

PRODUKTIVITÄTSWACHSTUM DURCH INNOVATION: DIGITALISIERUNG VORANTREIBEN

I. Produktivitätswachstum durch Innovation

II. Die Bedeutung der einzelnen Akteure im deutschen Innovationssystem

1. Forschung und Entwicklung in öffentlichen Forschungseinrichtungen
2. Innovationstätigkeit in Unternehmen
3. Innovationsaktivität von Gründungen

III. Potenziale für Produktivitätswachstum durch Digitalisierung

1. Forschung und Innovation
2. Diffusion digitaler Technologien in Unternehmen
3. Digitalisierungsschub durch die Corona-Krise
4. Volkswirtschaftliche Auswirkungen

IV. Chancen der Digitalisierung nutzen und den Innovationsstandort stärken

1. Ausbau der digitalen Infrastruktur
2. Ausbildung digitaler Kompetenzen
3. Potenziale der Digitalisierung nutzen
4. Innovationsanreize stärken

Anhang

Literatur

WICHTIGSTE BOTSCHAFTEN

- Private Innovationsausgaben sind in Deutschland auf Großunternehmen konzentriert. Innovations- und Diffusionsanreize kleiner und mittlerer Unternehmen sollten gestärkt werden.
- In der Entwicklung digitaler Technologien ist Deutschland bisher gut aufgestellt. Die Rahmenbedingungen für digitale Dienste und Geschäftsmodelle sollten jedoch verbessert werden.
- Die Pandemie hat Defizite in der Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung, des Gesundheitswesens und des Bildungssystems aufgezeigt. Diese gilt es, rasch und konsequent abzubauen.

DAS WICHTIGSTE IN KÜRZE

Etwa 65 % des Wachstums der Arbeitsproduktivität in Deutschland können langfristig auf das Wachstum der Totalen Faktorproduktivität (TFP) zurückgeführt werden. Eine maßgebliche Rolle für die Entwicklung der TFP spielt der **Innovationsprozess** einer Volkswirtschaft. Der Innovationsprozess umfasst Forschung und die Entwicklung neuer Produkte und Technologien sowie deren Umsetzung in marktfähige Innovationen und ihre verbreitete Nutzung in der gesamten Volkswirtschaft.

Aus gesamtwirtschaftlicher Sicht wird in der Regel zu wenig in den Innovationsprozess investiert, insbesondere wegen positiver Wissensexternalitäten und Finanzierungsbeschränkungen. Dem kann **öffentliches Engagement** durch Forschung an Hochschulen und Forschungseinrichtungen, durch den Wissens- und Technologietransfer in die Privatwirtschaft sowie durch die Förderung privatwirtschaftlicher Innovationstätigkeit begegnen. Derzeit werden in Deutschland ein Drittel der Ausgaben für Forschung und Entwicklung durch den öffentlichen Sektor finanziert, zwei Drittel durch den **Privatsektor**. Die privaten Innovationsausgaben sind in Deutschland zunehmend auf Großunternehmen konzentriert. Die Innovationsausgaben kleiner und mittlerer Unternehmen sind hingegen relativ zum Umsatz vergleichsweise gering. **Hemmnisse** bestehen beim **Zugang zu Fachkräften** und der Innovationsfinanzierung. Die im internationalen Vergleich geringe Verfügbarkeit von **Wagniskapital** dürfte zudem die Gründung und das Wachstum innovativer Start-ups bremsen.

Besonders **hohes Potenzial** für gesamtwirtschaftliche Produktivitätssteigerungen bieten aktuell **Querschnittstechnologien im Bereich der Digitalisierung**, die in vielen Wirtschaftsbereichen Anwendung finden können. Bei digitalen Innovationen nimmt Deutschland in der EU eine führende Rolle ein, liegt jedoch hinter weltweit führenden Staaten wie den USA oder der Republik Korea. Bei der Diffusion von digitalen Technologien in Unternehmen und öffentlichen Einrichtungen und bei der Entwicklung digitaler und datengetriebener Geschäftsmodelle besteht erheblicher Nachholbedarf.

Die Corona-Pandemie hat einen Digitalisierungsschub ausgelöst, der nun genutzt werden sollte. Um die **Diffusion digitaler Technologien** zu beschleunigen und neue Geschäftsmodelle zu ermöglichen, sind weitere Investitionen in die digitale Infrastruktur und der Abbau bürokratischer Hürden bei deren Ausbau notwendig. Gleichzeitig gilt es, die Vermittlung **digitaler Schlüsselkompetenzen** in den Schulen und durch lebenslange Weiterbildungsangebote auszubauen. Zur **Stärkung des Innovationsstandorts Deutschland** könnte ein weiterer Ausbau des europäischen Forschungsraums, eine **Verbesserung des Wissens- und Technologietransfers**, die Bereitstellung von **Daten des öffentlichen Sektors** für die Entwicklung von Geschäftsmodellen sowie die stärkere Verankerung von **Innovationskriterien in der öffentlichen Beschaffung** zielführend sein. Die Digitalisierung der Verwaltung könnte einen deutlichen Nachfrageimpuls auslösen. Zur Förderung digitaler Innovationen und Start-ups sollten der **europäische digitale Binnenmarkt** vertieft, die Verfügbarkeit privaten Wagniskapitals erhöht und die Wettbewerbsregeln zum Beispiel mit Blick auf Dateninteroperabilität und -portabilität angepasst werden, um die **wettbewerbliche Offenheit digitaler Märkte** und die Bestreitbarkeit verfestigter Machtpositionen sicherzustellen.

I. PRODUKTIVITÄTSWACHSTUM DURCH INNOVATION

481. Gemäß seinem gesetzlichen Auftrag als nationaler Ausschuss für Produktivität analysiert der Sachverständigenrat unter anderem die Faktoren eines anhaltenden Produktivitätswachstums. Im Produktivitätsbericht 2019/20 wurde neben einem geringeren Wachstum des Kapitalstocks der Rückgang des Wachstums der Totalen Faktorproduktivität (TFP) als zentrale Ursache für den seit 1960 beobachteten Rückgang des Wachstums der Stundenproduktivität in Deutschland identifiziert (JG 2019 Ziffern 144 ff.). Das durchschnittliche jährliche Trendwachstum der TFP wird gemäß der Mittelfristprognose des Sachverständigenrates in den nächsten fünf Jahren 0,5 % betragen und somit auf niedrigem Niveau bleiben. [↘ ZIFFERN 88 FF.](#) Der **Fokus** des **diesjährigen nationalen Produktivitätsberichts** liegt daher auf dem **Innovationsprozess** der deutschen Volkswirtschaft und dessen Einfluss auf das Produktivitätswachstum.

482. Der Innovationsprozess umfasst **Forschung und Entwicklung (FuE)**, die Entwicklung von marktfähigen **Innovationen** sowie die **Diffusion** neuer Produkte und Technologien. Die Grundlagenforschung findet überwiegend an öffentlich finanzierten Forschungseinrichtungen statt. [↘ ZIFFERN 494 FF.](#) Die Umsetzung in Innovationen wird, obschon teils staatlich gefördert, maßgeblich von privaten Akteuren vorangetrieben. Dabei nehmen große und kleine Unternehmen unterschiedliche Rollen ein. [↘ ZIFFERN 502 FF.](#)

Die Entwicklung und der **Einsatz von Querschnittstechnologien** sind besonders wichtig, da sie zu Produktivitätssteigerungen in der gesamten Volkswirtschaft führen können. Hier sind im Bereich der Digitalisierung noch erhebliche Potenziale zu heben. [↘ ZIFFERN 524 FF.](#) Während die Innovationstätigkeit in Rezessionen tendenziell zurückgeht, könnten durch die Corona-Pandemie erzwungene Prozessumstellungen gerade im Bereich der Digitalisierung den Einsatz neuer Technologien und die Entwicklung von Innovationen anstoßen. [↘ ZIFFERN 545 FF.](#)



Der erste Schritt im **idealtypischen Innovationsprozess** ist die **Erfindung**. Erfindungen werden durch FuE-Aktivitäten hervorgebracht, der „schöpferischen und systematischen Arbeit zur Erweiterung des Wissensstands [...] und zur Entwicklung neuer Anwendungen auf Basis des vorhandenen Wissens“ (OECD, 2018). FuE-Aktivitäten umfassen Grundlagenforschung und angewandte Forschung, die zur Erlangung neuen Wissens durchgeführt werden, sowie experimentelle Entwicklung, die auf die Herstellung neuer oder die Verbesserung existierender Produkte und Prozesse abzielt. Die **Innovation** ist in Abgrenzung zur Erfindung gekennzeichnet durch die Umsetzung in neue am Markt angebotene Produkte sowie im Unternehmen verwendete Prozesse, die sich substantiell von vorherigen durch das Unternehmen angebotenen Produkten oder genutzten Prozessen unterscheiden, und baut oft auf Erfindungen auf (OECD und Eurostat, 2019). Innovationsaktivitäten umfassen alle Aktivitäten, die zur Entwicklung einer Innovation durchgeführt werden, und somit auch FuE-Aktivitäten. Da der Innovationsbegriff an die Neuheit eines Produkts oder Prozesses für das jeweilige Unternehmen anknüpft, können Innovationen darüber hinaus das Aufgreifen von bereits in

anderen Unternehmen genutzten Prozessen oder hergestellten Produkten umfassen. Diese Verbreitung neuer Prozesse und Produkte in der Volkswirtschaft wird als **Diffusion** bezeichnet (Rogers, 2010).

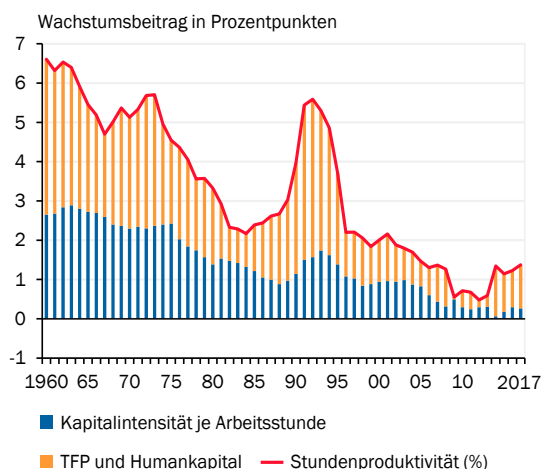
Wachstumsmotor Produktivität

- 483.** Das **Wachstum der TFP** macht den größten Anteil des Wachstums der Stundenproduktivität und in der Folge des **Bruttoinlandsprodukts (BIP)** pro Kopf (bezogen auf die Gesamtbevölkerung) aus (JG 2019 Ziffern 145 ff.). [ABBILDUNG 73](#) Das Wachstum der TFP wird gemessen als die Veränderung des BIP, die nicht durch Veränderungen des Arbeits- und Kapitaleinsatzes zu erklären ist. Eine Zunahme der TFP kann auf technischen Fortschritt oder Verbesserungen der Allokation von Produktionsfaktoren in der Volkswirtschaft zurückgeführt werden (Jones, 2016). Der quantitative Wachstumsbeitrag der TFP wird mithilfe von Wachstumszerlegungen bestimmt, die das Wachstum des BIP pro Kopf in die Bestandteile Wachstum des Arbeitsvolumens, Wachstum der Kapitalintensität und Wachstum der TFP aufteilen.
- 484.** In der klassischen **Wachstumszerlegung** wird das Wachstum der Stundenproduktivität den direkten Beiträgen der Komponenten **Kapitaleinsatz** je Arbeitsstunde und **Totale Faktorproduktivität** zugeordnet. In dieser Zerlegung sind zwischen 10 % und 30 % des Wachstums der Stundenproduktivität der Jahre 1960 bis 2017 in Deutschland auf eine Zunahme der TFP zurückzuführen. [ABBILDUNG 73 LINKS](#) Ein Anstieg der TFP schafft zudem Anreize für Investitionen und erhöht somit zusätzlich indirekt die Stundenproduktivität (Klenow und Rodríguez-

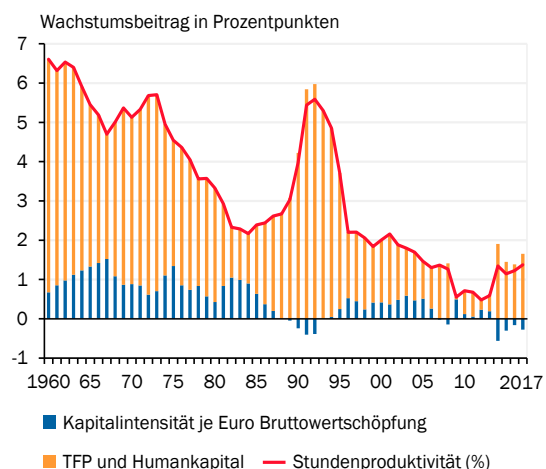
ABBILDUNG 73

Die wichtigste Komponente des Wachstums der Stundenproduktivität in Deutschland ist das TFP-Wachstum¹

Wachstumszerlegung der Stundenproduktivität in direkte Beiträge ...



... und unter Einbeziehung indirekter Beiträge²



1 – Totale Faktorproduktivität. Gleitende 5-Jahresdurchschnitte. 2 – Der indirekte Beitrag der TFP beinhaltet den Beitrag der Steigerung des Kapitalstocks je Arbeitsstunde, der durch einen Anstieg der TFP induziert wird. Berechnungsmethode nach Jones (2016).

Quellen: Feenstra et al. (2015), Penn World Table Version 9.1, eigene Berechnungen

Clare, 1997; Jones, 2016). Unter Hinzunahme des indirekten Beitrags sind in diesem Zeitraum 60 % bis 80 % des Wachstums der Stundenproduktivität in Deutschland auf das TFP-Wachstum zurückzuführen. [ABBILDUNG 73 RECHTS](#)

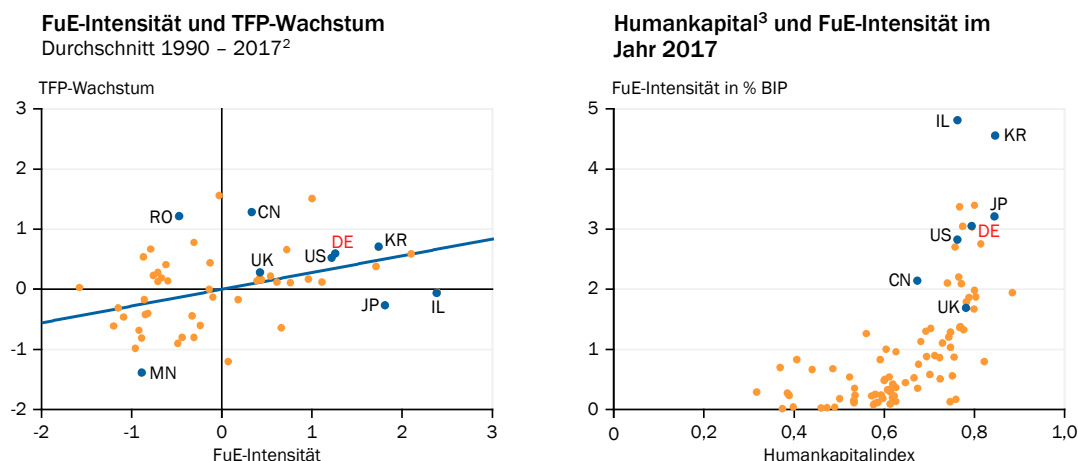
TFP-Wachstum als Maß des technologischen Fortschritts

485. Das Wachstum der TFP ist positiv mit Indikatoren für FuE korreliert. [ABBILDUNG 74 LINKS](#) Dies bestätigt Westmores (2013) empirische Analyse von 19 OECD-Ländern im Zeitraum von 1986 bis 2008, die eine statistisch und ökonomisch **signifikante positive Korrelation zwischen Innovationsindikatoren** wie FuE-Intensität oder Patentanmeldungen **und dem TFP-Wachstum** auf aggregierter Ebene zeigt. Daher wird das Wachstum der TFP üblicherweise als Maß für den technologischen Fortschritt interpretiert. Eine positive Korrelation zwischen TFP und Innovationsmaßen zeigt sich ebenfalls bei einer disaggregierten Betrachtung.

Die auf gesamtwirtschaftlicher Ebene gemessene Veränderung der Produktivität resultiert aus Veränderungen der Produktivität auf Wirtschaftsbereichs- und Unternehmensebene sowie der Reallokation von Produktionsfaktoren und Marktanteilen zwischen Unternehmen und Wirtschaftsbereichen. Die **positive Korrelation zwischen FuE sowie Innovationsaktivitäten und Produktivitätsveränderungen auf Unternehmensebene** ist umfassend dokumentiert. Darüber hinaus lassen sich positive Externalitäten auf die Unternehmensproduktivität durch FuE-Ausgaben anderer Unternehmen im gleichen Produkt- oder Technologiefeld sowie in verbundenen Wirtschaftsbereichen feststellen (Griliches, 1998; Hall et al., 2010).

[ABBILDUNG 74](#)

Positive Korrelation zwischen FuE-Intensität und TFP-Wachstum sowie Humankapital¹



1 – Forschung und Entwicklung (FuE), Totale Faktorproduktivität (TFP); CN-China, DE-Deutschland, IL-Israel, JP-Japan, KR-Republik Korea, MN-Mongolei, RO-Rumänien, UK-Vereinigtes Königreich, US-USA. 2 – Jeweils bereinigt um die Lücke der TFP des jeweiligen Landes zur TFP der USA. Die Steigung der Regressionsgeraden beträgt 0,279 bei einem t-Wert von 2,85. Das R^2 der Regression liegt bei 0,138. 3 – Der Index misst die Menge an Humankapital, die ein heute geborenes Kind bis zum Alter von 18 Jahren zu erwarten hat, unter Berücksichtigung des Gesundheits- und Bildungssystems des jeweiligen Staates. Er soll verdeutlichen, wie Verbesserungen bei den derzeitigen Gesundheits- und Bildungsergebnissen die Produktivität der nächsten Generation von Arbeitnehmerinnen und Arbeitnehmer beeinflussen, wobei davon ausgegangen wird, dass heute geborene Kinder in den nächsten 18 Jahren die Bildungschancen und Gesundheitsrisiken erfahren, denen Kinder in dieser Altersgruppe derzeit ausgesetzt sind.

Quellen: Feenstra et al. (2015), OECD, Penn World Table Version 9.1, Weltbank, eigene Berechnungen

486. Die **Stärke der Korrelation zwischen Innovationsaktivität und TFP-Wachstum** hängt von weiteren Rahmenbedingungen ab. Sie fällt etwa mit steigenden Markteintrittskosten sowie steigenden Insolvenzkosten (Égert, 2017) und steigt mit dem Anteil an Forschenden relativ zur Gesamtbeschäftigung, was mit einer höheren Kapazität zur Wissensabsorption erklärt werden könnte (Westmore, 2013).

Insgesamt ist der Bildungsgrad ein **wichtiger Faktor** für die **Innovationsfähigkeit** und Produktivität einer Volkswirtschaft, da gut ausgebildete Beschäftigte ein entscheidender Input für Forschungs-, Entwicklungs- und Innovationsaktivitäten sind (Benhabib und Spiegel, 1994; Aghion, 2008; Aghion et al., 2009). Auf aggregierter Ebene zeigt sich eine stark positive Korrelation zwischen nationalen Indikatoren für Humankapital und der nationalen FuE-Quote. [↘ ABBILDUNG 74 RECHTS](#) Eine positive Korrelation zeigt sich in der kurzen und langen Frist ebenfalls zwischen Humankapitalmaßen und der Patentierungsaktivität (Dakhli und De Clercq, 2004; Diebolt und Hippe, 2019).

Innovationen und deren Diffusion

487. Die auf FuE-Aktivitäten basierenden Innovationen sind typischerweise **Produktinnovationen**, also die Verbesserung existierender oder die Entwicklung neuer Produkte, sowie **Prozessinnovationen**, die sich in geringeren Produktionskosten niederschlagen. Andere Formen von Innovationen sind **Marketinginnovationen** oder **Organisationsinnovationen**, die zu Umsatzsteigerungen bei gleichbleibendem Faktoreinsatz oder zu Kostenreduzierungen führen. Über 60 % der Unternehmen in Deutschland haben im Zeitraum von 2015 bis 2017 mindestens einen dieser Innovationstypen eingeführt oder umgesetzt. [↘ ZIFFER 504](#)
488. Der Großteil aller Innovationsaktivitäten ist mit der Einführung von Prozessen und Produkten verbunden, die zwar für das jeweilige Unternehmen neu, in anderen Unternehmen jedoch bereits etabliert sind. [↘ ZIFFER 509](#) Für die gesamtwirtschaftliche Produktivitätsentwicklung ist dieser **Diffusionsprozess** von erheblicher Bedeutung (Atkeson und Kehoe, 2007; Comin und Mestieri, 2014). So zeigen sich positive Produktivitätseffekte durch eine zunehmende Diffusion digitaler Technologien (Cardona et al., 2013) wie Breitbandinternet (Czernich et al., 2011) und Roboter (Graetz und Michaels, 2018).
489. Damit Innovationen diffundieren und das volle Potenzial neuer Technologien realisiert werden kann, ist oftmals neues Wissen der Beschäftigten sowie eine Umstellung von Arbeitsabläufen und Organisationsstrukturen notwendig. Daher sind **komplementäre Investitionen** und die **Adaption von Strukturen und Prozessen** eine wichtige Determinante der Diffusion von Technologien in Unternehmen (Brynjolfsson und Hitt, 2000; Bresnahan et al., 2002; Bloom et al., 2012). Unterschiede im Humankapitalbestand zwischen Unternehmen sowie zwischen Staaten können Unterschiede in der Nutzung neuer Technologien erklären (Riddell und Song, 2017). Darüber hinaus ist, insbesondere bei Technologien mit Netzwerkeffekten wie Informations- und Kommunikationstechnologien (IKT), die Verfügbarkeit komplementärer Infrastruktur notwendig, damit Unternehmen in die darauf aufbauenden Technologien investieren. [↘ ZIFFER 571](#)

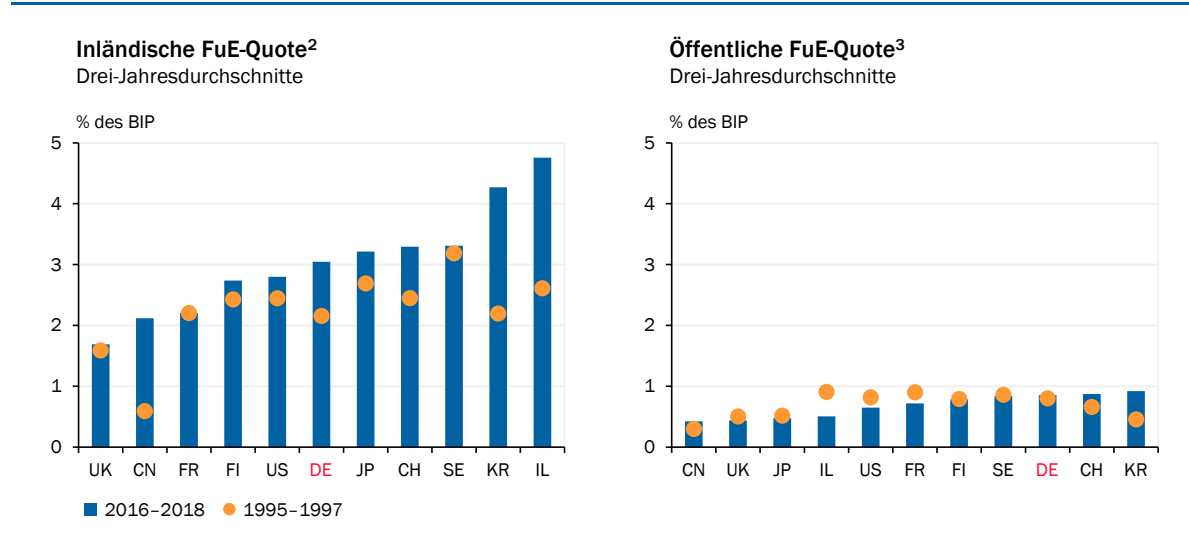
490. Ausgaben für **FuE** genauso wie Investitionen in die Nutzung neuer Technologien variieren über den **Konjunkturzyklus**. Aus theoretischer Sicht gibt es unterschiedliche Treiber und es ist unklar, ob diese Investitionen im Gesamteffekt prozyklisch oder antizyklisch variieren (Aghion und Saint-Paul, 1998). Empirisch steigen Ausgaben für FuE und Innovationen typischerweise in Boomphasen und sinken in Rezessionen, sowohl auf aggregierter Ebene (Barlevy, 2007) als auch auf Sektorebene (Ouyang, 2011). Neben FuE-Ausgaben verhalten sich weitere Innovationsindikatoren wie die **Adoption von Technologien** prozyklisch (Comin und Gertler, 2006; Anzoategui et al., 2019). Zudem entwickeln sich **Anzahl und Qualität von Unternehmensgründungen** prozyklisch (Moreira, 2016; Sedláček und Sterk, 2017). ↘ ZIFFER 518

II. DIE BEDEUTUNG DER EINZELNEN AKTEURE IM DEUTSCHEN INNOVATIONSSYSTEM

491. Die besonderen Charakteristika von FuE- und Innovationsaktivitäten können dazu führen, dass die privaten Innovationsanstrengungen einer Volkswirtschaft ineffizient niedrig bleiben. Wissen, das aus FuE- und Innovationsaktivitäten entsteht, wird durch Nutzung nicht verbraucht und könnte deshalb **prinzipiell von allen Marktteilnehmern genutzt werden**. Um Innovationsanreize zu stärken, sichern deshalb Eigentumsrechte wie Patente oder Lizenzen den durchführenden Unternehmen den betriebswirtschaftlichen Ertrag von FuE zu. Der betriebswirtschaftliche Ertrag eines Unternehmens ist jedoch geringer als der volkswirtschaftliche Ertrag seiner Aktivität, weil einerseits der Nutzengewinn von Konsumentinnen und Konsumenten, der durch neue Produkte entsteht, von den Unternehmen nicht vollständig internalisiert wird, und andererseits trotz des Patentschutzes oft positive **Wissensexternalitäten** auf andere Unternehmen entstehen. Deshalb ist der Anreiz für Unternehmen, in Forschung zu investieren, aus gesamtwirtschaftlicher Sicht zu gering (Jones und Williams, 2000; Bloom et al., 2013; Schnitzer und Watzinger, 2020).
492. Zudem ist die Finanzierung von FuE-Projekten **durch externe Finanzmittel schwierig** (Hall und Lerner, 2010; Kerr und Nanda, 2015). FuE-Projekte sind mit hoher Unsicherheit behaftet, und Informationen über die Profitabilität dieser Projekte sind asymmetrisch zwischen Unternehmen und Kapitalgebern verteilt. Gleichzeitig sind Innovationen in der Regel nicht besicherbar. Ein großer Anteil der Investitionen für FuE-Projekte fällt in Form von Gehältern für Forschungspersonal an, und verwertbare Sicherheiten wie Patente werden nur bei Erfolg des Projekts generiert. Daher ist es in der Regel schwierig, die sonst übliche Lösung des Problems asymmetrischer Information über die Besicherung von Krediten zu nutzen.
493. Die aus gesamtwirtschaftlicher Sicht zu geringen Innovationsaktivitäten begründen die besondere Rolle der öffentlichen Hand im **Innovationssystem** (Freeman, 1987; Nelson, 1993). In vielen entwickelten Volkswirtschaften wird

↳ ABBILDUNG 75

Steigende FuE-Quote in Deutschland bei stabiler öffentlicher FuE-Quote¹



1 – Ausgaben für Forschung und Entwicklung (FuE) in Relation zum BIP. UK-Vereinigtes Königreich, CN-China, FR-Frankreich, FI-Finnland, US-USA, DE-Deutschland, JP-Japan, CH-Schweiz, SE-Schweden, KR-Republik Korea, IL-Israel. 2 – Für folgende Länder sind nicht immer drei Jahreswerte verfügbar: Schweden kein Wert für 1996 und Schweiz keine Werte für 1995, 1997, 2016 und 2018. 3 – Aus öffentlichen Mitteln finanzierte FuE-Ausgaben. Aus privaten Mitteln finanzierte Forschung an Hochschulen ist nicht enthalten. Aufwendungen für FuE-Personal, beispielsweise Professuren oder Forschungsgruppenleitungen, werden gemäß des Anteils der Arbeitszeit, der direkt für FuE-Aktivitäten verwandt wird, den FuE-Ausgaben zugerechnet. Für folgende Länder sind nicht immer drei Jahreswerte verfügbar: Schweden keine Werte für 1996, 2016 und 2018, Schweiz keine Werte für 1995, 1997, 2016 und 2018, Frankreich und Israel jeweils kein Wert für 2018; für China sind keine Werte für 1995–1997 vorhanden, daher wurde der erste verfügbare Wert im Jahr 2000 verwendet.

Quellen: OECD, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-269

etwa ein Viertel bis ein Drittel der FuE-Ausgaben vom öffentlichen Sektor finanziert. Ihr Anteil am BIP hat in den vergangenen 30 Jahren in vielen Ländern entweder stagniert oder sogar abgenommen. ↳ ABBILDUNG 75 RECHTS Der Anstieg der inländischen FuE-Quoten in vielen Staaten ist also auf höhere private FuE-Ausgaben zurückzuführen. ↳ ABBILDUNG 75 LINKS Vom Europäischen Rat wurde im Jahr 2002 zur Umsetzung der „Lissabon Strategie“ bis zum Jahr 2010 und in der Nachfolgestrategie „Europa 2020“ zur Umsetzung bis zum Jahr 2020 beschlossen, die FuE-Ausgaben in der EU auf 3 % des BIP zu steigern. Die FuE-Quote in Deutschland ist mittlerweile über dieses 3 %-Ziel hinausgewachsen und lag im Jahr 2018 bei 3,13 %. Als neues Ziel strebt die Bundesregierung eine FuE-Quote von 3,5 % des BIP im Jahr 2025 an (BMBF, 2018).

1. Forschung und Entwicklung in öffentlichen Forschungseinrichtungen

494. Die Marktunvollkommenheiten, die öffentliche Investitionen in Forschungseinrichtungen rechtfertigen, gelten in besonderem Maße für die **Grundlagenforschung**. Die Wissensexternalitäten sind hier besonders groß, und die gewonnenen Erkenntnisse besitzen zumeist keine unmittelbare Marktnähe. Die **öffentliche Förderung der Grundlagenforschung** ist in Deutschland bereits sehr **ausgeprägt**. Neben den Universitäten gibt es verschiedene außeruniversitäre Forschungseinrichtungen (AUF) sowie Förderorganisationen, deren Fokus auf Grundlagenforschung liegt und die dazu einen erheblichen Beitrag leisten (JG

2019 Ziffern 298 ff.). Zu den AUF gehören unter anderem die Max-Planck-Gesellschaft, die Helmholtz-Gemeinschaft Deutscher Forschungszentren und die Leibniz-Gemeinschaft, zu den Fördereinrichtungen die Deutsche Forschungsgemeinschaft.

495. Private Investitionen in **angewandte Forschung**, also der Brückenschlag zwischen der Grundlagenforschung und der Markteinführung (Leyden und Menter, 2018), können aus gesellschaftlicher Sicht zu niedrig ausfallen. Dieser Bereich wird ebenfalls öffentlich gefördert. Für die angewandte Forschung spielt in Deutschland die **Fraunhofer Gesellschaft** eine wichtige Rolle, die international Vorbildcharakter hat (Intarakumnerd und Goto, 2018; Kang, 2019). **Hochschulen für angewandte Wissenschaften** verfolgen ebenso ein anwendungsorientiertes Forschungsziel. Wie Universitäten können sie positiv auf die regionale Innovationstätigkeit wirken (Lehnert et al., 2020).
496. Der **Wissens- und Technologietransfer** von Forschungseinrichtungen zu Unternehmen ist in Deutschland nach wie vor verbesserungswürdig (EFI, 2019). So sehen nur 38 % der im Global Entrepreneurship Monitor im Jahr 2019 befragten Expertinnen und Experten die Transferbedingungen positiv oder eher positiv (Sternberg et al., 2020). **Zahlreiche Hindernisse** können diesen Transfer hemmen (Bozeman, 2000; Bozeman et al., 2015). Ein wichtiger Einflussfaktor sind Regelungen zu **geistigem Eigentum** an Ergebnissen aus staatlich geförderter Forschung. So kann die Möglichkeit zur Lizenzierung von Forschungsergebnissen und Patenten die Kommerzialisierung von Forschung beschleunigen. Dabei erlauben die Urheberrechts- oder Patentinhaberinnen und -inhaber den Unternehmen die Nutzung und Verwertung ihrer Forschungsergebnisse gegen Zahlung einer Lizenzgebühr. Viele Ergebnisse universitärer Forschung sind zum Zeitpunkt der Lizenzierung jedoch noch im Entwicklungsstadium und benötigen weitere Entwicklungsarbeit (Jensen und Thursby, 2001). Die Lizenzierung bietet hier die Möglichkeit, Kooperationen zwischen Unternehmen und Forschenden zu ermöglichen. Wenn Nutzungsrechte exklusiv an einzelne Unternehmen vergeben werden, kann dies jedoch Forschungsaktivitäten für Folgeinnovationen hemmen.
497. In den USA wurde im Jahr 1980 durch den Bayh-Dole Act ein einheitlicher Prozess zur **Lizensierung** von Ergebnissen aus staatlich geförderter Forschung eingeführt, der die **Verwertungsrechte** für daraus resultierende **Patente** den Universitäten überlässt und die Lizenzierung erheblich vereinfacht. In der Folge dieser und weiterer Initiativen stieg die Patentierungs- und Lizenzierungsaktivität amerikanischer Universitäten seit Anfang der 1980er-Jahre stark an (Henderson et al., 1998; Mowery et al., 2001).

