als Katalysator für die Zusammenarbeit nutzen.
- Eine aktive Lenkungsrolle in führenden internationalen Standardisierungsgremien anstreben.
- Die Vermarktung von Industrie-4.0-Lösungen vorantreiben, indem Referenzfabriken, Leuchtturmprojekte, Testbeds und branchenspezifische Integrationsplattformen entstehen.
- KMU den Weg auf internationale Märkte bereiten, etwa über Huckepackstrategien mit Konzernen.
- Schulen brauchen kein eigenes Fach Digitalisierung, sondern müssen gute informationstechnische Grundlagen insbesondere in den MINT-Fächern mit entsprechenden Anwendungsbezügen vermitteln. Weiterhin sollte die Wissensverarbeitung und nicht so sehr die Wissensanhäufung im Mittelpunkt stehen und der digitale Dreh in alle Fächer Einzug halten. Dazu gehört auch, selbstverständliche Nutzungsformen digitaler Technologien in den Unterricht zu integrieren. Den wichtigsten Hebel zur digitalen Transformation in der Bildung bilden allerdings Bereitschaft zur Veränderung, Agilität und Kreativität.
- Das duale System muss durch inhaltliche Anpassung der Ausbildungsgänge, Ausstattung von Ausbildungsstätten mit dem aktuellen Stand der Technik sowie Aus- und Weiterbildung des Lehrpersonals gestärkt werden. Traditionelle Formen der Aus- und Weiterbildung müssen um digitale Methoden der Kompetenzentwicklung mit hohem Qualifizierungsbedarf bei Datenauswertung, Prozessmanagement und Kundenbeziehungsmanagement erweitert werden.<sup>77</sup>
- Die akademische Ausbildung muss an die Bedarfe der digitalen Transformation angepasst werden. Der Fokus liegt auf Datenanalyse, Umgang mit digitalen Netzen, Entwicklung innovativer Geschäftsmodelle und Systems Engineering. Wenig zielführend erscheinen Versuche, im Bildungssystem hauptamtliche „Industrie-4.0ler“ oder Digital Engineers zu entwickeln. Eine zu starke Spezialisierung widerspricht den Anforderungen der neuen Arbeitswelt, in der es auf Interdisziplinarität, vernetztes Denken und Arbeiten, Customer Experience und Geschäftsmodellinnovationen ankommt.

## Digitale Kompetenzen von essenzieller Bedeutung

Langfristig kann die Transformation zur digitalen Wirtschaft nur gelingen, wenn die notwendigen digitalen Kompetenzen in der Breite vorhanden sind. Deshalb kommt der Bildungspolitik, der betrieblichen Weiterbildung und dem betrieblichen Kompetenzaufbau eine zentrale Bedeutung zu:<sup>76</sup>

- Das lebenslange Lernen muss bedarfsgerecht und an individuellen Anforderungen ausgerichtet gefördert werden.
- Es müssen Beratungsangebote entstehen, die Strategien für die Einführung digitaler Geschäftsmodelle vermitteln.

- 
- 64 acatech (Hrsg.): Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen, München 2016.
- 65 BDI (Hrsg.): Industrie-Startups stärken. Die nächste Unternehmensgeneration erfolgreich machen, Berlin 2016.
- 66 Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.): Gutachten 2016, Berlin 2016.
- 67 Vgl. Nationales MINT Forum: Kernforderungen für den 4. Nationalen MINT Gipfel. Digitale Chancen ergreifen – Digitale Spaltung meistern, Berlin 2016.  
 BMWi (Hrsg.): Plattform Industrie 4.0. Die digitale Transformation im Betrieb gestalten – Beispiele und Handlungsempfehlungen für Aus- und Weiterbildung. Wegweiser, Berlin 2016.  
 BMWi (Hrsg.): Plattform Industrie 4.0. Arbeit, Aus- und Weiterbildung in den Anwendungsszenarien. Diskussionspapier, Berlin 2016.
- 68 J. C. Jacobs, H. Kagermann, D. Spath (Hrsg.): Arbeit in der digitalen Transformation – Agilität, lebenslanges Lernen und Betriebspartner im Wandel. Ein Beitrag des Human-Resources-Kreises von acatech und der Jacobs Foundation – Forum für Personalvorstände zur Zukunft der Arbeit (acatech DISKUSSION), München 2017.  
 Vgl. Bitkom: Thesenpapier Arbeit 4.0. Die deutsche Arbeitswelt zukunftsfähig gestalten, Berlin 2016.  
 acatech (Hrsg.): Kompetenzentwicklungsstudie Industrie 4.0 – Erste Ergebnisse und Schlussfolgerungen, München 2016.
- 69 Vgl. Nationales MINT BMWi (Hrsg.): Forum: Kernforderungen für den 4. Nationalen MINT Gipfel. Digitale Chancen ergreifen – Digitale Spaltung meistern, Berlin 2016.
- 70 BMWi (Hrsg.): Plattform Industrie 4.0. Fokusthema: Daten im Kontext von Industrie 4.0. Ergebnispaper, Berlin 2016.  
 BMWi (Hrsg.): Plattform Industrie 4.0. Industrie 4.0 – wie das Recht Schritt hält. Ergebnispaper, Berlin 2016.  
 BMWi (Hrsg.): IT-Sicherheit für Industrie 4.0 Produktion, Produkte, Dienste von morgen im Zeichen globalisierter Wertschöpfungsketten, Berlin 2016.
- 71 Vgl. BMWi (Hrsg.): Plattform Industrie 4.0: Aspekte der Forschungsroadmap in den Anwendungsszenarien. Ergebnispapier, Berlin 2016.  
 BMWi (Hrsg.): Plattform Industrie 4.0: Forschungsagenda Industrie 4.0 – Aktualisierung des Forschungsbedarfs. Ergebnispapier, Berlin 2016.  
 BMWi (Hrsg.): Plattform Industrie 4.0: Fortschreibung der Anwendungsszenarien der Plattform Industrie 4.0. Ergebnispapier, Berlin 2016.
- 72 Vgl. Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.): Gutachten 2016, Berlin 2016.
- 73 Vgl. J. Fromm, C. Welzel, L. Nentwig, M. Weber: E-Government in Deutschland: Vom Abstieg zum Aufstieg. Kompetenzzentrum Öffentliche IT (Hrsg.), Berlin 2015.
- 74 Arbeitskreis Smart Service Welt/acatech (Hrsg.): Smart Service Welt – Umsetzungsempfehlungen für das Zukunftsprojekt Internetbasierte Dienste für die Wirtschaft. Abschlussbericht, Berlin 2014.  
 acatech (Hrsg.): Smart Service Welt: Digitale Serviceplattformen – Praxiserfahrungen aus der Industrie. Best Practices, München 2016.
- 75 J. Gausemeier, F. Klocke: Industrie 4.0. Internationaler Benchmark, Zukunftsoptionen und Handlungsempfehlungen für die Produktionsforschung, Heinz Nixdorf Institut und RWTH Aachen (Hrsg.), Paderborn und Aachen 2016.  
 H. Kagermann, R. Anderl, J. Gausemeier, G. Schuh, W. Wahlster (Hrsg.): Industrie 4.0 im globalen Kontext. Strategien der Zusammenarbeit mit internationalen Partnern (acatech STUDIE), München 2016.
- 76 acatech/Körber-Stiftung (Hrsg.): MINT Nachwuchsbarometer 2017. Fokusthema: Bildung in der digitalen Transformation. München/Hamburg 2017.  
 acatech (Hrsg.): Die digitale Transformation gestalten – Was Personalvorstände zur Zukunft der Arbeit sagen. Ein Stimmungsbild aus dem Human-Resources-Kreis von acatech und Jacobs Foundation (acatech IMPULS), München 2016.  
 acatech (Hrsg.): Kompetenzen für Industrie 4.0. Qualifizierungsbedarfe und Lösungsansätze (acatech POSITION), München 2016.  
 Expertenkommission Forschung und Innovation (Hrsg.): Gutachten 2016, Berlin 2016.
- 77 M. Arntz, T. Gregory, S. Janssen, U. Zierahn: Tätigkeitswandel und Weiterbildungsbedarf in der digitalen Transformation. Studie des Zentrums für Europäische Wirtschaftsforschung im Auftrag der acatech in Zusammenarbeit mit dem Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung, Mannheim 2016.



# Projektpartner



## acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften

acatech vertritt die deutschen Technikwissenschaften im In- und Ausland in selbstbestimmter, unabhängiger und gemeinwohlorientierter Weise. Als Arbeitsakademie berät acatech Politik und Gesellschaft in technikwissenschaftlichen und technologiepolitischen Zukunftsfragen. Darüber hinaus hat es sich acatech zum Ziel gesetzt, den Wissenstransfer zwischen Wissenschaft und Wirtschaft zu unterstützen und den technikwissenschaftlichen Nachwuchs zu fördern. Zu den Mitgliedern der Akademie zählen herausragende Wissenschaftler aus Hochschulen, Forschungseinrichtungen und Unternehmen.