In Deutschland wurde im Rahmen der **Verwertungsoffensive** seit dem Jahr 2001 ein Netz von staatlich geförderten **Patentverwertungsagenturen** aufgebaut, die als autonome Dienstleister die Vermarktung der Patente für Hochschulerfindungen übernehmen. Nach dem Vorbild des Bayh-Dole Act wurde im Jahr 2002 außerdem das **Hochschullehrerprivileg abgeschafft**, sodass die Rechte über Erfindungen nicht mehr bei den Hochschulbeschäftigten selbst, sondern bei den jeweiligen Hochschulen liegen. Somit werden Kosten und Risiken der Lizenzierung von der Hochschule getragen. Zwischen den Jahren 2008 bis

2015 wurde die Verwertungsoffensive durch das SIGNO-Programm (Schutz von Ideen für die Gewerbliche Nutzung) und seit dem Jahr 2016 durch das WIPANO-Programm (Wissens- und Technologietransfers durch Patente und Normen) fortgesetzt. Im Rahmen dieser Programme werden die geförderten Hochschulen und Forschungseinrichtungen bei Patentierungs- und Verwertungsprozessen finanziell unterstützt. Voraussetzung für die Förderung ist die Zusammenarbeit mit einer Patentverwertungsagentur. Das Ziel dieser Reformen und Förderprogramme ist die Schaffung von Verwertungsanreizen, die Stimulierung und Effizienzsteigerung von Wissens- und Technologietransfers sowie die Erschließung intellektueller Ressourcen an Hochschulen (Cuntz et al., 2012; Kulicke et al., 2014, 2019).

498. Trotz der Initiativen ist die Anzahl der **Patentanmeldungen für Hochschulerfindungen** seit dem Jahr 2000 **gesunken**. Eine mögliche Erklärung für den Rückgang könnte sein, dass der Fokus der Hochschulen auf der für ihre Reputation und die Karriereaussichten der Forschenden wichtigeren Publikationsintensität liegt. Tatsächlich ist diese im Gegensatz zur Patentintensität deutlich gestiegen (Cuntz et al., 2012; Kulicke et al., 2019). Auffällig ist jedoch, dass selbst die Anzahl der Patente, die aus Kooperationen von Hochschulen mit Unternehmen entstanden sind, zurückgegangen ist (Cuntz et al., 2012). Die Anzahl der Patente durch **akademische Ausgründungen** hat jedoch nicht abgenommen (Tischler und Walter, 2014).
499. **Ausgründungen** aus Forschungseinrichtungen und Universitäten können ein **Kanal** dafür sein, den **Wissens- und Technologietransfer** zu stärken und sind in den USA eine wichtige Quelle regionalen Wachstums (Shane, 2004). Universitäten sind dabei über Lizenzeinnahmen aus Patenten sowie über direkte Beteiligungen am Erfolg der Unternehmen beteiligt. Die Stanford University und die Harvard University gründeten im vergangenen Jahr 22 beziehungsweise 14 Start-ups oder beteiligten sich an ihnen. Sie schlossen 119 beziehungsweise 45 Lizenzvereinbarungen ab. Im Jahr 2019 gründete das Massachusetts Institute of Technology (MIT) 25 Start-ups oder beteiligte sich an ihnen und schloss 112 Lizenzvereinbarungen ab. In geografischer Nähe zu diesen Universitäten entwickelten sich mit dem Silicon Valley im Bereich Computerwissenschaften und dem Kendall Square im Bereich Biotechnologie weltweit erfolgreiche Innovationscluster. Außerhalb der USA und Deutschlands gelten Institutionen wie das Imperial College in London, die ETH Zürich, die EPF Lausanne sowie das israelische Weizmann Institute of Science als Best Practice-Beispiele für den Technologietransfer.
500. Für Deutschland dokumentiert der **Gründungsradar des Stifterverbands** (Frank und Schröder, 2018) eine steigende Anzahl der Gründungen an Hochschulen zwischen den Jahren 2012 und 2017. Die Gründungen finden überwiegend in Bereichen wie IT-Dienstleistungen, Medizintechnik sowie Umwelt-, Klima- und Energietechnologie statt. Dabei gehen nach Angaben der Befragten etwa 43 % der Gründungen auf einen Wissens- oder Technologietransfer aus der Universität zurück und 13 % basieren auf konkreten Schutzrechten.

Für die Gründungsaktivität an Hochschulen spielt die **Gründungsförderung** eine wichtige Rolle. Der überwiegende Teil der Hochschulen konnte seine Gründungsförderung in den vergangenen Jahren verbessern. Einen wichtigen Beitrag

dazu haben das Programm „EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft“, das vom Bundesministerium für Wirtschaft und Energie (BMWi) gefördert wird, und das Programm StartUpLab@FH, das vom Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF) initiiert wurde, geleistet. Studentinnen und Studenten sowie Absolventinnen und Absolventen sind an über 50 % beziehungsweise an 43 % aller Ausgründungen beteiligt, das wissenschaftliche Personal nur an rund 20 % (Frank und Schröder, 2018). Auch in anderen Staaten wie Schweden und den USA geht der Großteil der Ausgründungen auf Absolventinnen und Absolventen zurück (Åstebro et al., 2012).

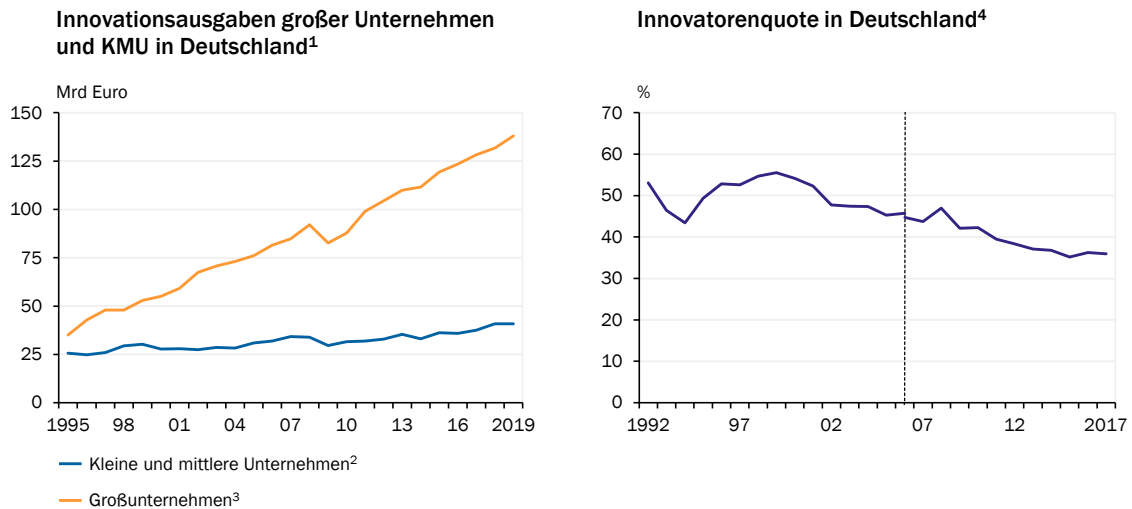
501. Um die Gründungsaktivität an deutschen Universitäten zu erhöhen, sollte das Gründungsthema stärker in der **Leitaufgabe** Wissens- und Technologietransfer verankert werden (Kulicke und Berghäuser, 2017), ohne dass dies auf Kosten der Exzellenz in der Forschung geschieht. [↪ ZIFFERN 496 UND 591](#) Zudem scheint es Gründungsinteressierten häufig an betriebswirtschaftlicher Expertise zu fehlen. Hier können Qualifizierungsangebote von Hochschulen und Mentorenprogramme von **Inkubatoren** (zum Beispiel Gründerzentren, Technologietransferstellen von Universitäten und großen Forschungsorganisationen) einen wichtigen Beitrag leisten (acatech, 2012).

2. Innovationstätigkeit in Unternehmen

502. Private FuE macht in den meisten entwickelten Volkswirtschaften mehr als zwei Drittel der gesamten FuE-Ausgaben aus. [↪ ZIFFER 493](#) Unternehmen treiben insbesondere die Entwicklung marktreifer Produkte aus technischen Erfindungen voran. In den vergangenen Jahrzehnten sind die privaten Ausgaben für FuE in Deutschland absolut und in Relation zur Wirtschaftsleistung gestiegen. [↪ ZIFFER 493](#) Gleichzeitig ist eine zunehmende **Konzentration von Innovationsausgaben auf große Unternehmen** zu beobachten. Innovationsausgaben umfassen zusätzlich zu FuE-Ausgaben weitere Aufwendungen zum Erwerb von Maschinen, Anlagen, Software und externem Wissen, sofern sie zur Entwicklung, zur Produktion oder zum Vertrieb von Innovationen beitragen (Rammer et al., 2020a). Große Unternehmen mit mehr als 500 Beschäftigten haben ihre Innovationsausgaben über die vergangenen 25 Jahre deutlich stärker gesteigert als kleine und mittlere Unternehmen (KMU) mit weniger als 500 Beschäftigten. In der Regel wird in diesem Kapitel der KMU-Definition von Eurostat gefolgt, nach der Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten sowie einem Jahresumsatz von weniger als 50 Mio Euro oder einer Bilanzsumme von weniger als 43 Mio Euro als KMU definiert sind. Wenn von dieser Definition abgewichen wird, wie im Fall der, [↪ ABBILDUNG 76 LINKS](#) ist dies gekennzeichnet. Der Anteil an deutschen Unternehmen mit Produkt- oder Prozessinnovationen in den vergangenen drei Jahren (Innovatorenquote) ist seit der Jahrtausendwende stetig gesunken. [↪ ABBILDUNG 76 RECHTS](#)

ABBILDUNG 76

Innovationsausgaben großer Unternehmen steigen stark – Innovatorenquote sinkt



1 – Für das Jahr 2019 Planzahlen aus dem Frühjahr/Sommer 2019. 2 – 5 bis 499 Beschäftigte. 3 – Ab 500 Beschäftigte. 4 – Anteil der Unternehmen mit Produkt- oder Prozessinnovationen nach Oslo Manual (OECD und Eurostat, 2005). Bruch in der Zeitreihe zwischen 2005 und 2006 durch Veränderung des Berichtskreises und Umstellung der Wirtschaftszweigklassifikation von WZ 2003 auf WZ 2008 sowie durch Veränderung der Grundgesamtheit durch Umstellung von Fachstatistiken des Statistischen Bundesamts beziehungsweise Verbandsstatistiken auf das Unternehmensregister des Statistischen Bundesamts.

Quellen: Mannheimer Innovationspanel (MIP), ZEW

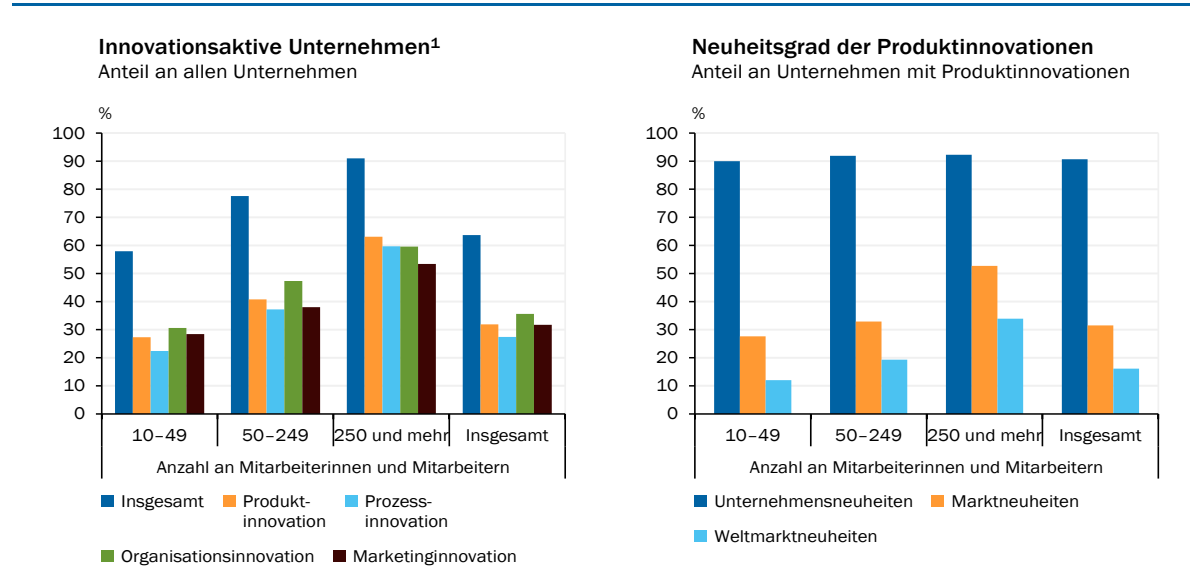
© Sachverständigenrat | 20-477

Die Rolle von KMU und Großunternehmen im Innovationsprozess

- 503. Großunternehmen und KMU** unterscheiden sich erheblich in ihrer Innovationsbeteiligung, sowohl hinsichtlich des Umfangs als auch der **Art ihrer Innovationsaktivitäten**. Deutlich zeigt sich dies bei der Beteiligung an FuE. Während viele KMU keine FuE-Aktivitäten betreiben, steigt der Anteil von Unternehmen, die dies tun, mit der Unternehmensgröße an. So betrieben im Zeitraum von 2016 bis 2018 beispielsweise in Deutschland etwa zwei Drittel aller Unternehmen mit mehr als 1 000 Beschäftigten kontinuierlich FuE (Rammer et al., 2020a).
- 504.** Große Unternehmen haben im Vergleich zu kleineren Unternehmen tendenziell stärkere Anreize, **Prozessinnovationen** voranzutreiben, da die Kosteneinsparungen dieser Innovationen bei einer größeren Produktionsmenge höher ausfallen (Cohen und Klepper, 1996). Dies ist insbesondere bei der Digitalisierung vieler Prozesse der Fall, da diese Innovationen mit hohen Fixkosten verbunden und leicht skalierbar sind. [ZIFFER 568](#) Zudem führen größere Unternehmen öfter Organisations- und Marketinginnovationen sowie **Produktinnovationen** ein. [ABBILDUNG 77 LINKS](#) Unter allen Unternehmen, die Produktinnovationen einführen, ist bei großen Unternehmen der Anteil der Unternehmen, die eine Marktneuheit oder eine Weltmarktneuheit einführen, [ZIFFER 509](#) größer als bei kleinen Unternehmen. [ABBILDUNG 77 RECHTS](#) Zudem ist der Umsatzanteil, den große Unternehmen mit Marktneuheiten erzielen, höher als bei KMU (Rammer et al., 2020a). Innovationen werden in deutschen KMU also weniger über die eigene Entwicklung als über die Diffusion und Adaption neuer Technologien getrieben.

ABBILDUNG 77

Höhere Innovationsbeteiligung und höherer Neuheitsgrad bei großen Unternehmen im Jahr 2016



1 – Unternehmen, die in den Jahren 2014 bis 2016 Innovationsaktivitäten des jeweiligen Typs durchgeführt haben, unabhängig davon, ob diese in die Markteinführung neuer/verbesserter Produkte oder die Implementierung neuer/verbesserter Verfahren mündeten.

Quelle: Mannheimer Innovationspanel (MIP) 2017, ZEW

© Sachverständigenrat | 20-493

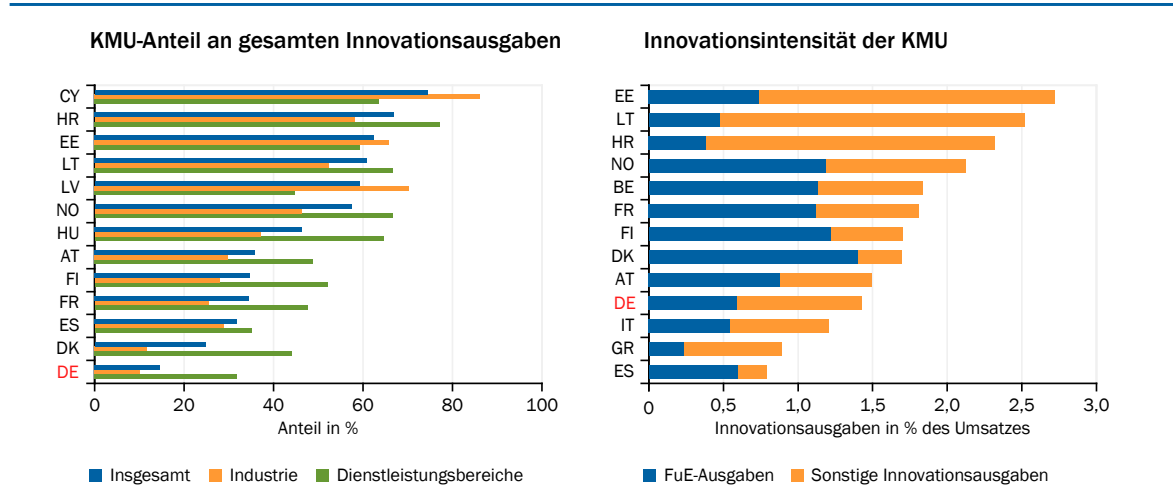
505. In der Vergangenheit waren **Großunternehmen** stärker in der **Grundlagenforschung** aktiv als heute. Für US-amerikanische Unternehmen beobachtet man seit Beginn der 1980er-Jahre eine Reduktion **zugunsten angewandter Forschung** (Arora et al., 2018). Gleichzeitig beziehen sich von Unternehmen angemeldete Patente zunehmend auf wissenschaftliche Publikationen (Marx und Fuegi, 2020). Solche wissenschaftsnahen Patente sind besonders wertvoll und weisen einen hohen Neuheitsgehalt auf (Schnitzer und Watzinger, 2019). Der Anteil von Patenten, die auf öffentlich finanzierter Forschung fußen, nimmt zu (Fleming et al., 2019), was auf den hohen Stellenwert öffentlicher FuE-Investitionen hindeuten könnte.
506. Größeren Unternehmen bieten sich über eigene, intern durchgeführte FuE-Aktivitäten hinaus **weitere Innovationsstrategien**. So kann Wissen von innovativen Neugründungen in der Frühphase durch **unternehmenseigene Wagniskapitalfinanzierungen von Start-ups** (Corporate Venture Capital) und später durch **Übernahmen** akquiriert werden. [ZIFFER 520](#) Durch unternehmenseigenes Wagniskapital finanzierte Neugründungen sind in den USA tendenziell innovativer als über klassisches Wagniskapital finanzierte (Chemmanur et al., 2014). Ein aktiver Markt für Übernahmen kann die Exit-Optionen und damit die Anreize kleinerer Unternehmen verbessern, in Innovationen zu investieren (Phillips und Zhdanov, 2013). Es besteht allerdings die Gefahr, dass große Unternehmen potenzielle Wettbewerber übernehmen, um konkurrierende Innovationsprojekte zu stoppen (Cunningham et al., 2020).

Innovationsaktivitäten deutscher KMU im europäischen Vergleich

507. **Deutsche KMU tragen** im europäischen Vergleich relativ zu größeren Unternehmen **wenig zur Innovationsaktivität bei**. [ABBILDUNG 78 LINKS](#) Dies gilt

↳ ABBILDUNG 78

Deutsche KMU¹ stellen geringen Anteil der Innovationsausgaben und sind wenig innovationsintensiv²



1 – Unternehmen mit 10 bis 249 Beschäftigten. 2 – AT-Österreich, BE-Belgien, CY-Zypern, DE-Deutschland, DK-Dänemark, EE-Estland, ES-Spanien, FI-Finnland, FR-Frankreich, GR-Griechenland, HR-Kroatien, HU-Ungarn, IT-Italien, LT-Litauen, LV-Lettland, NO-Norwegen.

Quellen: Eurostat Community Innovation Survey 2016, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-268

gleichermaßen für den Dienstleistungssektor wie für die Industrie. Der hohe Anteil großer Unternehmen an den deutschen FuE-Ausgaben erklärt sich zum einen mit ihrem hohen Anteil an der Wertschöpfung. Daher wäre selbst bei gleicher Innovationsintensität, also dem Verhältnis zwischen FuE-Ausgaben und Umsatz, für die verschiedenen Unternehmensgrößen eine stärkere Konzentration der FuE-Ausgaben auf größere Unternehmen zu erwarten. Zum anderen ist aber die Innovationsintensität deutscher KMU im europäischen Vergleich geringer als in vielen anderen Staaten. ↳ ABBILDUNG 78 RECHTS



Der **Community Innovation Survey (CIS)** ist eine im Auftrag der EU durch Institutionen in den Mitgliedstaaten durchgeführte europaweite Umfrage zur Innovationstätigkeit im Unternehmenssektor, die im zweijährigen Rhythmus stattfindet. Die Unternehmen werden zu Innovationsaktivitäten der vergangenen drei Jahre befragt. Maße zur Innovationstätigkeit basieren auf der Innovationsdefinition des Oslo Manual (OECD und Eurostat, 2019). Dabei werden Innovationsaktivitäten wie Produkt-, Prozess-, Marketing- oder Organisationsinnovationen sowie FuE-Aktivitäten und FuE-Ausgaben erfasst. Der Neuheitsgrad von Innovationen wird ebenso ermittelt wie die Innovationsstrategien und die Finanzierung der Innovationen. Für nichtinnovative Unternehmen werden Innovationshemmnisse ermittelt. Dies erlaubt eine umfassende Analyse der Innovationstätigkeit europäischer Unternehmen nach Land und Wirtschaftszweig.

508. Ein Grund für die beobachtete **geringe Innovationsintensität der KMU** könnte in der **deutschen Wirtschaftsstruktur** liegen. So könnten in Deutschland Wirtschaftszweige einen hohen Anteil der Wertschöpfung ausmachen, in denen KMU wenig innovationsintensiv sind. Zur Untersuchung dieser Hypothese wird auf Unternehmensebene die Innovationsintensität innovationsaktiver KMU gleichzeitig mit dem Staat des Unternehmenssitzes und dem Wirtschaftszweig

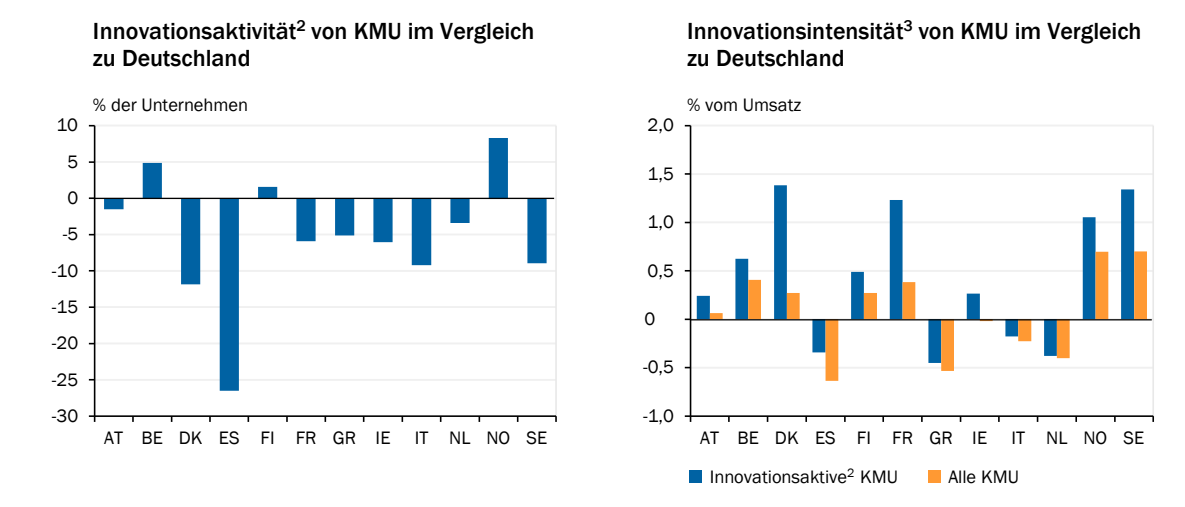
korreliert, in dem das Unternehmen aktiv ist. Die Berücksichtigung des Wirtschaftszweigs verändert die Korrelation zwischen Unternehmenssitzland und Innovationsintensität kaum. [ABBILDUNG 97 ANHANG LINKS](#)

Selbst unter Berücksichtigung der wirtschaftszweigspezifischen Innovationsintensität weisen innovationsaktive KMU in Deutschland eine deutlich geringere Innovationsintensität als in den meisten anderen europäischen Ländern auf. Ein Grund dafür könnte sein, dass es in Deutschland bis zur Einführung der steuerlichen FuE-Förderung im Jahr 2020 im Gegensatz zu vielen anderen Mitgliedstaaten keine indirekte öffentliche Forschungsförderung gab und dadurch das Gesamtvolumen öffentlicher Förderung geringer war (EFI, 2016). Gleichzeitig ist allerdings der **Anteil deutscher KMU, die überhaupt Innovationsaktivitäten durchführen, deutlich höher** als in anderen europäischen Ländern. [ABBILDUNG 79 LINKS](#) Diese Schlussfolgerung ist ebenfalls **unabhängig von der Wirtschaftsstruktur** des jeweiligen Landes. [ABBILDUNG 97 ANHANG RECHTS](#) Die durchschnittliche Innovationsintensität von innovationsaktiven KMU in Deutschland liegt noch deutlicher unter der in anderen Staaten als die Innovationsintensität aller KMU. [ABBILDUNG 79 RECHTS](#)

509. Neben der Innovationsbeteiligung und den Forschungsinputs der KMU ist die **Qualität erfolgreicher Innovationen** eine wichtige Kennzahl für deren Innovationsstärke. Eine Maßzahl für die Qualität von Innovationen bei Produktinnovationen ist deren **Neuheitsgrad**. Bezieht man den Neuheitsgrad auf den von den KMU jeweils bedienten Markt, so stellt man fest, dass deutsche KMU im Vergleich zu KMU aus anderen europäischen Ländern seltener Marktneuheiten einführen. [ABBILDUNG 80 LINKS](#) Allerdings sind deutsche KMU möglicherweise in geografisch größeren Märkten mit mehr Wettbewerbern aktiv. Das könnte erklären, warum in Bezug auf diese Märkte deutsche KMU vergleichsweise seltener eine

[ABBILDUNG 79](#)

Deutsche KMU¹ sind vergleichsweise häufig innovationsaktiv, aber weniger innovationsintensiv



1 – Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten. AT-Österreich, BE-Belgien, DK-Dänemark, ES-Spanien, FI-Finnland, FR-Frankreich, GR-Griechenland, IE-Irland, IT-Italien, NL-Niederlande, NO-Norwegen, SE-Schweden. 2 – Ein Unternehmen gilt als innovationsaktiv, wenn es in den vergangenen Jahren eine Produkt-, Prozess-, Marketing- oder Organisationsinnovationsaktivität durchgeführt hat. Wert für Deutschland: 62,3 %. 3 – Die Innovationsintensität gibt den Anteil der Innovationsausgaben am Umsatz an. Wert für Deutschland: 1,9 %.

Quellen: Eurostat Community Innovation Survey 2016, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-575

Marktneuheit einführen. Bezieht man den Neuheitsgrad alternativ für alle Unternehmen auf den gleichen Markt, den Weltmarkt, fällt der Vergleich etwas positiver aus. Zwar führen im europäischen Vergleich **deutsche KMU**, die eine Produktinnovation einführen, ebenfalls mit **geringerer Wahrscheinlichkeit** eine **Weltmarktneuheit** ein, allerdings sind die Unterschiede deutlich geringer als bei der Einführung von Marktneuheiten.

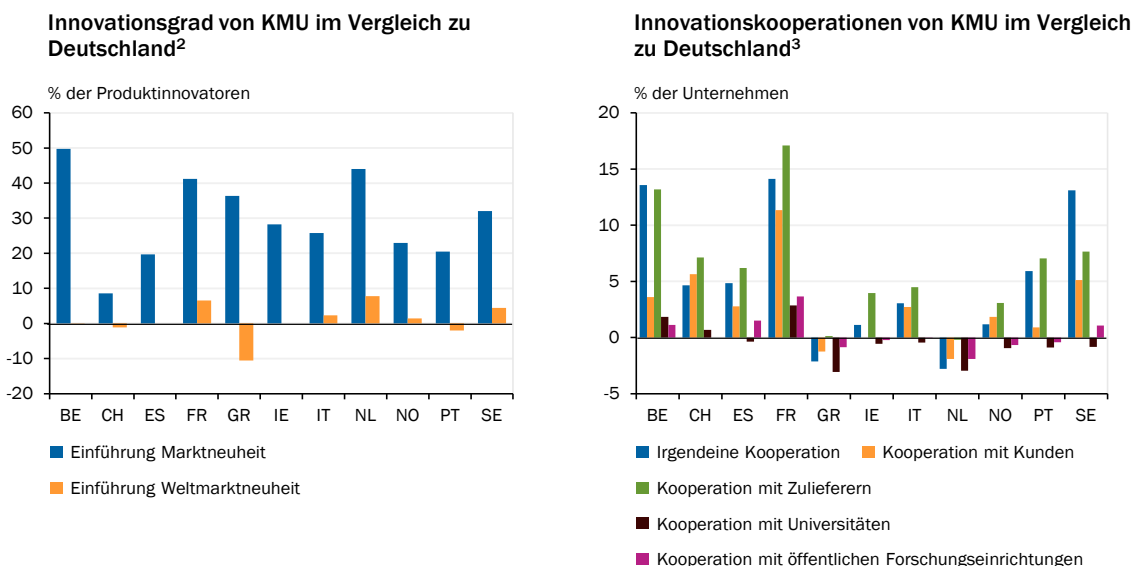


Im CIS werden Unternehmen zum **Neuheitsgrad ihrer Produktinnovationen** befragt. Produktinnovationen können als Unternehmensneuheit, Marktneuheit, nationale Neuheit, europäische Neuheit oder Weltmarktneuheit klassifiziert werden. Unternehmen werden dazu befragt, auf welchem geografischen Markt sie aktiv sind. Eine Produktinnovation wird als **Marktneuheit** bezeichnet, wenn sie noch von keinem anderen Unternehmen auf diesem, für das Unternehmen relevanten, Markt angeboten wurde. Eine **Unternehmensneuheit** muss dagegen nur für das befragte Unternehmen neu sein, kann also bereits von anderen Unternehmen auf diesem Markt angeboten worden sein. **Nationale, europäische und Weltmarktneuheiten** beziehen sich unabhängig von dem für das jeweilige Unternehmen relevanten Markt darauf, ob ein Produkt auf dem jeweiligen geografischen Markt bereits von einem anderen Unternehmen angeboten wurde.

- 510.** Ein besonderes **Innovationshemmnis für KMU ist die Unteilbarkeit von FuE-Projekten** und die daraus resultierenden Mindestprojektgrößen (Rammer et al., 2016). Dies führt dazu, dass KMU nur wenige FuE-Projekte gleichzeitig durchführen können. Zudem reduziert die Bindung finanzieller Mittel die Inno-

ABBILDUNG 80

Deutsche KMU¹ führen seltener Marktneuheiten ein und kooperieren seltener mit Kunden oder Zulieferern



1 – Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten. BE-Belgien, CH-Schweiz, ES-Spanien, FR-Frankreich, GR-Griechenland, IE-Irland, IT-Italien, NL-Niederlande, NO-Norwegen, PT-Portugal, SE-Schweden. 2 – Die Anteile für Deutschland (Basislinie) sind 29,2 % für die Einführung von Marktneuheiten und 14,2 % für die Einführung von Weltmarktneuheiten. Für Spanien und Irland liegen keine Daten für die Einführung von Weltmarktneuheiten vor. 3 – Die Anteile für Deutschland (Basislinie) sind 8,5 % für irgendeine Kooperation; 3,3 % für eine Kooperation mit Kunden; 3,0 % für eine Kooperation mit Zulieferern; 5,2 % für eine Kooperation mit Universitäten und 2,5 % für eine Kooperation mit öffentlichen Forschungseinrichtungen.

Quellen: Eurostat Community Innovation Survey 2016, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-576

vationsaktivitäten, die der FuE nachgelagert und für eine erfolgreiche Markteinführung notwendig sind. Außerdem können KMU im Gegensatz zu größeren Unternehmen ihr Risiko nicht durch eine größere Anzahl an Projekten diversifizieren. Nicht zuletzt sind für kontinuierliche FuE notwendige FuE-Abteilungen mit hohen Fixkosten verbunden. Dies erhöht die Durchschnittskosten je Projekt, aufgrund der geringeren Anzahl an FuE-Projekten.

511. Eine Möglichkeit, diese Hemmnisse zu überwinden, besteht in **Forschungsoperationen** mit anderen Unternehmen oder mit öffentlichen Einrichtungen. Im europäischen Vergleich gehen deutsche KMU weder mit besonders hoher noch mit besonders niedriger Wahrscheinlichkeit Kooperationen ein. [ABBILDUNG 80 RECHTS](#) Bei der Wahl der Kooperationspartner zeigen sich unterschiedliche Muster in den betrachteten Ländern. Deutsche KMU gehen weniger Kooperationen mit Kunden und Zulieferern ein als KMU in anderen Ländern. Relativ zu anderen Ländern ist die Kooperation mit Universitäten in Deutschland stärker ausgeprägt als die Kooperation mit Zulieferern oder Kunden.

Humankapital als Voraussetzung für Innovationen in Unternehmen

512. Gut ausgebildete Beschäftigte sind essenziell für die Innovationsbeteiligung und den -erfolg von Unternehmen. Beide Maße sind positiv mit dem Anteil der Beschäftigten mit Universitätsabschluss korreliert. Ein entsprechender Mangel kann ein Hemmnis für die Einführung neuer Technologien und Innovationsprojekte darstellen (Acemoglu, 1998). In den vergangenen Jahren haben sich in Deutschland **Fachkräfteengpässe** als immer wichtigeres **Hemmnis für die Innovationstätigkeit** herauskristallisiert, insbesondere für größere Unternehmen. Gaben Mitte der 2000er-Jahre nur rund 10 % der nicht innovationsaktiven Unternehmen an, aufgrund von fehlenden Fachkräften keine Innovationsprojekte durchzuführen, lag dieser Anteil zuletzt bei 34 % (Rammer et al., 2020a). Insbesondere in den technologieintensiven Branchen wie der Elektroindustrie, dem Maschinenbau und der IKT wurde dies als Innovationshemmnis angeführt. Die Engpassanalyse der Bundesagentur für Arbeit (BA) für das Jahr 2019 zeigt Engpässe für Fachkräfte in technischen Berufsfeldern und im IKT-Bereich an.
513. Lange galt primär eine akademische Ausbildung als Treiber für Innovationen (Aghion, 2008; Aghion et al., 2009, 2010). Inzwischen zeigen neuere Studien, dass darüber hinaus die duale **berufliche Ausbildung** das **Innovationsgeschehen** positiv beeinflusst (Backes-Gellner, 2017; Rupietta und Backes-Gellner, 2019; Horbach und Rammer, 2020). Die Einführung und Diffusion neuer Techniken, Technologien und Verfahren erfolgt im dualen Ausbildungssystem sowie in der Weiterbildung durch eine **Modernisierung der Lehrpläne** (Curricula), damit generelle und betriebsspezifische Fähigkeiten vermittelt werden können, die den **Umgang mit neuen innovativen Technologien ermöglichen** (Eggenberger et al., 2018). In Deutschland hat das Bundesinstitut für Berufsbildung (BIBB) unter anderem die Modernisierung und Entwicklung der beruflichen Ausbildung zur Aufgabe. Dazu gehört die Umsetzung zum Jahresanfang 2019 vom BMBF initiierten Förderprogramms „Zukunft gestalten – Innovationen für eine

exzellente berufliche Bildung“ (InnoVET). Dieses Programm soll Innovationscluster fördern und in diesen neue Angebote zur Aus- und Weiterbildung entwickeln und testen.

Finanzierung von Innovationen in Unternehmen

514. Größere etablierte Unternehmen können zur Finanzierung von Innovationen leichter auf Rücklagen durch einbehaltene Gewinne zurückgreifen und Bankkredite durch laufende Umsätze und besicherbare Vermögenswerte absichern. [↗ ZIFFER 492](#) Junge und innovative Unternehmen müssen dagegen oft auf interne Finanzmittel und externes Eigenkapital zurückgreifen (Brown et al., 2009), etwa in Form von Wagniskapital. [↗ ZIFFER 520](#) Den stärkeren **Finanzierungshemmnissen junger innovativer Unternehmen** kann **durch staatliche Forschungsförderung begegnet werden**. So zeigt Howell (2017) für die USA, dass junge Unternehmen, die mit staatlicher Forschungsförderung finanzierte Prototypen entwickeln, mit höherer Wahrscheinlichkeit eine Wagniskapitalfinanzierung erhalten, mehr Patente anmelden und höhere Umsätze aufweisen. Führt staatliche Forschungsförderung zur Entwicklung von Patenten, kann dies ebenfalls zukünftige Finanzierungshemmnisse verringern, wenn Patente als Sicherheiten für Kredite eingesetzt werden (Mann, 2018).
515. Neben der direkten Forschungsförderung kann die **steuerliche Begünstigung von FuE-Aufwendungen** ebenfalls Anreize für Innovationsaktivitäten setzen. Die indirekte steuerliche Forschungsförderung ergänzt die direkte Förderung und hat den Vorteil einer höheren Planungssicherheit für Unternehmen, eines geringeren administrativen Aufwands und der technologieneutralen Ausgestaltung (Harhoff et al., 2019). Empirische Studien, die quasi-experimentelle Designs nutzen (Bloom et al., 2002, 2019b) sowie Panelstudien (OECD, 2020a) lassen darauf schließen, dass die steuerliche Forschungsförderung zu einem Anstieg von FuE-Inputs und Outputs führt. Allerdings besteht die Gefahr von Mitnahmeeffekten, etwa durch eine Klassifizierung von Ausgaben als FuE-Ausgaben, die keine FuE im eigentlichen Sinne sind (Chen et al., 2018; JG 2018 Ziffer 604). Dies dürfte aber insbesondere bei größeren Unternehmen von Bedeutung sein (Falck et al., 2019a), die umfangreichere Möglichkeiten zur Steuervermeidung haben.
516. **Deutschland hat im Jahr 2020 mit dem Forschungszulagengesetz** (Gesetz zur steuerlichen Förderung von Forschung und Entwicklung) **erstmals eine steuerliche Forschungsförderung eingeführt** und folgt damit vielen anderen OECD-Staaten (OECD, 2020a). Bis zu einem förderfähigen Aufwand von 2 Mio Euro können eigenbetriebliche Forschungsausgaben sowie Auftragsforschung (mit 60 % der Aufwendungen) mit einer Zulage in Höhe von 25 % der Aufwendungen gefördert werden. Durch die Begrenzung auf 2 Mio Euro begünstigt diese Ausgestaltung vor allem KMU. Die Berücksichtigung von Auftragsforschung trägt der Tatsache Rechnung, dass viele KMU mit externen Partnern zusammenarbeiten. Mit dem Konjunkturpaket wurde der maximale förderfähige Aufwand auf 4 Mio Euro erhöht, was vor allem größeren mittelständischen Unternehmen zugutekommen dürfte, da die FuE-Aufwendungen der meisten KMU deutlich unter 2 Mio Euro liegen (Frietsch et al., 2019). [↗ ZIFFER 588](#)

517. Über die steuerliche Forschungsförderung hinaus beeinflussen **allgemeine steuerliche Rahmenbedingungen** die Innovationsentscheidungen von Unternehmen und Forschenden (Akcigit und Stantcheva, 2020). Für die USA zeigen Akcigit et al. (2018), dass höhere Einkommen- und Unternehmensteuern in einem Bundesstaat zu einer geringeren Patentierungsaktivität und -qualität sowie einer Abwanderung von Forschenden führen. Diese Effekte fallen schwächer aus, wenn der Forschungsstandort aus anderen Gründen attraktiv ist, etwa der Konzentration anderer Forscher im gleichen Technologiegebiet. Curtis und Decker (2018) zeigen zudem, dass höhere Unternehmensteuern zu geringerer Gründungsaktivität führen.

Dass Verluste nur gegen aktuelle und zukünftige Gewinne steuerlich geltend gemacht werden können, reduziert die Attraktivität riskanter Projekte, insbesondere für junge innovative Unternehmen, die bislang keine Gewinne erwirtschaften. Dies beeinflusst die Wahl von Innovationsprojekten, sodass tendenziell **weniger riskante Projekte mit geringeren Anfangsinvestitionen** und hohen Erfolgswahrscheinlichkeiten gegenüber riskanteren Projekten mit geringeren Erfolgswahrscheinlichkeiten, aber höheren Renditen im Erfolgsfall vorgezogen werden (Haufler et al., 2014). Des Weiteren könnte die steuerliche Privilegierung von Fremd- gegenüber Eigenkapital (Feld et al., 2013) angesichts der hohen Bedeutung von Eigenkapital bei der Finanzierung von Innovationen hemmend auf die Innovationstätigkeit wirken.

3. Innovationsaktivität von Gründungen

518. **Unternehmensgründungen** spielen eine wichtige Rolle für die Wirtschaftsdynamik, den Strukturwandel (Dent et al., 2016) und das Produktivitätswachstum (JG 2019 Ziffer 183). Allerdings wächst nur ein kleiner Anteil aller Gründungen substanziell und trägt zur Schaffung von Arbeitsplätzen und zum **gesamtwirtschaftlichen Wachstum** bei (Sedláček und Sterk, 2017; Pugsley et al., 2020). Viele Charakteristika der Unternehmensgründerinnen und -gründer sowie der Unternehmen, die auf ein späteres Wachstum schließen lassen, sind bereits zum Gründungszeitpunkt beobachtbar (Guzman und Stern, 2016, 2020). Gerade junge innovationsaktive Unternehmen sind besonders wachstumsstark und tragen zum gesamtwirtschaftlichen Wachstum bei (Stam und Wennberg, 2009; Helmers und Rogers, 2011; Egelin et al., 2012; Graham et al., 2018). Dem gezielten Abbau von Hürden für die Gründung und das Wachstum von innovationsaktiven Unternehmen kommt deshalb eine entscheidende Rolle zu.
519. Die **Gründungsaktivität** in Deutschland ist im internationalen Vergleich **gering** und die Gründungsraten sind seit Anfang der 2000er-Jahre rückläufig (JG 2019 Ziffern 184 ff.). Es ist allerdings unklar, ob dies vor allem auf Unternehmen mit geringem Wachstumspotenzial zurückzuführen ist oder ob, wie in den USA (Pugsley et al., 2020), weniger Wachstumsunternehmen gegründet werden. Einerseits legen Umfragedaten aus dem ZEW-Gründungspanel nahe, dass der Rückgang der Gründungszahlen mit einem Rückgang innovationsaktiver Start-

ups einhergeht (Berger et al., 2019). Andererseits deutet der KfW-Gründungsmonitor darauf hin, dass die Anzahl und der Anteil digitaler wachstumsorientierter Gründungen mit Start-up-Merkmalen gestiegen ist (Metzger, 2020a).



Bei der Betrachtung von Gründungen muss zwischen den umgangssprachlich teils synonym verwendeten Begriffen der **Existenzgründung**, der **Unternehmensgründung** und der **Start-up-Gründung** unterschieden werden. Eine Existenzgründung beschreibt die gewerbliche Realisierung beruflicher Selbständigkeit, wozu nicht notwendigerweise ein Gewerbe angemeldet werden muss. Eine Unternehmensgründung ist durch die Schaffung einer rechtlich eigenständigen neuen Wirtschaftseinheit charakterisiert. Viele Unternehmensgründungen sind nicht wachstumsorientiert, schaffen kaum neue Arbeitsplätze und sind daher gesamtwirtschaftlich wenig relevant. Bei einer Start-up-Gründung handelt es sich um die Gründung eines neuen wachstumsorientierten Unternehmens mit einem innovativen Geschäftsmodell. Aufgrund einer fehlenden Legaldefinition findet eine Identifizierung von Start-ups in administrativen Daten auf Grundlage von Beschäftigten- und Umsatzzahlen oder Forschungsorientierung statt. In Umfragedaten werden Start-ups durch Fragen zu Innovations- und Wachstumsorientierung identifiziert (Metzger, 2020b).

520. Junge Wachstumsunternehmen, insbesondere innovative Unternehmen, finanzieren sich oft über **Wagniskapital**. Finanzierende Beteiligungsgesellschaften sind besonders gut in der Lage, bestehende Anreiz- und Kontrollprobleme zu verringern (JG 2019 Ziffern 132 ff.). Beteiligungskapital kann einen wichtigen **Beitrag zur Entwicklung und zum späteren Erfolg von innovativen Wachstumsunternehmen** leisten (Gompers und Lerner, 2001; Samila und Sorenson, 2011). Zudem generieren Innovationsaktivitäten wagniskapitalfinanzierter Unternehmen substanzielle positive Wissensexternalitäten auf die Patentierungsaktivitäten anderer Unternehmen. Die Wissensexternalitäten von Wagniskapitalinvestitionen sind um ein Vielfaches höher als die Wissensexternalitäten von FuE-Investitionen etablierter Unternehmen (Schnitzer und Watzinger, 2020).
521. Im Vergleich zu anderen entwickelten Volkswirtschaften ist das **Wagniskapitalaufkommen in Deutschland** bislang deutlich geringer (JG 2019 Ziffern 285 ff.). Nachdem sich das Geschäftsklima auf dem deutschen Beteiligungsmarkt seit der Finanzkrise stetig verbessert hatte, ging es im Zuge der **Corona-Krise** auf einen historischen Tiefstand zurück (Metzger, 2020c). Im Rahmen des Konjunkturpakets wurden spezielle Maßnahmen zur Stützung des Wagniskapitalmarkts beschlossen. Über die Corona Matching Fazilität der KfW und des Europäischen Investitionsfonds werden privaten Wagniskapitalfonds öffentliche Mittel zur Kofinanzierung und Start-ups zusätzliche Mittel über die Landesförderinstitute bereitgestellt. Diese Maßnahmen sind in der aktuellen Lage zu begrüßen. Gleichzeitig macht die hohe Beteiligung öffentlicher Investoren in Deutschland im internationalen Vergleich (Metzger, 2020d) deutlich, dass das private Engagement am Wagniskapitalmarkt gestärkt werden muss.
522. Durch **privates Wagniskapital** finanzierte Start-ups entwickeln sich **tendenziell besser** als durch **öffentliches Wagniskapital** finanzierte (Engel und Heger, 2005; Brander et al., 2010). Beide Beteiligungsarten wirken komplementär.

So zeigen Bertoni und Tykvová (2012) für Europa, dass von privaten Investoren angeführte und gemeinsam mit öffentlichen Investoren durchgeführte Finanzierungen die höchste Patentierungsaktivität aufweisen. Insgesamt stellen öffentliche Investitionen innerhalb der Wagniskapitalfinanzierung eher ein Komplement als ein Substitut für private Investitionen dar, da diese sich vor allem auf Nischen spezialisieren, die für private Investoren weniger interessant sind (Bertoni et al., 2019). Sie investieren im Rahmen der Frühphasenfinanzierung häufig in Unternehmen, deren Technologien und Produkte eine besonders lange Markteinführungszeit haben und einen hohen Ressourceneinsatz erfordern. Die öffentliche Frühphasenfinanzierung könnte analog zur direkten Forschungsförderung Finanzierungsschwierigkeiten bis zur Entwicklung von Prototypen überbrücken.

↗ ZIFFERN 514 FF.

- 523. Wagniskapital von außerhalb Europas** macht einen erheblichen Anteil am europäischen und deutschen Wagniskapitalmarkt aus. Etwa 22 % der zwischen den Jahren 1992 und 2018 durch Wagniskapital finanzierten Unternehmen in Deutschland hatten mindestens einen US-amerikanischen Investor (Woodward, 2019). Unternehmen mit ausländischen Wagniskapitalgebern werden mit höherer Wahrscheinlichkeit an ausländische Unternehmen verkauft oder realisieren einen Börsengang im Ausland (Braun et al., 2019). Ergebnisse aus Schweden legen nahe, dass Unternehmen mit US-amerikanischer Wagniskapitalbeteiligung stärker wachsen und im Inland mehr Arbeitsplätze schaffen als vergleichbare Unternehmen ohne US-amerikanische Beteiligung (Hellmann et al., 2019).

III. POTENZIALE FÜR PRODUKTIVITÄTS- WACHSTUM DURCH DIGITALISIERUNG

- 524.** Querschnittstechnologien zeichnen sich dadurch aus, dass sie in weiten Teilen der Volkswirtschaft eingesetzt werden können und daher ein besonders großes Potenzial haben, das Produktivitätswachstum zu steigern. Aufgrund ihrer breiten Anwendungsmöglichkeiten führen sie in hohem Maße zu positiven Externalitäten (Bresnahan und Trajtenberg, 1995; Jovanovic und Rousseau, 2005). Aktuell dürften insbesondere im Bereich der **Digitalisierung** (digitale statt analoge Informationsverarbeitung, Entwicklung und Nutzung von IKT) noch erhebliche Wachstumspotenziale liegen.
- 525.** Verschiedene **technologische Trends** spielen bei der Digitalisierung eine zentrale Rolle und bilden die Grundlage für neue Geschäftsmodelle. **Cloud-Computing**, also der Bezug dezentraler IT-Ressourcen als Dienstleistung, ermöglicht heute den bedarfsgerechten Einsatz von IKT, ohne dass fixe Kosten anfallen. Große Datenmengen (**Big Data**) aus immer diverseren Quellen stellen einen immer wichtigeren Produktionsfaktor dar. Durch Innovationen auf dem Gebiet der **Künstlichen Intelligenz (KI)**, insbesondere des **Maschinellen Lernens**, ergänzen und stärken Computer heute vermehrt kognitive, zuvor nur von Menschen

ausführbare Aufgaben. Ein wesentlicher Bestandteil der aktuellen technologischen Entwicklung ist darüber hinaus die **Vernetzung und Konnektivität von physischen Objekten**, die unter dem Schlagwort **Vierte Industrielle Revolution (4IR)** diskutiert wird. Im Kontext der Automatisierung der industriellen Produktion wird diese in Deutschland auch als **Industrie 4.0** zusammengefasst. Die deutsche Wirtschaft steht vor der Herausforderung, diese Entwicklungen aufzugreifen, Innovationen und neue Geschäftsmodelle zu entwickeln und digitale Technologien produktivitäts- und wachstumssteigernd einzusetzen. Dabei sind alle Schritte des Innovationsprozesses wichtig.

1. Forschung und Innovation

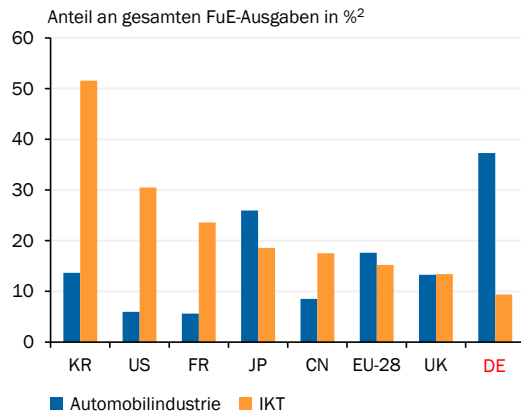
Innovationsaktivität in der deutschen IKT-Branche

526. Für den Digitalisierungsprozess spielt die IKT-Branche, die Hardware-Hersteller sowie IKT-Dienstleister umfasst, eine zentrale Rolle. Die IKT-Branche machte im Jahr 2017 3,7 % der Bruttowertschöpfung in Deutschland aus. In der Republik Korea (9,2 %), den USA (5,9 %) und Japan (5,7 %) generiert die IKT-Branche einen deutlich höheren Bruttowertschöpfungsanteil (Mas et al., 2020). Der Anteil der **FuE-Ausgaben deutscher Unternehmen, die auf die IKT-Branche** entfallen, liegt mit 9 % weit unter dem Wert in der Republik Korea (52 %) und den USA (30 %), und zudem **unterhalb des EU-Durchschnitts** von rund 15 %. Der höchste Anteil der inländischen FuE-Ausgaben entfällt auf die Automobilindustrie, die 37 % der deutschen FuE-Ausgaben auf sich vereint. [↗ ABBILDUNG 81 LINKS](#) Zwar werden auch in Industrien außerhalb der IKT-Branche FuE-Ausgaben für die Entwicklung digitaler Technologien getätigt. Da hierzu keine Daten vorliegen, lässt sich der Umfang von FuE-Ausgaben für IKT in anderen Industrien jedoch nicht abschätzen. Bei der **öffentlich finanzierten IKT-Forschung** liegt Deutschland, gemessen am BIP-Anteil, international ebenfalls nur im **Mittelfeld**. [↗ ABBILDUNG 81 RECHTS](#)
527. Die **Innovationsaktivität** im Bereich der Digitalisierung lässt sich mit **verschiedenen Maßen** erfassen. Die **Innovatorenquote** auf Basis des CIS gibt Aufschluss über den Anteil an Unternehmen, der in den vergangenen drei Jahren mindestens ein für das Unternehmen neues Produkt oder einen neuen Prozess eingeführt hat. Eine weitere Kennzahl für das **Ergebnis des Innovationsprozesses** ist die Anzahl der **Patentanmeldungen** (Pakes und Griliches, 1980). Neben ökonomischen Kompetenzen und computergestützten Informationen bilden Patente einen Teil des **Wissenskapitalstocks** (OECD, 2013), der einen bedeutenden immateriellen Produktionsfaktor darstellt (Adarov und Stehrer, 2019).
528. Die **Innovatorenquote** der deutschen **IKT-Branche liegt im Jahr 2018 bei 59 %**, womit sie eine der innovativsten Branchen in Deutschland ist (Bertschek et al., 2020). Eine höhere Innovatorenquote weisen nur der Fahrzeugbau und die Branche Elektrotechnik/Maschinenbau auf. Die Innovationsaktivitäten in der deutschen IKT-Branche waren in der Vergangenheit in stärkerem Maße von

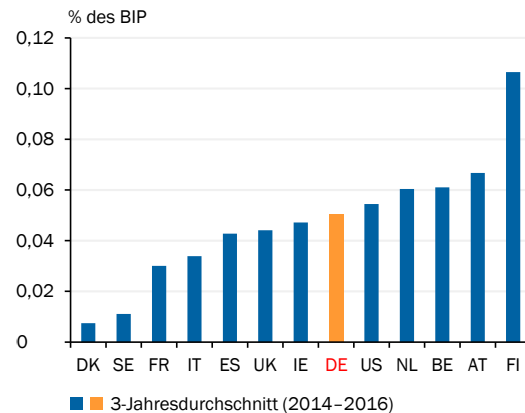
ABBILDUNG 81

Private FuE-Ausgaben nach Branchen und öffentliche IKT-FuE-Quoten im internationalen Vergleich

In Deutschland entfällt im Jahr 2017 ein geringer Anteil der FuE-Ausgaben auf die IKT-Branche, ein hoher Anteil auf die Automobilindustrie¹



Im internationalen Vergleich liegt Deutschland in der öffentlichen IKT-Forschungsförderung im Mittelfeld³



1 – Staaten mit den höchsten FuE-Ausgaben weltweit. KR-Republik Korea, US-USA, FR-Frankreich, JP-Japan, CN-China, EU-28-Europäische Union, UK-Vereinigtes Königreich, DE-Deutschland. 2 – Anteil der FuE-Ausgaben der Unternehmen der jeweiligen Branche an der Summe der FuE-Ausgaben aller Unternehmen. 3 – Aus öffentlichen Mitteln finanzierte FuE-Ausgaben im Bereich Informations- und Kommunikationstechnologie in Relation zum BIP. DK-Dänemark, SE-Schweden, FR-Frankreich, IT-Italien, ES-Spanien, UK-Vereinigtes Königreich, IE-Irland, DE-Deutschland, US-USA, NL-Niederlande, BE-Belgien, AT-Österreich, FI-Finnland.

Quellen: Europäische Kommission, OECD, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-560

Hardware-Herstellern als von IKT-Dienstleistern getrieben. Wie in der Gesamtwirtschaft sank die Innovatorenquote bis zum Jahr 2016 in der IKT-Branche fünf Jahre in Folge, was vor allem auf eine geringere Innovationsneigung kleiner IKT-Unternehmen zurückzuführen war (Weber et al., 2018). [ZIFFERN 503 FF](#). Im Jahr 2017 stieg die Innovatorenquote in der IKT-Branche erstmalig wieder (Bertschek et al., 2020).

Die Rolle Deutschlands in der Vierten Industriellen Revolution

529. Das Europäische Patentamt (EPA) hat Patente zu vernetzten physischen Objekten als zentralen Trend der Digitalisierung unter dem Begriff Vierte Industrielle Revolution klassifiziert (Ménière et al., 2017). Dies ermöglicht eine Abschätzung der **digitalen Erfindungen am aktuellen technologischen Rand**. Eine Betrachtung der 4IR-Patentanmeldungen zwischen den Jahren 1990 und 2016 gibt Aufschluss über das technologische Potenzial und den Grad der Spezialisierung auf diese digitalen Schlüsseltechnologien in Deutschland und im internationalen Vergleich.



Unter dem Schlagwort **Vierte Industrielle Revolution** wird die in den vergangenen Jahren fortschreitende Vernetzung von mit Sensoren und Prozessoren ausgestatteten physischen Objekten und damit verbundenen Anwendungen diskutiert (Schwab, 2017). Das EPA unterscheidet dabei zwischen 16 Technologiefeldern, die in drei Bereiche gegliedert sind. [TABELLE 18 ANHANG](#) Erfindungen im Bereich Basistechnologien, wie zum Beispiel Cloud-Speicher oder Netzwerkprotokolle, bilden die technologische Grundlage für 4IR-Anwendungen. Der Bereich Enabling-Technologien, wie zum Beispiel 3D-Druck, Maschinelles Lernen oder

GPS-basierte Positionsbestimmung, umfasst Erfindungen in Schlüsseltechnologien, die für verschiedene Anwendungen genutzt werden können. Im dritten Bereich werden Technologien aus den anderen beiden Bereichen in Anwendungen kombiniert, beispielsweise in den Feldern Autonomes Fahren, intelligente Robotik, der automatisierten Produktion oder Smart Wearables.

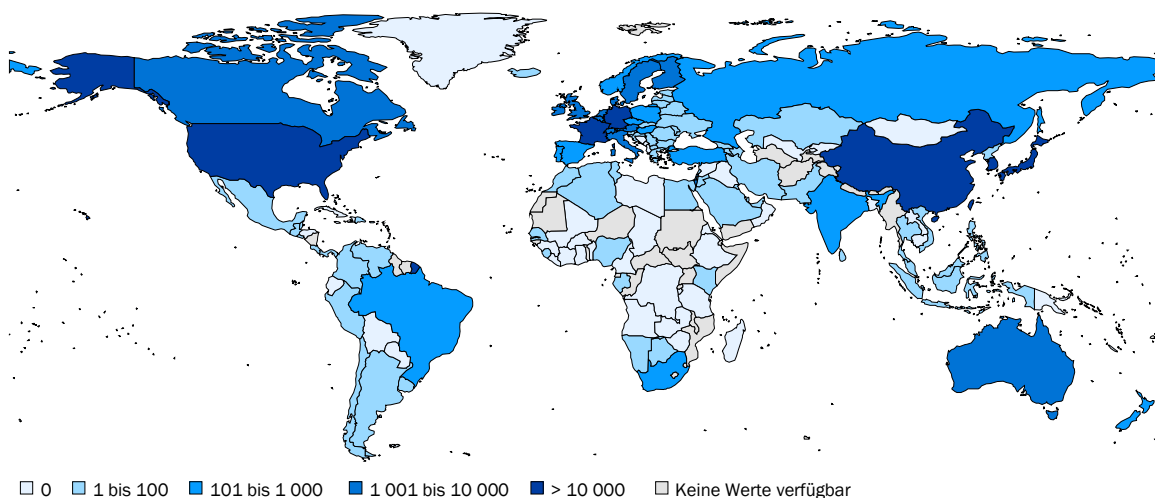
Für die hier dargestellten Analysen haben Behrens und Viete (2020) alle Patente der weltweiten Patentstatistikdatenbank PATSTAT des EPA für die Jahre 1990 bis 2016 entsprechend der EPA-Konkordanztafel zugeordnet. Die in den PATSTAT-Daten identifizierten Anmeldezahlen von 4IR-Patenten verzeichnen bereits seit den 1990er-Jahren ein rasches Wachstum. Die **Bedeutung von 4IR als wichtiger Technologietrend** zeigt sich im Wachstum des Anmeldeaufkommens entsprechender Erfindungen. Zwischen 2010 und 2016 wuchs das jährliche Anmeldeaufkommen von 4IR-Patenten durchschnittlich um rund 4 %, dasjenige anderer Technologieklassen um lediglich rund 1 %.

530. Die meisten 4IR-Patente weltweit halten Anmelder aus den USA. [↘ ABBILDUNG 82](#) Anmelder aus den USA halten rund 30 % der 4IR-Patente, ähnlich viele wie die EU insgesamt. **In der EU ist Deutschland führender 4IR-Patentanmelder** mit rund 12 % aller weltweiten Anmeldungen, vor Frankreich und dem Vereinigten Königreich. Darüber hinaus werden viele 4IR-Patente von Anmeldern aus Asien, insbesondere aus Japan, Republik Korea und seit einiger Zeit aus China gehalten. Betrachtet man die Entwicklung der 4IR-Patentanmeldungen über die Zeit, so wird deutlich, dass das weltweite Wachstum der 4IR-Patentanmeldungen in den vergangenen Jahren vor allem von Anmeldern aus China und der Republik Korea getrieben wurde.
531. Ein **Großteil der 4IR-Patente ist im Besitz weniger Unternehmen**. Rund ein Viertel der beim EPA zwischen den Jahren 2006 und 2016 angemeldeten 4IR-Patente konzentrieren sich auf weltweit 20 Unternehmen. Als **Breakthrough-**

↘ ABBILDUNG 82

Anzahl der 4IR-Patente¹ in den Jahren 1990 – 2016

Deutschland meldet europaweit die meisten 4IR-Patente an

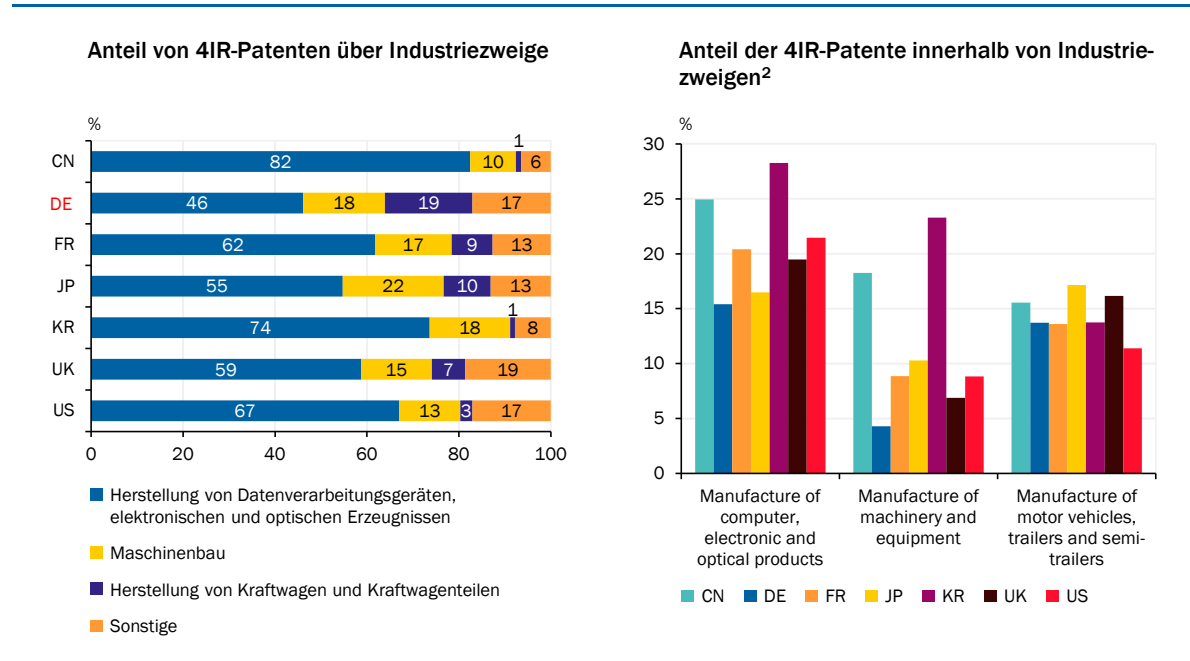


1 – Patente der Vierten Industriellen Revolution (4IR) bezeichnen Patente zu vernetzten physischen Objekten.

Quellen: EuroGeographics bezüglich der Verwaltungsgrenzen, Europäisches Patentamt, eigene Berechnungen

ABBILDUNG 83

Hohe Konzentration von 4IR-Patenten auf wenige Industriezweige¹ in den Jahren 1990 – 2016



1 – Patente der Vierten Industriellen Revolution (4IR) bezeichnen Patente zu vernetzten physischen Objekten. Länder mit den meisten 4IR-Patentanmeldungen. CN-China, DE-Deutschland, FR-Frankreich, JP-Japan, KR-Republik Korea, UK-Vereinigtes Königreich, US-USA. 2 – Industriezweige mit den meisten 4IR-Patentanmeldungen weltweit.