[www.acatech.de](http://www.acatech.de)



## Bundesverband der Deutschen Industrie

Der BDI ist die Spitzenorganisation im Bereich der Industrieunternehmen und industrienahen Dienstleister. Als Interessenvertretung der Industrie trägt der BDI bei seinen Mitgliedern zur Meinungsbildung und Entscheidungsfindung bei. Er bietet Informationen für alle Bereiche der Wirtschaftspolitik an. Der BDI unterstützt so die Unternehmen im intensiven Wettbewerb, den die Globalisierung mit sich bringt.

[www.bdi.eu](http://www.bdi.eu)



## Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung

Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung analysiert Entstehung und Auswirkungen von Innovationen. Es erforscht die kurz- und langfristigen Entwicklungen von Innovationsprozessen und die gesellschaftlichen Auswirkungen neuer Technologien und Dienstleistungen. Auf dieser Grundlage stellt das Institut seinen Auftraggebern aus Wirtschaft, Politik und Wissenschaft Handlungsempfehlungen und Perspektiven für wichtige Entscheidungen zur Verfügung.

[www.isi.fraunhofer.de](http://www.isi.fraunhofer.de)



Zentrum für Europäische  
Wirtschaftsforschung GmbH

## Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung

Das Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) ist ein gemeinnütziges wirtschaftswissenschaftliches Forschungsinstitut. Es wurde 1990 auf Initiative der baden-württembergischen Landesregierung, der Wirtschaft des Landes und der Universität Mannheim gegründet und nahm im April 1991 die Arbeit auf. Seitdem hat sich das ZEW als eines der führenden deutschen Wirtschaftsforschungsinstitute mit hoher europäischer Reputation etabliert.

[www.zew.de](http://www.zew.de)

**Der Innovationsindikator ist eine Kooperation von acatech – Deutsche Akademie der Technikwissenschaften und dem Bundesverband der Deutschen Industrie. Das Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung erarbeitet die Studie gemeinsam mit dem Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung.**



# Impressum

## **Herausgeber**

acatech – Deutsche Akademie der  
Technikwissenschaften e. V.  
Pariser Platz 4a  
10117 Berlin  
www.acatech.de

Bundesverband der  
Deutschen Industrie e. V. (BDI)  
Breite Straße 29  
10178 Berlin  
www.bdi.eu

## **Projektteam**

Prof. Dr. Marion Weissenberger-Eibl, Dr. Rainer  
Frietsch, Prof. Dr. Torben Schubert, Dr. Daniel  
Bachlechner, Dr. Bernd Beckert, Dr. Michael  
Friedewald, Dr. Christian Lerch (alle Fraunhofer  
ISI), Dr. Christian Rammer (ZEW)

## **Verantwortlich**

Prof. Dr. habil. Michael Klein (acatech),  
Iris Plöger (BDI)

## **Redaktion**

Dr. Rainer Frietsch (ISI), Dr. Christian Rammer,  
Prof. Dr. Alfred Spielkamp (beide ZEW)

## **Beratung**

Prof. Dr. Christoph M. Schmidt, Prof. Dr.-Ing.  
Jürgen Gausemeier, Dr. Thomas Lange (alle  
acatech), Felix Esser (BDI)

## **Grafik und Layout**

SeitenPlan GmbH  
Corporate Publishing,  
Dortmund

## **Druck**

Druckerei Schmidt, Lünen

## **Fotos**

Apple Inc., David Ausserhofer, Christian Kruppa,  
Ian Lishman/Juice Media/Getty Images, CJ Natta-  
nai/Shutterstock, plainpicture/Westend61/Roger  
Richter, Reuters/Kim Kyung-Hoon, Unitymedia,  
Westend61/Getty Images

## **Stand**

Juni 2017

## **Copyright**

acatech – Deutsche Akademie der  
Technikwissenschaften e. V./Bundesverband der  
Deutschen Industrie e. V.

ISBN: 978-3-942044-86-8

*acatech dankt dem Förderverein für die  
Unterstützung des Projekts.*



[www.innovationsindikator.de](http://www.innovationsindikator.de)