Quellen: Europäisches Patentamt, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-465

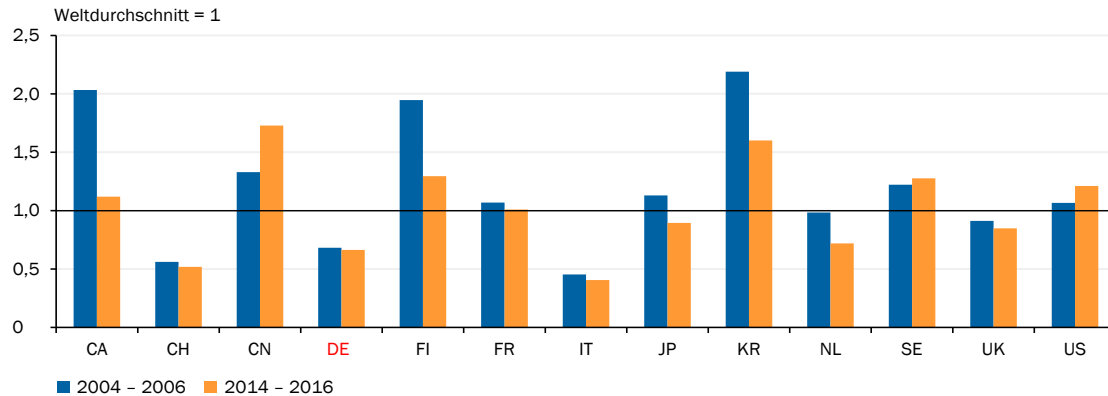
Patente werden besonders wertvolle, häufig zitierte Patente bezeichnet (Squicciarini et al., 2013). Die zwischen den Jahren 1990 und 2011 angemeldeten Breakthrough-Patente waren regional stark konzentriert. Über 40 % stammen von japanischen, knapp 30 % von US-amerikanischen Anmeldern. Deutschland stellt knapp über 4 % solcher Patente und gehört damit in der EU, die insgesamt 15 % dieser Patente auf sich vereint, zu den führenden Haltern von 4IR-Breakthrough-Patenten. Die Republik Korea hält im Betrachtungszeitraum rund 7 % und China weniger als 1 % solcher Patente (Behrens und Viete, 2020).

532. Eine **Betrachtung der Anmeldungen nach Wirtschaftszweigen** und Ländern zeigt, dass in bedeutenden Anmeldeländern drei Industriezweige für den Großteil der 4IR-Innovationen verantwortlich sind. [ABBILDUNG 83 LINKS](#) Der Industriezweig, der in vielen Ländern die größte Bedeutung bei 4IR-Patentanmeldungen hat, sind **IKT-Hardware-Hersteller**. In Deutschland machen IKT-Hardware-Hersteller hingegen einen vergleichsweise geringeren Anteil an den Anmeldungen von 4IR-Patenten aus. Insbesondere in **China**, der **Republik Korea** und den **USA** ist dieser Sektor wichtiger für 4IR-Patentanmeldungen. Der Anteil des Maschinenbaus an 4IR-Patentanmeldungen ist in Deutschland etwa so hoch wie in Frankreich oder der Republik Korea, jedoch niedriger als in Japan. In **Deutschland** hat die **Automobilindustrie** eine vergleichsweise große Bedeutung für 4IR-Patentanmeldungen. Die relativ große Anzahl an 4IR-Patenten in der deutschen Automobilbranche ist vor allem durch die allgemein hohe Innovationsintensität in diesem Sektor zu erklären. Betrachtet man den Anteil an 4IR-Patentanmeldungen innerhalb verschiedener Wirtschaftszweige, [ABBILDUNG 83](#)

ABBILDUNG 84

Deutsche Patentanmeldungen sind im internationalen Vergleich wenig auf 4IR-Technologien spezialisiert¹

RTA-Index der Patentanmeldungen²



1 – Patente der Vierten Industriellen Revolution (4IR) bezeichnen Patente zu vernetzten physischen Objekten. 2 – Der RTA-Index (Revealed Technological Advantage Index) ist definiert als der Anteil der Patente einer Volkswirtschaft in einem bestimmten Technologiefeld im Verhältnis zum Anteil der Patente in diesem Feld weltweit. Betrachtete Länder repräsentieren die Länder mit den meisten 4IR-Patentanmeldungen in den Jahren von 1990 bis 2016. CA-Kanada, CH-Schweiz, CN-China, DE-Deutschland, FI-Finnland, FR-Frankreich, IT-Italien, JP-Japan, KR-Republik Korea, NL-Niederlande, SE-Schweden, UK-Vereinigtes Königreich, US-USA.

Quellen: Europäisches Patentamt, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-334

RECHTS so zeigt sich allerdings, dass die deutsche Automobilbranche, wie IKT-Hardware-Hersteller und der Maschinenbau, 4IR-Innovationen nicht intensiver betreibt als die entsprechenden Branchen in anderen Ländern.

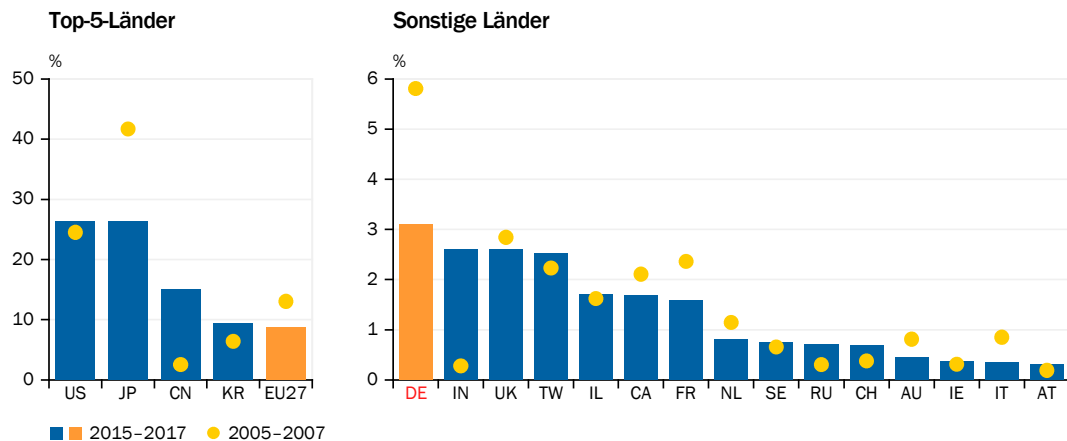
533. Zwar stellt Deutschland absolut eine vergleichsweise hohe Anzahl an 4IR-Patenten. [ABBILDUNG 82](#) Betrachtet man jedoch die technologische Spezialisierung gemäß des **Revealed Technological Advantage (RTA)** Indikators, so ist die deutsche Wirtschaft mit Blick auf 4IR-Technologien im Betrachtungszeitraum seit dem Jahr 2004 konstant unterdurchschnittlich spezialisiert. [ABBILDUNG 84](#) Obwohl das Thema in der öffentlichen und politischen Diskussion viel Raum einnimmt, reflektiert die Spezialisierung Deutschlands insgesamt die Bedeutung dieser Technologien nicht. Zwischen den Jahren 2004 und 2016 hat vor allem China seine relative Spezialisierung in der Entwicklung von 4IR-Technologien erhöht. Gleiches gilt für Schweden und die USA.



Der **Grad der technologischen Spezialisierung** lässt sich durch den **RTA-Indikator** beschreiben. Dieser vergleicht den Anteil der Patente in einer bestimmten Technologie, die in einem bestimmten Staat hervorgebracht wurden, mit dem Gesamtanteil der gleichen Technologie an den weltweiten Patentanmeldungen (Dernis et al., 2019). Ein Wert des RTA-Indikators über 1 deutet auf eine positive Spezialisierung des Landes in der betrachteten Technologie hin. Ein Wert von 1 weist darauf hin, dass das Land im Technologiefeld den gleichen Anteil an Patentanmeldungen hält wie der Durchschnitt der anderen Länder, und ein Wert unter 1 zeigt eine unterdurchschnittliche Spezialisierung an. Der Indikator ist 0, wenn aus dem Land keine Patente im betrachteten Technologiefeld angemeldet werden.

ABBILDUNG 85

Top-20-Erfinderländer von Patenten mit Bezug zu Künstlicher Intelligenz (KI)¹ Anteil an allen Patenten mit Bezug zu KI weltweit



1 – Die Daten umfassen KI-bezogene IP5-Patentfamilien, also Gruppen von Patenten, die in den fünf international führenden Patentämtern denselben technischen Inhalt patentieren. Daten nach frühestem Anmeldedatum und Erfinderstandort. Datenstand: Juli 2020. US-USA, JP-Japan, CN-China, KR-Republik Korea, EU27-Europäische Union ohne Kroatien, DE-Deutschland, IN-Indien, UK-Vereinigtes Königreich, TW-Taiwan, IL-Israel, CA-Kanada, FR-Frankreich, NL-Niederlande, SE-Schweden, RU-Russland, CH-Schweiz, AU-Australien, IE-Irland, IT-Italien, AT-Österreich.

Quellen: OECD, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-518

534. Insbesondere **auf dem Gebiet der KI** wurden in der jüngsten Vergangenheit technologische Fortschritte erzielt und neue Anwendungen geschaffen. Im Rahmen der KI-Strategie der Bundesregierung werden Maßnahmen zur Entwicklung von KI-Technologien in Deutschland gebündelt und mit 5 Mrd Euro bis zum Jahr 2025 gefördert (Bundesregierung, 2018; Koalitionsausschuss, 2020).

Betrachtet man die weltweiten Patentanmeldungen zu KI-Technologien, zeigt sich abermals die **bedeutende Position der USA sowie der asiatischen Staaten**, insbesondere Japans, Chinas und der Republik Korea. [ABBILDUNG 85](#) Der Anteil der KI-Patentanmeldungen der EU fällt inzwischen dahinter zurück. Deutschland war im Zeitraum von 2005 bis 2007 für knapp 6 % der weltweiten KI-Patentanmeldungen verantwortlich und somit EU-weit führend. Inzwischen hat sich dieser Anteil in den Jahren 2015 bis 2017 auf gut 3 % nahezu halbiert. Insbesondere China hat seinen Anteil an den weltweiten KI-Patenten in den Jahren 2015 bis 2017 gegenüber den Jahren 2005 bis 2007 deutlich gesteigert, während die USA ihren Anteil gehalten haben (Baruffaldi et al., 2020).

Großes Wertschöpfungspotenzial digitaler Geschäftsmodelle

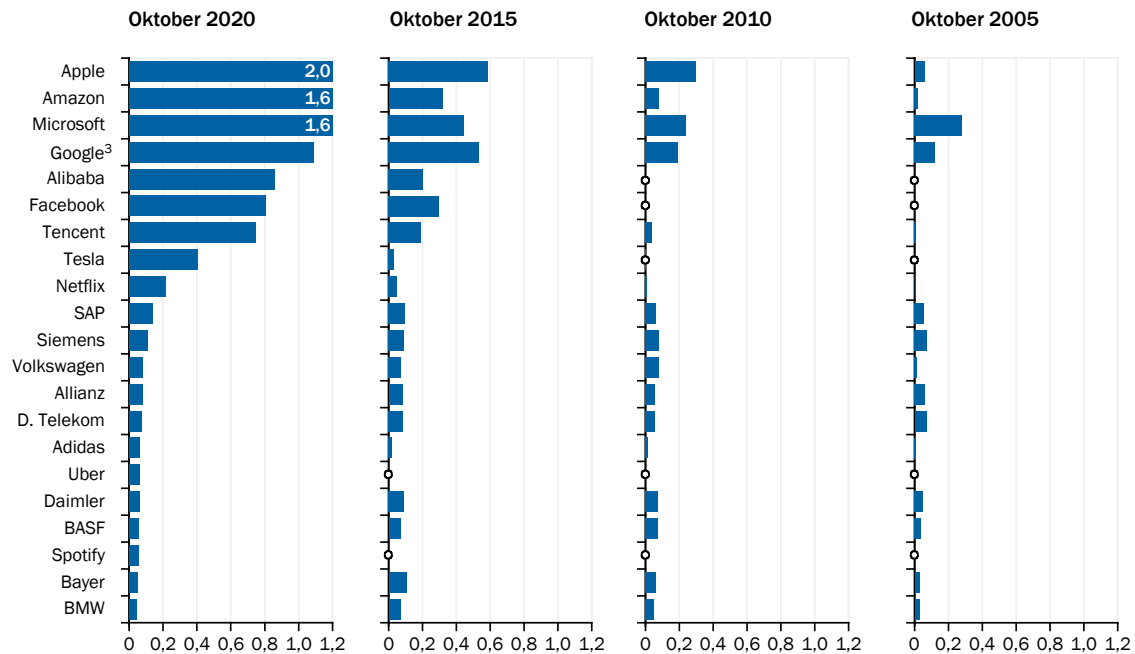
535. Die dynamische Entwicklung und das **hohe Wertschöpfungspotenzial von daten- und plattformgetriebenen Geschäftsmodellen** zeigen sich in der Entwicklung der **Marktkapitalisierung** bedeutender Unternehmen in diesen Bereichen. Eine Betrachtung dieser Unternehmen im Vergleich zu den wertvollsten DAX-Unternehmen offenbart die Dominanz US-amerikanischer und chinesischer plattformbasierter Geschäftsmodelle. [ABBILDUNG 86](#)

Diese Unternehmen mit disruptiven Geschäftsmodellen sind zunehmend branchenfremde Wettbewerber und Branchenneulinge, wie beispielsweise Tesla in der

▸ ABBILDUNG 86

Deutsche Dax-Unternehmen¹ hängen bei der Marktkapitalisierung den großen digitalen Unternehmen deutlich hinterher

Billionen US-Dollar (nominal)²



1 – Die 10 wertvollsten Unternehmen im DAX zum Jahresende 2019. Quelle: Capital. 2 – Zeichen o zeigt an, dass keine Werte vorhanden sind, weil das Unternehmen noch nicht existierte oder noch nicht an der Börse gehandelt wurde. 3 – Nach Restrukturierung ab Oktober 2015 neuer Name Alphabet.

Quellen: Capital, Refinitiv Eikon

© Sachverständigenrat | 20-271

Automobilbranche oder Google und Apple als FinTechs mit E-Payment-Angeboten im Bankensektor. Die Diversifizierung kapitalstarker IT-Konzerne geschieht dabei in immer stärkerem Maße durch Übernahmen (Bourreau und de Stree, 2020). ▸ ZIFFER 506 Da vor allem plattformbasierte Geschäftsmodelle von einer schnellen **Skalierbarkeit und Netzwerkeffekten** zwischen Nutzerinnen und Nutzern profitieren (JG 2019 Ziffer 311), haben europäische Anbieter durch den sprachlich, rechtlich und institutionell nach wie vor **fragmentierten europäischen Heimatmarkt** einen Wettbewerbsnachteil. Eine weitere Vertiefung des europäischen Binnenmarkts, insbesondere des **digitalen Binnenmarkts**, wäre deshalb wichtig. ▸ ZIFFER 584

536. Bisher hat sich die **rasche Entwicklung der Plattformökonomie** vor allem über Dienstleistungen im **Business-to-Consumer (B2C) Geschäft** vollzogen. Die Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle im Bereich Industrie 4.0 und 4IR-Technologien, die für Deutschland durch die hohe Bedeutung des Verarbeitenden Gewerbes von großer Relevanz ist, vollzieht sich jedoch in weiten Teilen im **Business-to-Business-Geschäft (B2B)**. B2B-Plattformen für Güter und Dienstleistungen, Daten und Industrie 4.0-Anwendungen befinden sich in einer vergleichsweise frühen Phase der Entwicklung (Saam et al., 2016; Koenen und Falck, 2020).

Steigende Bedeutung von Daten für Innovationen

537. **Daten** erlangen eine immer größere **Bedeutung für den Innovationsprozess**. Im Zuge der fortschreitenden digitalen Transformation stellen sie einen immer wichtigeren Produktionsfaktor dar (Niebel et al., 2019). Die Digitalisierung von Informationen erhöht den Bestand an potenziell verfügbarem externen Wissen als quasi-öffentlichem Gut und kann so positive Wissensexternalitäten befördern (Antonelli, 2017). Neue Technologien wie Big Data und KI senken darüber hinaus die Kosten für die Identifizierung und Verarbeitung von Informationen und erleichtern die Integration externen Wissens im Unternehmen (Cohen und Levinthal, 1989). Die öffentliche und freie **Verfügbarkeit und Nutzbarkeit von Daten** sind deshalb von zentraler Bedeutung.
538. In der wissenschaftlichen Forschung bestehen in Deutschland nach wie vor hohe **bürokratische Hürden bei der Nutzung von Individual- oder Unternehmensdaten** (Braun, 2020). Ähnlich zurückhaltend ist der öffentliche Sektor in der Bereitstellung von Daten für private Geschäftsmodelle. Auf Landesebene ist die Verfügbarkeit öffentlicher Datenbestände sehr heterogen. Auf kommunaler Ebene stellen weniger als 1 % der deutschen Städte und Gemeinden aktiv öffentliche Daten zur Verfügung (Schweigel et al., 2020).

Darüber hinaus fehlt es an einer **Standardisierung von Datenstrukturen und -formaten** über öffentliche Körperschaften hinweg. Dies wäre eine grundlegende Voraussetzung für eine gewerbliche Nutzung öffentlicher Daten (Kommission Wettbewerbsrecht 4.O, 2019). Beispiele für innovative Geschäftsmodelle auf Grundlage offener Verwaltungsdaten finden sich unter anderem im Vereinigten Königreich, wo verknüpfte öffentliche und private Daten für Lösungen zur Standortplanung im Einzelhandel genutzt werden (Bitkom, 2017). In Deutschland werden mit öffentlichen Regionaldaten Mobilitätslösungen privatwirtschaftlich entwickelt, wie beispielsweise Angebote für Rufbusse zur Schließung von Lücken im Netz des Öffentlichen Personennahverkehrs (ÖPNV) oder Informationen zur Auslastung von Parkplätzen. Daten der US-amerikanischen Gesundheitsbehörde CDC (Centers for Disease Control and Prevention) wurden in den USA genutzt, um personalisierte Behandlungspläne für Asthmatiker in Abhängigkeit von der lokalen Umweltbelastung zu entwickeln (EFI, 2016). Insgesamt zeigt sich allerdings, dass in Deutschland das Potenzial von verfügbaren **Daten des öffentlichen Sektors** für Wissenschaft und unternehmerische Innovationen, aufgrund mangelnder zugänglicher Datenangebote, bisher kaum genutzt wird (Schweigel et al., 2020).

539. Eine zentrale Herausforderung für Unternehmen besteht darin, aus neuen digitalen Technologien funktionierende **Geschäftsmodelle** zu kreieren. Hierbei bekommen (produktbegleitende) datenbasierte **Dienstleistungen** und eine damit einhergehende engere, langfristige **Kundenbeziehung** eine wachsende Bedeutung (Weill und Woerner, 2013; OECD, 2015). Produktbegleitende Dienste eröffnen Einblicke in das Nutzerverhalten und können zu positiven **Feedbackschleifen** für kontinuierliche Vertriebs- und Produktinnovationen führen. Auf individueller Ebene können so zugleich **Lock-in-Effekte** entstehen (Kommission Wettbewerbsrecht 4.O, 2019). Die technologische Entwicklung erfordert darüber

hinaus die fortlaufende Anpassung von IT-Systemen an **Bedrohungsszenarien**, etwa durch Softwareupdates (Verband der TÜV, 2019; Cyber Security Cluster Bonn, 2020). Digitale Geschäftsmodelle fußen oft auf neuen Erlösmodellen wie Lizenzmodellen oder Abonnements (OECD, 2014). Die von der Politik gesetzten Rahmenbedingungen müssen heute immer stärker der Tatsache Rechnung tragen, dass **Daten einen zentralen Produktionsfaktor** darstellen.

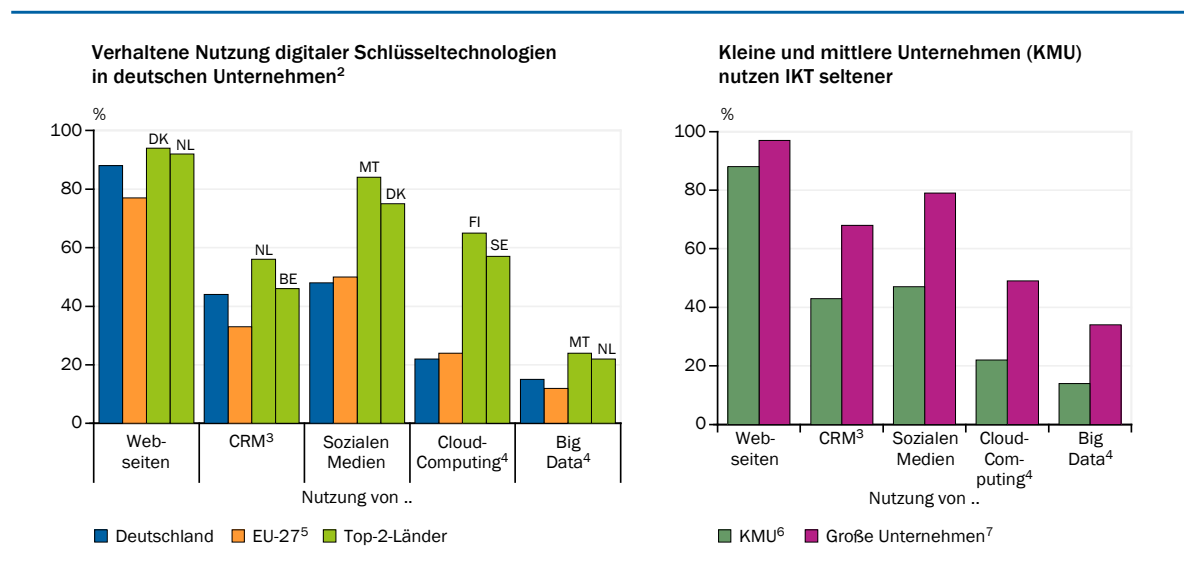
2. Diffusion digitaler Technologien in Unternehmen

- 540.** Um das Wertschöpfungspotenzial digitaler Technologien zu heben, ist deren Diffusion in Unternehmen, öffentlichen Einrichtungen und Haushalten wichtig. Aufschluss über den Stand der digitalen Transformation in **Unternehmen** geben die **Nutzungsraten verschiedener Technologien**. [ABBILDUNG 87 LINKS](#) So zeigt sich, dass deutsche Unternehmen vor allem bei bereits seit Langem verbreiteten IT-Lösungen, wie dem Betreiben einer eigenen Website oder der Nutzung von CRM-Software (Customer Relationship Management), im europäischen Vergleich hohe Nutzungsraten aufweisen. Bei jüngeren Schlüsseltechnologien, die datengetriebene Dienstleistungen ermöglichen, wie Social Media-Anwendungen, Cloud-Computing oder Big Data, zeigt sich jedoch Nachholbedarf.
- 541.** Vor allem **große Unternehmen** nutzen **digitale Technologien**. KMU führen solche Technologien bisher verzögert (OECD, 2019a) und insgesamt seltener ein. [ABBILDUNG 87 RECHTS](#) Betrachtet man deutsche mittelständische Unternehmen mit einem Jahresumsatz bis zu 500 Mio Euro, ist der Anteil der Unternehmen mit abgeschlossenen Digitalisierungsvorhaben seit dem Jahr 2014 zwar kontinuierlich angestiegen. Jedoch erfolgt die Digitalisierung im deutschen Mittelstand nur graduell. Ein disruptiver Einsatz von IKT, der eine grundlegende Veränderung

[ABBILDUNG 87](#)

Einsatz digitaler Schlüsseltechnologien in deutschen Unternehmen im Jahr 2019

Anteil der Unternehmen¹



1 – Unternehmen mit mindestens 10 Beschäftigten. 2 – DK-Dänemark, NL-Niederlande, BE-Belgien, MT-Malta, FI-Finnland, SE-Schweden. 3 – Customer Relationship Management. 4 – Daten von 2018. 5 – Europäische Union ohne Vereinigtes Königreich. 6 – Unternehmen mit 10 bis 249 Beschäftigten. 7 – Unternehmen mit 250 und mehr Beschäftigten.

des Geschäftsmodells nach sich zieht, ist selten (Zimmermann, V., 2020). Ein häufig diskutiertes Risiko besteht darin, dass diese Unterschiede im Diffusionsprozess zu einer **wachsenden Spaltung** von stark digitalisierten, oft größeren **Vorreiterunternehmen** und einer großen Masse an schwach digitalisierten kleineren **Nachzüglerunternehmen** führt (Bajgar et al., 2019a; Zimmermann, V., 2020). Da der Einsatz neuer Technologien die Reorganisation von Geschäftsprozessen erfordert, sind jüngere Unternehmen aufgrund geringerer Anpassungskosten im Vorteil und IKT-intensiver. Dies äußert sich nicht zuletzt in einer stärkeren Unternehmensdynamik in digital-intensiven Wirtschaftszweigen (Calvino und Criscuolo, 2019).

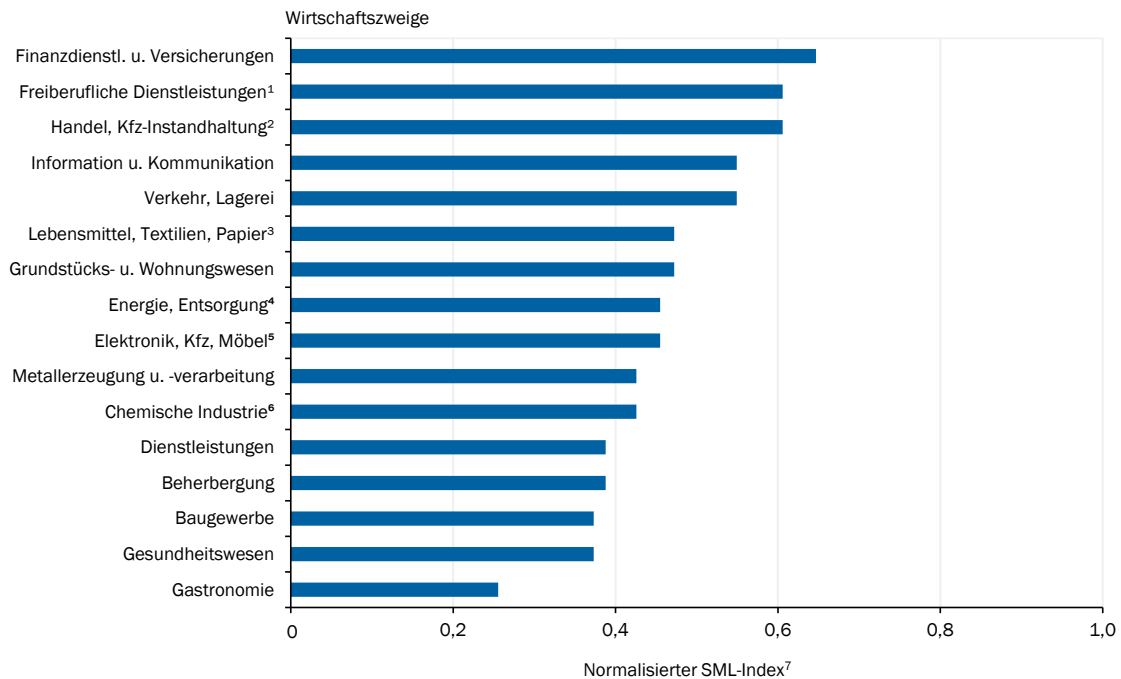
542. Parallel zur digitalen Vernetzung der Produktion steigt fortlaufend der Automatisierungsgrad. In den vergangenen Jahren hat die **Automatisierung von Produktionsprozessen** weltweit durch den Einsatz von Robotern weiter zugenommen. In Deutschland waren im Jahr 2019 im Verarbeitenden Gewerbe durchschnittlich 346 Industrieroboter pro 10 000 Angestellte im Einsatz, wobei der größte Anteil auf die Automobilindustrie entfiel. Damit belegte Deutschland im weltweiten Ranking der am stärksten automatisierten Staaten im Jahr 2019 hinter Japan, der Republik Korea und Singapur den vierten Platz (IFR, 2020).

Im Vergleich zu der guten Position Deutschlands bei Industrierobotern – bei Patentanmeldungen und bei der Nutzung – war der Einsatz und die Entwicklung von **Servicerobotik** in Deutschland in der Vergangenheit noch weniger stark ausgeprägt. Hier waren Länder wie Japan oder die Republik Korea weit voraus (EFI, 2016). Servicerobotik wird ein hohes Wachstumspotenzial zugesprochen und findet Anwendung im gewerblichen wie im privaten Bereich. Bedeutende Anwendungsfelder gemessen an den weltweiten Verkaufswerten sind gewerbliche Serviceroboter in der Logistik, Medizin, Landwirtschaft und Verteidigung. Anwendungsfelder für private Servicerobotik sind vor allem die Hausarbeit, Freizeit und Unterhaltung sowie nachrangig Sicherheit und Pflege (EFI, 2016; IFR, 2019).

543. In Deutschland haben im Jahr 2019 rund 5,8 % der Unternehmen **Verfahren der KI** eingesetzt. Da die IKT-Branche Entwickler und Anwender von KI ist, ist dieser Anteil mit rund 17,8 % dort am höchsten (Rammer et al., 2020b). Bisherige Studien gehen davon aus, dass der Einsatz von KI in Zukunft mit einer Reorganisation von Produktionsprozessen einhergehen und positive Produktivitätseffekte nach sich ziehen wird (Aghion et al., 2019; Brynjolfsson et al., 2020b; JG 2018 Ziffern 132 ff.). [↪ ZIFFER 565](#)
544. Das bereits heute in deutschen Unternehmen am breitesten eingesetzte KI-Verfahren ist **Maschinelles Lernen** (Rammer et al., 2020b). Eine Abschätzung des zukünftigen Anwendungspotenzials von Maschinellern Lernen lässt sich über das Tätigkeitsprofil der Beschäftigten in den Unternehmen vornehmen. Analog zum Vorgehen in der Literatur zur Automatisierung (Arntz et al., 2017; Frey und Osborne, 2017) werden hierzu Maße auf Berufsebene über die Substituierbarkeit von Tätigkeiten durch Maschinelles Lernen (Brynjolfsson und Mitchell, 2017) beschäftigtenengewichtet auf die deutsche Betriebslandschaft projiziert. Dabei zeigt sich, dass in Deutschland in den Branchen Finanzdienstleistungen und Versiche-

↳ ABBILDUNG 88

Größtes Anwendungspotenzial von Maschinellern im Finanzdienstleistungssektor



1 – Freiberufliche, wissenschaftliche und technische Dienstleistungen. 2 – Einzelhandel, Großhandel, Kraftfahrzeughandel, Instandhaltung und Reparatur von Kraftfahrzeugen. 3 – Tabakverarbeitung, Herstellung von Nahrungs- und Futtermitteln, Getränken, Bekleidung, Leder und Lederwaren, Holz-, Flecht-, Korb- und Korkwaren, Papier, Pappe und Waren daraus, Druckereierzeugnissen, Vervielfältigung von bespielten Ton-, Bild- und Datenträgern. 4 – Energie- und Wasserversorgung, Abwasser- und Abfallentsorgung, Beseitigung von Umweltverschmutzungen. 5 – Herstellung von DV-Geräten, elektronischen und optischen Erzeugnissen, elektrischen Ausrüstungen, Kraftwagen und Kraftwagenteilen, Möbeln, sonstigen Waren sowie Maschinenbau und sonstiger Fahrzeugbau, Reparatur und Installation von Maschinen und Ausrüstungen. 6 – Kokerei und Mineralölverarbeitung, Herstellung von chemischen und pharmazeutischen Erzeugnissen, Gummi- und Kunststoffwaren, Glas und Glaswaren, Keramik, Verarbeitung von Steinen und Erden. 7 – Suitability for Machine Learning (SML)-Index. Normalisiert mit dem niedrigsten und höchsten SML-Score (Brynjolfsson et al., 2018) auf Berufsebene und definiert zwischen 0 und 1.

Quellen: BA, BLS, Brynjolfsson et al. (2018), eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-449

rungen sowie im Einzel-, Groß- und Kraftfahrzeughandel ein hohes Anwendungspotenzial von Maschinellern besteht. ↳ ABBILDUNG 88 Eher geringes Anwendungspotenzial besteht in Dienstleistungsbranchen mit vielen Beschäftigten, die kunden- oder menschenbezogene Aufgaben und körperliche Arbeiten erledigen, wie in der Gastronomie, im Baugewerbe oder im Gesundheitswesen.

3. Digitalisierungsschub durch die Corona-Krise

545. Entgegen der generellen Beobachtung, dass die Einführung von Technologien im Allgemeinen prozyklisch verläuft, ↳ ZIFFER 490 ist zu erwarten, dass die **Corona-Pandemie** die **Entwicklung** von und den **Umstieg auf neue digitale Technologien befördert**. Dazu tragen erstens mittelfristig strengere Hygienevorschriften bei, die zu höheren Kosten in nicht-automatisierten und nicht-digitalisierten Betrieben führen. Zweitens haben viele Unternehmen während der Corona-Pandemie Erfahrungen mit digitalen Arbeitsmethoden gewonnen und ihre Arbeitsorganisation an diese Technologien angepasst, wodurch die Umstiegs- und Lernkosten bei einem dauerhaften Umstieg geringer ausfallen dürften. Darüber hinaus hat die Corona-Pandemie den Digitalisierungsstand in den

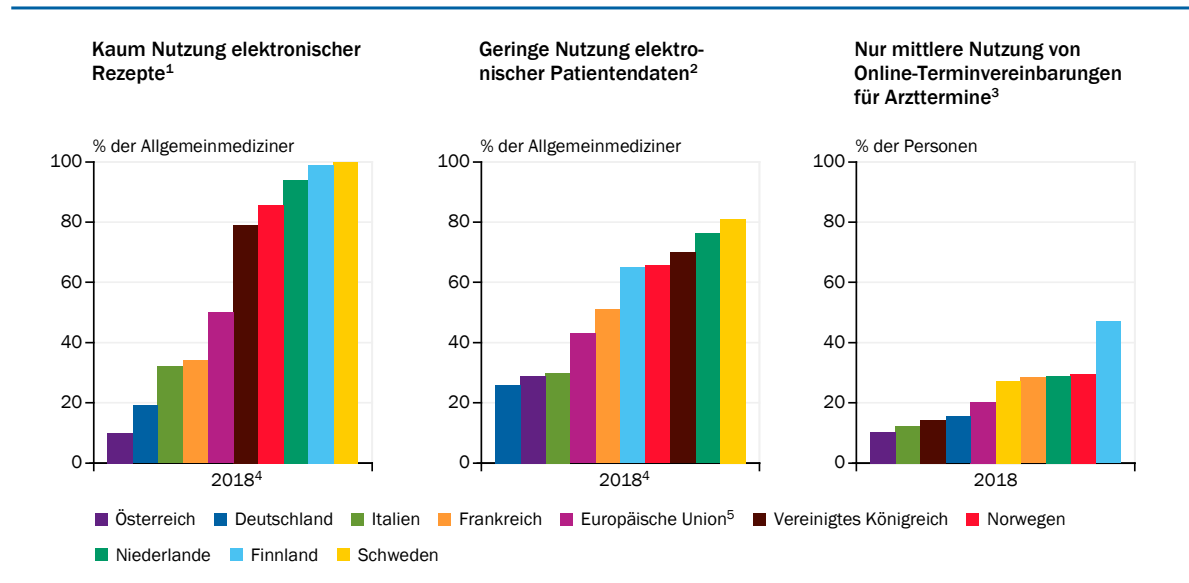
systemrelevanten Bereichen Gesundheit, Bildung und öffentliche Verwaltung in den Fokus gerückt.

Digitalisierung des Gesundheitssektors

546. Die **Digitalisierung im deutschen Gesundheits- und Medizintechnikbereich schreitet zunehmend voran**, beispielsweise durch den Einsatz von KI, neuen Entwicklungen in der Sensorik sowie individualisierter Medizintechnik (JG 2018 Ziffern 894 ff.). Das Digitale-Versorgung-Gesetz (DVG) und der Beschluss des Krankenhauszukunftsgesetzes (KHZG) im Zuge der Corona-Pandemie sollen die Digitalisierung im Gesundheitswesen beschleunigen. Dazu gehören primär der Ausbau des digitalen Netzwerks im Gesundheitswesen, insbesondere in den Krankenhäusern, die Förderung der Verschreibung von kostenpflichtigen, als Medizinprodukt zertifizierten Gesundheitsapps sowie elektronischer Arbeitsunfähigkeitsbescheinigungen, E-Rezepten und mehr Informationstransparenz über Online-Sprechstunden. Insbesondere die im KHZG vorgesehenen Investitionen in die digitale Infrastruktur in Krankenhäusern sind begrüßenswert. Eine Verlagerung auf papierlose elektronische Rezepte ermöglicht eine schnellere kontaktlose Informationsübermittlung, die im Nachbarland Niederlande bereits gängige Praxis ist. [↪ ABBILDUNG 89 LINKS](#) Ein Umstieg von Papier auf Digital könnte in den kommunalen Gesundheitsämtern, mit Blick auf die Verfolgung von Infektionsketten sowie bei Anordnungen von Tests und Quarantäne, die Meldewege schneller und weniger fehleranfällig gestalten. Dieser Umstieg ist im Pakt für den Öffentlichen Gesundheitsdienst vom 29. September 2020 angelegt. [↪ ZIFFER 186](#)
547. Herausforderungen bei der Schaffung digitaler Angebote im Gesundheitswesen zeigten sich besonders deutlich bei der Entwicklung der **Corona-Warn-App**. So hemmen nach wie vor Bedenken bei **Datensicherheit und Datenschutz** in der Bevölkerung die Verbreitung der Applikation in Deutschland (Bitkom, 2020a). Die Bedenken zum Datenschutz standen schon im Mittelpunkt einer intensiven Kontroverse über die Wahl eines zentralen oder dezentralen Ansatzes bei der Datenverarbeitung, welche die Entwicklung der App begleitete (Dachwitz, 2020). Gleichzeitig wurde die **Abhängigkeit von großen US-amerikanischen Technologieunternehmen** deutlich (Rosemain und Busvine, 2020). So konnten Google und Apple, die gemeinsam den Markt für Betriebssysteme für mobile Endgeräte dominieren, über die Schaffung einer einheitlichen Programmierschnittstelle für das Contact-Tracing die dezentrale Datenspeicherung als faktisch allgemeingültigen Standard festlegen. Zudem gingen hohe Ansprüche an den Datenschutz, denen bei der Entwicklung der App Rechnung getragen wurde, zulasten der Möglichkeiten bei der Verfolgung des Infektionsgeschehens durch die Behörden. Schließlich erfolgte die **Entwicklung** der Corona-Warn-App **in der EU** zunächst **unkoordiniert**, was in unterschiedlichen nationalen Ansätzen mündete und eine grenzübergreifende Interoperabilität erschwert (Abboud et al., 2020).
548. **Digitale Diagnosen** über Telefon- oder Videosprechstunden (Telemedizin) **ermöglichen** Patienten Arztbesuche, die keine physische Anwesenheit erfordern und dadurch **potenziell effizienzsteigernd wirken**. Bavafa et al. (2018) zei-

[ABBILDUNG 89](#)

Nutzung von E-Health in Deutschland im europäischen Vergleich



1 – Prozentualer Anteil an Allgemeinmediziner:innen, die elektronische Netzwerke nutzen, um Rezepte an Apotheker zu übertragen. 2 – Prozentualer Anteil an Allgemeinmediziner:innen, die elektronische Netzwerke nutzen, um medizinische Patientendaten mit anderen Gesundheitsdienstleistern und Fachleuten auszutauschen. 3 – Prozentualer Anteil der Personen im Alter von 16 bis 74 Jahren, die in den vergangenen drei Monaten das Internet genutzt haben, um über eine Webseite einen Termin mit einem Arzt zu vereinbaren. 4 – Für Niederlande und Norwegen nur Daten aus dem Jahr 2013 verfügbar. 5 – Einschließlich Vereinigtes Königreich.

Quelle: Europäische Kommission

© Sachverständigenrat | 20-259

gen, dass die Einführung von Telemedizin in den USA im Jahr 2012 nicht zu einem Rückgang, sondern zu einem Anstieg von Praxisbesuchen von rund 6 % führte. Allerdings erfasst diese Studie nicht den Einfluss auf den Gesundheitszustand. In der Corona-Pandemie hätte Telemedizin den Vorteil, eine **digitale Erstdiagnose** zu ermöglichen, wodurch das Kontaktrisiko reduziert sowie der Pandemieverlauf abgefedert werden könnte.

549. Im Bereich **E-Health**, also der Anwendung von IKT im Gesundheitssektor, liegt **Deutschland im europäischen Vergleich auf den Plätzen 26** (elektronische Gesundheitsdienste) im Jahr 2017, **17** (Austausch medizinischer Daten) **und 22** im Jahr 2018 (elektronische Verschreibungen) von 28 Ländern (Europäische Kommission, 2019a). [ABBILDUNG 89](#) Mit dem Terminservice- und Versorgungsgesetz wurde die Einführung der elektronischen Patientenakte (ePA), die gesetzlich Versicherte von ihren Krankenkassen erhalten und über eine App einsehbar ist, für das Jahr 2021 beschlossen. [ABBILDUNG 89 MITTE](#) Im Gesundheits- und Pflegewesen können durch ePA kritische medizinische Informationen direkt übermittelt werden. Dies kann zu einem effizienz- und produktivitätssteigernden Effekt führen, indem Zeit und Aufwand für die Informationsbeschaffung reduziert werden (Hitt und Tambe, 2016). Während die internetbasierte Informationsbeschaffung zu Gesundheitsthemen in Deutschland im Jahr 2019 mit rund 66,5 % über dem Durchschnittswert der EU (54,9 %) lag (Europäische Kommission, 2020a), werden Arzttermine ähnlich wie in den Nachbarländern zumeist nicht online vereinbart. [ABBILDUNG 89 RECHTS](#) Effizienzsteigerungspotenziale bleiben ungenutzt (Widhalm et al., 2015).

550. Im Zuge der **Corona-Pandemie** erfährt das **Gesundheitswesen** einen wichtigen **Digitalisierungsschub**. Während ein erheblicher Nachholbedarf seit

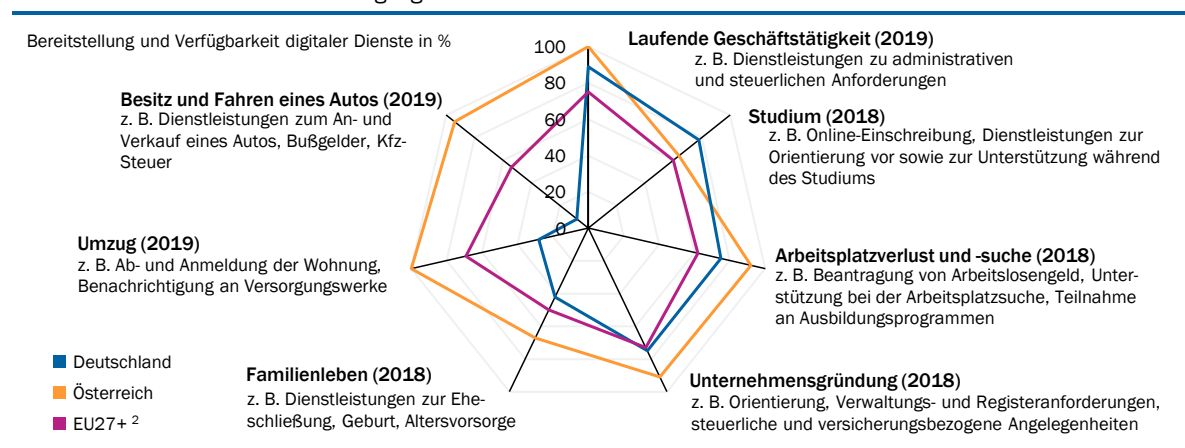
Langem bekannt ist (JG 2018 Ziffern 894 ff.), hat die Pandemie es noch dringlicher gemacht, die Digitalisierung voranzutreiben. Das Angebot an Videosprechstunden in Arztpraxen mit kommunikationsintensiven Fachrichtungen hat laut Umfragedaten des Mannheimer Instituts für Public Health (Obermann et al., 2020) im Jahr 2020 deutlich zugenommen. 94,1 % der Ärztinnen und Ärzte, die zum Befragungszeitpunkt Videosprechstunden nutzten, gaben an, diese erst im Lauf des Jahres 2020 eingeführt zu haben. Aktuell nutzen insbesondere Arztpraxen im psychologisch-psychiatrischen Bereich mit rund 80,5 % Videosprechstunden, während der Anteil an Fachärztinnen und Fachärzten und Allgemeinmedizinerinnen und Allgemeinmedizinerinnen zwischen etwa 25 % und 35 % liegt.

Digitalisierung der öffentlichen Verwaltung

- 551.** Im Bereich digitale Verwaltung (**E-Government**) liegt **Deutschland im EU-Vergleich aktuell auf Platz 21** von 28 Ländern (Europäische Kommission, 2020b). Diesem Ranking liegt der E-Government-Index zugrunde, der auf fünf Indikatoren basiert, die das Angebot und die Nutzung digitaler öffentlicher Dienste darstellen. Bei Angeboten für Unternehmen zeigt die öffentliche Verwaltung eine leicht überdurchschnittliche Online-Verfügbarkeit, während wichtige Dienste für Bürgerinnen und Bürger nicht in allen Lebensbereichen digital durchgängig angeboten werden. [ABBILDUNG 90](#) In vier von sieben erfassten Lebensbereichen liegt die digitale Durchgängigkeit wichtiger Dienste über dem Durchschnitt der EU27+, während drei Bereiche darunter liegen. Hierzu zählt beispielsweise die An- und Abmeldung des Autos, die Ummeldung des Wohnsitzes sowie Dienstleistungen zur Eheschließung, die nicht digital wahrgenommen werden können. Bei den Diensten, die bereits digital angeboten werden, zeigt sich, dass bisher weniger Personen Online-Formulare (24,7 %) nutzen als im EU-Durchschnitt

ABBILDUNG 90

Digitale Durchgängigkeit wichtiger Dienste für Bürgerinnen und Bürger nach Lebensbereichen¹
Luft nach oben bei der Bereitstellung digitaler öffentlicher Dienste in Deutschland



1 – Die Anforderungen für digitale Durchgängigkeit sind erfüllt, wenn die Abwicklung eines Vorgangs ohne Wechsel des informationstragenden Mediums stattfinden kann. Indikator umfasst die folgenden vier Schlüsselemente für die Bereitstellung und Verfügbarkeit von digitalen Diensten: elektronischer Identitätsnachweis (von der öffentlichen Verwaltung ausgestelltes Dokument zur Online-Identifizierung und -Authentifizierung), elektronische Dokumente (nach geltendem Recht durch anerkannte Mittel authentifizierte Dokumente, insbesondere durch Verwendung von elektronischen Signaturen), authentische Quellen (von der öffentlichen Verwaltung verwendete Basisregister, um Daten zu Einzelpersonen oder Unternehmen automatisch zu validieren oder abzurufen), sowie digitale Post (Möglichkeit für Personen, Mitteilungen nur digital zu empfangen und für die öffentliche Verwaltung nur auf elektronischen Wege zu kommunizieren). 2 – EU27 sowie Vereinigtes Königreich, Island, Norwegen, Montenegro, Serbien, Schweiz, Türkei, Albanien und Nordmazedonien.

Quelle: Europäische Kommission

(43,7 %) (Europäische Kommission, 2020c). Durch die Pandemie könnte die digitale Nutzung öffentlicher Dienste steigen.

552. Der zögerliche Ausbau des Angebots an E-Government könnte an fehlenden Investitionsmitteln, hohen Sicherheitsanforderungen, einer fehlenden Abstimmung der Entwicklung des Betriebs der Informationstechnik zwischen Bund, Ländern und Kommunen, sowie an mangelnder Innovationsbereitschaft der Verwaltung liegen. Eine stärkere **Digitalisierung der Verwaltung** könnte die **Produktivität des öffentlichen Sektors erhöhen**, etwa indem der Informationsaustausch durch die digitale Vernetzung der Verwaltungen untereinander verbessert wird (Beck et al., 2017). Überdies können digitale Schnittstellen die Anreize zur Digitalisierung von Unternehmen stärken, beispielsweise über Anforderungen bei öffentlichen Ausschreibungen mittels Bauwerksdatenmodellierung (Building Information Modeling, BIM) im Baugewerbe.
553. Die **Digitalisierung der Verwaltung voranzutreiben**, ist Zielsetzung des Onlinezugangsgesetzes (OZG) aus dem Jahr 2017. Hierdurch werden Bund, Länder und Gemeinden in die Pflicht genommen, Verwaltungsleistungen über Verwaltungsportale bis Ende des Jahres 2022 digital anzubieten (NKR, 2020). Der Normenkontrollrat des Bundes weist darauf hin, dass die OZG-Umsetzung durch das Corona-Konjunkturpaket mit rund 3 Mrd Euro und weiteren 300 Mio Euro für die Registermodernisierung die Investitionsentscheidungen zwar erleichtert wird, doch für eine Beschleunigung der Digitalisierung die Ressourcen nicht ausreichen. Insbesondere wird eine Verringerung der Komplexität der OZG-Umsetzung und eine Beschleunigung der Umsetzungsszenarien durch die technische und vergaberechtliche Standardisierung und Vereinfachung als Lösungsoptionen genannt. Die Corona-Krise hat deutlich gemacht, dass im Bereich digitale Verwaltung ein erheblicher Nachholbedarf besteht. Umso dringender ist es, die Krise als Anlass zu nehmen, um hier aufzuholen. Das Konjunkturpaket könnte dabei helfen.

Digitalisierung des Bildungssystems

554. Während der Corona-Pandemie waren die Schulen in Deutschland drei Wochen länger geschlossen als im Durchschnitt der OECD-Staaten. Gleichzeitig hat sich die Umstellung auf digital gestützten Unterricht als schwieriger erwiesen als in anderen Staaten (OECD, 2020b). Zur Aufrechterhaltung des Unterrichts bei Wiederanstieg des Infektionsgeschehens wäre ein **Digitalisierungsschub im Bildungswesen hilfreich** (Leopoldina, 2020; OECD, 2020c), kurzfristig muss zumindest der Einsatz verfügbarer digitaler Angebote sichergestellt werden.

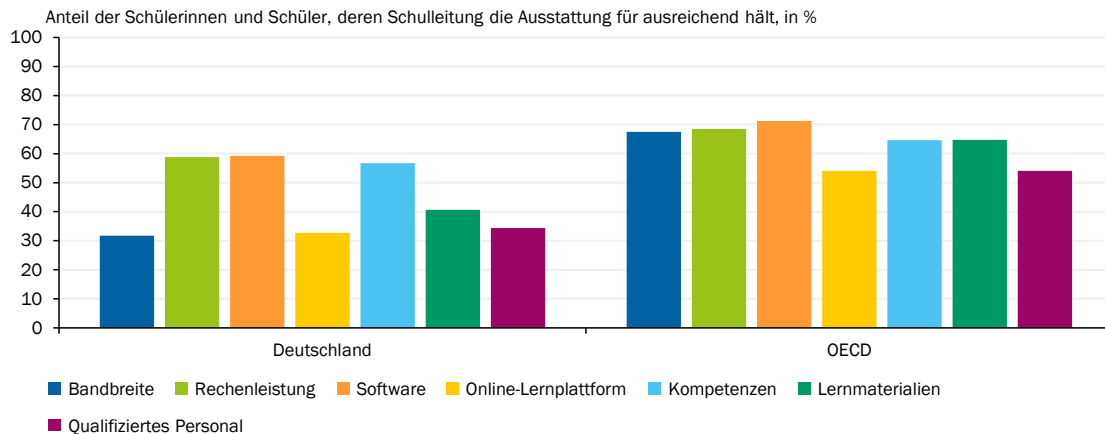
Unabhängig von der aktuellen Pandemie ist der **Ausbau** digitaler Lehr- und Lernmöglichkeiten sowie **digitaler Infrastruktur an Schulen notwendig**, um zukünftige Generationen mit digitalen Schlüsselkompetenzen auszustatten, einerseits als Nutzerinnen und Nutzer, andererseits als Beschäftigte und als künftige Entwicklerinnen und Entwickler (EFI, 2016).

555. Eine Analyse zum **Einsatz von IKT an deutschen Schulen** mithilfe der PISA-Daten aus dem Jahr 2018 zeigt, dass die Schulen bisher eher schlecht aufgestellt

ABBILDUNG 91

Qualität materieller sowie personeller IKT-Ressourcen im Schulalltag im Jahr 2018¹

Qualität der materiellen IKT-Ressourcen in Deutschland unter dem OECD-Durchschnitt



1 – Bandbreite - Bandbreite und Geschwindigkeit der Internetverbindung ausreichend, Rechenleistung - Rechenleistung der digitalen Geräte ausreichend, Software - ausreichende Verfügbarkeit geeigneter Software, Online-Plattformen - Online-Plattformen zur Unterstützung verfügbar, Kompetenzen - technische und pädagogische IKT-Kompetenz der Lehrkräfte ausreichend, Lernmaterialien - Zugang zu Lernmaterialien für Lehrkräfte zur Nutzung digitaler Geräte ausreichend, Qualifiziertes Personal - Qualifiziertes Personal zur technischen Unterstützung ausreichend.

Quelle: Reiss et al. (2019)

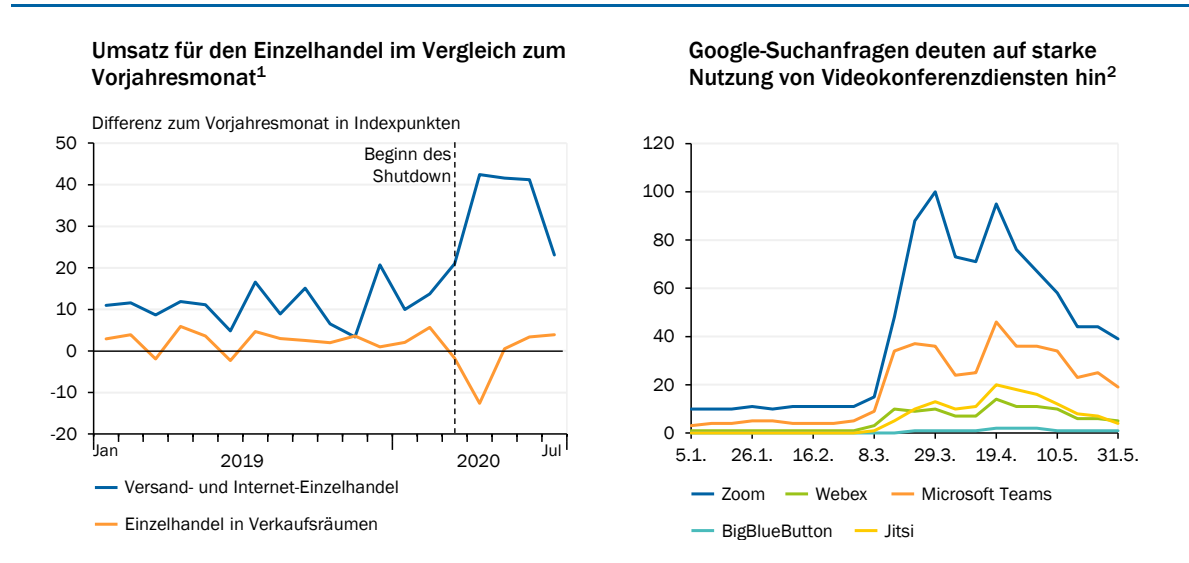
© Sachverständigenrat | 20-463

sind. So liegt der Anteil der Schülerinnen und Schüler, deren Schulleitung die Qualität materieller sowie personeller IKT-Ressourcen als ausreichend betrachtet, **unter dem OECD-Durchschnitt** (Reiss et al., 2019). [ABBILDUNG 91](#) Schwachpunkte liegen insbesondere in der Bandbreite und Geschwindigkeit der Internetverbindung, der Verfügbarkeit von Lernplattformen und dem Zugang zu qualifiziertem technischen Personal. Länderunterschiede in den Angaben zur Qualität der IKT-Infrastruktur könnten zwar auf unterschiedliche Anspruchsniveaus der befragten Schulleitungen zurückzuführen sein. Quantitative Kennzahlen wie beispielsweise die Anzahl der Computer je Schülerin und Schüler zeigen jedoch, dass Deutschland mit einem Wert von 0,6 unter dem OECD-Durchschnitt (0,8) und deutlich hinter den Staaten wie den USA (1,5) oder Schweden (1,1) liegt (OECD, 2020d).

556. Mit der Einführung des **DigitalPakt Schule** im Jahr 2019 will der Bund den Aufbau digitaler Lerninfrastrukturen an deutschen Schulen unterstützen und vorantreiben. Hierfür hat der Bund 5 Mrd Euro an Fördermitteln zur Verfügung gestellt, die Länder zusätzliche Mittel im Umfang von rund 555 Mio Euro. Nach rund einem Jahr wurden jedoch erst 242 Mio Euro, also rund 5 % der 5 Mrd Euro an Fördermitteln insgesamt in 14 Ländern bewilligt (Bundesregierung, 2020). Als Hemmnis für den Mittelabruf wird zum einen die erforderliche Ausarbeitung eines Medienkonzepts genannt. Zum anderen fehlen personelle Unterstützung in der Erstellung und Wartung der digitalen Infrastruktur sowie der Zugang zu Lernmaterialien für Lehrkräfte zur Nutzung digitaler Geräte. Überdies ist die digitale Infrastruktur aufgrund von zu geringer oder nicht vorhandener Bandbreite und Geschwindigkeit zum Teil unzureichend. [ABBILDUNG 91](#)

ABBILDUNG 92

Umsatz für den Einzelhandel und Google-Suchanfragen in Deutschland



1 – Differenz des Umsatzes zum Vorjahresmonat (2015 = 100). 2 – Google-Suchanfragen zu den Begriffen Zoom, Webex, Microsoft Teams, BigBlueButton und Jitsi. Datenstand 08.06.2020. Suchinteresse relativ zum höchsten Punkt im Diagramm. Wert 100 steht für die höchste Anzahl an Suchanfragen.

Quellen: Google Trends, Statistisches Bundesamt, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-448

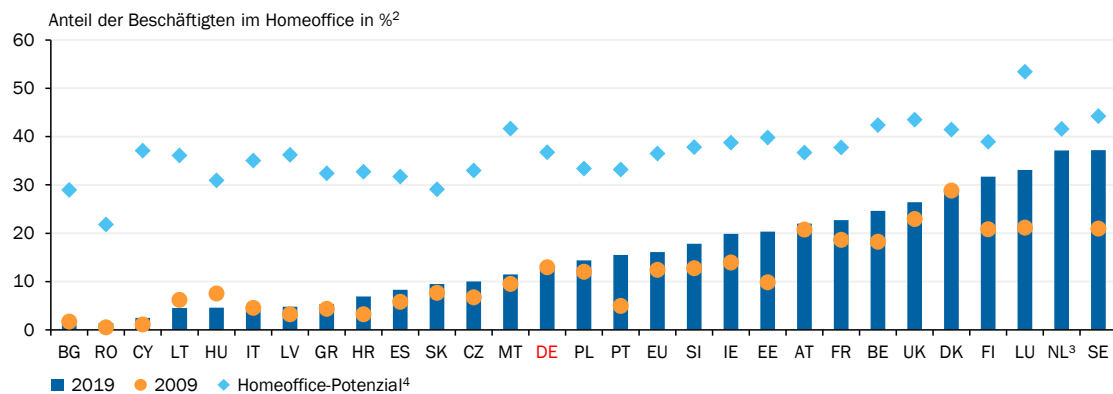
Digitalisierung des Handels und mobiles Arbeiten

557. Insbesondere in Folge der kurzfristigen Schließung von Verkaufsflächen im April 2020 nahm **der Versand- und Internet-Einzelhandel** in Deutschland zu, während der Einzelhandel in den Verkaufsräumen zurückging. [ABBILDUNG 92 LINKS](#) Diese Entwicklung verstärkt den seit längerem stattfindenden Strukturwandel im Einzelhandel von stationären Verkaufspunkten hin zum Verkauf über das Internet (Jonas, 2019).
558. Im internationalen Vergleich nahm Deutschland bisher bei **bargeldlosen Zahlungstransaktionen** pro Person eher eine Schlusslichtposition ein. Im Jahr 2019 wurden 75,7 Kartenzahlungen pro Person in Deutschland getätigt, während diese in Dänemark mit rund 386,2 fünfmal so hoch ausfielen (EZB, 2020). Umfragewerte des Bankenverbands (2020) im April dieses Jahres deuten auf einen positiven Trend in der bargeldlosen Bezahlung in den Geschäften hin.
559. In Folge der Pandemie vollzog sich eine rasche **räumliche Flexibilisierung der Arbeit**. Mobiles, durch digitale Technologien gestütztes Arbeiten ist in Deutschland in diesem Jahr deutlich gestiegen. So begannen 27,7 % der Beschäftigten während der Pandemie, von zu Hause aus zu arbeiten (Eurofound, 2020).

Die **Verbreitung von Homeoffice** war in Deutschland vor der Pandemie im EU-Vergleich unterdurchschnittlich. [ABBILDUNG 93](#) Der Anteil der Beschäftigten, die ihre Arbeit prinzipiell komplett im Homeoffice erledigen können, ist von der Wirtschaftsstruktur und den auszuführenden Tätigkeiten bestimmt. Betrachtet man jedoch das entsprechende Homeoffice-Potenzial (Dingel und Neiman, 2020) zeigt sich, dass einige Länder mit einem ähnlich hohen Potenzial wie Deutschland

ABBILDUNG 93

Geringe Nutzung von Homeoffice in Deutschland im europäischen Vergleich vor der Pandemie¹



1 – BG-Bulgarien, RO-Rumänien, CY-Zypern, LT-Litauen, HU-Ungarn, IT-Italien, LV-Lettland, GR-Griechenland, HR-Kroatien, ES-Spanien, SK-Slowakei, CZ-Tschechien, MT-Malta, DE-Deutschland, PL-Polen, PT-Portugal, EU-Europäische Union, SI-Slowenien, IE-Irland, EE-Estland, AT-Österreich, FR-Frankreich, BE-Belgien, UK-Vereinigtes Königreich, DK-Dänemark, FI-Finnland, LU-Luxemburg, NL-Niederlande, SE-Schweden. 2 – Anteil der Beschäftigten, die manchmal oder gewöhnlich im Homeoffice arbeiten. 3 – Keine Werte für 2009 verfügbar. 4 – Anteil der Beschäftigten in Berufen, die gemäß ihrer Tätigkeitskomponenten prinzipiell komplett im Homeoffice erledigt werden könnten.

Quellen: Dingel und Neiman (2020), European Labour Force Survey (EU-LFS), eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-314

vor der Pandemie eine höhere Verbreitung von Homeoffice aufwiesen. Erste Umfrageergebnisse legen nahe, dass sich die verstärkte Homeoffice-Nutzung zum Teil nach der Pandemie verstetigen könnte (Hoffmann et al., 2020). Der deutliche Anstieg an Internetsuchanfragen zu Videokonferenzanbietern deutet ebenfalls auf eine hohe Inanspruchnahme von digitalen Videokonferenzsystemen zur mobilen Arbeit hin. [ABBILDUNG 92 RECHTS](#)

560. Aufgrund der zu verrichtenden Tätigkeiten ist mobile Arbeit nicht für jeden Beschäftigten möglich. Gleichzeitig fehlen bei mobilem Arbeiten die persönlichen Kontakte und Geschäftsreisen, die zur Verbreitung von Wissen beitragen (Coscia et al., 2020). Nichtsdestotrotz birgt die Verbreitung von Homeoffice **Produktivitätspotenziale** (Bloom et al., 2015; OECD, 2020e; Viete und Erdsiek, 2020). So könnten Pendlerströme reduziert und die Wohnraumknappheit in Ballungsräumen verringert werden. Zudem ergeben sich ökonomische Entwicklungsmöglichkeiten außerhalb von Ballungszentren (Garnadt et al., 2020).

4. Volkswirtschaftliche Auswirkungen

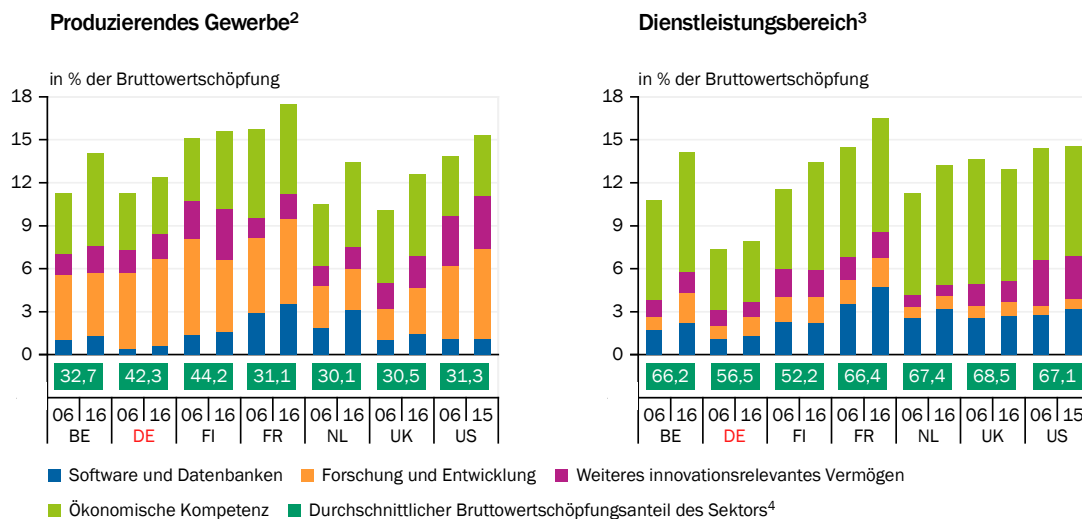
561. Der trendmäßige Rückgang des Wachstums sowohl der Arbeits- als auch der Totalen Faktorproduktivität trotz fortlaufenden technologischen Innovationen seit Mitte der 2000er-Jahre wird aktuell als **Produktivitätsparadoxon** diskutiert (JG 2019 Ziffern 175 ff.). Pessimistische **Erklärungsansätze** für diesen Befund gehen von einem **abnehmenden technologischen Potenzial** und damit einhergehenden geringeren Erträgen von FuE aus (Bloom et al., 2017; Gordon und Sayed, 2020). Demgegenüber werden **Messprobleme** des Outputs in Form digitaler Güter (Syverson, 2017; Brynjolfsson et al., 2020a), **Adaptionsverzögerungen** bei der Diffusion digitaler Technologien (Bajgar et al., 2019a), ein **Strukturwandel** hin zum weniger produktiven Dienstleistungssektor oder sich

gegenseitig neutralisierende Effekte eines Anstiegs von Arbeitsproduktivität und Arbeitsnachfrage durch Verbesserungen von IKT diskutiert (Elstner et al., 2018; JG 2019 Ziffern 175 ff.). Keiner der obigen Ansätze lässt sich jedoch auf Basis der bestehenden empirischen Evidenz als alleinige Erklärung für das Phänomen abnehmender Wachstumsraten der Produktivität ausmachen (Peters et al., 2018).

562. Trugen **IKT** in einer frühen Diffusionsphase während der 1980er-Jahre noch wenig zum **Produktivitätswachstum** bei (Jorgenson und Stiroh, 1995), so waren sie seit den 1990er-Jahren im Zuge weitreichender Investitionen in digitale Technologien Treiber des Produktivitätswachstums, insbesondere in den USA (Jorgenson et al., 2008; van Ark et al., 2008). Vor allem **Untersuchungen auf Basis von Unternehmensdaten** deuten auf **positive Produktivitätseffekte der IKT-Nutzung** hin (Cardona et al., 2013). Dhyne et al. (2018) und Bloom et al. (2019a) zeigen mit detaillierten belgischen beziehungsweise US-amerikanischen Unternehmensdaten, dass IKT-Investitionen aufgrund positiver Produktivitätsrenditen rund 10 % beziehungsweise 12 % der Produktivitätsvariation (gemessen durch den Interdezilbereich der TFP und der Arbeitsproduktivität) zwischen Unternehmen erklären. Dhyne et al. (2018) zeigen darüber hinaus, dass vor allem nach dem Jahr 2008 die Produktivitätseffekte von IKT im Aggregat wesentlich geringer ausfallen. Dies liegt einerseits an niedrigen IKT-Investitionen in der Breite und andererseits an einer Fehlallokation von IKT-Investitionen, also einer geringen Nutzung von IKT in Unternehmen mit hohen Grenzerträgen relativ zu den Kosten.
563. Studien auf Unternehmensebene belegen außerdem ausgeprägte Unterschiede in der Fähigkeit einzelner Unternehmen, die Produktivitätspotenziale von IKT zu heben (Bresnahan et al., 2002; Bloom et al., 2012). Ein zentrales Ergebnis dieser Forschung besteht darin, dass die Produktivitätsrenditen der IKT-Diffusion in starkem Maße von **komplementären Investitionen in immaterielle Produktionsfaktoren**, insbesondere Arbeitsorganisation, Fähigkeiten der Beschäftigten und der Entwicklung innovativer Anwendungen rund um diese Querschnittstechnologien, abhängig sind (Van Reenen et al., 2010). Gerade Organisationsanpassungen sind jedoch oft langwierig und mit hohen Kosten verbunden.
564. Im internationalen Vergleich ist in Deutschland, insbesondere im Dienstleistungssektor, das Niveau an **Investitionen in entsprechende immaterielle Produktionsfaktoren gering** (JG 2019 Ziffern 305 ff.). ↘ **ABBILDUNG 94** Bei den für die Analysen zu diesem Thema genutzten Daten werden zu den immateriellen Produktionsfaktoren Ausgaben für FuE sowie für Software und Datenbanken, Investitionen in ökonomische Kompetenzen, wie Arbeitsorganisation oder Mitarbeitertraining, und weiteres innovationsrelevantes Vermögen, wie Produktdesigns, gezählt (Corrado et al., 2005, 2016). Insgesamt deuten Studien auf Basis gesamtwirtschaftlicher und sektoraler Daten für die USA und die EU auf positive Produktivitätseffekte immaterieller Produktionsfaktoren hin (Corrado et al., 2009; Niebel et al., 2017; Adarov und Stehrer, 2019). Anhand deutscher Unternehmensdaten werden positive Effekte auf den Output und die TFP von M. Zimmermann (2020) und Belitz et al. (2017) dokumentiert. Aufgrund der positiven

ABBILDUNG 94

Geringe Investitionen in immaterielle Produktionsfaktoren in Deutschland¹



1 – Investitionen in immaterielle Produktionsfaktoren im Verhältnis zur Bruttowertschöpfung des jeweiligen Sektors. Die Bruttowertschöpfung wurde im Vergleich zu den offiziellen Zahlen um die in den immateriellen Produktionsfaktoren enthaltene Wertschöpfung korrigiert. BE-Belgien, DE-Deutschland, FI-Finnland, FR-Frankreich, NL-Niederlande, UK-Vereinigtes Königreich, US-USA. 2 – NACE Rev. 2 Abschnitte B–F. 3 – NACE Rev. 2 Abschnitte G–S. 4 – Durchschnittlicher Anteil des jeweiligen Sektors an der gesamten Bruttowertschöpfung des jeweiligen Landes im Zeitraum von 2006 bis 2016 in %, für USA im Zeitraum von 2006 bis 2015.

Quellen: INTAN-Invest (2020), eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-519

Komplementaritäten zwischen IKT-Kapital und solchen immateriellen Produktionsfaktoren (Brynjolfsson und Hitt, 2000) wirken letztere in IKT-intensiven Industrien produktiver (Chen et al., 2016). Neben geringeren Wachstumsbeiträgen von IKT-Investitionen in Europa im Vergleich zu den USA (van Ark et al., 2008) erklären immaterielle Produktionsfaktoren die Divergenz im Produktivitätswachstum zwischen den beiden Regionen (Corrado et al., 2016).

565. Brynjolfsson et al. (2020b) argumentieren, dass einige Arten von **komplementären Investitionen in immaterielle Produktionsfaktoren**, wie beispielsweise für die Umstellung von Geschäftsprozessen oder die Aus- und Weiterbildung von Beschäftigten, **schwer zu messen** sind. Somit komme es zunächst zu einer Unterschätzung des gesamtwirtschaftlichen Produktivitätswachstums, in späteren Phasen der Diffusion von Querschnittstechnologien jedoch zu einer Überschätzung.
566. Der Rückgang des gesamtwirtschaftlichen Produktivitätswachstums ging mit einer wachsenden **Kluft zwischen einigen wenigen hochproduktiven Unternehmen und einer großen Anzahl an Nachzüglerunternehmen** mit geringer Produktivität einher (Andrews et al., 2016; Berlingeri et al., 2019). Diese Entwicklung ist in IKT-intensiven Industriezweigen besonders ausgeprägt (Bajgar et al., 2019b). [ZIFFER 541](#)
567. Bei der Diffusion von IKT in Deutschland sind Adaptionverzögerungen zu beobachten (JG 2019 Ziffer 180). Die geringe Nutzung digitaler Technologien vor allem **in KMU** können mit **geringen absorptiven Fähigkeiten**, also den

Möglichkeiten komplementärer Investitionen in Humankapital, und der Reorganisation von Geschäftsprozessen und Arbeitsorganisation in Zusammenhang stehen. Darüber hinaus besteht in Deutschland Nachholbedarf bei den für viele datenbasierte Anwendungen wichtigen breitbandigen Internetanschlüssen. [ZIFFER 575](#) Nicht zuletzt war in den vergangenen Jahren ein Fachkräfteengpass bei Experten in IT-Berufen, vor allem für KMU, zu konstatieren (BA, 2019; Czernich et al., 2019).

568. **Digitalisierte Informationen** als Produktionsfaktor besitzen besondere Eigenschaften, die sie von anderen Gütern unterscheiden (JG 2019 Ziffern 306 ff.). Sie sind **skalierbar** und können zu **sehr geringen Grenzkosten** wiederverwertet werden. Auf der anderen Seite sind digitale Geschäftsmodelle mit **hohen Fixkosten** verbunden. Beides ermöglicht zunehmende Skalenerträge und **begünstigt große Unternehmen** (Sutton, 1991) sowie eine **höhere Konzentration** ökonomischer Aktivität in „Superstar“-Unternehmen. Dies gilt oft als Grund für verschiedene in der Literatur beschriebene makroökonomische Trends (Akcigit und Ates, 2020), wie einer steigenden Konzentration in vielen Märkten, höhere Preisaufschläge (Van Reenen, 2018) und einer fallenden Lohnquote (Autor et al., 2017).
569. Die **Implementierung neuer Technologien geht einher mit neuen Qualifikationsanforderungen** in den Unternehmen. Dies erhöht den Bedarf an ausgebildeten Fachkräften und setzt Anreize zur beruflichen Weiterbildung (Brennahan et al., 2002; Spitz-Oener, 2006; Goos et al., 2019; Arntz et al., 2020). Die Beschäftigungseffekte neuer Technologien (JG 2017 Ziffern 755 ff.) hängen von drei zentralen Faktoren ab: Der Technologiediffusion, der Flexibilität der Beschäftigten sowie der Schaffung neuer Arbeitsplätze. Die aktuell beobachtete moderate Diffusionsgeschwindigkeit von Technologien könnte an fehlenden geschulten Fachkräften liegen, welche die Implementierung neuer Technologien verlangsamt (Arntz et al., 2020).

IV. CHANCEN DER DIGITALISIERUNG NUTZEN UND DEN INNOVATIONSSTANDORT STÄRKEN

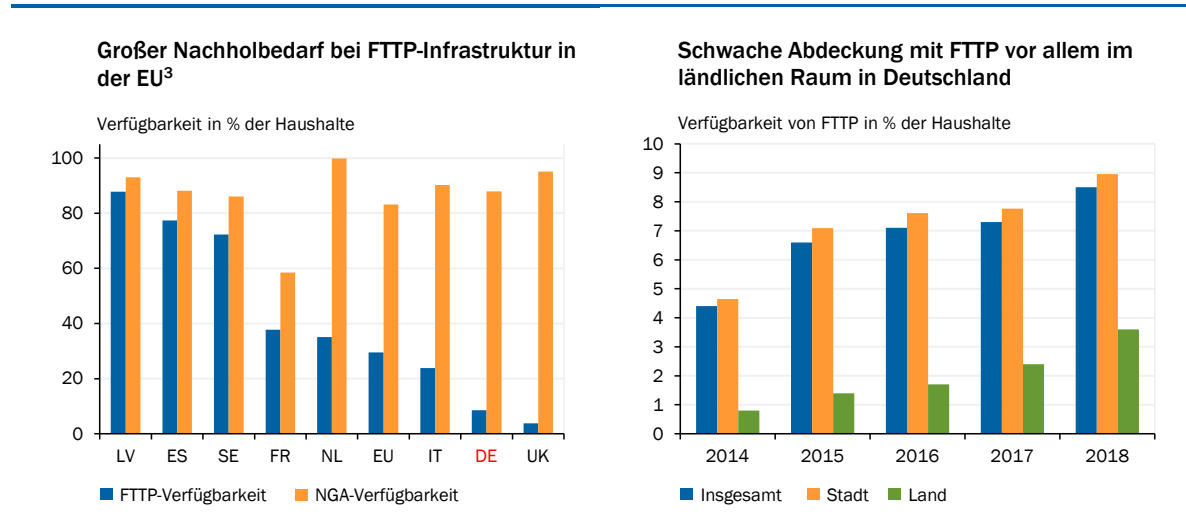
570. Um die **Chancen der Digitalisierung** zu nutzen, sind **komplementäre Investitionen** und geeignete **Rahmenbedingungen** notwendig. Die Diffusion modernster digitaler Technologien kann durch den weiteren Ausbau der digitalen Infrastruktur unterstützt werden. Darüber hinaus ist eine Stärkung der digitalen Kompetenzen von der schulischen Bildung und Ausbildung hin zur Weiterbildung im Berufsleben für die Nutzung und Entwicklung digitaler Arbeitsmethoden, Produkte und Dienstleistungen erforderlich. Um die Entwicklung neuer Technologien zu fördern, braucht es ein Wettbewerbsumfeld, das innovativen Start-ups den Marktzutritt erlaubt und ihre Finanzierungsmöglichkeiten stärkt.

1. Ausbau der digitalen Infrastruktur

571. Technologische Innovationen im Bereich des autonomen Fahrens, der Industrie 4.0 oder E-Health werden zukünftig hohe Anforderungen an die Bandbreite und die Zuverlässigkeit der **digitalen Infrastruktur** stellen. Ein universeller Zugang zu **schnellem Internet** wird daher zum zentralen Standortfaktor für Deutschland.
572. **Mobile Breitbandnetze** nehmen eine immer wichtigere Rolle ein. Sie liefern seit dem Ausbau von 4G-Netzen Bandbreiten, die mit denen hybrider leitungsgebundener Netzwerkarchitekturen vergleichbar sind. Mit der Entwicklung von **5G-Netzen** wird in den kommenden Jahren erstmals eine Konvergenz zwischen mobilen und fixen Netzen erreicht (Bertschek und Briglauer, 2018). Viele der zurzeit entwickelten digitalen Anwendungen, wie Applikationen der Industrie 4.0 oder vernetztes und autonomes Fahren, erfordern eine flächendeckende Verfügbarkeit leistungsfähiger 5G-Netze (Elbanna, 2019). Hier wird ein engmaschiges Netz von Mobilfunktürmen, das auf einem **glasfaserbasierten Netz** aufbaut, erforderlich sein (Ilgmann und Störr, 2020).
573. Im Rahmen ihrer **Digitalen Strategie 2025** verfolgt die Bundesregierung das ambitionierte Ziel, eine **flächendeckende** Festnetzinfrastruktur mit Gigabitgeschwindigkeit bis zum Jahr 2025 zu erreichen (BMWi, 2016). Wurden die Ausbauziele bis dato lediglich anhand der Leistungsfähigkeit der Infrastruktur unabhängig von der Anschlusstechnologie definiert, so soll der Ausbau nun erstmals vorrangig mit **Glasfaseranschlüssen** bis ins Haus oder die Wohnung (Fiber to the Premises, **FTTP**) erfolgen (CDU, CSU und SPD, 2018; BMVI, 2020). Mit der **Mobilfunkstrategie** der Bundesregierung wird darüber hinaus die Schließung der Lücken im 4G-Netz sowie die Entwicklung Deutschlands zum **Leitmarkt für 5G-Technologien** angestrebt (BMVI, 2019).
574. Seit der Marktliberalisierung bei Telekommunikationsdienstleistungen Ende der 1990er-Jahre **obliegt der Ausbau der Internetinfrastruktur** neben der Deutschen Telekom als ehemals staatlichem Monopolbetreiber von Telefonnetzen verschiedenen Wettbewerbern. Zu den größten **Netzbetreibern**, gemessen am Kundenanteil bei stationären Anschlüssen, gehören neben der Deutschen Telekom (38,9 %) Vodafone/Unitymedia (30,3 %), 1&1 (12,3 %) und Telefónica Deutschland (6,2 %) (DIALOG CONSULT und VATM, 2020).
575. Gemessen an der Verfügbarkeit in Haushalten liegt Deutschland beim Ausbau kabelgebundener glasfaserbasierter **Next Generation Access Netzwerke** (NGA), die bis zu 1 Gbit/s Empfangsbandbreite erreichen, mittlerweile knapp über dem europäischen Durchschnitt. [↪ ABBILDUNG 95 LINKS](#) Ein Großteil dieser Anschlüsse wird jedoch über hybride Technologien realisiert, die auf bestehenden Netzwerken der ersten Generation, wie Telefon- oder TV-Kabelnetzwerken aufbauen (VDSL, DOCSIS) (Europäische Kommission, 2020d). Die **Versorgung mit FTTP-Glasfaseranschlüssen**, welche die höchsten Bandbreiten erzielen, ist in Deutschland hingegen **gering**. Insbesondere in ländlichen Regionen, in denen der Ausbau für Netzbetreiber oft unwirtschaftlich ist, ist die Versorgung

➤ ABBILDUNG 95

Verfügbarkeit von FTTP¹- und NGA²-Breitbandinfrastruktur im Jahr 2018



1 – Fiber to the Premises. 2 – Next Generation Access Network beinhaltet VDSL, FTTP, DOCSIS 3.0. 3 – LV-Lettland, ES-Spanien, SE-Schweden, FR-Frankreich, NL-Niederlande, EU-Europäische Union 28 ohne Griechenland, IT-Italien, DE-Deutschland, UK-Vereinigtes Königreich.

Quellen: Europäische Kommission, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-492

schwach (Europäische Kommission, 2019b). ➤ ABBILDUNG 95 RECHTS Bei einer Verfügbarkeit von FTTP-Anschlüssen von unter 10 % der Haushalte im Jahr 2018 und einem hohen Ungleichgewicht zwischen städtischem und ländlichem Raum in Deutschland erscheint der Handlungsbedarf zum Erreichen der von der Koalition formulierten flächendeckenden Versorgungsziele bis zum Jahr 2025 groß.

576. Neben einer Unterversorgung bestimmter Regionen ist derzeit eine **geringe Nutzungsrate von Anschlüssen mit hoher Bandbreite** seitens der Endkundinnen und -kunden zu beobachten (FTTH Council Europe, 2020). Ein häufig diskutierter Grund ist die geringe Zahlungsbereitschaft der Nutzerinnen und Nutzer für hohe Bandbreiten (Ilgmann, 2019; Monopolkommission, 2019). Eine wichtige Erklärung für den vergleichsweise geringen Ausbau und die Nachfrage von FTTP-Anschlüssen in Deutschland ist die **qualitativ hochwertige Breitbandinfrastruktur der ersten Generation** und entsprechend hohe Opportunitätskosten einer Investition in FTTP-Infrastruktur auf der Angebotsseite und ein aktuell niedriger Zusatznutzen für die Endkundinnen und -kunden bei einem Wechsel (Briglauer und Gugler, 2013; Bertschek und Briglauer, 2018).

577. Über die Breitbandinfrastruktur entstehen positive Externalitäten zwischen den Nutzerinnen und Nutzern breitbandiger Dienste auf der einen und Anbietern solcher Dienste auf der anderen Seite des Netzwerks. Ein Fehlen flächendeckender Breitbandversorgung und somit eine geringe Anzahl an Breitbandnutzerinnen und -nutzern kann zu geringeren Investitionen in komplementäre Innovationen und neue Geschäftsmodelle führen. Diese **Netzwerkexternalitäten** können staatliche Anreize beim Breitbandausbau auf der Angebots- und auf der Nachfrageseite begründen (Briglauer und Schmitz, 2019). Insbesondere sollte der **Staat** eine **koordinierende Funktion** zwischen Netzbetreibern, Endkunden und Anbietern digitaler Dienste einnehmen.

578. Ein grundlegendes Problem beim Netzausbau sind die **hohen Kosten der Bereitstellung** bei gleichzeitig **großer Unsicherheit** über künftige lokale **Nachfrage und technologische Entwicklungen**. Daher führen Marktlösungen beim Internetausbau durch privatwirtschaftliche Netzbetreiber vor allem in ländlichen Regionen aufgrund geringer Profitabilität zu unzureichenden Investitionen und einer Unterversorgung. Dies führt zu einer gesellschaftlich unerwünschten digitalen Spaltung zwischen urbanem und ländlichem Raum (Homann et al., 2018) und kann eine regionale angebotsseitige Förderung für den Ausbau der Netze notwendig machen (Gerpott, 2017).

Das Bundesförderprogramm, das den Ausbau über Zuschüsse für Gebietskörperschaften fördert, priorisiert seit dem Jahr 2018 gigabitfähige Anschlüsse (BMVI, 2020). Seit Beginn der Bundesbreitbandförderung war bei der öffentlichen Ausbauförderung eine geringe Abrufquote problematisch (Deutscher Bundestag, 2018). Dies wurde oftmals auf einen hohen **bürokratischen Aufwand** bei Genehmigungsverfahren zurückgeführt (Monopolkommission, 2019).

579. Der Ausbau der mobilen Infrastruktur in Deutschland wurde in der Vergangenheit durch langwierige Genehmigungsprozesse für den Bau von Funkmasten verlangsamt (Falck et al., 2019b). Im Rahmen des **aktuellen Konjunkturpakets** wurde die neu zu gründende Mobilfunkinfrastrukturgesellschaft (MIG) mit einem Startkapital von 5 Mrd Euro ausgestattet (Koalitionsausschuss, 2020). Diese soll den 5G-Ausbau in von den Mobilfunkbetreibern nicht bedienten weißen Flecken als koordinierende Stelle vorantreiben und Kommunen bei der Planung oder durch die Bereitstellung von Liegenschaften unterstützen. Die MIG wurde jedoch bereits mehrfach kritisch diskutiert, da die Abgrenzung ihrer Aufgaben zu denen anderer für den Infrastrukturausbau zuständigen Institutionen wie dem Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur (BMVI) und den Landesministerien unklar erscheint (Ilgmann und Störr, 2020). Darüber hinaus werden Unternehmen bei der Entwicklung softwaregesteuerter Netzwerktechnologien mit bis zu 2 Mrd Euro gefördert. Zudem sieht das Konjunkturpaket vor, bestehende **Fördersysteme zu entbürokratisieren** und weiterzuentwickeln. Eine Absenkung bürokratischer Hürden erscheint vor allem vor dem Hintergrund geringer Abrufquoten in der Vergangenheit als wichtige Maßnahme. Aufgrund der großen Bedeutung eines flächendeckenden 5G-Netzes für Innovationen, etwa in der Industrie 4.0 oder beim vernetzten und autonomen Fahren, sollte eine Verdichtung der Mobilfunkstandorte, die an die Glasfaserinfrastruktur angebunden sind, schnell vorangetrieben werden.

2. Ausbildung digitaler Kompetenzen

580. Die **Erlangung digitaler Schlüsselkompetenzen** sollte wesentlicher Bestandteil der schulischen Ausbildung sein. Dazu gehören zum einen die Fähigkeiten, digitale Inhalte zu finden, zu interpretieren sowie zu produzieren und online interagieren zu können (Burns und Gottschalk, 2019). Zum anderen beinhaltet dies die Fähigkeit, Daten zu sammeln, zu managen und kritisch zu bewerten (Datenkompetenzen) (Bocconi et al., 2016; García-Peñalvo und Mendes, 2018). Dar-

über hinaus sind generelle Fähigkeiten, wie beispielsweise **analytisches Denken und Problemlösungskompetenzen**, eine wichtige Grundlage, um hochqualifizierte Tätigkeiten in den Bereichen Informatik und Digitalisierung ausüben zu können. Überdies sollte das frühe und anwendungsorientierte Erlernen von Programmiersprachen in Schulen flächendeckend und stärker gefördert werden (JG 2017 Ziffer 813). Durch entsprechende Schlüsselkompetenzen könnten digitale Technologien am Arbeitsmarkt effektiver genutzt werden (Lye und Koh, 2014; OECD, 2016; Paniagua und Istance, 2018; Falck et al., 2020).

581. Je früher Akzente in der Schullaufbahn auf **digitale Technologien** gesetzt werden, desto schneller dürften Schülerinnen und Schüler für diese Fachgebiete gewonnen werden. Die Bereitstellung von digitalen Medien und digitalen Geräten im Unterricht führt jedoch nicht automatisch zu besseren Leistungen der Schülerinnen und Schüler (Angrist und Lavy, 2002; Leuven et al., 2007; Escueta et al., 2017). Erforderlich ist neben der materiellen Ausstattung von Schulen insbesondere die **Aus- und berufliche Weiterbildung der Lehrkräfte** in der Nutzung digitaler Methoden sowie in digitalen Kompetenzen und in der Einschätzung von Chancen und Risiken digitaler Technologien. ↘ ZIFFER 555 Für die Umsetzung der Digitalisierung in Schulen ist zudem der Ausbau personeller Kapazitäten zur Einrichtung und Wartung der IKT-Infrastruktur notwendig. Erforderlich ist ebenso die **Verfügbarkeit breitbandiger Internetanschlüsse** in Schulen sowie von **WLAN in den Klassenräumen** (Europäische Kommission, 2020e). Die **Corona-Pandemie** hat aufgezeigt, dass bei allen hier angesprochenen Aspekten **großer Aufholbedarf** besteht. ↘ ZIFFER 554

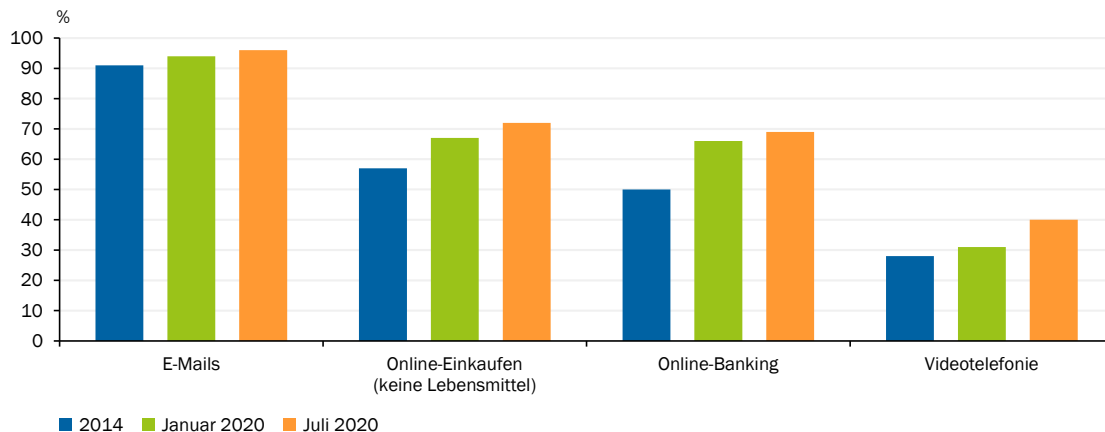
582. Die Ausbildung digitaler Kompetenzen darf aber nicht nach der Schule beendet werden. Durch die Digitalisierung verändern sich berufliche Tätigkeitsprofile und damit die Kompetenzbedarfe (Spitz-Oener, 2006; Janssen et al., 2018; Expertise 2011 Ziffern 185 ff.). Diese Bedarfe sollten durch ein umfassendes **digitales Weiterbildungsangebot** adressiert werden. Die Qualität von Bildung und Weiterbildung sowie **lebenslangem Lernen** sollte durch mehr Wettbewerb zwischen Bildungsinstitutionen gefördert werden (JG 2017 Ziffern 820 ff.).

Die Nationale Weiterbildungsstrategie der Bundesregierung hat im Jahr 2019 einen Anstoß in diese Richtung geliefert (BMBF und BMAS, 2019). Beispielsweise wurden Maßnahmen zum flächendeckenden Ausbau der Verfahren zur Bewertung und Zertifizierung informell erworbener Kompetenzen, eine Erhöhung des Aufstiegs-BAföG, sowie die Unterstützung der Weiterbildung in den Betrieben vorgeschlagen. Eine erste Einschätzung zur Nationalen Weiterbildungsstrategie deutet daraufhin, dass Weiterbildungsbarrieren noch nicht ausreichend adressiert wurden (Heinrich-Böll-Stiftung und Bertelsmann Stiftung, 2020). Im Jahr 2021 ist von der Bundesregierung eine Überprüfung des Umsetzungsstands sowie der Handlungsziele der Nationalen Weiterbildungsstrategie vorgesehen, die daraufhin gegebenenfalls weiterentwickelt werden sollen.

Lebenslanges Lernen kann überdies eine **berufliche Neuorientierung** durch eine Berufsausbildung oder ein Studium im Verlauf des Erwerbslebens erforderlich machen. Lebenslanges Lernen sollte zudem **Seniorinnen und Senioren**

ABBILDUNG 96

Nutzung von Internetdiensten von Personen im Alter von 65 Jahren und älter¹ Leichter Digitalisierungsschub in dieser Nutzergruppe



1 – Internetnutzer ab 65 Jahren (Grundgesamtheit: N=499 im Jahr 2014, N=516 im Januar 2020, N=522 im Juli 2020), Beantwortung der Frage: Was machen Sie zumindest ab und zu im Internet?

Quelle: Bitkom Research

© Sachverständigenrat | 20-501

einschließen. [ZIFFER 640](#) Werden dieser Gruppe digitale Technologien nähergebracht, wirkt dies nicht nur inklusiv für die Gesellschaft. Es stellt darüber hinaus sicher, dass diese Bevölkerungsgruppen Zugang zu einem größeren Spektrum von konkurrierenden Angeboten haben. Unternehmen eröffnen sich so neue Geschäftsfelder, Investitionen in digitale Produkte können sich dadurch schneller rentieren. Repräsentative Umfragewerte einer Studie von Bitkom (2020b) zeigen, dass im Zuge der Corona-Pandemie ein leichter Anstieg in der Nutzung von Internetdiensten Älterer zu verzeichnen ist. [ABBILDUNG 96](#)

3. Potenziale der Digitalisierung nutzen

583. Staatliche finanzielle Anreize fördern nach wie vor besonders Investitionen in physisches Kapital (OECD, 2019b). Aktuelle technologische Entwicklungen finden jedoch vermehrt durch die Nutzung digitaler Dienste wie Cloud-Computing statt, die durch diese Anreize nicht adressiert werden (Andres et al., 2020). Um die Diffusion digitaler Technologien zu stärken, sollte **staatliche Förderung daher** darüber hinaus auf **komplementäre immaterielle Produktionsfaktoren** und **externe Dienste**, wie Lizenzen, externe Beratungsleistung oder Weiterbildung abzielen. Dies wurde beispielsweise im auf KMU ausgerichteten Programm „Digital Jetzt“ der Bundesregierung berücksichtigt, in dem Zuschüsse zu Investitionen in digitale Technologien und in die Qualifizierung der Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter kombiniert wurden (BMW, 2020a).

Ein **Ausbau der Digitalisierung in der Verwaltung** und der digitalen Interaktionswege mit Behörden könnten die Digitalisierung kleiner Unternehmen befördern. Ein solcher Ausbau würde zu einem Nachfrageschub für digitale Produkte und Dienstleistungen führen, der Unternehmen motivieren würde, ihr Angebot zu erweitern und weiterzuentwickeln. [ZIFFER 551](#)

584. Für die Entwicklung digitaler Geschäftsmodelle ist aufgrund der Bedeutung großer, einheitlich regulierter Märkte für die Skalierung eine **Vertiefung des europäischen digitalen Binnenmarkts** hilfreich (JG 2019 Ziffern 313 ff.). Ein Schritt auf diesem Weg ist die im Februar 2020 veröffentlichte **EU-Datenstrategie**, die auf die Schaffung eines Binnenmarkts für Daten abzielt. Diese besteht aus vier Pfeilern, die dazu führen sollen, dass der Marktanteil der EU an der Datenökonomie mindestens ihrem Anteil an der Weltwirtschaft entspricht (Bertschek, 2020; Europäische Kommission, 2020f). Die ersten beiden Pfeiler sollen sektorübergreifende Rahmenbedingungen zur Datengovernance etablieren und Investitionen in die Dateninfrastruktur sowie interoperable sektorübergreifende Datenräume voranbringen. Dazu könnte die deutsche Dateninfrastrukturinitiative GAIA-X beitragen (JG 2019 Ziffer 314). Im Rahmen des dritten Pfeilers sollen zusätzliche Kompetenzen im Bereich der Datenökonomie bei Beschäftigten und bei KMU aufgebaut werden. Der vierte Pfeiler besteht aus der Schaffung gemeinsamer europäischer Datenräume unter Berücksichtigung sektorspezifischer Unterschiede in strategischen Bereichen wie der Industrie, dem Gesundheitswesen oder der öffentlichen Verwaltung.

Konkrete Harmonisierungsschritte sind zudem vom **Gesetz über digitale Dienste** (Digital Services Act; Europäisches Parlament, 2020a, 2020b) zu erwarten, in dem unter anderem die Verantwortlichkeiten von Online-Plattformen überarbeitet werden, die sich bislang aus der Richtlinie über den elektronischen Geschäftsverkehr ergeben (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2000). Bei der darin zu erwartenden Überarbeitung der Haftungsregelungen für Online-Vermittler für über ihre Plattform bereitgestellte Inhalte von Dritten sollten die Auswirkungen auf kleine und junge Unternehmen berücksichtigt werden, analog zur EU-Urheberrechtsrichtlinie (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2019). Für kleine und junge Unternehmen ist die Überprüfung und Moderation von Inhalten mit vergleichsweise größerem Aufwand verbunden.

585. Eine weitere wichtige Voraussetzung für die Dynamik der Digitalwirtschaft besteht darin, die Besonderheiten, die sich insbesondere aufgrund von Netzwerkeffekten ergeben, im Wettbewerbsrecht zu adressieren. Angesichts der Dominanz der großen digitalen Plattformen gilt es, die **wettbewerbliche Offenheit digitaler Märkte** und die **Bestreitbarkeit von verfestigten Machtpositionen** sicherzustellen und so den Markteintritt neuer Wettbewerber zu erleichtern (Kommission Wettbewerbsrecht 4.0, 2019; JG 2019 Ziffern 315 ff.). Dafür sind die **Interoperabilität** und **Portabilität von Daten** zwischen verschiedenen Anwendungen und Plattformen sowie die **Datensouveränität der Konsumentinnen und Konsumenten** zielführend, um diesen einen leichten Wechsel zwischen Anwendungen und Plattformen zu ermöglichen. Darüber hinaus gilt es, eine ungerechtfertigte Selbstbegünstigung von Eigenprodukten und -diensten von Plattformbetreibern zu verhindern, um die Entwicklung und das Angebot neuer konkurrierender Produkte und Dienste auf Plattformen zu erleichtern.

Diese Aspekte werden im Regierungsentwurf zur **10. Novelle des Gesetzes gegen Wettbewerbsbeschränkungen (GWB)** vom 9. September 2020 adres-

siert. Die Thematik ist aktuell zudem Gegenstand der Diskussion über die **Weiterentwicklung des Wettbewerbsrechts auf EU-Ebene**. Für marktdominante Plattformen auf EU-Ebene sollen im Gesetz über digitale Dienste Regeln dazu entwickelt werden, was diesen Unternehmen verboten sein soll und was von ihnen einzuhalten ist. Darüber hinaus wird die Entwicklung eines neuen Wettbewerbsinstruments (New Competition Tool) nach Vorbild des UK Markets Regime (CMA, 2017) im Vereinigten Königreich diskutiert. Die beiden zunächst getrennt diskutierten Instrumente sollen nach aktuellem Stand zwei komplementäre Säulen eines gemeinsamen Gesetzentwurfs zur Regelung digitaler Märkte bilden (Vestager, 2020). Der konkrete Gesetzentwurf soll am 2. Dezember 2020 vorgelegt werden und kann daher noch nicht abschließend bewertet werden.

586. Ein Innovationshemmnis sind **Datensicherheitsprobleme** und die Gefahr von Cyberangriffen (EFI, 2020). Insbesondere im deutschen Verarbeitenden Gewerbe fallen viele produktions- und geschäftskritische Daten an, die mit besonders hohen Anforderungen an die Datensicherheit verbunden sind (Saam et al., 2016). Die vermehrte Erzeugung personenbezogener Daten durch Smart Devices im privaten Gebrauch erhöht das Risiko von Cyberkriminalität (Europäischer Rechnungshof, 2019). Gleichzeitig entstehen durch den hohen Bedarf an **Cyber-sicherheitslösungen** Wertschöpfungspotenziale (EFI, 2020). Die Bundesregierung fördert gemäß ihrer Vereinbarung im Koalitionsvertrag 2018 über die Agentur für Innovation in der Cybersicherheit seit dem Jahr 2020 FuE-Projekte in diesem Bereich (BMI, 2020). Mit dem Projekt GAIA-X (JG 2019 Ziffer 314), der deutschen Initiative zur Entwicklung einer europäischen Cloud-Infrastruktur, wird darüber hinaus eine technische Lösung für die Verbesserung von Datenschutz und Datensouveränität verfolgt (BMW, 2020b). Dies könnte gerade für kleine und mittlere Unternehmen interessant sein, die aufgrund von Sicherheitsbedenken vor der Nutzung digitaler Serviceleistungen, etwa im Rahmen von Cloud-Lösungen, zurückscheuen.
587. Nicht zuletzt sollten etwaige Bedenken in der Bevölkerung ernst genommen werden. Im **Austausch mit allen gesellschaftlichen Stakeholdern** sollte erörtert werden, wie digitale Technologien unter Einhaltung der notwendigen Sicherheitsstandards genutzt werden können. Die hohen Datenschutzanforderungen in Deutschland werden von Unternehmen oft als Innovationshemmnis genannt (Goldfarb und Tucker, 2012; Erdsiek, 2020). Gleichzeitig ist für Konsumentinnen und Konsumenten das Thema Datensicherheit und Datensouveränität wichtig. Die EU hat im Jahr 2018 mit Inkrafttreten der **Datenschutzgrundverordnung (DSGVO)** einen im internationalen Vergleich großen Schritt in Richtung **Datenschutz, Datensouveränität und freien Datenverkehr** vollzogen (Europäisches Parlament und Rat der Europäischen Union, 2016). Die Umsetzung der DSGVO ist allerdings mit einem hohen Aufwand verbunden (Erdsiek, 2020), der vor allem von KMU schwerer zu schultern ist und deshalb große Unternehmen begünstigen könnte.

4. Innovationsanreize stärken

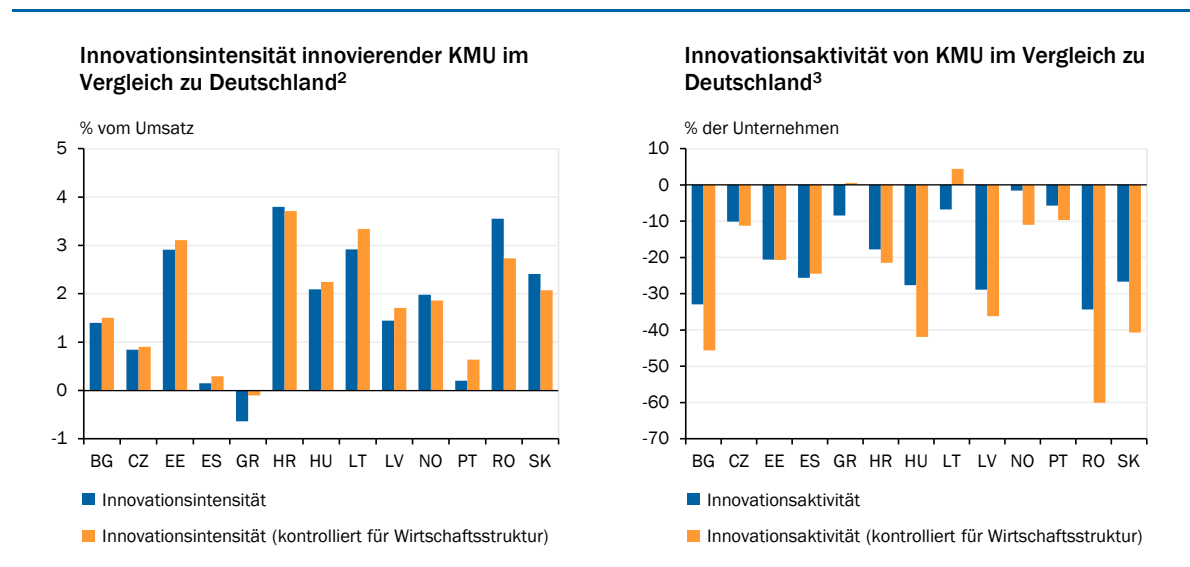
588. Um Innovationsanreize für KMU zu stärken, wurde die steuerliche Forschungszulage eingeführt. [↘ ZIFFER 516](#) Im Rahmen des Zukunftspakets wurde die Obergrenze der darin festgelegten Bemessungsgrundlage von 2 Mio Euro auf 4 Mio Euro erhöht. Diese Erhöhung kommt allerdings insbesondere größeren Unternehmen zugute und dürfte zu Mitnahmeeffekten führen. Um **Forschungsanreize** sowie die **Liquidität innovativer KMU** zu **stärken**, wäre eine Erhöhung der Fördersätze um 10 Prozentpunkte für mittlere Unternehmen und um 20 Prozentpunkte für kleine Unternehmen auf die nach Artikel 25 der Allgemeinen Gruppenfreistellungsverordnung (AGVO) zulässigen Maximalsätze für die Förderung experimenteller Entwicklung zielführender gewesen.
589. Auf europäischer Ebene dürfte ein **weiterer Ausbau des europäischen Forschungsraums** zur Nutzung von **Synergieeffekten** hilfreich sein (JG 2019 Ziffer 301). Zwar wird das Budget des EU-Rahmenprogramms für Forschung und Innovation für die Jahre 2021 bis 2027 „Horizont Europa“ im Vergleich zum vorherigen Rahmenprogramm „Horizont 2020“ von rund 70 Mrd Euro auf 85,5 Mrd Euro erhöht (Rat der Europäischen Union, 2020). [↘ ZIFFER 279](#) Allerdings liegt diese Erhöhung deutlich unter den von der High Level Expert Group (2017) empfohlenen und vom EU-Parlament geforderten rund 120 Mrd Euro. Sie wird nur teilweise über den Mehrjährigen Finanzrahmen, teilweise aber auch über den Aufbaufonds finanziert. Diese Entwicklung steht angesichts der EU-weiten FuE-Quote von 2,11 % des BIP im Jahr 2018 deutlich im Widerspruch zum Ziel der „Europa 2020“-Strategie der EU (Europäische Kommission, 2010), bis zum Jahr 2020 eine FuE-Quote von 3 % zu erreichen.
590. Neben der klassischen angebotsorientierten Innovationspolitik durch Projektförderung und steuerliche FuE-Förderung kann der Staat durch die **stärkere Verankerung von Innovationskriterien in der öffentlichen Beschaffung**, neben den klassischen Kriterien der wirtschaftlichen und sparsamen Verwendung von Haushaltsmitteln, nachfrageseitige Innovationsanreize setzen. In Deutschland und der EU ist seit dem Jahr 2009 beziehungsweise seit dem Jahr 2014 durch Änderungen im Vergaberecht ein stärkerer Fokus auf funktionale, lösungsorientierte Kriterien bei öffentlichen Ausschreibungen zu beobachten. Innovationsorientierte öffentliche Aufträge führten in Deutschland zu höheren Umsätzen mit innovativen Produkten bei Unternehmen, die diese Aufträge erhielten (Czarnitzki et al., 2020). Ein Hemmnis bei der innovationsorientierten Beschaffung ist ein Mangel an dafür qualifiziertem Verwaltungspersonal (OECD, 2017). In Deutschland wurde im Jahr 2013 das Kompetenzzentrum innovative Beschaffung (KOINNO) eingerichtet, um Entscheidungsträgerinnen und -träger zu innovationsorientierter Beschaffung zu schulen und zu beraten. Eine Stärkung dieser Initiative zur Verbesserung der Kompetenzen zur innovationsorientierten Beschaffung auf Entscheidungsebene sowie eine stärkere Verankerung des Innovationsgedankens auf Leitungsebene der Verwaltung könnten den Markt für Innovationen substanziell vergrößern.
591. Um den vollen gesellschaftlichen Nutzen öffentlicher wissenschaftlicher Forschung zu erschließen, kommt dem **Wissens- und Technologietransfer** eine

hohe Bedeutung zu (Wissenschaftsrat, 2016). [ZIFFER 496](#) Die in den vergangenen Jahren sichtbaren Bemühungen, den Transfer zu **stärken**, sollten daher fortgesetzt werden. Die Verankerung des Transfers als zusätzliches Ziel in der Strategie der Hochschulen und die Festlegung von Verantwortlichkeiten auf Leitungsebene könnten dazu beitragen (Wissenschaftsrat, 2016). Das Transferaudit des Stifterverbands zur Transferpraxis an knapp 50 Hochschulen in Deutschland lässt darauf schließen, dass die vom Wissenschaftsrat (2016) vorgeschlagenen einrichtungsspezifischen Bewertungskonzepte, insbesondere die Festlegung quantitativer und qualitativer Transferziele, zielführend sein dürften, um die Transferaktivitäten zu evaluieren und weiterzuentwickeln (Frank und Lehmann-Brauns, 2020). Darüber hinaus wäre eine Professionalisierung des Technologietransfers im Rahmen eigens dafür eingerichteter Transferstellen mit fachlich geschulten Transfermanagerinnen und -manager sowie ein Anreizsystem für Forschende zum Wissenstransfer hilfreich. Dabei sollte der durch den Transfer geschaffene gesellschaftliche Mehrwert und nicht das Erwirtschaften von Lizenzeinnahmen im Mittelpunkt stehen.

ANHANG

[ABBILDUNG 97](#)

Wirtschaftsstruktur hat kaum Einfluss auf Unterschiede in der Innovationsintensität¹



1 – Unternehmen mit weniger als 250 Beschäftigten. BG-Bulgarien, CZ-Tschechische Republik, EE-Estland, ES-Spanien, GR-Griechenland, HR-Kroatien, HU-Ungarn, LT-Litauen, LV-Lettland, NO-Norwegen, PT-Portugal, RO-Rumänien, SK-Slowakei. 2 – Gezeigt wird der Ländereffekt der mit umsatzgewichteten Hochrechnungsfaktoren gewichteten Regression der Innovationsintensität (Innovationsausgaben im Verhältnis zum Umsatz) auf Länderdummies beziehungsweise auf Länder- und Wirtschaftszweigdummies. Als Basisland (Effekt = 0) wird Deutschland verwendet. Das Sample umfasst nur Unternehmen, die ein erfolgreiches Innovationsprojekt durchgeführt haben. 3 – Gezeigt wird der Ländereffekt der mit Hochrechnungsfaktoren gewichteten Regression des Indikators "Erfolgreicher Abschluss eines Innovationsprojekts" auf Länderdummies beziehungsweise auf Länder- und Wirtschaftszweigdummies. Als Basisland (Effekt = 0) wird Deutschland verwendet.

Quellen: Eurostat Community Innovation Survey 2014, eigene Berechnungen

© Sachverständigenrat | 20-481

TABELLE 18

4IR-Technologiefelder nach Bereichen

Technologiefeld	Erläuterung	Beispiele
Basistechnologien		
Hardware	Grundlegende Hardware-Technologien	Sensoren, Speichertechnologie, Prozessoren, adaptive Displays
Software	Grundlegende Software-Technologien	Intelligente Cloud-Speicher und Rechenstrukturen, adaptive Datenbanken, mobile Betriebssysteme, Virtualisierung
Konnektivität	Grundlegende Konnektivitätssysteme	Netzwerkprotokolle, adaptive drahtlose Datensysteme
Enabling-Technologien		
Analytik	Ermöglicht die Interpretation von Informationen	Diagnosesysteme für Big Data
Sicherheit	Ermöglicht die Sicherheit von Daten oder physischen Objekten	Adaptive Sicherheitssysteme, intelligente Sicherheitssysteme
Künstliche Intelligenz	Ermöglicht maschinelles Verstehen	Maschinelles Lernen, neuronale Netzwerke
Positionsbestimmung	Ermöglicht die Positionsbestimmung von Objekten	Verbessertes GPS, Device-to-Device Positionsbestimmung
Energieversorgung	Ermöglicht intelligente Energieverwaltung	Situationsabhängige Ladesysteme
3D-Systeme	Ermöglicht die Realisierung von physischen oder simulierten 3D-Systemen	3D-Drucker und Scanner, automatisierte 3D-Gestaltung und Simulation
Benutzerschnittstellen	Ermöglichen die Anzeige und Eingabe von Informationen	Virtuelle Realität, digitale Brillen
Anwendungen		
Heim	Anwendungen für zu Hause	Alarmanlagen, intelligente Licht- und Heizungssteuerung
Persönlicher Bereich	Personenbezogene Anwendungen	Gesundheitsüberwachung, Smart-Wearables, Unterhaltungsgeräte
Unternehmen	Anwendungen für Unternehmen	Intelligente Verkaufs- und Gesundheitssysteme, autonome Geschäftsstellen
Fertigung	Anwendungen in der Fertigungsindustrie	Intelligente Produktionsstätten, Roboter
Infrastruktur	Anwendungen in der Infrastruktur	Intelligente Energieverteilungs- und Transportnetzwerke, intelligente Leucht- und Heizsysteme
Fahrzeuge	Anwendungen für Fahrzeuge	Autonomes Fahren, Navigationssysteme

Quellen: Europäisches Patentamt, eigene Darstellung

© Sachverständigenrat | 20-484

LITERATUR

- Abboud, L., J. Miller und J. Espinoza (2020), How Europe splintered over contact tracing apps, *Financial Times*, 10. Mai.
- acatech (2012), Mehr Innovationen für Deutschland – Wie Inkubatoren akademische Hightech-Ausgründungen besser fördern können, acatech POSITION, Deutsche Akademie der Technikwissenschaften, München.
- Acemoglu, D. (1998), Why do new technologies complement skills? Directed technical change and wage inequality, *Quarterly Journal of Economics* 113 (4), 1055–1089.
- Adarov, A. und R. Stehrer (2019), Tangible and intangible assets in the growth performance of the EU, Japan and the US, Research Report 442, Wiener Institut für Internationale Wirtschaftsvergleiche.
- Aghion, P. (2008), Higher education and innovation, *Perspektiven der Wirtschaftspolitik* 9 (Special Issue), 28–45.
- Aghion, P., L. Boustan, C. Hoxby und J. Vandenbussche (2009), The causal impact of education on economic growth: Evidence from US, *Brookings Papers on Economic Activity* Spring 2009, 1–73.
- Aghion, P., M. Dewatripont, C. Hoxby, A. Mas-Colell, A. Sapir und B. Jacobs (2010), The governance and performance of universities: Evidence from Europe and the US, *Economic Policy* 25 (61), 7–59.
- Aghion, P., B.F. Jones und C.I. Jones (2019), Artificial intelligence and economic growth, in: Agrawal, A., J. Gans und A. Goldfarb (Hrsg.), *The Economics of Artificial Intelligence: An Agenda*, The University of Chicago Press, Chicago und London, 237–282.
- Aghion, P. und G. Saint-Paul (1998), Virtues of bad times interaction between productivity growth and economic fluctuations, *Macroeconomic Dynamics* 2 (3), 322–344.
- Akcigit, U. und S. Ates (2020), Ten facts on declining business dynamism and lessons from endogenous growth theory, *American Economic Journal: Macroeconomics*, im Erscheinen.
- Akcigit, U., J. Grigsby, T. Nicholas und S. Stantcheva (2018), Taxation and innovation in the 20th century, NBER Working Paper 24982, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Akcigit, U. und S. Stantcheva (2020), Taxation and innovation: What do we know?, NBER Working Paper 27109, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Andres, R., D. Timothy, T. Niebel und S. Viète (2020), Capital incentive policies in the age of cloud computing: An empirical case study, *OECD Science, Technology and Industry Working Paper 2020/07*, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.
- Andrews, D., C. Criscuolo und P.N. Gal (2016), The best versus the rest: The global productivity slowdown, divergence across firms and the role of public policy, *OECD Productivity Working Paper No. 5*, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.
- Angrist, J. und V. Lavy (2002), New evidence on classroom computers and pupil learning, *Economic Journal* 112 (482), 735–765.
- Antonelli, C. (2017), Digital knowledge generation and the appropriability trade-off, *Telecommunications Policy* 41 (10), 991–1002.
- Anzoategui, D., D. Comin, M. Gertler und J. Martinez (2019), Endogenous technology adoption and R&D as sources of business cycle persistence, *American Economic Journal: Macroeconomics* 11 (3), 67–110.
- van Ark, B., M. O'Mahoney und M.P. Timmer (2008), The productivity gap between Europe and the United States: Trends and causes, *Journal of Economic Perspectives* 22 (1), 25–44.
- Arntz, M., T. Gregory und U. Zierahn (2020), Digitalisierung und die Zukunft der Arbeit, *Wirtschaftsdienst* 100 (13), 41–47.
- Arntz, M., T. Gregory und U. Zierahn (2017), Revisiting the risk of automation, *Economics Letters* 159, 157–160.
- Arora, A., S. Belenzon und A. Pataconi (2018), The decline of science in corporate R&D, *Strategic Management Journal* 39 (1), 3–32.
- Åstebro, T., N. Bazzazian und S. Braguinsky (2012), Startups by recent university graduates and their faculty: Implications for university entrepreneurship policy, *Research Policy* 41 (4), 663–677.

Atkeson, A. und P.J. Kehoe (2007), Modeling the transition to a new economy: Lessons from two technological revolutions, *American Economic Review* 97 (1), 64–88.

Autor, D.H., D. Dorn, L.F. Katz, C. Patterson und J. Van Reenen (2017), The fall of the labor share and the rise of superstar firms, NBER Working Paper 23396, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.

BA (2019), Fachkräfteengpassanalyse Dezember 2019, Blickpunkt Arbeitsmarkt, Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg.

Backes-Gellner, U. (2017), Die Rolle der dualen Berufsausbildung für das Innovationssystem in Deutschland, in: Burr, W. und M. Stephan (Hrsg.), *Technologie, Strategie und Organisation*, Springer Fachmedien, Wiesbaden, 171–181.

Bajgar, M., S. Calligaris, F. Calvino, C. Criscuolo und J. Timmis (2019a), Bits and bolts: The digital transformation and manufacturing, OECD Science, Technology and Industry Working Paper 2019/01, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

Bajgar, M., C. Criscuolo und J. Timmis (2019b), Supersize me: Intangibles and industry concentration, Working Paper DSTI/CIE(2019)13, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

Bankenverband (2020), Die Corona-Krise als Katalysator: Kontaktloses Bezahlen auf dem Vormarsch, Repräsentative Kurzumfrage im Auftrag des Bankenverbands, Stand: April 2020, Bundesverband deutscher Banken, Berlin.

Barlevy, G. (2007), On the cyclical of research and development, *American Economic Review* 97 (4), 1131–1164.

Baruffaldi, S. et al. (2020), Identifying and measuring developments in artificial intelligence: Making the impossible possible, OECD Science, Technology and Industry Working Paper 2020/05, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

Bavafa, H., L.M. Hitt und C. Terwiesch (2018), The impact of e-visits on visit frequencies and patient health: Evidence from primary care, *Management Science* 64 (12), 5461–5480.

Beck, R. et al. (2017), Digitale Transformation der Verwaltung, Empfehlungen für eine gesamtstaatliche Strategie, Bertelsmann Stiftung, Gütersloh.

Behrens, V. und S. Viete (2020), A note on Germany's role in the Fourth Industrial Revolution, Arbeitspapier, Sachverständigenrat zur Begutachtung der gesamtwirtschaftlichen Entwicklung, Wiesbaden, im Erscheinen.

Belitz, H., A. Eickelpasch, M. Le Mouel und A. Schiersch (2017), Wissensbasiertes Kapital in Deutschland: Analyse zu Produktivitäts- und Wachstumseffekten und Erstellung eines Indikatorsystems, DIW Berlin: Politikberatung kompakt 126, Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung, Berlin.

Benhabib, J. und M.M. Spiegel (1994), The role of human capital in economic development evidence from aggregate cross-country data, *Journal of Monetary Economics* 34 (2), 143–173.

Berger, M., J. Egel und S. Gottschalk (2019), Innovative Unternehmensgründungen in Deutschland: Auswertungen aus dem IAB/ZEW Gründungspanel, Studie zum deutschen Innovationssystem 13–2019, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin.

Berlingeri, G., S. Calligaris, C. Criscuolo und R. Verlhac (2019), Last but not least: Laggard firms, technology diffusion and its structural and policy determinants, Progress Report DSTI/CIE(2018)11, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

Bertoni, F., M.G. Colombo, A. Quas und F. Tenca (2019), The changing patterns of venture capital investments in Europe, *Journal of Industrial and Business Economics* 46 (2), 229–250.

Bertoni, F. und T. Tykvová (2012), Which form of venture capital is most supportive of innovation?, ZEW Discussion Paper 12–018, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim.

Bertschek, I. (2020), EU-Datenstrategie: Mit gutem Beispiel vorangehen, *Wirtschaftsdienst* 100 (3), 153–153.

Bertschek, I. und W. Briglauer (2018), Wie die Digitale Transformation der Wirtschaft gelingt, ZEW policy brief 5/2018, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim.

Bertschek, I., T. Niebel und C. Rammer (2020), IKT-Branche 2018: Volkswirtschaftliche Kennzahlen, Innovations- und Gründungsgeschehen, ZEW-Gutachten und Forschungsberichte, Leibniz-Zentrum für

Europäische Wirtschaftsforschung im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Berlin.

Bitkom (2020a), 28 Millionen wollen Corona-Warn-App dauerhaft nutzen, Pressemitteilung, Berlin, 10. Juli.

Bitkom (2020b), Streaming, Online-Banking, Telemedizin: So nutzen Senioren digitale Technologien, Pressemitteilung, Berlin, 18. August.

Bitkom (2017), Open Data – Neue Konzepte erfolgreich umsetzen, Berlin.

Bloom, N. et al. (2019a), What drives differences in management practices?, American Economic Review 109 (5), 1648–1683.

Bloom, N., R. Griffith und J. Van Reenen (2002), Do R&D tax credits work? Evidence from a panel of countries 1979–1997, Journal of Public Economics 85 (1), 1–31.

Bloom, N., C. Jones, J. Van Reenen und M. Webb (2017), Are ideas getting harder to find?, NBER Working Paper 23782, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.

Bloom, N., J. Liang, J. Roberts und Z.J. Ying (2015), Does working from home work? Evidence from a Chinese experiment, Quarterly Journal of Economics 130 (1), 165–218.

Bloom, N., R. Sadun und J. Van Reenen (2012), Americans do IT better: US multinationals and the productivity miracle, American Economic Review 102 (1), 167–201.

Bloom, N., M. Schankerman und J. Van Reenen (2013), Identifying technology spillovers and product market rivalry, Econometrica 81 (4), 1347–1393.

Bloom, N., J. Van Reenen und H. Williams (2019b), A toolkit of policies to promote innovation, Journal of Economic Perspectives 33 (3), 163–184.

BMBF (2018), Bundesbericht Forschung und Innovation 2018: Forschungs- und innovationspolitische Ziele und Maßnahmen, Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin.

BMBF und BMAS (2019), Nationale Weiterbildungsstrategie, Herausgegeben durch das Bundesministerium für Arbeit und Soziales und das Bundesministerium für Bildung und Forschung, Berlin, Juni.

BMI (2020), Startschuss für die Cyberagentur, Pressemitteilung, Bundesministerium des Innern, für Bau und Heimat, Berlin, 11. August.

BMVI (2020), Das Breitbandförderprogramm des Bundes, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin, <https://www.bmvi.de/DE/Themen/Digitales/Breitbandausbau/Breitbandfoerderung/breitbandfoerderung.html>, abgerufen am 23.10.2020.

BMVI (2019), Mobilfunkstrategie der Bundesregierung, Bundesministerium für Verkehr und digitale Infrastruktur, Berlin.

BMWi (2020a), Richtlinie zum Förderprogramm „Digital jetzt – Investitionsförderung für KMU“, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.

BMWi (2020b), GAIA-X: Die nächste Generation der digitalen Vernetzung in Europa, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.

BMWi (2016), Digitale Strategie 2025, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.

Bocconi, S., A. Chiocciariello, G. Dettori, A. Ferrari und K. Engelhardt (2016), Developing computational thinking in compulsory education: Implications for policy and practice., JRC Scientific for Policy Report JRC104188, EUR 28295 EN, Europäische Kommission – Joint Research Centre, Sevilla.

Bourreau, M. und A. de Streel (2020), Big tech acquisitions: Competition & innovation effects and EU merger control, CERRE Issue Paper, Centre on Regulation in Europe, Brüssel.

Bozeman, B. (2000), Technology transfer and public policy: A review of research and theory, Research Policy 29 (4–5), 627–655.

Bozeman, B., H. Rimes und J. Youtie (2015), The evolving state-of-the-art in technology transfer research: Revisiting the contingent effectiveness model, Research Policy 44 (1), 34–49.

Brander, J.A., E. Egan und T.F. Hellmann (2010), Government sponsored versus private venture capital: Canadian evidence, in: Lerner, J. und A. Schoar (Hrsg.), International Differences in Entrepreneurship, University of Chicago Press, 275–320.

Braun, H. (2020), Expertenanhörung zur Datenstrategie am 23.1.2020, 10 bis 12.30 Uhr, im Bundeskanzleramt, Transkription, Berlin.

- Braun, R., S. Weik und A.-K. Achleitner (2019), Follow the money: How venture capital facilitates emigration of firms and entrepreneurs in Europe, SSRN Scholarly Paper ID 3415370, Social Science Research Network, Rochester, NY.
- Bresnahan, T.F., E. Brynjolfsson und L.M. Hitt (2002), Information technology, workplace organization, and the demand for skilled labor: Firm-level evidence, *Quarterly Journal of Economics* 117 (1), 339–376.
- Bresnahan, T.F. und M. Trajtenberg (1995), General purpose technologies ‘Engines of growth’?, *Journal of Econometrics* 65 (1), 83–108.
- Briglauer, W. und K. Gugler (2013), The deployment and penetration of high-speed fiber networks and services: Why are EU member states lagging behind?, *Telecommunications Policy* 37 (10), 819–835.
- Briglauer, W. und P. Schmitz (2019), Gutachten zur ökonomischen und rechtlichen Sinnhaftigkeit von nachfrageseitigen Förderungen im Ausbau moderner Breitbandnetze über „Voucher-Systeme“, ZEW-Gutachten und Forschungsberichte, Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung und JUCO-NOMY Rechtsanwälte, Mannheim.
- Brown, J.R., S.M. Fazzari und B.C. Petersen (2009), Financing innovation and growth: Cash flow, external equity, and the 1990s R&D boom, *Journal of Finance* 64 (1), 151–185.
- Brynjolfsson, E., A. Collis, W.E. Diewert, F. Eggers und K.J. Fox (2020a), Measuring the impact of free goods on real household consumption, *AEA Papers and Proceedings* 110, 25–30.
- Brynjolfsson, E. und L.M. Hitt (2000), Beyond computation: Information technology, organizational transformation and business performance, *Journal of Economic Perspectives* 14 (4), 23–48.
- Brynjolfsson, E. und T. Mitchell (2017), What can machine learning do? Workforce implications, *Science* 358 (6370), 1530–1534.
- Brynjolfsson, E., T. Mitchell und D. Rock (2018), What can machines learn, and what does it mean for occupations and the economy?, *AEA Papers and Proceedings* 108, 43–47.
- Brynjolfsson, E., D. Rock und C. Syverson (2020b), The productivity J-curve: How intangibles complement general purpose technologies, *American Economic Journal: Macroeconomics*, im Erscheinen.
- Bundesregierung (2020), Mittelabfluss beim DigitalPakt Schule zum Stichtag 30. Juni 2020, Antwort der Bundesregierung auf die Kleine Anfrage der Abgeordneten Katja Suding, Dr. Jens Brandenburg (Rhein-Neckar), Britta Katharina Dassler, weiterer Abgeordneter und der Fraktion der FDP, Drucksache 19/22344, Berlin, 11. September.
- Bundesregierung (2018), Strategie Künstliche Intelligenz der Bundesregierung, Stand: November 2018, Berlin.
- Burns, T. und F. Gottschalk (2019), Educating 21st century children: Emotional well-being in the digital age, *Educational Research and Innovation*, OECD Publishing, Paris.
- Calvino, F. und C. Criscuolo (2019), Business dynamics and digitalisation, *OECD Science, Technology and Industry Policy Paper* 62, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.
- Cardona, M., T. Kretschmer und T. Strobel (2013), ICT and productivity: Conclusions from the empirical literature, *Information Economics and Policy* 25 (3), 109–125.
- CDU, CSU und SPD (2018), Ein neuer Aufbruch für Europa – Eine neue Dynamik für Deutschland – Ein neuer Zusammenhalt für unser Land, Koalitionsvertrag zwischen CDU, CSU und SPD, 19. Legislaturperiode, Berlin, 12. März.
- Chemmanur, T.J., E. Loutskina und X. Tian (2014), Corporate venture capital, value creation, and innovation, *Review of Financial Studies* 27 (8), 2434–2473.
- Chen, W., T. Niebel und M. Saam (2016), Are intangibles more productive in ICT-intensive industries? Evidence from EU countries, *Telecommunications Policy* 40 (5), 471–484.
- Chen, Z., Z. Liu, J.C. Suárez Serrato und D.Y. Xu (2018), Notching R&D investment with corporate income tax cuts in China, NBER Working Paper 24749, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- CMA (2017), Market studies and market investigations: Supplemental guidance on the CMA’s approach, Competition and Markets Authority, London.
- Cohen, W.M. und S. Klepper (1996), Firm size and the nature of innovation within industries: The case of process and product R&D, *Review of Economics and Statistics* 78 (2), 232–243.

- Cohen, W.M. und D.A. Levinthal (1989), Innovation and learning: The two faces of R & D, *Economic Journal* 99 (397), 569–596.
- Comin, D. und M. Gertler (2006), Medium-term business cycles, *American Economic Review* 96 (3), 523–551.
- Comin, D. und M. Mestieri (2014), Technology diffusion: Measurement, causes, and consequences, in: Aghion, P. und S. N. Durlauf (Hrsg.), *Handbook of Economic Growth*, Bd. 2, Elsevier, 565–622.
- Corrado, C., J. Haskel, C. Jona-Lasinio und M. Iommi (2016), Intangible investment in the EU and US before and since the Great Recession and its contribution to productivity growth, EIB Working Paper 2016/08, Europäische Investitionsbank, Luxemburg.
- Corrado, C., C. Hulten und D. Sichel (2009), Intangible capital and US economic growth, *Review of Income and Wealth* 55 (3), 661–685.
- Corrado, C., C. Hulten und D. Sichel (2005), Measuring capital and technology: An expanded framework, in: Corrado, C., J. Haltiwanger und D. Sichel (Hrsg.), *Measuring capital in the new economy*, University of Chicago Press, 11–46.
- Coscia, M., F.M. Neffke und R. Hausmann (2020), Knowledge diffusion in the network of international business travel, *Nature Human Behaviour* 4, 1011–1020.
- Cunningham, C., F. Ederer und S. Ma (2020), Killer acquisitions, *Journal of Political Economy*, im Erscheinen.
- Cuntz, A., H. Dauchert, P. Meurer und A. Philipps (2012), Hochschulpatente zehn Jahre nach Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs, Studie zum deutschen Innovationssystem 13–2012, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft im Auftrag Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin.
- Curtis, E.M. und R.A. Decker (2018), Entrepreneurship and state taxation, FEDS Working Paper 2018–003, Board of Governors of the Federal Reserve System, Washington, DC.
- Cyber Security Cluster Bonn (2020), Mehr Sicherheit für die digitale Transformation: Warum wir nur gemeinsam die Gesellschaft gegen Angriffe aus dem Netz immunisieren können, Jahresbericht des Weisenrats für Cyber-Sicherheit 2020, Bonn.
- Czarnitzki, D., P. Hünermund und N. Moshgbar (2020), Public procurement of innovation: Evidence from a German legislative reform, *International Journal of Industrial Organization* 71, 102620.
- Czernich, N. et al. (2019), Digitale Kompetenzen – Ist die deutsche Industrie bereit für die Zukunft?, ifo Institut und LinkedIn, München.
- Czernich, N., O. Falck, T. Kretschmer und L. Woessmann (2011), Broadband infrastructure and economic growth, *Economic Journal* 121 (552), 505–532.
- Dachwitz, I. (2020), FAQ zu Corona-Apps – Die wichtigsten Fragen und Antworten zur digitalen Kontaktverfolgung (Updates), <https://netzpolitik.org/2020/faq-corona-apps-die-wichtigsten-fragen-und-antworten-zur-digitalen-kontaktverfolgung-contact-tracing-covid19-pepppt-dp3t/>, abgerufen am 29.10.2020.
- Dakhli, M. und D. De Clercq (2004), Human capital, social capital, and innovation: A multi-country study, *Entrepreneurship & Regional Development* 16 (2), 107–128.
- Dent, R.C., F. Karahan, B. Pugsley und A. Şahin (2016), The role of startups in structural transformation, *American Economic Review* 106 (5), 219–223.
- Dernis, H. et al. (2019), World corporate top R&D investors: Shaping the future of technologies and of AI, A joint JRC and OECD report, JRC Working Paper JRC117068, EUR 29831 EN, Europäische Kommission – Joint Research Centre, Sevilla und Luxemburg.
- Deutscher Bundestag (2018), Abfluss der Mittel aus dem Bundesförderprogramm Breitbandausbau, Kleine Anfrage der Abgeordneten Margit Stumpp, Oliver Krischer, Matthias Gastel, Britta Haßelmann, Claudia Müller und der Fraktion BÜNDNIS 90/DIE GRÜNEN, Drucksache 19/6114, Berlin, 28. November.
- Dhyne, E., J. Konings, J. Van den Bosch und S. Vanormelingen (2018), IT and productivity: A firm level analysis, NBB Working Paper 346, National Bank of Belgium, Brüssel.
- DIALOG CONSULT und VATM (2020), 22. TK-Marktanalyse Deutschland 2020: Ergebnisse einer Befragung der Mitgliedsunternehmen im Verband der Anbieter von Telekommunikations- und Mehrwertdiensten e. V. im dritten Quartal 2020, Köln.
- Diebolt, C. und R. Hippe (2019), The long-run impact of human capital on innovation and economic development in the regions of Europe, *Applied Economics* 51 (5), 542–563.

- Dingel, J.I. und B. Neiman (2020), How many jobs can be done at home?, Journal of Public Economics 189 (September), 104235.
- EFI (2020), Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2020, Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin.
- EFI (2019), Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2019, Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin.
- EFI (2016), Gutachten zu Forschung, Innovation und technologischer Leistungsfähigkeit Deutschlands 2016, Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin.
- Egeln, J., H. Fryges, D. Höwer, B. Müller und K. Müller (2012), Wachstumsbedingungen bzw. Wachstumshemmnisse für junge Unternehmen, Studie zum deutschen Innovationssystem 14–2012, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung (ZEW) und KfW Bankengruppe im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation (EFI), Berlin.
- Égert, B. (2017), Regulation, institutions and productivity: New macroeconomic evidence from OECD countries, OECD Economics Department Working Paper 1393, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.
- Eggenberger, C., S. Janssen und U. Backes-Gellner (2018), Modernization of vocational training curricula and technology adoption in firms: A descriptive analysis with German data, Swiss Leading House Working Paper 150, Universität Zürich.
- Elbanna, A. (2019), 5G Status Studie: Herausforderungen, Standardisierung, Netzarchitektur und geplante Netzentwicklung, WIK Diskussionsbeitrag 499, Wissenschaftliches Institut für Infrastruktur und Kommunikationsdienste, Bad Honnef.
- Elstner, S., L.P. Feld und C.M. Schmidt (2018), The German productivity paradox: Facts and explanations, CESifo Working Paper 7231, CESifo Group, München.
- Engel, D. und D. Heger (2005), Differences in public and private venture capital companies' activities: Microeconomic evidence for Germany, mimeo.
- Erdsiek, D. (2020), ZEW-Branchenreport Informationswirtschaft, 1. Quartal 2020, Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim.
- Escueta, M., V. Quan, A.J. Nickow und P. Oreopoulos (2017), Education technology: An evidence-based review, NBER Working Paper 23744, National Bureau of Economic Research, Cambridge, MA.
- Eurofound (2020), Living, working and COVID-19: First findings – April 2020, EF/20/058/EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg, Luxemburg.
- Europäische Kommission (2020a), Digital Scoreboard – Data & indicators, seeking health information, <https://digital-agenda-data.eu/>, abgerufen am 20.10.2020.
- Europäische Kommission (2020b), Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI) – Länderbericht Deutschland, DESI country profile (DE), Brüssel.
- Europäische Kommission (2020c), Key Indicators – Digital Scoreboard: Data & Indicators, <https://digital-agenda-data.eu/>, abgerufen am 25.5.2020.
- Europäische Kommission (2020d), Digital Economy and Society Index (DESI) 2020 – Connectivity, Brüssel.
- Europäische Kommission (2020e), Digital education action plan 2021-2027, Education and Training, Brüssel.
- Europäische Kommission (2020f), Eine europäische Datenstrategie, COM(2020) 66 final, Brüssel, 19. Februar.
- Europäische Kommission (2019a), Index für die digitale Wirtschaft und Gesellschaft (DESI) – Länderbericht Deutschland, DESI country profile (DE), Text, Brüssel.
- Europäische Kommission (2019b), Broadband coverage in Europe 2018: Mapping progress towards the coverage objectives of the Digital Agenda, Publications Office of the European Union, Luxemburg.
- Europäische Kommission (2017), LAB – FAB – APP: Investing in the European future we want, Report of the independent High Level Group on maximising the impact of EU Research & Innovation Programmes, Brüssel.
- Europäische Kommission (2010), EUROPA 2020 – Eine Strategie für intelligentes, nachhaltiges und integratives Wachstum, KOM(2010) 2020 endgültig, Brüssel.

[Europäischer Rechnungshof](#) (2019), Herausforderungen für eine wirksame Cybersicherheitspolitik der EU, Themenpapier, Luxemburg.

[Europäisches Parlament](#) (2020a), Report with recommendations to the Commission on the Digital Services Act: Improving the functioning of the Single Market (2020/2018(INL)), A9-0181/2020, Europäisches Parlament, 7. Oktober.

[Europäisches Parlament](#) (2020b), Report with recommendations to the Commission on a Digital Services Act: adapting commercial and civil law rules for commercial entities operating online (2020/2019(INL)), A9-0177/2020, Europäisches Parlament, 5. Oktober.

[Europäisches Parlament](#) und Rat der Europäischen Union (2019), Richtlinie (EU) 2019/790 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 17. April 2019 über das Urheberrecht und die verwandten Schutzrechte im digitalen Binnenmarkt und zur Änderung der Richtlinien 96/9/EG und 2001/29/EG, 32019L0790, Brüssel, 17. Mai.

[Europäisches Parlament](#) und Rat der Europäischen Union (2016), Verordnung (EU) 2016/679 des Europäischen Parlaments und des Rates vom 27. April 2016 zum Schutz natürlicher Personen bei der Verarbeitung personenbezogener Daten, zum freien Datenverkehr und zur Aufhebung der Richtlinie 95/46/EG (Datenschutz-Grundverordnung), 32016R0679, Brüssel, 4. Mai.

[Europäisches Parlament](#) und Rat der Europäischen Union (2000), Richtlinie 2000/31/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 8. Juni 2000 über bestimmte rechtliche Aspekte der Dienste der Informationsgesellschaft, insbesondere des elektronischen Geschäftsverkehrs, im Binnenmarkt („Richtlinie über den elektronischen Geschäftsverkehr“), 32000L0031, 17. Juli.

[EZB](#) (2020), ECB payment statistics, April 2020, Europäische Zentralbank, Frankfurt am Main.

[Falck](#), O., A. Fichtl und T. Lohse (2019a), Steuerliche Forschungsförderung kann wichtige Impulse für FuE-Aktivitäten liefern, ifo Schnelldienst 72 (9), 3–6.

[Falck](#), O., A. Heimisch-Roecker und S. Wiederhold (2020), Returns to ICT skills, Research Policy, 104064.

[Falck](#), O., V. Lindlacher, W. Eschweiler, D. Wössner und M. Heinz (2019b), Versteigerung der 5G-Lizenzen in Deutschland – ein Meilenstein auf dem Weg in die digitale Zukunft?, ifo Schnelldienst 72 (21), 3–14.

[Feenstra](#), R.C., R. Inklaar und M.P. Timmer (2015), The next generation of the Penn World Table, American Economic Review 105 (10), 3150–3182.

[Feld](#), L.P., J.H. Heckemeyer und M. Overesch (2013), Capital structure choice and company taxation: A meta-study, Journal of Banking & Finance 37 (8), 2850–2866.

[Fleming](#), L., H. Greene, G. Li, M. Marx und D. Yao (2019), Government-funded research increasingly fuels innovation, Science 364 (6446), 1139–1141.

[Frank](#), A. und C. Lehmann-Brauns (2020), Transfer strategisch verankern, DUZ Wissenschaft & Management 3/2020, 10–21.

[Frank](#), A. und E. Schröder (2018), Gründungsradar 2018, Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, Essen.

[Freeman](#), C. (1987), Technology, policy, and economic performance: Lessons from Japan, Pinter Publishers, London ; New York.

[Frey](#), C.B. und M.A. Osborne (2017), The future of employment: How susceptible are jobs to computerisation?, Technological Forecasting and Social Change 114, 254–280.

[Frietsch](#), R. et al. (2019), Studie „Schrittweise Erhöhung der FuE-Quote auf bis zu 3,5% des BIP – Instrumente und Auswirkungen auf volkswirtschaftliche Kennzahlen“, Abschlussbericht, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe.

[FTTH Council Europe](#) (2020), FTTH Council Europe – Panorama markets at September 2019, Fibre to the Home Council Europe, Brüssel.

[García-Peñalvo](#), F.J. und A.J. Mendes (2018), Exploring the computational thinking effects in pre-university education, Computers in Human Behavior 80, 407–411.

[Garnadt](#), N., M. Schnitzer und S. Viète (2020), Räumliche Flexibilisierung durch zunehmende Home-office-Nutzung, Wirtschaftsdienst 100 (9), 661–666.

[Gerpott](#), T.J. (2017), Breitbandsubventionen des Bundes 2015 bis 2017 – eine Analyse der Förderzusagen, ifo Schnelldienst 70 (20), 16–22.

- Goldfarb, A. und C. Tucker (2012), Privacy and innovation, *Innovation Policy and the Economy* 12, 65–90.
- Gompers, P.A. und J. Lerner (2001), *The money of invention: How venture capital creates new wealth*, Harvard Business School Press, Boston.
- Goos, M. et al. (2019), The impact of technological innovation on the future of work, JRC Working Paper on Labour, Education and Technology 2019/03, Europäische Kommission – Joint Research Centre, Sevilla.
- Gordon, R.J. und H. Sayed (2020), Transatlantic technologies: The role of ICT in the evolution of US and European productivity growth, CEPR Discussion Paper DP15011, Centre for Economic Policy Research, London.
- Graetz, G. und G. Michaels (2018), Robots at work, *Review of Economics and Statistics* 100 (5), 753–768.
- Graham, S.J.H., C. Grim, T. Islam, A.C. Marco und J. Miranda (2018), Business dynamics of innovating firms: Linking U.S. patents with administrative data on workers and firms, *Journal of Economics & Management Strategy* 27 (3), 372–402.
- Griliches, Z. (1998), *R&D and productivity: The econometric evidence*, University of Chicago Press.
- Guzman, J. und S. Stern (2020), The state of American entrepreneurship: New estimates of the quantity and quality of entrepreneurship for 15 US states, 1988–2014, *American Economic Journal: Economic Policy*, im Erscheinen.
- Guzman, J. und S. Stern (2016), Nowcasting and placecasting entrepreneurial quality and performance, in: Haltiwanger, J., E. Hurst, J. Miranda und A. Schoar (Hrsg.), *Measuring entrepreneurial businesses: Current knowledge and challenges*, University of Chicago Press, Chicago und London, 63–109.
- Hall, B.H. und J. Lerner (2010), The financing of R&D and innovation, in: Hall, B. H. und N. Rosenberg (Hrsg.), *Handbook of the Economics of Innovation*, Bd. 1, North-Holland (Elsevier), Amsterdam, 609–639.
- Hall, B.H., J. Mairesse und P. Mohnen (2010), Measuring the returns to R&D, in: Hall, B. H. und N. Rosenberg (Hrsg.), *Handbook of the Economics of Innovation*, Bd. 2, North-Holland, 1033–1082.
- Harhoff, D., M. Schnitzer, U. Backes-Gellner, C. Böhringer, U. Cantner und K. Hölzle (2019), Steuerliche FuE-Förderung endlich auf den Weg gebracht, *ifo Schnelldienst* 72 (9), 21–25.
- Haufler, A., P.-J. Norbäck und L. Persson (2014), Entrepreneurial innovations and taxation, *Journal of Public Economics* 113, 13–31.
- Heinrich-Böll-Stiftung und Bertelsmann Stiftung (2020), *Weiterbildung 4.0: Wie weit trägt die Nationale Weiterbildungsstrategie?*, Positionspapier auf Basis der gleichnamigen Fachkonferenz, Berlin und Gütersloh.
- Hellmann, T.F., A. Montag und J. Tåg (2019), Foreign investors and domestic company growth: Evidence from US venture capital investments in Sweden, *Saïd Business School WP 2019–05*, Saïd Business School, University of Oxford.
- Helmers, C. und M. Rogers (2011), Does patenting help high-tech start-ups?, *Research Policy* 40 (7), 1016–1027.
- Henderson, R., A.B. Jaffe und M. Trajtenberg (1998), Universities as a source of commercial technology: A detailed analysis of university patenting, 1965–1988, *Review of Economics and Statistics* 80 (1), 119–127.
- Hitt, L.M. und P. Tambe (2016), Health care information technology, work organization, and nursing home performance, *ILR Review* 69 (4), 834–859.
- Hoffmann, J., A. Piele und C. Piele (2020), *Arbeiten in der Corona-Pandemie – auf dem Weg zum New Normal*, Studie, Fraunhofer-Institut für Arbeitswirtschaft und Organisation IAO und Deutsche Gesellschaft für Personalführung, Stuttgart.
- Homann, J. et al. (2018), Ausbau der digitalen Infrastruktur bis 2025: Welche Wege führen in die „Gigabit-Gesellschaft“?, *ifo Schnelldienst* 71 (7), 3–21.
- Horbach, J. und C. Rammer (2020), Labor shortage and innovation, ZEW Discussion Paper 20–009, Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim.
- Howell, S.T. (2017), Financing innovation: Evidence from R&D grants, *American Economic Review* 107 (4), 1136–1164.

- IFR (2020), Presentation IFR press conference, Konferenzpapier, International Federation of Robotics, Frankfurt am Main, 24. September.
- IFR (2019), Presentation IFR press conference, Konferenzpapier, International Federation of Robotics, Shanghai, 18. September.
- Ilgmann, C. (2019), Breitbandausbau in Deutschland: eine strategische Analyse, Wirtschaftsdienst 99 (2), 119–125.
- Ilgmann, C. und A. Störr (2020), Telekommunikationsnetze in Deutschland – mit einem öffentlichen Unternehmen ausbauen, Wirtschaftsdienst 100 (8), 614–621.
- Intarakumnerd, P. und A. Goto (2018), Role of public research institutes in national innovation systems in industrialized countries: The cases of Fraunhofer, NIST, CSIRO, AIST, and ITRI, Research Policy 47 (7), 1309–1320.
- Janssen, S., U. Leber, M. Arntz, T. Gregory und U. Zierahn (2018), Betriebe und Arbeitswelt 4.0: Mit Investitionen in die Digitalisierung steigt auch die Weiterbildung, IAB Kurzbericht 26/2018, Institut für Arbeitsmarkt- und Berufsforschung der Bundesagentur für Arbeit, Nürnberg.
- Jensen, R. und M. Thursby (2001), Proofs and prototypes for sale: The licensing of university inventions, American Economic Review 91 (1), 240–259.
- Jonas, A. (2019), Online-Handel in Deutschland, BBSR Analysen KOMPAKT 03/2019, Bundesinstitut für Bau-, Stadt- und Raumforschung, Bonn.
- Jones, C.I. (2016), The facts of economic growth, in: Taylor, J. B. und H. Uhlig (Hrsg.), Handbook of Macroeconomics, Bd. 2, Elsevier, Amsterdam, 3–69.
- Jones, C.I. und J.C. Williams (2000), Too much of a good thing? The economics of investment in R&D, Journal of Economic Growth 5 (1), 65–85.
- Jorgenson, D.W., M.S. Ho und K.J. Stiroh (2008), A retrospective look at the U.S. productivity growth resurgence, Journal of Economic Perspectives 22 (1), 3–24.
- Jorgenson, D.W. und K. Stiroh (1995), Computers and growth, Economics of innovation and new technology 3 (3–4), 295–316.
- Jovanovic, B. und P.L. Rousseau (2005), General purpose technologies, in: Aghion, P. und S. N. Durlauf (Hrsg.), Handbook of Economic Growth, Bd. 1 B, Elsevier, Amsterdam, 1181–1224.
- Kang, B. (2019), Innovation process in public research institute: Case studies of AIST, Fraunhofer, and ITRI, ERIA Discussion Paper 2018–10, Economic Research Institute for ASEAN and East Asia, Jakarta.
- Kerr, W.R. und R. Nanda (2015), Financing innovation, Annual Review of Financial Economics 7 (1), 445–462.
- Klenow, P.J. und A. Rodríguez-Clare (1997), The neoclassical revival in growth economics: Has it gone too far?, NBER Macroeconomics Annual 1997, Bd. 12, University Of Chicago Press, 73–103.
- Koalitionsausschuss (2020), Corona-Folgen bekämpfen, Wohlstand sichern, Zukunftsfähigkeit stärken, Eckpunkte des Konjunkturprogramms, Berlin, 3. Juni.
- Koenen, J. und O. Falck (2020), Industrielle Digitalwirtschaft – B2B-Plattformen, Studie im Auftrag des Bundesverbands der Deutschen Industrie e.V., ifo Zentrum für Industrieökonomik und neue Technologien sowie ARC Econ, Berlin.
- Kommission Wettbewerbsrecht 4.0 (2019), Ein neuer Wettbewerbsrahmen für die Digitalwirtschaft, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.
- Kulicke, M. und H. Berghäuser (2017), Gründungspotenziale und Gründungsunterstützung an forschungsstarken Universitäten, Bericht der wissenschaftlichen Begleitforschung zu „EXIST – Existenzgründungen aus der Wissenschaft“, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe.
- Kulicke, M., F. Dornbusch, H. Berghäuser und K. Blind (2014), Erfolgskontrolle des Programms SIGNO – „Schutz von Ideen für die Gewerbliche Nutzung“ des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Endbericht, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI und Fraunhofer-Institut für Offene Kommunikationssysteme FOKUS, Karlsruhe und Berlin.
- Kulicke, M., N. Meyer, T. Stahlecker und T. Jackwerth-Rice (2019), Evaluation des Programms WIPANO – „Wissens- und Technologietransfer durch Patente und Normen“, Studie im Auftrag des Bundesministeriums für Wirtschaft und Energie, Fraunhofer-Institut für System- und Innovationsforschung ISI, Karlsruhe.

[Lehnert, P., C. Pfister, D. Harhoff und U. Backes-Gellner \(2020\)](#), Knowledge complementarities and patenting. Do new universities of applied sciences foster regional innovation?, Swiss Leading House Working Paper 164, Universität Zürich.

[Leopoldina \(2020\)](#), Coronavirus-Pandemie: Für ein krisenresistentes Bildungssystem, 5. Ad-hoc Stellungnahme, Nationale Akademie der Wissenschaften Leopoldina, Halle (Saale), 5. August.

[Leuven, E., M. Lindahl, H. Oosterbeek und D. Webbink \(2007\)](#), The effect of extra funding for disadvantaged pupils on achievement, *Review of Economics and Statistics* 89 (4), 721–736.

[Leyden, D.P. und M. Menter \(2018\)](#), The legacy and promise of Vannevar Bush: rethinking the model of innovation and the role of public policy, *Economics of Innovation and New Technology* 27 (3), 225–242.

[Lye, S.Y. und J.H.L. Koh \(2014\)](#), Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?, *Computers in Human Behavior* 41, 51–61.

[Mann, W. \(2018\)](#), Creditor rights and innovation: Evidence from patent collateral, *Journal of Financial Economics* 130 (1), 25–47.

[Marx, M. und A. Fuegi \(2020\)](#), Reliance on science: Worldwide front-page patent citations to scientific articles, *Strategic Management Journal* 41 (9), 1572–1594.

[Mas, M. et al. \(2020\)](#), The 2020 PREDICT key facts report. An analysis of ICT R&D in the EU and beyond, JRC Technical Report JRC121153, EUR 30305 EN, Europäische Kommission – Joint Research Centre, Luxemburg.

[Ménière, Y., I. Rudyk und J. Valdes \(2017\)](#), Patents and the Fourth Industrial Revolution: The inventions behind Digital Transformation, Europäisches Patentamt, München.

[Metzger, G. \(2020a\)](#), KfW-Gründungsmonitor 2020: Gründungstätigkeit in Deutschland 2019: erster Anstieg seit 5 Jahren – 2020 im Schatten der Corona-Pandemie, KfW Bankengruppe, Frankfurt am Main.

[Metzger, G. \(2020b\)](#), KfW-Start-up-Report 2019: Zahl der Start-ups in Deutschland steigt weiter, KfW Bankengruppe, Frankfurt am Main.

[Metzger, G. \(2020c\)](#), Corona-Schock: VC-Geschäftsklima stürzt ab, German Venture Capital Barometer 1. Quartal 2020, KfW Bankengruppe, Frankfurt am Main.

[Metzger, G. \(2020d\)](#), KfW Venture Capital Studie 2020: VC-Markt in Deutschland: Reif für den nächsten Entwicklungsschritt, KfW Bankengruppe, Frankfurt am Main.

[Monopolkommission \(2019\)](#), Telekommunikation 2019: Staatliches Augenmaß beim Netzausbau, 11. Sektorgutachten, Bonn.

[Moreira, S. \(2016\)](#), Firm dynamics, persistent effects of entry conditions, and business cycles, SSRN Scholarly Paper ID 3037178, Social Science Research Network, Rochester, NY.

[Mowery, D.C., R.R. Nelson, B.N. Sampat und A.A. Ziedonis \(2001\)](#), The growth of patenting and licensing by U.S. universities: An assessment of the effects of the Bayh–Dole act of 1980, *Research Policy* 30 (1), 99–119.

[Nelson, Richard R. \(Hrsg.\) \(1993\)](#), National innovation systems: A comparative analysis, Oxford University Press, New York.

[Niebel, T., M. O'Mahony und M. Saam \(2017\)](#), The contribution of intangible assets to sectoral productivity growth in the EU, *Review of Income and Wealth* 63 (S1), S49–S67.

[Niebel, T., F. Rasel und S. Viete \(2019\)](#), BIG data – BIG gains? Understanding the link between big data analytics and innovation, *Economics of Innovation and New Technology* 28 (3), 296–316.

[NKR \(2020\)](#), Monitor Digitale Verwaltung #4, Nationaler Normenkontrollrat, Berlin.

[Obermann, K., I. Brendt, J. Hagen, P. Müller und P. Stachwitz \(2020\)](#), Ärzte im Zukunftsmarkt Gesundheit 2019: Ärztliche Arbeit und Nutzung von Videosprechstunden während der Covid-19-Pandemie, Eine gemeinsame repräsentative deutschlandweite Befragung ambulant tätiger Ärztinnen und Ärzte durch die Stiftung Gesundheit in Zusammenarbeit mit dem health innovation hub, health innovation hub und Stiftung Gesundheit, Berlin und Hamburg.

[OECD \(2020a\)](#), The effects of R&D tax incentives and their role in the innovation policy mix: Findings from the OECD microBeRD project, 2016-19, OECD Science, Technology and Industry Policy Paper 92, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

[OECD \(2020b\)](#), Bildung auf einen Blick 2020: OECD-Indikatoren, wbv Media, Bielefeld.

OECD (2020c), School education during Covid-19, were teachers and students ready?, Country Note Germany, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD (2020d), PISA 2018 Results: Effective policies, successful schools, Volume V, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD (2020e), Productivity gains from teleworking in the post COVID-19 era : How can public policies make it happen?, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD (2019a), OECD SME and entrepreneurship outlook 2019, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD (2019b), ICT investments in OECD countries and partner economies: Trends, policies and evaluation, OECD Digital Economy Paper 280, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD (2018), Frascati-Handbuch 2015: Leitlinien für die Erhebung und Meldung von Daten über Forschung und experimentelle Entwicklung, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD (2017), Public procurement for innovation: Good practices and strategies, OECD Public Governance Reviews, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD (2016), Skills for a digital world, Policy Brief on the Future of Work, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD (2015), Data-driven innovation: Big data for growth and well-being, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD (2014), Addressing the tax challenges of the digital economy, OECD/G20 Base Erosion and Profit Shifting Project, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD (2013), Supporting investment in knowledge capital, growth and innovation, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

OECD und Eurostat (2019), Oslo Manual 2018: Guidelines for collecting, reporting and using data on innovation, 4. Auflage, OECD Publishing, Paris.

OECD und Eurostat (2005), Oslo Manual 2005: Guidelines for collecting and interpreting innovation data, 3. Auflage, OECD Publishing, Paris.

Ouyang, M. (2011), On the cyclicity of R&D, Review of Economics and Statistics 93 (2), 542–553.

Pakes, A. und Z. Griliches (1980), Patents and R&D at the firm level: A first report, Economics letters 5 (4), 377–381.

Paniagua, A. und D. Istance (2018), Teachers as designers of learning environments: The importance of innovative pedagogies, Educational Research and Innovation, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

Peters, B. et al. (2018), Innovationsaktivitäten als Ursache des Productivity Slowdowns: Eine Literaturstudie, Studie zum deutschen Innovationssystem 10–2018, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin.

Phillips, G.M. und A. Zhdanov (2013), R&D and the incentives from merger and acquisition activity, Review of Financial Studies 26 (1), 34–78.

Pugsley, B.W., P. Sedláček und V. Sterk (2020), The nature of firm growth, American Economic Review, im Erscheinen.

Rammer, C. et al. (2020a), Innovationen in der deutschen Wirtschaft: Indikatorenbericht zur Innovationserhebung 2019, ZEW Innovationserhebungen-Mannheimer Innovationspanel (MIP), Leibniz-Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Mannheim.

Rammer, C., I. Bertschek, B. Schuck, V. Demary und H. Goecke (2020b), Einsatz von Künstlicher Intelligenz in der Deutschen Wirtschaft: Stand der KI-Nutzung im Jahr 2019, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.

Rammer, C., S. Gottschalk, B. Peters, J. Bersch und D. Erdsiek (2016), Die Rolle von KMU für Forschung und Innovation in Deutschland, Studie zum deutschen Innovationssystem 10–2016, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung im Auftrag der Expertenkommission Forschung und Innovation, Berlin.

Rat der Europäischen Union (2020), Vorschlag für eine Verordnung über das Rahmenprogramm für Forschung und Innovation „Horizont Europa“ sowie über die Regeln für die Beteiligung und die Verbreitung der Ergebnisse, 11251/1/20REV 1, Brüssel, 29. September.

Reiss, Kristina, Mirjam Weis, Eckhard Klieme und Olaf Köller (Hrsg.) (2019), PISA 2018: Grundbildung im internationalen Vergleich, Waxmann Verlag, Münster.

Riddell, W.C. und X. Song (2017), The role of education in technology use and adoption: Evidence from the Canadian workplace and employee survey, ILR Review 70 (5), 1219–1253.

Rogers, E.M. (2010), Diffusion of innovations, 4. Auflage, Simon and Schuster, New York.

Rosemain, M. und D. Busvine (2020), France, Germany in standoff with Silicon Valley on contact tracing, Reuters, 24. April.

Rupietta, C. und U. Backes-Gellner (2019), How firms' participation in apprenticeship training fosters knowledge diffusion and innovation, Journal of Business Economics 89 (5), 569–597.

Saam, M., S. Viete und S. Schiel (2016), Digitalisierung im Mittelstand: Status Quo, aktuelle Entwicklungen und Herausforderungen, ZEW-Gutachten und Forschungsberichte, Zentrum für Europäische Wirtschaftsforschung, Forschungsprojekt im Auftrag der KfW Bankengruppe, Frankfurt am Main.

Samila, S. und O. Sorenson (2011), Venture capital, entrepreneurship, and economic growth, Review of Economics and Statistics 93 (1), 338–349.

Schnitzer, M. und M. Watzinger (2020), Measuring the spillovers of venture capital, Review of Economics and Statistics, im Erscheinen, https://doi.org/10.1162/rest_a_00937.

Schnitzer, M. und M. Watzinger (2019), Standing on the shoulders of science, CEPR Discussion Paper DP13766, Centre for Economic Policy Research, London.

Schwab, K. (2017), The Fourth Industrial Revolution, Crown Publishing Group, New York.

Schweigel, H., M. Lindner, J. Mock, S. Straub und G. Zinke (2020), Open Public Data in Deutschland: Rahmenbedingungen und Potenziale der Bereitstellung und Nutzung von Daten des öffentlichen Sektors, Begleitforschung Smart Service Welt II Institut für Innovation und Technik (iit) in der VDI/VDE Innovation + Technik GmbH, Berlin.

Sedláček, P. und V. Sterk (2017), The growth potential of startups over the business cycle, American Economic Review 107 (10), 3182–3210.

Shane, S.A. (2004), Academic entrepreneurship: University spinoffs and wealth creation, Edward Elgar Publishing, Cheltenham.

Spitz-Oener, A. (2006), Technical change, job tasks, and rising educational demands: Looking outside the wage structure, Journal of Labor Economics 24 (2), 235–270.

Squicciarini, M., H. Dernis und C. Criscuolo (2013), Measuring patent quality: Indicators of technological and economic value, OECD Science, Technology and Industry Working Paper 2013/03, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

Stam, E. und K. Wennberg (2009), The roles of R&D in new firm growth, Small Business Economics 33 (1), 77–89.

Sternberg, R., N. Gorynia-Pfeffer, M. Wallisch, A. Baharian, L. Stolz und J. von Bloh (2020), Global Entrepreneurship Monitor 2019/2020 Unternehmensgründungen im weltweiten Vergleich – Länderbericht Deutschland 2019/20, RKW Kompetenzzentrum, Eschborn.

Sutton, J. (1991), Sunk costs and market structure: Price competition, advertising, and the evolution of concentration, MIT Press, Cambridge, MA.

Syverson, C. (2017), Challenges to mismeasurement explanations for the US productivity slowdown, Journal of Economic Perspectives 31 (2), 165–186.

Tischler, J. und S. Walter (2014), Das Patentierverhalten akademischer Gründer nach Abschaffung des Hochschullehrerprivilegs, ZBW - Deutsche Zentralbibliothek für Wirtschaftswissenschaften, Leibniz-Informationszentrum Wirtschaft, Kiel und Hamburg.

Van Reenen, J. (2018), Increasing differences between firms: Market power and the macro-economy, CEP Discussion Paper CEPDP1576, Centre for Economic Performance, London.

Van Reenen, J. et al. (2010), The economic impact of ICT, SMART 2007/0020, final report, Centre for Economic Performance, London.

[Verband der TÜV](#) (2019), Cybersecurity Studie, Eine repräsentative Untersuchung im Auftrag des TÜV-Verbands zur IT-Sicherheit von Unternehmen in Deutschland, Berlin.

[Vestager](#), M. (2020), Speech at the Fordham Competition Conference, Rede, New York, NY, 8. Oktober.

[Viète](#), S. und D. Erdsiek (2020), Mobile information technologies and firm performance: The role of employee autonomy, *Information Economics and Policy* 51, 100863.

[Weber](#), T., I. Bertschek, J. Ohnemus und M. Ebert (2018), Monitoring-Report Wirtschaft DIGITAL 2018, Bundesministerium für Wirtschaft und Energie, Berlin.

[Weill](#), P. und S.L. Woerner (2013), Optimizing your digital business model, *MIT Sloan Management Review* 54 (3), 71–78.

[Westmore](#), B. (2013), R&D, patenting and growth: The role of public policy, OECD Economics Department Working Paper 1047, OECD Publishing, Organisation für wirtschaftliche Zusammenarbeit und Entwicklung, Paris.

[Widhalm](#), M., A. Mladenow und C. Strauss (2015), E-Appointment Plattformen zur Effizienzsteigerung und Umsatzgenerierung – eine Branchenanalyse, *HMD Praxis der Wirtschaftsinformatik* 52 (3), 401–417.

[Wissenschaftsrat](#) (2016), Wissens- und Technologietransfer als Gegenstand institutioneller Strategien, Positionspapier, Drs. 5665-16, Weimar.

[Woodward](#), S.E. (2019), The American role in European venture capital, SSRN Scholarly Paper ID 3320838, Social Science Research Network, Rochester, NY.

[Zimmermann](#), M. (2020), Immaterielles Kapital und Produktivität im Verarbeitenden Gewerbe: Ergebnisse auf Basis verknüpfter Einzeldaten (Micro Data Linking), *WISTA – Wirtschaft und Statistik* 72 (3), 61–75.

[Zimmermann](#), V. (2020), KfW-Digitalisierungsbericht Mittelstand 2019, KfW Bankengruppe, Frankfurt am Main.